

# Neries hidroenergija

Jonas Jablonskis<sup>1</sup>,

Diana Meilutytė-Lukauskienė<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Lietuvos energetikos institutas,  
Hidrologijos laboratorija,  
Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas

<sup>2</sup> Lietuvos sveikatos mokslų universitetas,  
A. Mickevičiaus g. 9, LT-44307 Kaunas  
El. paštas diana.meilutyte-lukauskiene@lei.lt

Straipsnyje Neries pavyzdžiu tiriama upių tėkmė kaip mechaninės hidroenergijos šaltinis, kurį sudaro potencinė ir kinetinė hidroenergija. Šių hidroenergijų kiekis ir santykis – svarbūs įsisavinant vietinius atsinaujinančius energijos išteklius. Duomenų bazė sudaryta iš 1:25000 mastelio topografiniuose žemėlapiuose pateiktų hidrografinių charakteristikų, kurios atspindi upės nuosėkio laikotarpį. Sudarytos upės tėkmės greičio, pločio, gylio, skerspjūvio ploto ir nuolydžio duomenų eilės, atlikta jų kaitos pagal tėkmę analizė. Neries tėkmės skerspjūviams iš kinetinės ir potencinės energijų atskirai apskaičiuotos galios  $P_k$  ir  $P_p$  bei jų santykis – Frudo skaičius  $F_r$ . Tyrimas parodė, kad upės nuosėkio metu esant tėkmės greičiui  $v = 0,5\text{--}0,6$  m/s, kinetinė galia siekia 0,34–2,3 % potencinės galios. Manome, kad būtina išsamiau ištirti šalies upių srovės greičius ir gylius, jų hidroenergetinius išteklius.

**Raktažodžiai:** upė, energijos kinetinė galia, skerspjūvio plotas, vandens greitis, nuolydis, Frudo skaičius

## IVADAS

Lietuva neturi pakankamai pirminės energijos išteklių, todėl apsirūpinti ja nėra paprasta. Europos Sąjunga visoms narėms pasiūlė užtikrinti, kad iki 2020 m. 20 % energijos būtų gaminama iš atsinaujinančių energijos išteklių, ir 20 % padidinti energijos vartojimo efektyvumą. Manoma, kad šioms užduotims įgyvendinti, daugiau elektros energijos šalyje reikėtų pasigaminti patiems, stengtis plačiau panaudoti vėjo ir saulės energiją, žemės ir vandens šilumą, biokurą bei atliekas šilumai ir elektros energijai gaminti, naudoti taupesnę apšvietimą, renovuoti namus, juose įrengiant saulės ir žemės šilumos kolektorius ir kt.

Per pastaruosius 25 metus energetikos sektoriuje įvyko reikšmingų pokyčių. Vienas jų – atsisakyta plėtoti hidroenergetiką, kuri yra vienas svarbiausių atsinaujinančių energijos išteklių. Ma-

noma, kad mažosios hidroenergetikos plėtojimas neatitinka šalies darnios plėtros strategijos. Seimas pakeitė Vandens įstatymą, kuriuo uždraudė statyti užtvankas Nemune bei ekologiniu ir kultūriniu požiūriu svarbiose upėse ar jų ruožuose, o Vyriausybė 2004 m. patvirtino šių upių sąrašą [1]. Todėl liko vos 2,6 % visų teorinių hidroenergetinių išteklių, kurių šalyje yra apie  $6,0 \cdot 10^9$  kWh [2]. Ignalinos atominė elektrinė 2009 m. pagamino 10 852,6 GWh elektros energijos (2009 m. pabaigoje buvo uždaryta), vėjo elektrinės – 157,7 GWh, o mažosios hidroelektrinės – 74,3 GWh; toks gamybos lygis stebimas jau nuo 2007 m. [3].

Dabartinei hidroenergetikos plėtrai susidūrė nepalankios perspektyvos [4]. Nežiūrint to, įvertinę susidariusią situaciją ir hidroenergetikos plėtros pasaulinę praktiką plačiau panaudoti upių tėkmės ir jūros bangų kinetinės energijos technologijas, Aleksandro Stulginskio universiteto ir Lietuvos energetikos instituto hidroenergetikai

siekia ištirti galimybes kinetinę hidroenergiją panaudoti šalyje, neįrengiant užtvankų. Paskelbti pirmieji tyrimų rezultatai [5–8].

Vandens tėkmės kinetinė energija ir jos praktinis panaudojimas nėra taip plačiai ištirtas, kaip potencinės energijos, nes ši energija, dar vadinama „gyvąja energija“, žymiai mažesnė. Tačiau ją galima naudoti netvenkiant upės, o turbinas panardinti upės tėkmėje ar patalpinti jos paviršiuje. Dėl ekologinių sumetimų kinetinės energijos tyrimai intensyvěja ir yra atliekami dviem kryptimis: upių ir jūrų pakrančių vandens kinetinės energijos išteklių tyrimas ir jos išteklių nustatymas bei naujų technologijų kūrimas [5]. Upių kinetinės hidroenergijos ištekčiai plačiai tiriami Kanadoje ir JAV [9–11].

