



Bendrai finansuoja  
Europos Sąjunga



Lietuvos  
Respublikos  
aplinkos  
ministerija

apva  
APLINKOS PROJEKTŲ  
VALDYMO AGENTŪRA



# Simno žuvininkystės ūkio tvenkinių vandens balanso analizė ir rekomendacijos efektyvesniam vandens naudojimui

T.3.5.1 Dovinės baseino integruoto valdymo plano parengimas

Arvydas Povilaitis



Kaunas, 2026

# Turinys

	Psl.
SANTRAUKA	2
ĮVADAS	3
1. SITUACIJOS APIBŪDINIMAS	4
2. VANDENS BALANSO SKAIČIAVIMO METODIKA	6
3. KALESNINKŲ TVENKINIO VANDENS BALANSAS	8
3.1 Vandens pajamos ir nuostoliai	8
3.2 Vandens poreikiai žuvininkystei	10
3.3 Vandens balanso netolygumai	13
4. REKOMENDACIJOS VANDENS IŠTEKLIŲ VALDYMUI	14
4.1 Kalesninkų tvenkinio hidrotechninių statinių pertvarka	15
4.2 Priklausomybės nuo pagrindinio prietakos šaltinio (Dusios ežero) valdymas	15
4.3 Žuvininkystėje panaudoto vandens pakartotinio naudojimo galimybės	16
Padėka	16
Literatūra	17



VYTAUTAS  
MAGNUS  
UNIVERSITY  
MCMXXII

[arvydas.povilaitis@vdu.lt](mailto:arvydas.povilaitis@vdu.lt)

## SANTRAUKA/SUMMARY

Šioje ataskaitoje pateikiama Simno žuvininkystės ūkiui priklausančių Kalesninkų tvenkinio ir žuvininkystės tvenkinių 2025 m. vandens balanso analizė.

Nustatyta, kad ši vandens ūkio sistema veikia esant aiškiai išreikštiems hidrologiniams ir technologiniams apribojimams bei pasižymi netolygiu sezoniniu vandens poreikiu. Be to, ji yra aiškiai priklausoma nuo vieno vandens šaltinio – prietakos Spernios upe iš Dusios ežero.

Žuvininkystės poreikiai sudaro 23,11 % visų Kalesninkų tvenkinio vandens nuostolių. Nors poreikiai yra santykinai nedideli, tačiau jie turi būti patenkinti per trumpą laiką, todėl hidrologiniu požiūriu yra reikšmingi ir reikalauja efektyvaus tvenkinio reguliavimo. Kitas svarbus veiksnys yra žemiau tvenkinio praleidžiamas gamtosauginis debitas. Jo užtikrinimas yra problemiškas, nes kritiniais laikotarpiais sistema stokoja pakankamo vandens rezervo.

Siekiant efektyvesnio vandens srautų reguliavimo, rekomenduojama pertvarkyti esamą vandens tiekimo į žuvininkystės tvenkinius infrastruktūrą bei įdiegti centralizuotą vandens valdymo ir apskaitos sistemą. Tai leistų pereiti nuo fragmentuoto prie integruoto valdymo modelio, padidintų žuvininkystei skirto vandens tiekimo patikimumą, užtikrintų stabilų gamtosauginį debitą bei sumažintų priklausomybę nuo pagrindinio prietakos šaltinio.

This report presents a quantitative assessment of the water balance of the Kalesninkai water reservoir and the associated fish farming ponds operated by the Simnas fishery farm in the Dovinė River basin, southern Lithuania. Water for fishery purposes is supplied from the Kalesninkai Reservoir. The analysis revealed that the system operates under hydrological and technical constraints and is characterized by pronounced seasonal variability in water demand. Furthermore, the system is highly dependent on a single inflow source - runoff via the Spernia River from Lake Dusia.

Water demands for fish farming constitute 23.11% of the total water losses from the Kalesninkai Reservoir. Although this share is relatively moderate, these demands must be met within short operational timeframes; consequently, they are operationally and hydrologically significant and require effective reservoir management. An additional key component of the system is the environmental flow released downstream of the reservoir. Maintaining this flow presents challenges, particularly during critical hydrological periods when available water storage is insufficient.

To improve the efficiency of water allocation and flow regulation, it is recommended to modernize the existing water supply infrastructure serving the fish ponds and to implement a centralized water management and monitoring system. Such measures would facilitate a transition from fragmented to integrated management, enhance the reliability of water supply for aquaculture, ensure consistent environmental flow maintenance, and reduce dependence on the primary inflow source.

## ĮVADAS

LIFE strateginio integruoto projekto „*Integruotas vandens valdymas Lietuvoje*“ (LIFE SIP Vanduo) Nr. 101104645 — LIFE22-IPE-LT-LIFE SIP — trečiojo darbo paketo „Vandens telkinių būklės gerinimo priemonių įgyvendinimas“ vienas iš tikslų – sušvelninti antropogeninį poveikį Dovinės upės baseine, integruotai valdant visas reikšmingas apkrovas. Šiuo tikslu siekiama parengti veiksmų planą, kurio uždaviniai yra:

- pasiekti aplinkosaugos tikslus Dovinės baseino vandens telkiniuose,
- įgyvendinti priemones, skirtas reikšmingiems poveikiams šalinti,
- bei įvertinti šių priemonių efektyvumą.

Projekto veiklos apima Dovinės baseino aukštupį iki Žuvinto ežero ištakos. Šios upės atkarpos hidrografinis ilgis – 30,4 km, o baseino plotas – 328,7 km<sup>2</sup>. Veiksmų plano priemonėms pagrįsti ir jų poveikiui įvertinti vykdoma įvairaus lygmens Dovinės upės baseino vandens telkinių bei jų taršos apkrovų stebėseną (monitoringas), kurios tikslas – nustatyti antropogeninį poveikį vandens telkiniams.

Baseine vykdomos ūkinės veiklos analizė rodo, kad žemiau Dusios ežero susiformavo hidrologiniu požiūriu sudėtinga sistema, kurią reikšmingai lemia čia įsikūrusio Simno žuvininkystės ūkio veikla. Ji keičia Spernios upės (Dovinės up. atkarpa) hidrologinį režimą – nuotėkis sulaikomas Kalesninkų tvenkinyje, nukreipiamas į žuvininkystės tvenkinius, o vėliau, panaudotas žuvų auginimo reikmėms, sugrąžinamas į upę. Toks vandens naudojimas sukuria sudėtingą hidrologinę grandinę, kurioje vandens režimas žemiau tvenkinio yra tiesiogiai priklausomas nuo žuvininkystės poreikių ir sezoninių prietakos svyravimų. Tokia situacija apsunkina gamtosauginio debito praleidimą ir reikalauja sistemos pertvarkos.

Žemiau pateikiama Kalesninkų tvenkinio ir žuvininkystės tvenkinių 2025 m. vandens balanso analizė bei rekomendacijos esamai vandens tiekimo infrastruktūrai pertvarkyti, taip pat efektyvesnei vandens srautų reguliavimo bei apskaitos sistemai diegti.

## 1. SITUACIJOS APIBŪDINIMAS

Žuvininkystės tarnybos prie Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos Pietų regiono žuvinaisos skyrius (toliau - Simno žuvininkystės ūkis), įsikūręs Žvejų g. 7, Kalesninkų kaime, Alytaus rajone, vykdo žuvų veisimo, auginimo ir prekybos veiklą. Įmonė įkurta 1964 metais.



