

HIDROGRAFSKE VELIČINE PORJEČJA BEDNJE

MILJENKO POČAKAL

Suvremena hidrogeografska istraživanja započinju redovito s razmatranjem pojedinih hidrografskih veličina.¹⁾ Hidrografske veličine su potrebne za razumijevanje hidroloških procesa i predstavljaju početni dio, polazište, u obradi hidrogeografskih karakteristika dotičnog terena.

U ovom radu prikazuju se odgovarajući hidro-obraci uz pomoć kojih su izračunate i stručno označene odabrane, glavne, hidrografske veličine na tekućicama porječja Bednje.

Osnovni elementi svake tekućice su izvor (h_1), ušće (h_2), tok (L_{km}), pritoci (n) i porječje (F_{km^2}).

Porječje je temeljna hidrografska cjelina i najznačajnija prostorna jedinica za predočivanje hidrogeografskih rezultata.²⁾

Porječje Bednje je prostor odakle se glavni tok s pritocima opskrbljuje vodom. Granica porječja određena je razvodnicom,³⁾ koja prolazi sljemenom Brezove gore (506 m), Haložima, obroncima Viničke gore (300 m), odakle se spušta na samo 15 m visoko sedlo kod naselja Cerje te ponovno uzdiže na sjeme Varaždinsko-topličke gore (360 m) da bi se spustila kod Slanja u Podravsku nizinu. Na tome dijelu razvodnica između Bednje i Plitvice (koja je u prošlosti bila njen prtok) izražena je slabo, jer kod viših vodostaja dolazi do spajanja poplavnih voda tih tekućica. Topografska razvodnica lijevim pritocima Bednje povlači se sljemenom Maceljske gore, Strahinčice (847 m), Vaternice (511 m), G. Pokojca (575 m), Velikog Kalca (725 m), Košeničke gore (715 m), Skalovske (732 m), Jelenske pećine (935 m), Ivanšćice (1061 m), Glavčice (436 m), Podruskog grebca (595 m), Pčelna (516 m), Drošnice (550 m), Možera (519 m), Ljubenjaka (591 m), Sardanića (325 m), Oštrog vrha (569 m), Ljuba vode (547 m), Korenića (539 m), Kalnika (643 m), Pece (620 m), Porutine (490 m), odakle se preko nižih brežuljaka od 300 m spušta postepeno i prelazi kod Čukovca u Podravsku nizinu dijeleći vode Bednje od tekućice Šegovine. Ta južna granica znatno je šiva od sjeverne i ujedno je međa porječja između Drave i Save.

Površina porječja (F_{km^2}) vrlo je važna hidrografska veličina, jer utječe na sve ostale elemente porječja, posebice na količinu vode u tekućicama. Određuje se na topografskim ili orohidrografskim kartama planimetrom ili upotrebom milimetarskog papira. Topografska razvodnicaza porječja preko 400 km² površine određuje se up ravilu na kartama 1:100 000, a za manja na karti (orohidrografskoj podlozi) 1:50 000.⁴⁾ Površina porječja Bednje je 596 km². Kako Bednja teče od zapada prema istoku uglavnom joj je i porječje izduženo u tom smjeru.

1) U okviru Praktikumuma iz hidrogeografije obrađuju se uz katastar voda i hidrografske veličine tekućica, jezera i ostala hidrogeografska dokumentacija.

2) Ridačević, J., Hidrogeografija (u tisku).

3) Razvodnica, također hidrografska veličina, može biti topografska i hidrološka, ovisno od hidrogeoloških karakteristika terena. Razvodnica najčešće je međašna zona koja odvaja slivove ili porječja. Na primjeru Bednje, razvodnica je topografska, jer je (povučena) određena najvišim reljefnim uzvisinama.

4) Srebrenović, D., Problemi velikih voda. Zagreb 1970., str. 139.

Najveća (B_{\max}) *i najmanja* (B_{\min}) *širina* su veličine koje karakteriziraju oblik (izgled) porječja. Određuju se ravnalom ili šestarom s topografske karte najbolje većeg mjerila, na primjer 1 : 50 000, a može 1 : 100 000. Maksimalna širina porječja Bednje B_{\max} je 29 km, a minimalna B_{\min} je 4 km. Najveća širina porječja karakteristična je za izvorišni dio, dok je najmanja širina izmjerena bliže ušću. Takav izgled porječja potpuno odstupa od oblika pravilnog tj. prirodnog porječja. Porječje redovito je u izvorišnom dijelu uže, a prema ušću se širi. Kod Bednje porječje ima izgled »lijevka« okrenutog užom stranom prema ušću (vidi sl. 1), a to ima za posljedicu malu propusnost vode u tom uskom dijelu što stvara hidrotehničke probleme prvenstveno za otjecanje velikih voda.

Srednja širina porječja (B_{sr}) *sljedeća* je hidrografska veličina koja upotpunjuje određivanje oblika porječja. Dobiva se iz relacije površine porječja (F_{km^2}) i dužine tekućice (L_{km}) prema obrascu:

$$B_{sr} = \frac{F_{km^2}}{L_{km}}$$

Srednja širina porječja Bednje izračunata tim putem je $B_{sr} = 5,78$ km.

Opseg kruga jednake površine porječja (O) *zaključna* je hidrografska veličina koja zaokružuje određivanje oblika porječja, a dobiva se matematičkim putem iz formula za površinu: $r^2\pi$ odnosno za opseg: $O = 2r\pi$. Opseg kruga koji bi imao površinu porječja Bednje iznosi 86,5 km.