Svarbiausi parametrai vandens tėkmės kinetinei energijai įvertinti yra vandens masė ir jos judesys. Tačiau konkrečioms upėms juos nustatyti nėra paprasta, nes upė – per ilgą laiką gamtos jėgų suformuotas kūrinys, tekantis per nevienalytį žemės paviršių. Todėl upės yra kintančio pločio, gylio, nuolydžio ir kitų morfometrinių rodiklių dinaminis vandens telkinys. Upių vagų ir tėkmės parametrai kinta, todėl nustatant upės kinetinę ir visą pilnutinę energiją reikia kuo išsamiau upę ištirti, išmatuojant arba modeliuojant upės skerspjuvio parametrus, ypač atkreipiant dėmesį į tėkmės greitį. Šiam tyrimui buvo panaudotos upių morfometrinių charakteristikos, nustatytos pagal palyginti stambaus mastelio topografinius žemėlapius.

Šio straipsnio tikslas – ne tik upės kinetinės energijos, bet ir upės tėkmės mechaninės energijos, kurią sudaro kinetinė ir potencinė (padėties ir slėgio) energijos, įvertinimas. Toks kompleksinis upės tyrimas jos energijos sudedamųjų požiūriu įgalina objektyviau įvertinti upės hidroenergetinę vertę. Analizei pasirinkta antroji pagal dydį šalies upė Neris.

## METODIKA IR PRADINIAI DUOMENYS

Pagal žinomą hidraulikoje Bernulio lygtį, upės vandens tėkmės pilnutinę hidromechaninę energiją sudaro potencinės ir kinetinės energijų vienoda suma. Potencinę upės energiją nusako galimas jos tėkmės padėties aukščio pokytis, o kinetinę – upės tėkmės judėjimas:

$$E_p = m \cdot g \cdot h, \quad (1)$$

$$E_k = 0,5 \cdot m \cdot v^2. \quad (2)$$

Norint ištirti upės hidroenergetinius išteklius, reikia šias energijos rūšis išnagrinėti atskirai ir išsiaiškinti jų santykį. Potencinė energija gali būti konvertuojama į kinetinę ir atvirkščiai sąryšiu:

$$m \cdot g \cdot h = 0,5 \cdot m \cdot v^2, \quad (3)$$

nes tarp srovės greičio ir jo slėgio aukščio  $h$  egzistuoja santykis  $v = \sqrt{2gh}$ . Srauto tūrio masę  $m$  pakeitę srauto mase  $\dot{m} = \rho Av$  (kg/s) ( $A$  – skerspjuvio plotas, m<sup>2</sup>), rasime srauto energetinę galią (atliekamo darbo spartą):

$$P_p = \dot{m} \cdot g \cdot h, \quad (4)$$

$$P_k = 0,5 \cdot \dot{m} \cdot v^2. \quad (5)$$

Pilnutinę teorinę tėkmės hidromechaninę arba bendros hidraulinės energijos galią galima nustatyti vietoj slėgio aukščio priėmus bendrąjį hidrodinaminį  $h_d = h + h_s$  aukštį ( $h_s = v^2/2g$ ):

$$P_m = \dot{m} \cdot g \cdot h_d. \quad (6)$$

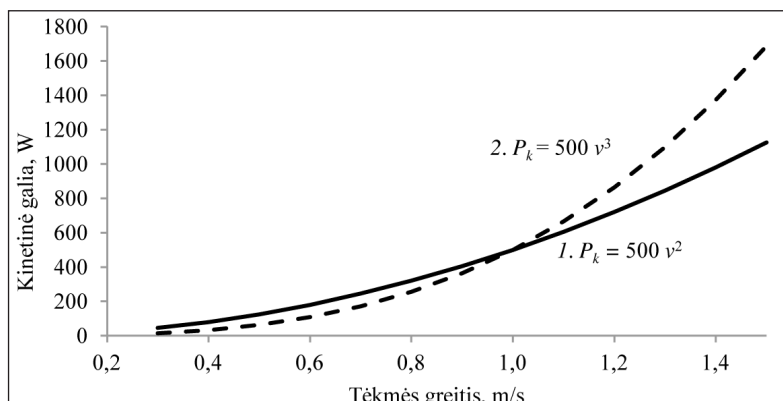
Kinetinės energijos vertę potencinės energijos požiūriu apibūdina jų galių santykis  $\dot{F}r$  (Frudo skaičius), kuris dvigubai mažesnis už  $Fr$  skaičių, nustatytą pagal inercijos ir svorio jėgų santykį. Įvertinus (3) nuostatą:

$$\dot{F}r = \frac{0,5\dot{m}v^2}{\dot{m}gh} = \frac{0,5\dot{m}2gh_s}{\dot{m}gh} = \frac{h_s}{h}. \quad (7)$$

Tad kinetinės galios vertę galima nustatyti pagal hidrostatinio slėgio  $h_s$  ir slėgio aukščio  $h$  santykį. Frudo skaičiumi galima pasikliauti parenkant tinkamas vietas hidrokinetinėms turbinoms išdėstyti upės tėkmėje, kai svarbu žinoti srovės greitį, upės gylį ir plotį bei kitus upės vagos parametrus.