**1 pav.** Simno žuvininkystės tvenkinių ir vandens monitoringo vietų (raudoni taškai) planas (Detalesnė grafinė informacija: LIFE SIP Vanduo <https://www.gpf.lt>)

Ūkis eksploatuoja 45 paviršinio vandens tvenkinius (jų skaičius skirtingais veiklos metais gali kisti): 31 tvenkinys skirtas žuvų auginimui, 9 – žuvų žiemojimui ir 4 – žuvų „sandėliukai“. Visi šie tvenkiniai kartu su vandens saugykla – Kalesninkų tvenkiniu – naudojami žuvų veisimo, auginimo, žiemojimo ir laikymo reikmėms (1 pav.). Be to, ūkyje eksploatuojama 30 uždarų baseinų su vandens cirkuliacinėmis sistemomis, kuriose atliekamas mechaninis ir biologinis vandens valymas. Pagal ūkiui išduotą „Taršos integruotos prevencijos ir kontrolės“ (TIPK) leidimą, žuvų auginimo tvenkinių plotas sudaro 103,47 ha. Kalesninkų vandens saugyklos (toliau - Kalesninkų tvenkinio) plotas – 2,81 ha, žiemojimo tvenkinių – 3,33 ha, o žuvų „sandėlių“ – 0,12 ha. Auginimo tvenkinių bendras vandens tūris siekia 1 206,0 tūkst. m<sup>3</sup>, Kalesninkų tvenkinio – 56,1 tūkst. m<sup>3</sup>, žiemojimo tvenkinių – 66,2 tūkst. m<sup>3</sup>, o žuvų „sandėlių“ – 2,7 tūkst. m<sup>3</sup>. Didžiausi tvenkiniai yra Nr. 4, 48, 49, 47, 50 ir 3; jų tūris atitinkamai siekia 518,0; 110,0; 88,3; 104,6; 73,0 ir 119,6 tūkst. m<sup>3</sup>, o gylis kinta nuo 1,0 iki 2,0 m. Kitų, mažesnių tvenkinių tūris svyruoja nuo 4,5 iki 19,3 tūkst. m<sup>3</sup>. Žuvų inkubacijai per metus gali būti papildomai sunaudojama iki 105,0 tūkst. m<sup>3</sup> vandens. Visi šie poreikiai tenkinami vandeniu, paimamu iš *Kalesninkų tvenkinio*, kuris įrengtas ant Spernios upės (Dovinės up. dalis) ir yra *pagrindinis žuvininkystės tvenkinių aprūpinimo vandeniu šaltinis*. Tvenkinio valdymas nėra reglamentuotas pagal LR aplinkos ministro patvirtintą „Tvenkinių ir patvenktų ežerų naudojimo ir priežiūros tvarkos tipinių taisyklių (LAND 2-95) aprašą“ (įsakymo Nr. D1-213).

a)



b)



**2 pav.** Vandens pertekliaus pralaida su vandens nuleidimo uždoriu (viduryje) prie patvenkto Dusios ežero (a) ir šachtinė pralaida Kalesninkų tvenkinyje (b)

Spernios upė išteka iš patvenkto (NPL = 106,35 m) Dusios ežero per vandens pertekliaus pralaidą, kurią sudaro dvi stačiakampės nuopylos (žr. 2a pav.) ir tarp jų įrengtas slenkstis su paviršinio vandens nuleidimo uždoriu (matmenys 0,80 × 0,70 m). Šio hidrotechninio statinio valdymas

(savininkas – Dzūkijos-Suvalkijos saugomų teritorijų direkcijos Metelių regioninio parko grupė) nėra reglamentuotas, išskyrus tai, kad, vandens lygiui ežere nukritus žemiau 105,65 m altitudės (t. y. 0,70 m žemiau NPL), vandens išleidimas iš ežero yra negalimas. Pagal „Užtvinkto Dusios ežero naudojimo ir priežiūros taisykles“ (Gedilieta, 2011) ištakoje žemiau ežero turi būti užtikrintas ne mažesnis kaip 0,110 m<sup>3</sup>/s gamtosauginis debitas ir tenkinami kiti taisyklių 28-37 punktuose nurodyti reikalavimai. Tuo tarpu pagal TIPK leidimo reikalavimus žemiau Kalesninkų tvenkinio Spernios upėje visais laikotarpiais turi būti užtikrinamas ne mažesnis kaip 0,060 m<sup>3</sup>/s vandens debitas.

Žuvų auginimo tvenkiniai užpildomi pavasarį, o žiemojimo – rudenį. Pagal TIPK leidimą žuvų auginimo, žiemojimo ir „sandėliukų“ tvenkinių užpildymui per metus gali būti paimama iki 1 596,2 tūkst. m<sup>3</sup>, o bendrai vandens apykaitai sistemoje užtikrinti iš Kalesninkų tvenkinio paimto vandens kiekis gali siekti 2 046,2 tūkst. m<sup>3</sup>. Papildomai iš požeminio vandens gręžinio buitiniams reikmėms, taip pat avariniams atvejams žuvivaisos tikslams, kasmet gali būti paimama iki 5500 m<sup>3</sup> vandens, tačiau šis kiekis į paviršinio vandens balansą neįtraukiamas.

Vanduo iš Kalesninkų tvenkinio nukreipiamas per keturias skirtingų dydžių šachtinio tipo pralaidas (2b pav.), kurios įrengtos lygiagrečiai viena kitai tvenkinio pylime. Per pralaidose esančius vandens nuleidimo uždorius vanduo tiekiamas į atskiras žuvų auginimo vietas, taip pat praleidžiamas žemiau tvenkinio į Spernios upę. Vandens tiekimas nėra apskaitomas matavimo prietaisais ir yra reguliuojamas valdant uždorius, atsižvelgiant į tvenkinių užpildymo bei nenutrūkstamos cirkuliacijos poreikius.

Šiame darbe žuvininkystės tvenkinių poreikis ir su tuo susiję vandens balanso elementai Kalesninkų tvenkinyje įvertinti pagal 2025 m. surinktus vandens monitoringo duomenis. Naudoti vandens lygio jutiklių ir epizodiniai debitų matavimai Spernios upėje ties Metelytės gyvenvietė (žemiau Dusios ež.), taip pat Kalesninkų tvenkinyje (taškas K-1), žuvininkystės tvenkinyje Nr. 4 (taškas K-3) bei žemiau žuvininkystės tvenkinių esančiame taške K-5 (Spernios up., Simno mst.). Matavimai šiose vietose (1 pav.), išskyrus K-1 (jie prasidėjo 2025 m. birželio 11 d.), buvo pradėti 2025 m. balandžio 9 d. ir yra tęsiami kaip „LIFE SIP-Vanduo“ projekto veiklų dalis. Vandens monitoringo duomenis pateikė Gamtos tyrimų centro Klimato ir vandens tyrimų laboratorijos darbuotojai. Pagal paros vandens lygio jutiklių ir išmatuotas debitų reikšmes buvo sudarytos debitų kreivės (Q–h), kurios kartu su kita surinkta informacija buvo pritaikytos vandens balanso skaičiavimuose.

## 2. VANDENS BALANSO SKAIČIAVIMO METODIKA

Įvertinus tai, kad pagrindinis vandens šaltinis, iš kurio vanduo tiekiamas į Simno žuvininkystės tvenkinius, yra Kalesninkų tvenkinys, paros vandens balansas jame skaičiuotas pagal lygtį:

$$\Delta S = P + Q_{\text{baseinas}} + Q_{\text{Dusios ež.}} - (E + I + D_{\text{Spernia}} + D_{\text{Simno ŽT}} + D_{\text{komp}}) \quad (1)$$

#### Elementų paaiškinimai:

- $\Delta S$  – vandens tūrio pokytis tvenkinyje,  $m^3/\text{parą}$
- $P$  – krituliai ant tvenkinių paviršiaus,  $m^3/\text{parą}$
- $E$  – išgaravimas nuo vandens paviršiaus,  $m^3/\text{parą}$
- $I$  – nuostoliai dėl įsisunkimo,  $m^3/\text{parą}$
- $Q_{\text{baseinas}}$  – prietaka iš baseino,  $m^3/\text{parą}$
- $Q_{\text{Dusios ež.}}$  – prietaka iš Dusios ežero,  $m^3/\text{parą}$
- $Q_{\text{Spernia}}$  – nuotekis į Spernios upę,  $m^3/\text{parą}$
- $D_{\text{Simno žT}}$  – žuvininkystės tvenkinių užpildymo poreikis,  $m^3/\text{parą}$
- $D_{\text{komp}}$  – papildymas dėl išgaravimo ir įsisunkimo nuostolių žuvininkystės tvenkiniuose,  $m^3/\text{parą}$

Vandens pajamas Kalesninkų ir žuvininkystės tvenkiniuose sudaro krituliai, iškritę ant jų paviršiaus, taip pat prietaka į Kalesninkų tvenkinį iš baseino (189 ha plotas) ir Spernios upės (iš Dusios ež.). Vandens nuostolius sudaro žuvininkystės tvenkinių užpildymo poreikiai, taip pat išgaravimas nuo tvenkinių paviršiaus, vandens įsisunkimas ir Spernios upės debitas, praleidžiamas žemiau tvenkinio.