Tiriant upės kinetinę energiją reikšmingą ir reikalingą informaciją teikia kinetinės energijos tankio rodikliai. Tai tėkmės galia ( $P_k = 500 \text{ v}^3$ ), tenkanti 1 m<sup>2</sup> skerspjuvio plotui arba 1 m<sup>3</sup>/s vandens debitui ( $P_k = 500 \text{ v}^2$ ) (1 pav.), kuris rodo, kaip sparčiai (kubu ar kvadratu) auga srovės energija didėjant jos greičiui.

Dėl riboto vandens matavimo stočių (VMS) tinklo trūksta duomenų, pateiktų formuliu parametrams nustatyti. Iki 1969 m. hidrologiniuose



1 pav. Kinetinės energijos galios  $P_k$  (W) priklausomumas nuo srovės greičio  $v$  (m/s), kai vandens debitas ( $Q$ )  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  (1) ir tėkmės skerspjūvio plotas ( $A$ )  $1 \text{ m}^2$  (2)

metraščiuose buvo skelbiami ne tik vandens debitai, bet ir jiems apskaičiuoti reikalingi duomenys (upės plotis ir gylis, skerspjūvio plotas, vandens greitis ir kt.). Dabartiniu metu skelbiami tik išmatuoti kiekvienos dienos vandens lygiai ir apskaičiuoti vandens debitai.

Tyrimui reikiamus duomenis galima rasti ir upių vandens parametrų epizodinių matavimų santraukose [12]. Pavyzdžiui, informacija apie Nerį pateikta pagal hidrografinius vagos matavimus, atliktus 1957 m. birželio 20 – rugpjūčio 25 d. Tačiau šie duomenys pateikiami grafiškai, todėl skaičiavimams mažai tinkami; juos galima rasti tik archyvuose.

Šiame tyrime, skaičiuojant Neries kinetinę ir potencinę energiją, buvo naudojami upės morfometriniai duomenys, nustatyti iš 1:25000 mastelio topografinių žemėlapių. Šie žemėlapiai buvo naudojami nustatant šalies upių ilgius ir baseinų plotus [13] bei potencinės hidroenergijos išteklius [14]. Žemėlapuose įvairiu atstumu (vidutiniškai kas 3,5 km) yra pateikiamas upės plotis ir gylis, vandens tėkmės greitis, vandens paviršiaus absoliutus aukštis ir kt.

Palyginus Buivydyžių, Vilniaus ir Jonavos VMS „0“ aukščius su žemėlapuose pateiktais vandens lygiais, pastarieji atitinkamai 1,96, 2,40 ir 0,26 metro yra aukštesni. Žemėlapuose duomenys atitinka vidutinio vandeningumo metų (1960, 1964, 1969) vasaros mėnesių vandens lygius ir debitus.

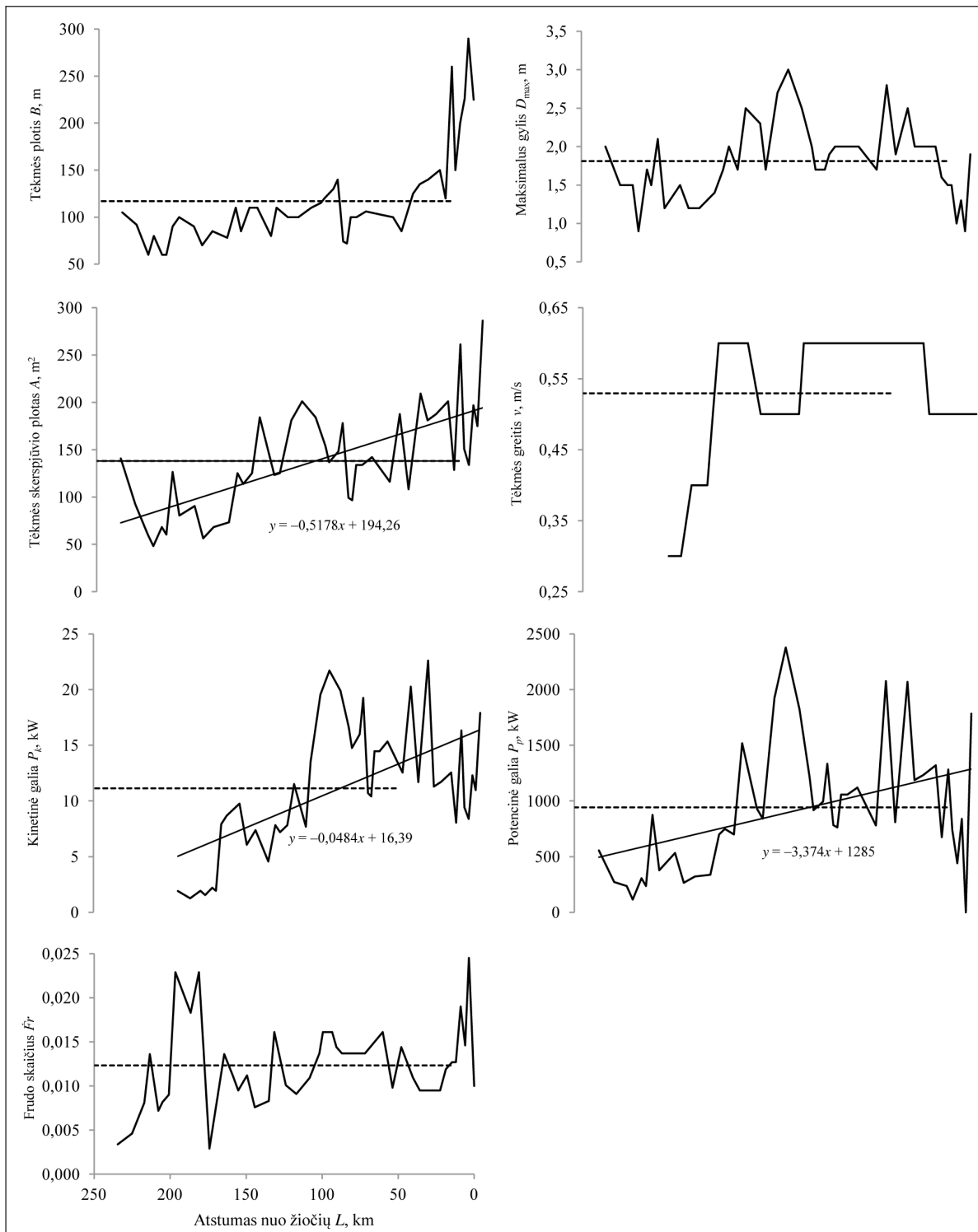
## TYRIMŲ REZULTATAI IR APTARIMAS

Upė siekia suformuoti pusiausvyros (įgaubtos kreivės pavidalo) išilginį profilį. Neris tokio

profilio dar nesuformavo. Pagal žemėlapius nustatyta, kad, išskyrus trumpas atkarpas, Neries nuolydis beveik vienodas: vidutinis – 37,6 cm/km, didžiausias – 45,0 cm/km (tarp Vokės ir Musės upių žiočių). Upės tėkmės plotis  $B$  pasroviui didėja monotoniškai–cikliškai, nes paeilui sietuvas keičia rėvos, upė teka tartum per mažus ežerėlius. Plotis nuo Žeimenos iki Šventosios padidėja tik 30 metrų (nuo 60 iki 90), tačiau žemupyje jis jau siekia 200 metrų ir daugiau (2 pav.). Žemėlapuose pateikiamos giliausios upės vietos. Profiliuose upės gylis kinta nuo 0,9 iki 3 metrų, vidutinis upės gylis  $D = 1,85 \text{ m}$ . Galima pažymėti, kad kai upės plotis ( $B$ ) yra per 180 m, upės gylis – ne didesnis kaip vienas metras. Žemupyje upėje klostosi sąnašos, atsiranda salų, todėl 25 km žemupio ruože upė yra seklesnė.

Svarbus upės rodiklis yra jos skerspjūvio plotas ( $A$ ). Neries tėkmės skerspjūvio plotą apskaičiavome upės plotį ( $B$ ) padauginę iš 0,67 nuo maksimalaus gylio ( $D_{\max}$ ):  $A = 0,67 \cdot D_{\max} \cdot B$  (vidutiniškai toks  $D_{\text{vid}}$  ir  $D_{\max}$  gylių santykis stebimas parabolinio skersinio profilio upėse). Neries skerspjūvio plotas pagal upės tėkmę turi ryškų didėjantį trendą (2 pav.).

Žemėlapuose pateikti srovės greičiai nėra išsamūs. Sprendžiant pagal upės nuolydžius, srovės greičiai galėtų būti pateikti tankiau. Neries aukštupyje srovės greitis  $v = 0,3\text{--}0,4 \text{ m/s}$ , iki Želvos upės žiočių srovė padidėja iki  $0,5\text{--}0,7 \text{ m/s}$ . Rėvuotoje upės dalyje, nuo Vokės iki Šventosios žiočių, vyrauja gana pastovus  $0,6 \text{ m/s}$  srovės greitis, žemiau Šventosios žiočių greitis sumažėja iki  $0,5 \text{ m/s}$ . Tai vasaros nuosėkio laikotarpio upės



2 pav. Neries tėkmės charakteristikos ir hidroenergija upės skerspjūviuose (punktoriais atidėtos vidutinės reikšmės)

srovės greičiai. Kiek didesni srovės greičiai buvo išmatuoti 1957 m. birželį–rugpjūtį: Vilniaus VMS – 0,53–0,63 m/s, Jonavos VMS – 0,59–0,62 m/s. Tai 52–59 % vandeningumo metų vandens greičiai.