Kalesninkų tvenkinio vandens tūrio atskaitos tašku buvo priimti 2024 m. rugpjūčio mėn. 2 d. atliktų tvenkinio tūrio ir jo vandens paviršiaus ploto matavimai (vandens lygio altitudė VL = 100,41 m, plotas – 3,33 ha, tūris – 50 335  $m^3$ ). Remiantis šiais duomenimis (Taminskas ir kt., 2024), buvo sudaryta tvenkinio tūrio kreivė. Vėliau, įvertinant kitus žinomus vandens balanso elementus, tvenkinio tūrio pokytis buvo nustatomas iteraciniu būdu iki 2025 m. balandžio 9 d., kai skaičiavimams buvo pradėti naudoti jau išmatuoti (K-1 taškas) paros vandens lygio tvenkinyje duomenys.

Informacija apie paros kritulių kiekį buvo surinkta iš Lazdijų meteorologijos stoties (MS) archyvų. Išgaravimas nuo vandens paviršiaus apskaičiuotas Makkink'o metodu (Nagai, 1993; De Bruin ir kt., 1998; Bozorgi ir kt., 2020). Šis metodas - tai Penmano lygties (Valiantzas, 2006) išvestinė forma, kuri remiasi prielaida, kad garavimą daugiausia lemia saulės spinduliuotė (radiacija) ir oro temperatūra. Šiai metodikai taikyti iš Lazdijų MS papildomai buvo surinkti santykinio oro drėgnumo (%) ir oro temperatūros ( $^{\circ}\text{C}$ ) duomenys, o iš Kauno MS – bendrosios saulės spinduliuotės ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) dydžiai (matavimai vykdomi tik Kauno ir Šilutės MS).

Prietaka iš baseino į Kalesninkų tvenkinį buvo skaičiuojama skirtingai šaltuoju ir šiltuoju metų laiku atsižvelgiant į vyraujančias vietovės gruntų sąlygas, išgaravimą ir taikant kritulių transformacijos į nuotėkį modelį. Žiemos metu buvo pritaikytas teigiamų oro temperatūrų (angl. *day-degree*) metodas. Kai oro temperatūra teigiama, daroma prielaida, kad vyksta sniego tirpsmas, o jo intensyvumas yra tiesiogiai susijęs su sukaupta teigiamų temperatūrų suma. Tuomet sniego danga nesusidaro, o krituliai formuoja nuotėkį arba infiltruojasi į gruntą. Kai oro temperatūra  $\leq 0$   $^{\circ}\text{C}$ , krituliai iškrenta sniego pavidalu ir kaupiasi, tuomet nuotėkis nevyksta. Šiltuoju metų laiku nuotėkis apskaičiuotas transformuojant paros kritulių kiekį, įvertinant išgaravimo nuostolius.

Vandens nuostoliai dėl įsisunkimo Kalesninkų ir žuvininkystės tvenkiniuose po jų užpildymo nustatyti remiantis Lietuvos geologijos tarnybos pateikta informacija apie vietovės gruntų sąlygas. Taip pat atsižvelgta į tai, kad tvenkiniai įrengti prieš daugiau kaip 60 metų. Jų dugnas ir krantai yra natūraliai sutankėję bei „užsandarinti“ nuosėdinėmis medžiagomis, todėl filtracijos nuostoliai yra nedideli (Farnworth ir Petrell, 2005; El Gayar, 2020). Priimta, kad nuostoliai žuvininkystės tvenkiniuose siekia 0,0008  $\text{m}/\text{parą}$ , Kalesninkų tvenkinyje - 0,0030  $\text{m}/\text{parą}$  (nusistovėjusi filtracija prisotrinimo zonoje).

Duomenys apie auginimo, taip pat žiemojimo ir žuvų „sandėliukų“ tvenkinių užpildymo bei išleidimo pradžios ir pabaigos datas ir laikymo laikotarpius buvo pateikti Simno žuvininkystės ūkio administracijos darbuotojų. Jie parengė ir įgyvendino žiemojimo (rugsėjo 1–13 d. ir spalio 10–24 d.) bei auginimo (vasario 3 d. – gegužės 2 d.) tvenkinių užpildymo ir jų išleidimo (kovo 23 d. – balandžio 23 d., taip pat gegužės 14–20 d. ir rugsėjo 16 d. – lapkričio 6 d.) grafikus. Skaičiavimuose žuvininkystės tvenkinių tūris ir į juos įleidžiamo vandens, taip pat cirkuliacijai naudojamo vandens kiekiai buvo įvertinti remiantis jų pateikta informacija. Pagal ją, į tvenkinius paduodamo ir išleidžiamo vandens kiekiai buvo paskirstyti proporcingai atitinkamo laikotarpio dienų skaičiui.

Nuotėkis į Spernios upę žemiau Kalesninkų tvenkinio buvo skaičiuojamas naudojant faktinę informaciją apie prietaką į tvenkinį (matavimai Spernios upėje ties Metelyte), taip pat jo tūrio pokyčius (K-1 taškas), žuvininkystės tvenkinių vandens poreikį ir Spernios up. nuotėkį, išmatuotą K-5 taške. Laikotarpiais, kai tokių duomenų nebuvo, nuotėkis nustatytas netiesiogiai, skaičiuojant jį pagal žinomų vandens balanso elementų vertes.

*Apibendrinimas:* Pateikta metodika atspindi informacijos surinkimo ir jos analizės galimybes. Įvertinus tiriamo objekto kompleksiskumą ir tyrimo sąlygas, ne visi procesai galėjo būti įvertinti vienodai tiksliai ir išsamiai. Dalis skaičiavimams reikalingų parametru nebuvo tiesiogiai išmatuoti, be to, atlikti natūriniai matavimai neapėmė viso analizuojamo laikotarpio. Todėl analizėje remtasi ne vien išmatuotais, bet ir išvestiniais (pvz., Kalesninkų tvenkinio vandens tūrio kreive, nuostoliais dėl išgaravimo ir įsisunkimo), taip pat laike agreguotais (pvz., žuvininkystės sistemų užpildymo ir vandens cirkuliacijos tūriai) dydžiais. Dėl šių priežasčių dalis duomenų buvo faktiniai, kita dalis – gauta taikant skaičiavimo ir modeliavimo metodus, siekiant rekonstruoti trūkstamus dydžius ir įvertinti nežinomus parametrus.