## HIDROENERGIJOS GALIA UPĖS SKERSPJŪVIUOSE

Neries vandens potencinė  $P_p$  ir kinetinė  $P_k$  energijos galia upės skerspjūviuose apskaičiuotos pagal

(4) ir (5) formules. Atlikus Neries skerspjūvių plotų ( $A$ ) ir pagal topografinius žemėlapius nustatytų vandens greičių ( $v$ ) kaitos analizę (2 pav.), apskaičiuota, kad 44 upės skerspjūviuose kinetinė galia kinta nuo palyginti mažos 1,25–1,54 kW upės aukštupyje iki 20 kW vidurupyje ir sumažėja iki 15 kW upės žemupyje. Mažas  $P_k$  reikšmes Neries aukštupyje lėmė maži srovės greičiai (0,3–0,4 m/s); vidurupyje didesnėms  $P_k$  reikšmėms įtakos turėjo didesni srovės greičiai (iki 0,6 m/s) bei dėl pagilėjusios upės padidėjęs upės skerspjūvio plotas; žemupyje dėl iki 0,5 m/s sumažėjusio srovės greičio sumažėjo ir  $P_k$  reikšmės, tačiau bendrą  $P_k$  pokytį pagal tėkmę nulėmė upės vandeningumo augimas. Gautus duomenis galima apibendrinti tokia tiesine išraiška:  $P_k = 16,39 - 0,048 L$ . Šia lygtimi galima nustatyti  $P_k$  norimu upės atstumu  $L$  nuo žiočių, tačiau praktiniu požiūriu svarbios tik didžiausios  $P_k$  reikšmės. Iš 44 skerspjūvių tik trijuose nustatėme  $P_k > 20$  kW (40,3, 53,8 ir 117,0 km atstumu nuo upės žiočių). Juose srovės greitis 0,6 m/s, skerspjūvio plotai apie 200 m<sup>2</sup>.

Tiems patiems 44 Neries upės skerspjūviams buvo apskaičiuota ir potencinės energijos galia ( $P_p$ ), kurios kaitos pasroviui grafikas pateiktas 2 pav. Šio grafiko forma artima upės maksimalaus gylio ( $D$ ) grafiko formai.

Žinant energijų galias  $P_k$  ir  $P_p$ , galima nustatyti bendrą upės tėkmės energijos galią ( $P_m$ ) ir šių galių santykį ( $P_k/P_p$ ). Neries hidroenergijos galių balansas 44 skerspjūviuose:  $P_m = P_k + P_p = 941$  kW. Galima daryti išvadą, kad Neries hidromechaninės energijos galia, nustatyta pagal 44 upės skerspjūvių galių

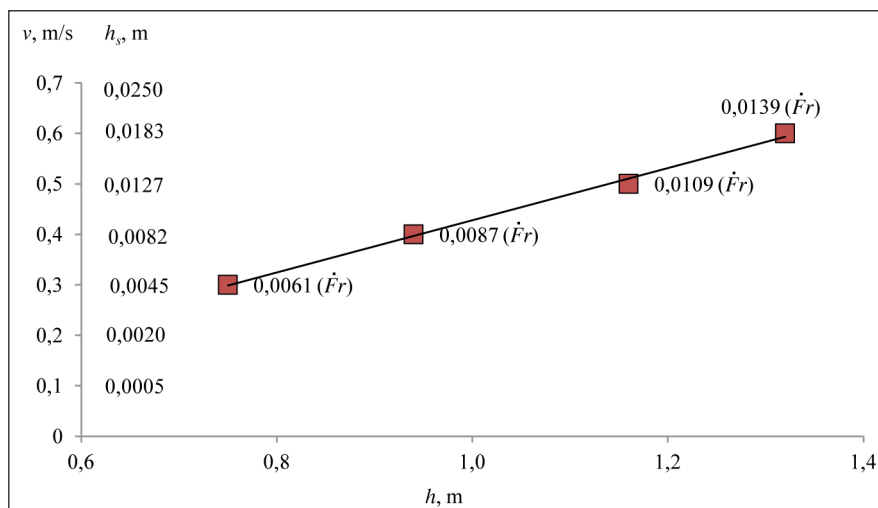
vidurkj, yra 941 kW, kurios didžiausią (930 kW) dalį sudaro potencinė ir tik 11 kW – kinetinė galia. Beje, kinetinė energija gali būti nustatyta ne pagal hidromechaninę, bet pagal apskaičiuotą potencinės energijos galią, tačiau būtina iširti  $P_k$  ir  $P_p$  santykį, t. y. kinetiškumo parametą – Frudo skaičių, kuris apskaičiuojamas pagal (7) formulę (2 pav.).

Tirtuose 44 Neries skerspjūviuose Frudo skaičius ( $\dot{F}r$ ) kinta nuo 0,0034 iki 0,0229, vidutinė reikšmė 0,0127. Tai rodo, kad šiuo atveju kinetinė galia siekia 0,3–2,3 %, o vidutiniškai – 1,27 % potencinės galios.