### **3. KALESNINKŲ TVENKINIO VANDENS BALANSAS**

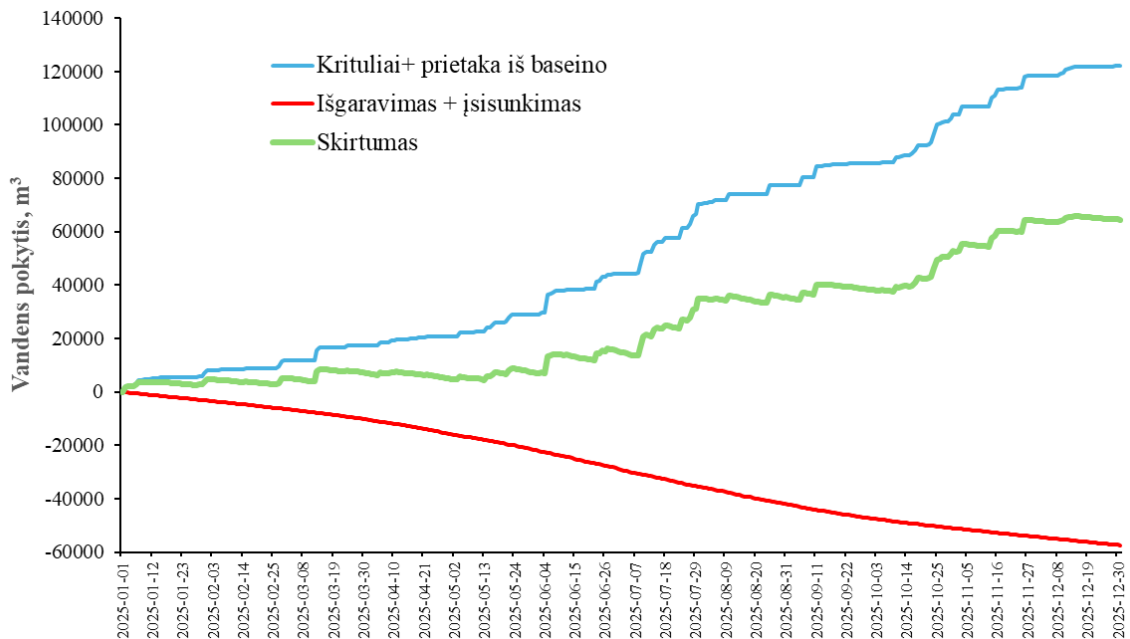
#### **3.1 Vandens pajamos ir nuostoliai**

Pagal Lazdijų meteorologijos stoties duomenis, 2025 metais vidutinė metinė oro temperatūra siekė +8,7 °C. Žemiausia paros temperatūra buvo užfiksuota vasario 11 dieną, kai ji nukrito iki –7,8 °C, o aukščiausia – rugpjūčio 29 dieną, pasiekusi +23,5 °C. Vidutinis santykinis paros oro drėgnis siekė 77 % ir svyravo nuo 35 % iki 98 %. Per metus iškrito 548,7 mm kritulių. Didžiausia jų dalis teko vasaros laikotarpiui – birželio–rugpjūčio mėnesiais iškrito 218,2 mm. Didžiausias kritulių kiekis užfiksuotas birželio 5 dieną ir siekė 30,3 mm. Metinis kritulių kiekis atitiko 61 % tikimybę, todėl 2025 metus galima laikyti sausesniais nei vidutiniai. Lyginant su daugiamete (1955–2025 m.) duomenų seka, didžiausias metinis kritulių kiekis Lazdijų MS buvo užfiksuotas 1974 metais (858,3 mm), o mažiausias – 1955 metais (357,0 mm).

Kadangi tvenkinių skaičiavimuose vyrauja tūrio dimensija, vertinant vandens balanso elementus pagal 1-ąją lygtį, patogumo dėlei visi dydžiai buvo perskaiciuoti į tūrio vienetus, t. y. m<sup>3</sup>, m<sup>3</sup>/parą arba m<sup>3</sup>/s. Skaičiavimai parodė, kad per metus krituliai, iškritę ant Kalesninkų tvenkinio paviršiaus, jį papildė 18 271,7 m<sup>3</sup> vandens, o prietaka iš baseino sudarė 103 704,3 m<sup>3</sup>. Vandens išgaravimas nuo tvenkinio paviršiaus per metus sudarė 20 729,6 m<sup>3</sup> (610,3 mm),

vidutiniškai – 56,8 m<sup>3</sup>/parą, o nuostoliai dėl įsisunkimo - 36 755,2 m<sup>3</sup>, arba vidutiniškai 100,7 m<sup>3</sup>/parą. Šių elementų pokyčiai per metus lėmė **64 491,2 m<sup>3</sup>** teigiamą vandens balansą (žr. 3 pav.).

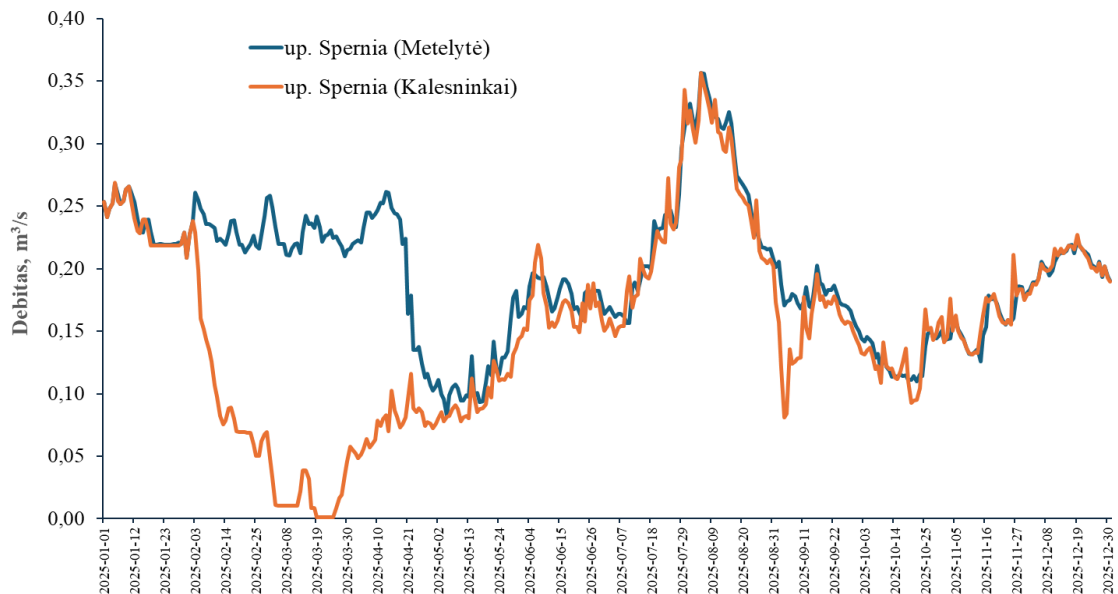
Metinė prietaka Spernios upe iš Dusios ežero siekė **6 183 324,3 m<sup>3</sup>**. Tai vidutiniškai sudaro 16 940,61 m<sup>3</sup>/parą arba 0,196 m<sup>3</sup>/s. Palyginimui, pagal vandens monitoringo duomenis sudarytą debitų kreivę, 2025 m. vidutinis Spernios upės debitas ties Metelyte buvo 0,195 m<sup>3</sup>/s ir atitiko gamtosauginio debito ( $\geq 0,110$  m<sup>3</sup>/s) reikalavimus. Ši prietaka yra pagrindinis Kalesninkų tvenkinio vandens pajamų šaltinis. Kita vertus, tai rodo, kad prietaka iš Dusios ežero į Spernios upę yra esminis veiksnys, lemiantis Kalesninkų tvenkinio, kaip žuvininkystės sistemos, vandens režimą ir funkcionavimą.



**3 pav.** Vandens pajamų (+) ir nuostolių (-) Kalesninkų tvenkinyje integralinės kreivės



**4 pav.** Kalesninkų tvenkinio tūrio dinamika



5 pav. Prietakos iš Dusios ežero ir ištekėjimo žemiau Kalesninkų tvenkinio dinamika

3–5 paveiksluose pateikiama skirtingų vandens balanso elementų dinamika Kalesninkų tvenkinyje. Iš atliktų skaičiavimų matyti, kad jame formuojasi teigiamas (be poreikių žuvininkystei!) metinis vandens balansas: pajamos, atėmus nuostolius, siekia **6 247 815,54 m<sup>3</sup>** (vidutiniškai 17 117,3 m<sup>3</sup>/parą arba 0,198 m<sup>3</sup>/s). Tokį balansą lemia pajamos, artimos metinei prietaikai Spernios upe iš Dusios. Jos gali užtikrinti ir panašaus dydžio nuotėkį žemiau tvenkinio.