Kadangi apie 99 % tėkmės mechaninės energijos sudaro potencinė energija, pagal ją gali būti nustatoma kinetinė galia, t. y.  $P_k = f(P_p)$ . Tuo tikslu būtina plačiau iširti  $\dot{F}r$  koeficientą. Neries atveju tėkmės skerspjūvių vidutinę kinetinę galią galima įvertinti ryšiu  $P_k = 0,013 P_p$ .

Praplėtus šio universalaus kinetiškumo parametro  $\dot{F}r$  tyrimą ir norint įsitikinti jo efektyvumu, buvo sudarytas grafikas, vaizduojantis ryšį tarp tėkmės greičio  $v$  bei jo nulemtos slėgio aukščio  $h$  ir tėkmės skerspjūvio vidutinio gylio  $D_{\text{vid}}$ , stebėto prie įvairių (0,4–0,6 m/s) srovės greičių (3 pav.).

Ties nagrinėjtais tėkmės greičiais pateiktas  $\dot{F}r$  skaičius, kaip  $h_s$  ir  $h$  santykis (7). Iš grafiko matyti, kad padidėjus  $v$  nuo 0,4 iki 0,6 m/s, t. y. 1,5 karto,  $h_s$  išauga 2,2 karto, o  $\dot{F}r$  – 1,6 karto, kadangi šiuo atveju tėkmės gylis taip pat padidėja, tiesa, mažiau (1,4 karto). Kaip matyti,  $\dot{F}r$  sparčiau auga didėjant tėkmės greičiui nei tėkmės gyliui. Gautas tiesinis priklausomumas leidžia spręsti apie  $\dot{F}r$  žinant galimus srovės greičius upėje (3 pav.). Pavyzdžiui,



3 pav. Neries kinetiškumas  $\dot{F}r$  atsižvelgiant į tėkmės greitį  $v$  (m/s) ir slėgio aukštį  $h$  (m)

Neryje tėkmės greičiams padidėjus 3 kartus (0,3–0,9 m/s diapazone),  $\bar{F}r$  padidės nuo 0,0061 iki 0,0213, t. y. 3,5 karto.

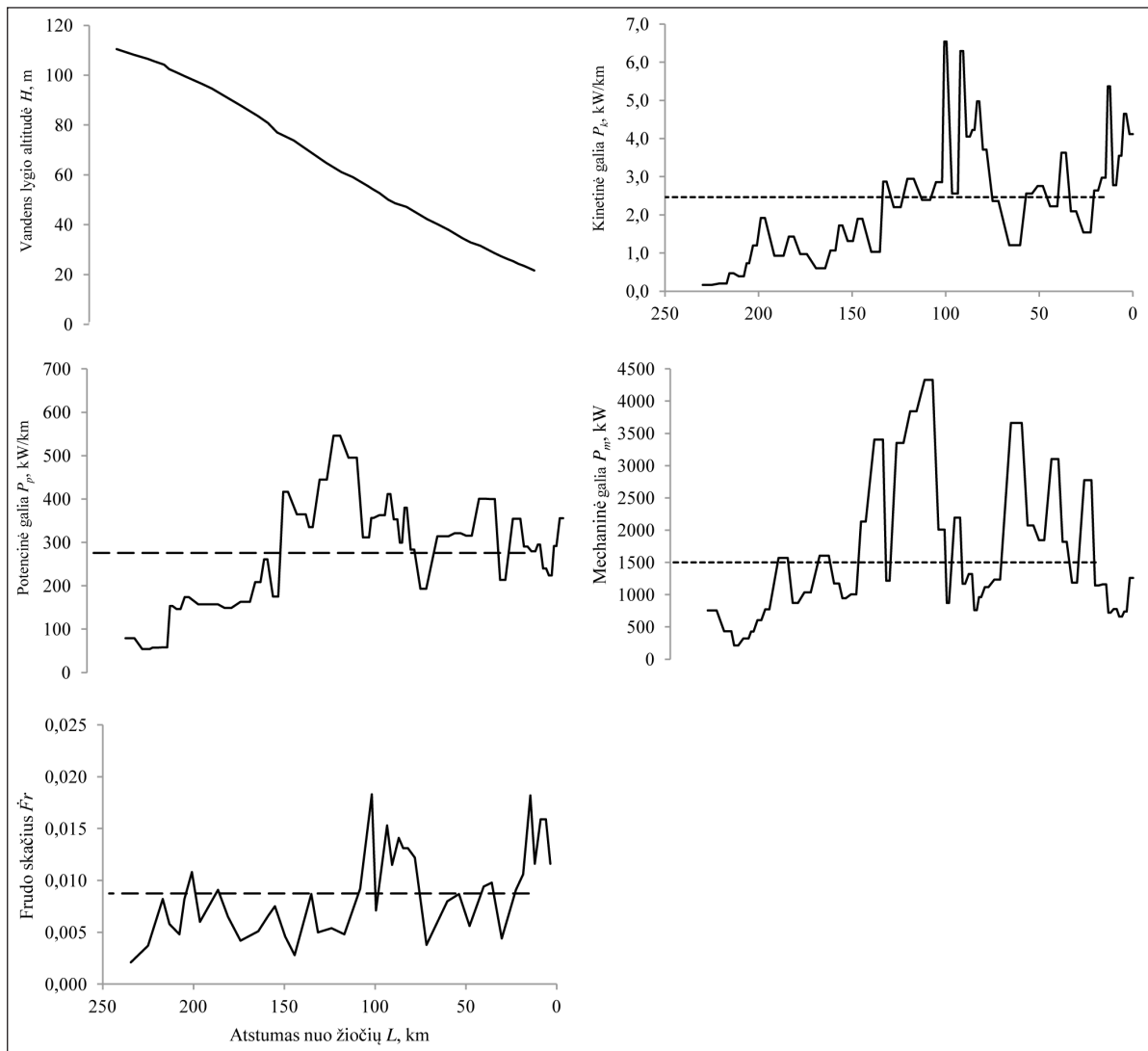
### HIDROENERGIJOS GALIA NERIES TĖKMĖS Ruožuose

Nagrinėjant upės skerspjūvių vandens energiją pastebėta, kad ruožo vidutinis ilgis 5,45 km, jo vidutinis kritimo aukštis  $\Delta h = 2,05$  m. Apskaičiuotos 43 ruožų, esančių tarp nagrinėtų 44 pjūvių, vidutinė lyginamoji (kilometrinė) kinetinė ir potencialinė galia bei jų Frudo skaičius. Ruožų kritimo aukščiai nustatyti pagal žemėlapiuose pateiktus vandens lygio absoliučius aukščius.

Visos upės (234,5 km) kilometrinių ruožų galų vidutinės reikšmės yra:  $P_k = 2,04$ ,  $P_p = 273,3$

ir  $P_m = 275,4$  kW/km. Pagal šias reikšmes galima spręsti apie atskirų ruožų energetinę vertę, pirmausia kinetinės energijos požiūriu. Toks vertinimas atliktas Neries upėje pagal Frudo skaičių:  $\bar{F}r = P_k : P_p = 0,0075$ . Tad Neries lyginamoji kinetinė energijos galia siekia vos 0,75 % potencialinės lyginamosios galios. Pagal šį santykį upėje galima nustatyti atkarpas, kur kinetinės energijos potencialas pakankamai didelis nepatvankinems turbinoms įrengti. 4 pav. pateikti lyginamosios kinetinės galios ir Frudo skaičiaus grafikai.

Mažesnės už vidurkį kinetinės galios vienam upės kilometrui ( $P_k/\text{km}$ ) reikšmės yra upės aukštypyje iki Vokės žiočių, o žemupyje nustatyti keli bendro 22 km ilgio ruožai, kurių kinetinė galia didesnė nei 4 kW/km, iš jų išsiskiria du 5,2 km bendro ilgio ruožai su 6,2 ir 6,5 kW/km



4 pav. Neries tėkmės ruožų vandens lygio altitudė, galios bei Frudo skaičius (punktoriais atidėtos vidutinės reikšmės)



kilometrines kinetines galias. Jų  $\bar{F}r$  atitinkamai lygūs 0,0153 ir 0,0189, t. y. juose kinetinė energijos galia siekia 15,3 ir 18,3 % potencinės energijos galios. Tai aukščiausios kinetinės energijos galių reikšmės visoje tirtoje upėje.

Atliktas tyrimas rodo, kad sausmečiu, kuris tęsiasi apie pusę metų, bet kokio dydžio upėse, kurių srovės greitis nuo 0,3 iki 0,6 m/s, didelio kinetinės energijos efekto tikėtis neverta. Tačiau moksliniu ir praktiniu požiūriais šios krypties tyrimus būtina tęsti dėl atsinaujinančių išteklių technologijų plėtojimo ir ekologinių sumetimų. Ypač reikėtų atkreipti dėmesį į šalies upių srovės greičių ir gylių režimą, jų susidarymo aplinkybes.

## IŠVADOS

1. Straipsnyje panaudota topografiniuose žemėlapiuose skelbiama hidrometrinė informacija sudaro galimybę įvertinti upės hidroenergijos išteklius. Duomenys atspindi vidutinio vandeningumo metų gegužės–rugpjūčio mėn. vidutinės hidromorfologinių parametrų reikšmes.

2. Nustatyta, kad Lietuvos teritorijoje Neries nuolydis yra 37,6 cm/km, gylis 0,9–3,0 m, vandens srovės greitis 0,3–0,7 m/s ir vagos plotis nuo 60 iki 200 m.

3. Neries bendroji hidromechaninė (teorinė) lyginamoji (kilometrinė) energija yra 275,4 kW/km, ją sudaro 273,3 kW/km potencinės ir 2,0 kW/km kinetinės energijos.

4. Nustatytas upės skerspjūvių Frudo skaičius  $\bar{F}r$  svyruoja nuo 0,0034 iki 0,0229 (vidutinė reikšmė 0,0127), ruožų  $\bar{F}r = 0,021$ –0,0183 (vidutinė reikšmė 0,00875), o visos upės  $\bar{F}r = 0,0075$ .