Tačiau vandens pajamos ir tvenkinio tūrio pokyčiai turi tenkinti žemiau jo esančios žuvininkystės infrastruktūros poreikius ir užtikrinti gamtosauuginį debitą ( $\geq 0,060$  m<sup>3</sup>/s) Spernios upe. Toliau pateikiama detali 2025 m. vandens poreikio žuvininkystės tvenkiniuose analizė ir jų užpildymo seka.

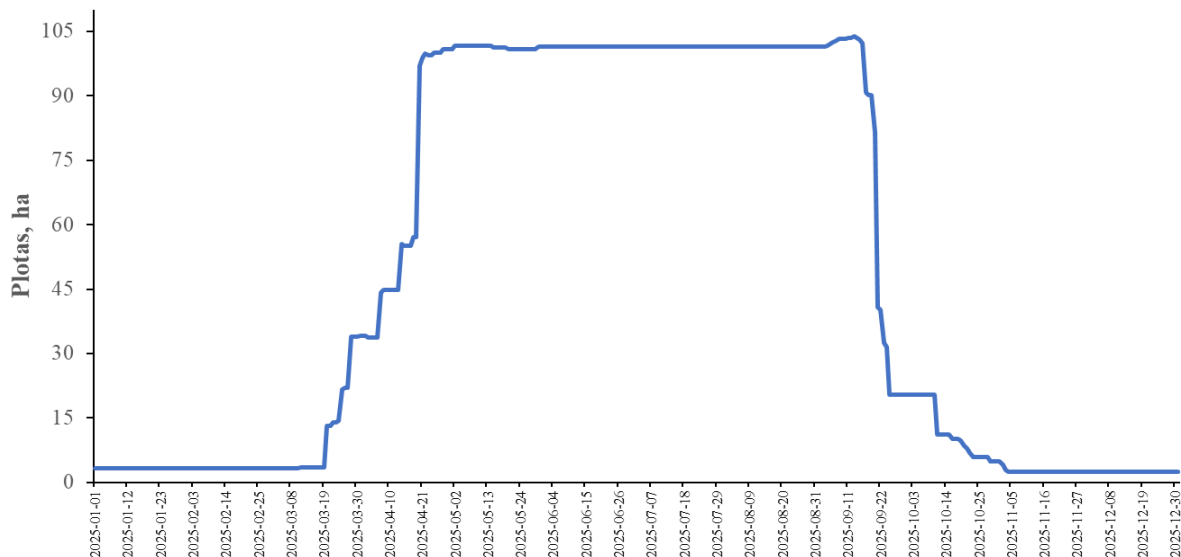
### 3.2 Vandens poreikiai žuvininkystei

Kasmet vandens srautų judėjimas žuvininkystės tvenkiniuose yra dvikryptis – vykdoma tvenkinių užpildymo ir vandens išleidimo kaita. Auginimo tvenkiniai pradėti pildyti nuo vasario 3 d. ir baigti gegužės 2 d. Per šį laikotarpį buvo užpildyti 29 tvenkiniai. Bendras tvenkinių vandens paviršiaus plotas (įskaitant jau esamus žieminius) kito nuo 3,38 ha iki 101,37 ha (6 pav.). Kiekvieno jų pildymas truko nuo 6 iki 77 parų (ilgiausiai – tvenkinio Nr. 4). Tvenkiniai Nr. 22 ir Nr. 2 (pastarasis kovo 23-25 d. buvo išleistas ir pakartotinai užpildytas gegužės 28-30 d.) buvo palikti žiemojimui ir nebuvo pildomi.

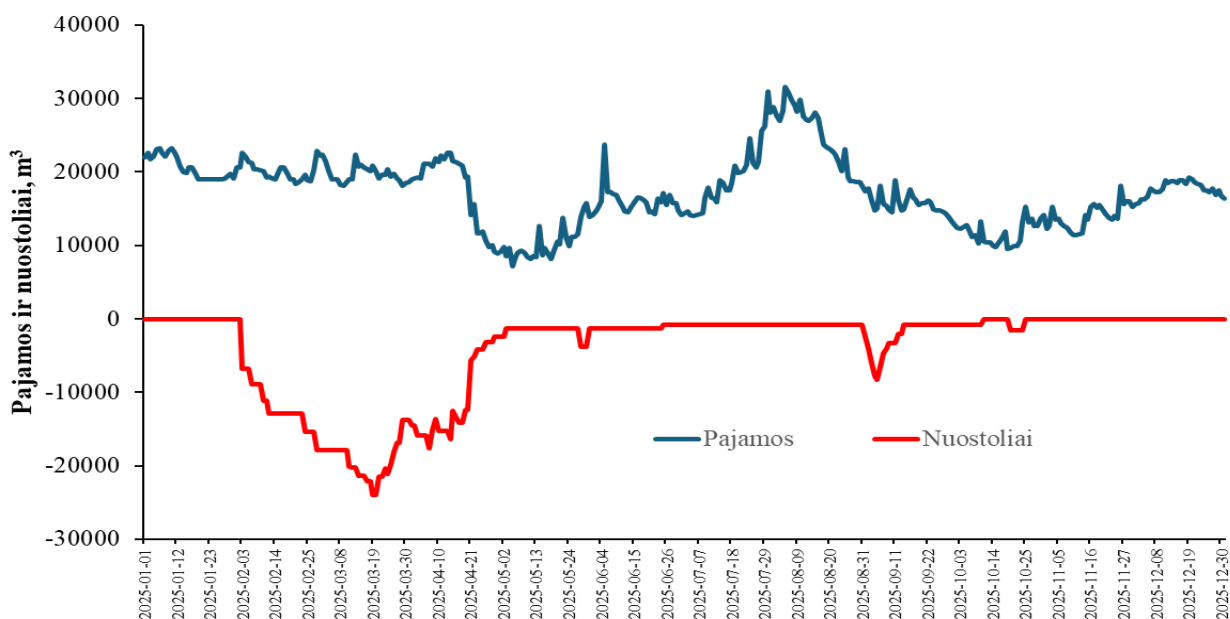
Laikotarpiu nuo kovo 23 d. iki gegužės 20 d. per 1–3 paras buvo išleisti devyni 2024 m. užpildyti žiemojimo tvenkiniai. 2025 m. rudenį, nuo rugsėjo 13 d. iki lapkričio 6 d., vyko pavasarį užpildytų auginimo tvenkinių išleidimas, o nuo rugsėjo 1 d. iki spalio 24 d. buvo pakartotinai užpildyti 8 tvenkiniai, kurių bendras plotas sudarė 55,2 ha. Šie tvenkiniai palikti žiemojimui iki 2026 m. žuvininkystės sezono.

Pagal šią veiksmų seką 2025 m. vasario 3-9 d. iš Kalesninkų tvenkinio tiekiamas vandens kiekis svyravo nuo 6 728 iki 8 894 m<sup>3</sup>/parą. Nuo vasario 10 d. iki kovo 10 d. jis padidėjo iki 11 148,24–17 918,9 m<sup>3</sup>/parą, o laikotarpiu nuo kovo 11 d. iki kovo 20 d. pasiekė didžiausias reikšmes – 20 046–23 957 m<sup>3</sup>/parą. Nuo kovo 21 d. iki balandžio 20 d. vandens tiekimo intensyvumas

sumažėjo, tačiau išliko iki 12 383 m<sup>3</sup>/parą. Vėliau, nuo balandžio 21 d. iki gegužės 5 d., pritekėjimas iš tvenkinio į žuvų auginimo vietas palaipsniui mažėjo iki 1 281 m<sup>3</sup>/parą ir toks išliko iki birželio 6 d. (7 pav.)