5. Frudo skaičius rodo, kad Neries kinetinė energija vidutiniškai sudaro 0,732 % potencinės arba 0,726 % visos hidromechaninės energijos.

6. Upėje nustatyti ruožai arba skerspjūviai, kur kinetinės ir potencinės energijų santykis siekia 1,8–2,3 %.

7. Upės nuosėkio laikotarpio kinetinės energijos panaudojimas be hidrotechninių priemonių dar nėra perspektyvus, tačiau išsamiau ištirti šalies upių gylius ir pločius bei srovės greičius mokslui ir praktikai – būtina.

8. Nustatyta, kad tėkmės kinetiškumas ( $\bar{F}r$ ) sparčiau auga didėjant tėkmės greičiui nei tėk-

mės gyliui: padidėjus  $v$  nuo 0,3 iki 0,9 m/s,  $\bar{F}r$  padidėtų 3,5 karto (0,0061–0,213).

Gauta 2015 09 15  
Priimta 2015 12 15

## Literatūra

1. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2004 m. rugsėjo 8 d. nutarimas Nr. 114 „Dėl ekologinių ir kultūrinių požiūrių vertingų upių ar jų ruožų sąrašo patvirtinimo“. *Valstybės žinios*. 2004. Nr. 137-4995.
2. Jablonskis J., Jurgelėnaitė A., Tomkevičienė A. Lithuanian hydropower and environment protection. *Environmental Engineering: 7th International Conference, Vilnius Gediminas Technical University, May 22–23, 2008*, Vilnius. Vol. 557–562.
3. *Lietuvos energetika 11*. Kaunas: LEI, 2012. 17 p.
4. Punys P., Ruplys B. Šalies hidroenergetika – blėtančios perspektyvos. *Energijos erdvė*. 2011. Nr. 3(10). P. 4–11.
5. Punys P., Vaišvila A. Napatvankinės hidroelektrinės. *Žemėtvarka ir hidrotechnika*. 2012. Nr. 4. P. 48–57.
6. Punys P., Martinaitis E., Vaičienė G., Vaišvila A. Neries upės tėkmės hidrokinetinės galios charakteristikų vertinimas vienmačiu modeliu HECRAS 4.1. *Vandens ūkio inžinerija*. 2013. Nr. 42(62). P. 61–71.
7. Jakimavičius D., Gailiūšis B., Šarauskienė D., Jurgelėnaitė A., Meilutytė-Lukauskienė D. Assessment of the river in hydrokinetic resources in Lithuania. *Baltica*. 2014. Vol. 27(2). P. 141–150.
8. Punys P., Adomaitytė J., Kvarciejus A., Žilinskas S. Hydraulic-geometric characteristics of the River Nemunas for the assessment of hydrokinetic resources. *Agricultural Engineering. Research paper*. 2013. Vol. 45(3). P. 38–50.
9. *HEC-RAS River Analysis System. Hydraulic Reference Manual*. USACE HEC. Davis, California. Version 4.1. 2010.
10. *Assessment of Canada's Hydrokinetic Power Potential. Phase I Report. Methodology and Data Review*. NRC-CHC. Prepared for: Natural Resources Canada. CanmetENERGY, 2010. 72 p.

11. *Assessment and Mapping of the Riverline in Hydrokinetic Energy Resource in the Continental United States*. EPRI, Palo Alto, USA, 2012. 80 p.
12. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 4. Vyp. 3. Opisaniye rek, ozer i vodokhranilishch. Vilnius, 1973. 624 s.
13. Gailiusis B., Jablonskis J., Kovalenkoviene M. *Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis*. Kaunas, 2001. 792 p.
14. Jablonskis J., Lasinskas M. *Lietuvos TSR upių kadastras*. III d. Debitai, nuolydžiai, galingumai. Vilnius, 1962. 640 p.

**Jonas Jablonskis, Diana Meilutytė-Lukauskienė**

#### **HYDRO ENERGY OF NERIS RIVER**

##### *Santrauka*

The article presents river flow (by the Neris River) as a mechanical source of hydroelectricity, which consists of potential and kinetic hydropower. Quantity and re-

lation between potential and kinetic energy are very essential in order to assimilate local renewable energy resources. The database consists of topographic maps (1:25000) with hydrographics characteristics, which reflect the river drought period. The data series of river stream velocity, river width, river depth, river cross-section area, and slope were made, as well as analysis of these data by the river flow was performed. For the evaluation of the flow of the cross-section of the Neris River, the Froude number ( $\dot{F}r$ ) was defined as a relation between kinetic and potential power, which were separately calculated from kinetic and potential energy. The results indicate that kinetic power is (0.34–2.3) % of potential power when flow velocity is  $v = (0.5–0.6)$  m/s during the river drought period. Therefore, it was determined that a more detail investigation of river flow velocity (acceleration), depth, and hydroenergy resources is needed.

**Key words:** river, kinetic energy power, cross-section area, slope, water velocity, pitch, the Froude number