6 pav. Žuvininkystės tvenkinių ploto kaita



7 pav. Vandens pajamų ir nuostolių (žuvininkystei) dinamika Kalesninkų tvenkinyje

Žiemojimo tvenkinių užpildymo laikotarpiu vandens paėmimas iš Kalesninkų tvenkinio svyravo nuo 1 283 iki 7 450 m<sup>3</sup>/parą, o bendras kiekis sudarė 47 700 m<sup>3</sup>. Vėliau, spalio 20-24 d., papildomai buvo paimama po 1 500 m<sup>3</sup>/parą.

Skaičiavimai rodo, kad 2025 metais nuo žuvininkystės tvenkinių paviršiaus išgaravo 524 472,2 m<sup>3</sup> vandens, o nuostoliai dėl įsiskverbimo į gruntą sudarė 141917,4 m<sup>3</sup>. Tuo tarpu pajamos iš kritulių siekė 556 217,2 m<sup>3</sup>. Tai parodo, kad nuostoliai gali viršyti pajamas. Vienok, vertinant kritulių pasiskirstymą laike, nustatyta, kad tvenkinių eksploatavimo metu sukauptas kritulių kiekis,

kai intensyvūs trumpalaikiai krituliai kompensuoja sausesnių laikotarpių deficitą, bei leidžiant 10 cm vandens lygio svyravimus, gali užtikrinti pakankamą vandens kiekį tvenkiniuose. Dėl šios priežasties papildomas vandens tiekimas iš Kalesninkų tvenkinio po tvenkinių užpildymo vykdomas nebuvo.

Kadangi dalyje žuvų auginimo sistemos buvo vykdoma nuolatinė vandens cirkuliacija, nuo kovo 21 d. iki birželio 24 d. į žuvų inkubatoriaus talpas kasdien buvo tiekama po 504 m<sup>3</sup> vandens, kuris vėliau buvo grąžinamas į Spernios upę. Analogiškai nuo kovo 11 d. iki spalio 10 d. dviejuose žuvų „sandėliukų“ tvenkiniuose cirkuliacijai buvo naudojama po 777 m<sup>3</sup>/parą vandens; šis vanduo taip pat buvo grąžinamas į upę. Per metus cirkuliacijai papildomai iš Kalesninkų tvenkinio buvo paimta 216 012 m<sup>3</sup> vandens. Taigi bendras metinis vandens kiekis, paimtas iš Kalesninkų tvenkinio įvairioms žuvų auginimo reikmėms, sudarė 1,458 mln. m<sup>3</sup> (tiksliau – **1 457 212 m<sup>3</sup>**).

Įvertinus visus aukščiau paminėtus 1-osios lygties parametrus, gauta, kad tiesiogiai į Spernios upę žemiau Kalesninkų tvenkinio per metus ištekėjo **4 790 530,2 m<sup>3</sup>** vandens (vidutiniškai 13 124,74 m<sup>3</sup>/parą arba 0,152 m<sup>3</sup>/s). Skaičiavimai rodo, kad pratekančio vandens kiekiai labai kito (5 pav.): nuo mažiau kaip 0,050 m<sup>3</sup>/s kovo ir balandžio mėnesiais, kai tvenkiniai buvo pildomi, iki daugiau kaip 0,30 m<sup>3</sup>/s žiemos ir lietingais vasaros laikotarpiais. Nors vidutinis metinis debitas viršijo gamtosauginio debito reikalavimus, analizė leidžia teigti, kad „kritiniais“ vandens poreikio žuvininkystei laikotarpiais šis reikalavimas gali būti neužtikrinamas. Apibendrinti Kalesninkų tvenkinio vandens balanso duomenys pateikti 1 lentelėje.

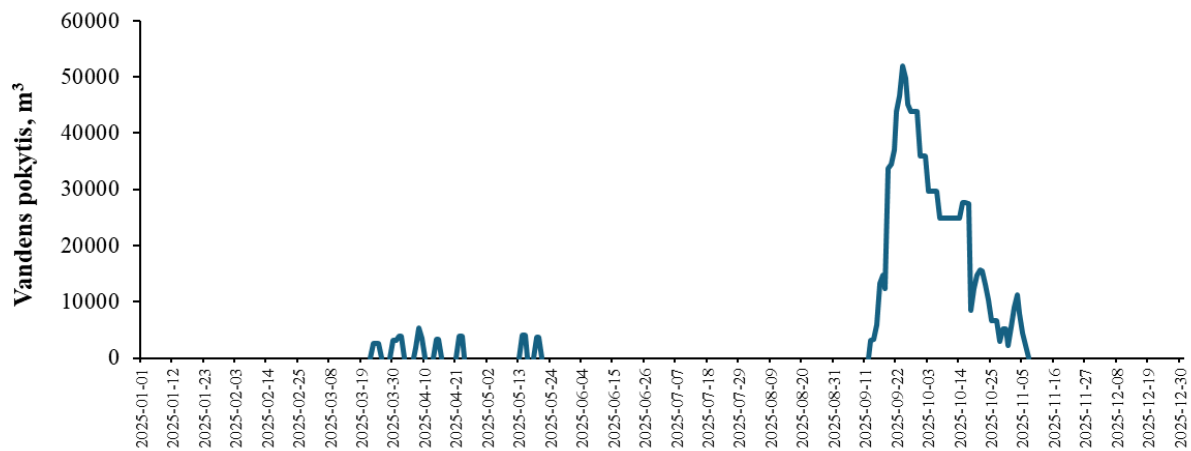
**1 lentelė.** Kalesninkų tvenkinio 2025 m. vandens balansas (suvestinė)

BALANSO ELEMENTAS	TŪRIS, m <sup>3</sup>	%
<b>Pajamos</b>		
Krituliai	18271,7	0,29
Prietaka iš baseino	103704,3	1,65
Prietaka iš Dusios ež. Spernios upė	6183324,3	98,07
<b>Suma:</b>	<b>6305300,3</b>	<b>100,00</b>
<b>Nuostoliai</b>		
Išgaravimas	-20729,6	0,33
Įsisunkimas	-36755,2	0,58
Žuvininkystės poreikiai	-1457212,0	23,11
Nuotėkis į Spernios upę žemiau Kalesninkų tvenkinio	-4790530,2	75,98
<b>Suma:</b>	<b>-6305227,0</b>	<b>100,00</b>
Tvenkinio tūrio pokytis ΔS (skaičiavimų pabaigoje – pradžioje)	73,3	-

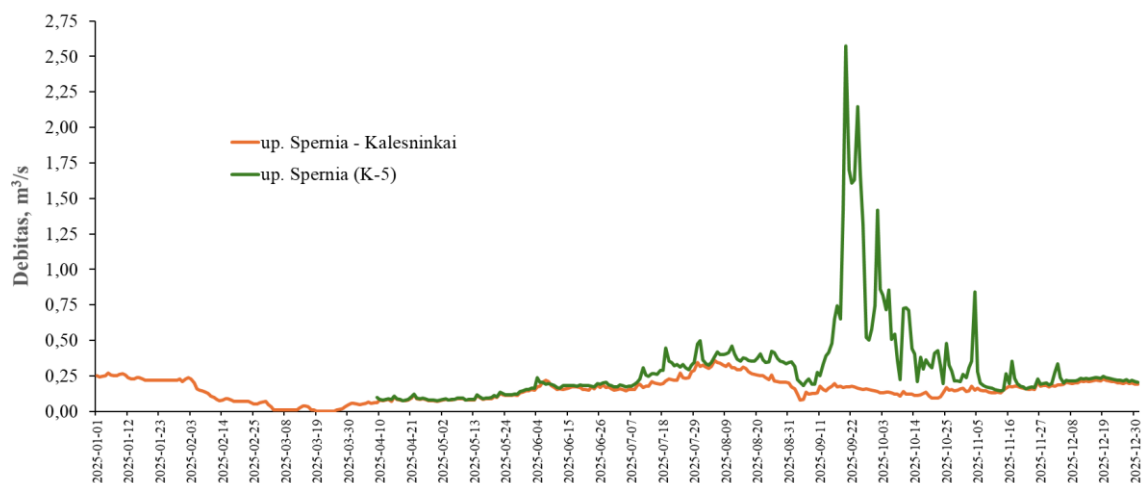
Iš žiemojimo tvenkinių į žemiau esančią Spernios upę išleidžiamo vandens kiekiai per parą taip pat buvo nevienodi (8 pav.): kovo 23–25 d. – po 2 500 m<sup>3</sup>, kovo 30 d. – balandžio 2 d. – 3 200–3 850 m<sup>3</sup>, balandžio 7–10 d. – 1 900–5 410 m<sup>3</sup>, balandžio 14–15 d. – po 3 400 m<sup>3</sup>, balandžio 22–23 d. – po 3 800 m<sup>3</sup>, gegužės 14–15 d. – po 4 000 m<sup>3</sup>, o gegužės 19–20 d. – po 3 700 m<sup>3</sup>.

Iš vasarinių auginimo tvenkinių vanduo buvo išleidžiamas nuo rugsėjo 13 d. iki lapkričio 6 d., kai paros išleidžiamo vandens kiekis svyravo nuo 3 200 iki 11 155,6 m<sup>3</sup>. Iš viso per metus iš vasarinių ir žiemojimo tvenkinių buvo išleista **1 261 818 m<sup>3</sup>** (1,262 mln. m<sup>3</sup>) vandens. Susidaręs neigiamas 20 618 m<sup>3</sup> skirtumas (įvertinus cirkuliacijai panaudotą vandenį – t. y. 1 457 212 m<sup>3</sup> – 1 261 818 m<sup>3</sup> – 216 012 m<sup>3</sup>) tarp žuvininkystei paimto ir išleisto vandens kiekio paaiškinamas tuo, kad dalis vandens (20,6 tūkst. m<sup>3</sup>) tvenkinyje Nr. 2 buvo sukaupta ankstesniais metais, o išleista tik 2025 m. Spernios

upės debito kaita žemiau Kalesninkų tvenkinio ir nustatytos jo reikšmės (pagal Q-h kreivę) žuvininkystės tvenkinių išleidimo laikotarpiu K-5 vietoje pateiktos 9 pav.



8 pav. Vandens kiekio, išleidžiamo iš žuvininkystės tvenkinių, dinamika



9 pav. Spernios upės vandeningumo pokyčiai žuvininkystės tvenkinių išleidimo laikotarpiu

Siekiant padidinti Spernios upės vandeningumą žemiau žuvininkystės tvenkinių, būtina suremontuoti šiuo metu užsikimšusią ir savo funkcijos neatliekančią vandens pralaidą Vytauto gatvėje Simno mst. (1 pav.). Atkūrus jos pralaidumą, Užupėlio upelis iš savo baseino galėtų papildyti Spernios nuotėkį ir taip pagerinti upės hidrologinę būklę.

### 3.3 Vandens balanso netolygumai

Kalesninkų tvenkinio paskirtis – mažinti nuotėkio netolygumus Spernios upėje ir kaupti vandens atsargas žuvininkystės poreikiams tenkinti. Jis turi atlikti reguliacinę funkciją, prisidėdamas prie vandens režimo stabilizavimo. Tačiau tvenkinio reguliacinis potencialas yra ribotas – jis pajėgus tik iš dalies sušvelninti prietakos ir nuostolių neatitikimo svyravimus.

Iš pateiktų skaičiavimų matyti, kad nagrinėjama Kalesninkų ir žuvininkystės tvenkinių vandens ūkio sistema veikia esant aiškiai išreikštiems hidrologiniams ir technologiniams apribojimams. Ji pasižymi ryškiu sezoniniu vandens poreikių netolygumu žemiau Kalesninkų tvenkinio, kurį lemia

žuvininkystės veikla ir jos sukeltas hidrologinis disbalansas. Sistema yra stipriai priklausoma nuo pavasarinio vandens pertekliaus.

Kalesninkų tvenkinio tūris yra per mažas efektyviam nuotėkio reguliavimui. Esamomis sąlygomis tvenkinys gali sukaupti tik 2–3 parų vidutinį perteklinį vandens kiekį ir iš esmės veikia kaip pratakus vandens telkinys, o ne kaip vandens saugykla. Tokia sistema negali veikti kaip ilgalaikio nuotėkio reguliavimo mechanizmas, nes turi ribotą akumuliacinį tūrį. Vandens srautų dinamikoje aiškiai išsiskiria didelė priklausomybė nuo vieno vandens šaltinio. Net 98 % visų pajamų sudaro vandens prietaka Spernios upe iš Dusios ežero. Tuo tarpu prietaka iš baseino (1,65 %) ir pajamos tiesiogiai iš kritulių (0,29 %) yra nereikšmingos ir esminės įtakos bendram vandens balansui neturi. Tai rodo, kad sistema yra struktūriškai priklausoma nuo vieno šaltinio ir pasižymi dideliu hidrologiniu pažeidžiamumu. Vadinasi, bet koks ištekėjimo iš Dusios ežero sumažėjimas (pvz., dėl reguliavimo per vandens pertekliaus pralaidą ar natūralaus sumažėjimo susidarius nepalankioms hidrologinėms sąlygoms ežere) tiesiogiai lemia prietakos į Kalesninkų tvenkinį sumažėjimą, o tvenkinio vandens režimas yra tiesiogiai susijęs su ištakos iš Dusios ežero sąlygomis.

Žuvininkystės poreikiai sudaro 23,11 % visų vandens nuostolių. Nors nuostoliai nedideli, tačiau jie turi būti patenkinti per trumpą laiką, todėl pasižymi dideliais momentiniais vandens tūriais, kurie Kalesninkų tvenkiniui yra hidrologiškai reikšmingi. Vasario–balandžio mėnesiais, dėl su žuvininkyste susijusių poreikių, jame formuojasi „kritinis“ hidrologinis laikotarpis. Tuo metu tvenkinys patiria reikšmingus nuostolius, nes žuvininkystės tvenkinių užpildymo metu vandens poreikis gali viršyti 20 000 m<sup>3</sup>/parą. Tokie žuvininkystės poreikiai reikalauja didelių paros prietakos debitų, kurie į Kalesninkų tvenkinį ne visada gali būti užtikrinti. Patiriami nuostoliai gali būti kompensuojami tik likusio tvenkinio tūrio sąskaita, todėl didėja tvenkinio reguliavimo būtinybė. Jei prietaka nėra pakankama, per 2–3 paras gali būti išnaudojama visa tvenkinio talpa.

Šalia žuvininkystės poreikių, svarbus yra ir kitas ribojantis veiksnys – žemiau tvenkinio praleidžiamas gamtosauginis debitas ( $\geq 0,060$  m<sup>3</sup>/s), kuris turi būti palaikomas nepriklausomai nuo žuvininkystės veiklos. Vien gamtosauginiam debitui praleisti reikia 30 % viso metinio pritekėjimo. Šis debitas yra prioritetas vandens režimo elementas ir turi būti užtikrinamas visais laikotarpiais. Vis dėlto, kaip rodo skaičiavimai, šio reikalavimo išpildymas gali būti problemiškas, nes „kritiniais“ laikotarpiais sistema stokoja pakankamo vandens rezervo, reikalingo tiek ūkiniams poreikiams tenkinti, tiek stabiliai hidrologini ir ekologiškai būklei upėje palaikyti.

*Apibendrinimas.* Atlikta analizė rodo, kad Kalesninkų tvenkinys negali sukaupti reikšmingų vandens atsargų perteklinio vandens pavidalu ir žuvininkystės tvenkinių užpildymo laikotarpiais gali būti nepajėgus kompensuoti vandens nuostolių bei užtikrinti reikiamo gamtosauginio debito. Kalesninkų tvenkinio ir žuvininkystės tvenkinių funkcinėje sistemoje aiškiai išryškėja tiek sezoninis pažeidžiamumas, susijęs su prietaka iš Dusios ežero, tiek operacinis pažeidžiamumas, nulemtas žuvininkystės veiklos.

#### **4. REKOMENDACIJOS VANDENS IŠTEKLIŲ VALDYMUI**

Kalesninkų ir žuvininkystės tvenkinių sistema veikia riboto tūrio ir neoptimalaus vandens srautų paskirstymo sąlygomis. Pagrindiniai efektyvumo didinimo būdai yra šie:

- esamos vandens tiekimo į žuvininkystės tvenkinius sistemos rekonstravimas;
- vandens srautų valdymo centralizavimas ir apskaitos sistemos diegimas.

Tai leistų padidinti tiek žuvininkystei skirto vandens tiekimo patikimumą, tiek užtikrinti stabilų gamtosauginio debito pralaidumą.

#### 4.1 Kalesninkų tvenkinio hidrotechninių statinių pertvarka

Šiuo metu esama vandens tiekimo į žuvų auginimo vietas sistema yra pasenusi ir nepakankamai efektyvi. Ji neužtikrina tolygaus srautų paskirstymo, taip pat neleidžia patikimai kontroliuoti ir apskaityti vandens, įskaitant gamtosauginio debito pralaidumą.

Siekiant užtikrinti efektyvesnę vandens srautų valdymą ir jų apskaitą, rekomenduojama pertvarkyti Kalesninkų tvenkinio hidrotechninius statinius: rekonstruoti *tvenkinio pylimą ir atsisakyti esamų keturių pralaidų*, vietoje jų įrengiant vieną pralaidą su vandens nukreipimo ir srautų apskaitos įrenginiais. Todėl siūloma:

- suprojektuoti ir įrengti reguliuojamą slenkstinio tipo pralaidą (pvz. šliuzą-reguliatorių) su vandens paskirstymo kamera, į kurią būtų nukreipiamas visas vandens srautas ir iš kurios jis būtų paskirstomas į atskiras tiekimo linijas - žuvų auginimo vietas;
- kameroje įrengti vandens srauto nukreipimo įrenginius (pvz., sklendes ir/ar valdomus uždorius), leidžiančius reguliuoti ir paskirstyti vandens srautą bei užtikrinti reikiamas hidraulines sąlygas;
- kiekvienoje linijoje įrengti vandens apskaitos prietaisus (pvz., įvairaus skerspjuvio kalibruotus slenksčius, angas ir/ar debitomačius), užtikrinančius nuolatinę srautų kontrolę;
- valdymo procesus automatizuoti;
- parengti Kalesninkų tvenkinio naudojimo ir priežiūros taisykles pagal „Tvenkinių naudojimo ir priežiūros tipinių taisyklių (LAND 2-95) aprašą“ ([LR aplinkos ministro įsakymas Nr. D1-213](#)) jas adaptuojant ir suderinant su „Užtvenkto Dusios ežero naudojimo ir priežiūros taisyklėmis“.
- atlikti visų tvenkinių tūrio inventorizaciją.

Tai leistų centralizuotai valdyti vandens srautus, kontroliuoti gamtosauginį debitą, realiu laiku planuoti vandens paskirstymą, sumažinti vandens nuostolius ir pereiti nuo fragmentuoto prie integruoto valdymo modelio.

#### 4.2 Priklausomybės nuo pagrindinio prietakos šaltinio (Dusios ežero) valdymas

Atsižvelgiant į tai, kad pagrindinė prietaka (98 %) į Kalesninkų tvenkinį yra iš Dusios ežero, rekomenduojama:

- įdiegti hidrologinį planavimo modelį, pagrįstą realaus laiko Spernios upės ties Metelyte vandens lygio stebėsenos ir debitų (Q–h) kreivės duomenimis, leidžiantį operatyviai nustatyti prietaką;
- taikant modelį, įdiegti operatyvinio valdymo režimą ir užtikrinti vandens paskirstymą į žuvininkystės vietas taip, kad iš tvenkinio praleidžiamas vandens kiekis būtų artimas prietakai ir užtikrintų gamtosauginį debitą;

- koreguoti žuvininkystės tvenkinių užpildymo trukmę ir laiką (paankstinant ir/arba pailginant), kad būtų sumažinti ekstremalūs („pikai“), bet patenkinti galutiniai vandens poreikiai;
- ekstremaliomis sąlygomis (nesant prietakai) visų tikslų įgyvendinimui leisti panaudoti („nuleisti“) tvenkinio tūrį, nustatytą pagal „Tvenkinių ir patvenktų ežerų naudojimo ir priežiūros tvarkos aprašo“ 32-ojo punkto reikalavimus.

#### **4.3 Žuvininkystėje panaudoto vandens pakartotinio naudojimo galimybės**

Žuvų „sandėliukuose“ ir inkubatoriuje cirkuliuojamo ar iš žiemojimo tvenkinių išleidžiamo vandens panaudojimas auginimo tvenkinių papildymui, kompensuojant išgaravimo ar kitokius nuostolius, galėtų padidinti vandens išteklių naudojimo efektyvumą. Tačiau praktikoje tokia galimybė labai ribota – panaudoto vandens pakartotinis naudojimas yra griežtai reglamentuotas pagal vandens kokybės rodiklius ir dažniausiai nėra leidžiamas. Be to, tokio vandens grąžinimą į sistemą riboja srauto krypties hidraulinės sąlygos: neužtikrinami, o dažniausiai – apskritai neįmanomi reikiami savitakinio tekėjimo aukščių skirtumai ir kiti techniniai reikalavimai. Dėl šių priežasčių pakartotinio naudojimo įgyvendinimas pareikalautų esminės visos vandens tiekimo sistemos pertvarkos, įrengiant papildomas siurbimo sistemas, o tai ženkliai padidintų eksploatacines sąnaudas ir bendrą veiklos savikainą. Pakartotinio vandens naudojimo principai įmonėje taikomi tik žuvų auginimui recirkuliacinėse sistemose, kuriose naudojami biologiniai filtrai.

#### **Padėka**

Dėkoju Žuvininkystės tarnybos prie LR ŽŪM žuvivaisos departamento pietų regiono žuvivaisos skyriaus vedėjui Artūriui Vaickui ir vyriausiajai specialistei Vilmai Jasevičienei už suteiktą informaciją ir bendradarbiavimą.

## Literatūra

- Bozorgi, A., Bozorg-Haddad, O., Sima, S., & Loáiciga, H. A. (2020). Comparison of methods to calculate evaporation from reservoirs. *International Journal of River Basin Management*, 18(1), 1-12.
- El Gayar, A., 2020. A study on water seepage losses for ponds and reservoirs. *International Journal of Agricultural Invention*, 5(2), pp.150-156.
- De Bruin, H. A. R., & Lablans, W. N. (1998). Reference crop evapotranspiration determined with a modified Makkink equation. *Hydrological Processes*, 12(7), 1053-1062.
- Farnworth, M. and Petrell, R.J., 2005. Analysis of pond seepage for application in fisheries and aquaculture 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 41(3), pp.581-590.
- Lietuvininkas, G. Užtvenkto Dusios ežero naudojimo ir priežiūros taisyklės. 2011. Gedlieta. 15p.
- Nagai, A. (1993). Estimation of pan evaporation by Makkink equation. *Journal of Japan Society of Hydrology and Water Resources*, 6(3), 238-243.
- Taminskas, J., Grendaitė, D., Linkevičienė, R., Valskys, V., 2024. Dovinės aukštupio baseino apkrovų stebėsenos programa. Ataskaita. Vilnius. 83p.
- Tvenkinių ir patvenktų ežerų naudojimo ir priežiūros tvarkos aprašas. „Dėl tvenkinių naudojimo ir priežiūros tipinių taisyklių (Land 2-95) patvirtinimo“ pakeitimo. LR aplinkos ministro įsakymas 2023 m. birželio 23 d. Nr. D1-213. Vilnius.
- Valiantzas, J. D. (2006). Simplified versions for the Penman evaporation equation using routine weather data. *Journal of Hydrology*, 331(3-4), 690-702.