Opseg porječja ili ukupna dužina razvodnice (L_r) kao funkcije oblika porječja i njegove razvedenosti iznosi 198 km. Razvodnica (L_r) je za 111,5 km ili 56,2% duža od opsega kruga koji bi obilježavao površinu porječja Bednje ($F = 596$ km²). Takve karakteristike porječja Bednje (naglašenu izduženost, malu širinu, strme strane i reljefna struktura s visinama između 400 i 1000 m) uvjetuju kod izdašnjih padalina nagli porast vodostaja, a time pojavu velikih voda i poplave.

Koeficijent asimetrije porječja (K_a) *daljnja* je hidrografska veličina koja ima praktično značenje za studij i raspodjelu velikih voda prema stranama na površini porječja, osobito poslije naglog otapanja snijega viših uzvodnih krajeva. Određuje se prema formulom:⁵⁾

$$K_a = \frac{F_1 + F_d}{F_1 - F_d}$$

gdje je:

F_1 = površina lijeve strane porječja

F_d = površina desne strane porječja

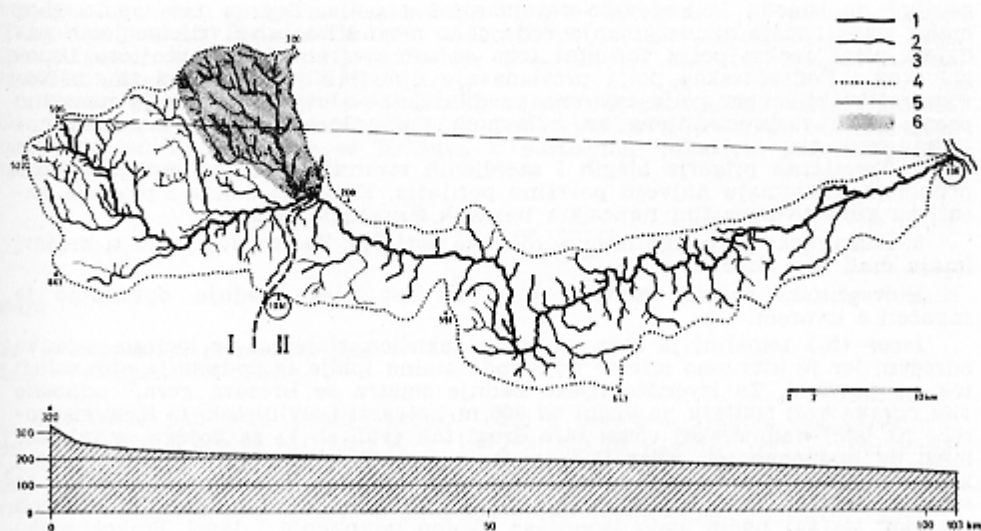
Na desnoj strani otpada 331 km² ili 55,5%, a na lijevoj strani 265 km² ili 45,5 posto od ukupne površine porječja Bednje ($F = 596$ km²). Asimetrija je očita. Koeficijent asimetrije porječja Bednje K_a je 0,22. Manjim koeficijentom asimetrije porječja povećavaju se prirodne mogućnosti istodobnog pritjecanja velikih voda u korito Bednje, što pogoduje poplavama. Ta pojava je izrazitija na desnoj strani porječja kako je to utvrđeno prethodno analizom odgovarajućih hidrografskih veličina.

Najviša, H_{\max} *i najniža*, H_{\min} *kota u porječju* također su hidrografske veličine, koje se preuzimaju izravno iz topografske karte. Najviša kota u porječju Bednje, H_{\max} je 1061 m. Najmanja visina u porječju je na ušću Bednje u Dravu, dakle H_{\min} je 136 m.

U porječju Bednje ističu se tri reljefne cjeline: 1. aluvijalna ravan, 2. tercijarno prigorje i 3. paleozojske gore.

1. Aluvijalna ravan je dio kompozitne doline Bednje, koju karakterizira više suženja s većim ili manjim proširenjima. Takva su proširenja Bednjansko polje, Lepoglavsko-ivanečko polje, Margečansko-završko-podevčevsko polje, Novomarofsko-ključko polje, Topličko-tuheljsko polje i Ludbreško-kapelsko-bukovačko polje, zapravo to je već dio Podravske nizine. Suženja su između Bednjansko-lepoglavskog polja; između Ivanečko-margečanskog polja gdje Bednja tvori epi-

5) Dukić, D., Opšta hidrologija. Beograd 1962., str. 45.



Sl. 1. **Porječje Bednje.** 1 — Tok Bednje, 2 — Pritoci I razreda, 3 — Ostali pritoci, 4 — Razvodnica, 5 — Najkraća udaljenost (L_{min} km), 6 — Porječje Voče, I — »prošireni« dio, II — »izduženi« dio

Fig. 1. **Bednja's river-basin.** 1 — Bednja's course, 2 — I class tributaries, 3 — Other tributaries, 4 — Water-divide, 5 — The shortest distance (L_{min} km), 6 — Voča's river-basin, I — widened area, II — prolonged area

geniju,⁶⁾ te između Podevčevsko-novomarofskog polja. Bednja teče sporo zbog malog pada i male brzine gibanja vode, jako meandriira, a za vrijeme jačih padalina plavi okolna polja. Rezultat toga su zamočvarena tla. U prostoru Lepoglavskog i Podevčevskog polja prevladavaju diluvijalno-karbonatna tla, u Novomarofsko-ključkom polju raširena su diluvijalno-aluvijalna, a dalje nizvodno prema ušću rasprostranjena su uglavnom mineralno-močvarna i mineralno-organogena tla.

2. Tercijarna prigorja blagih i zaobljenih strana, disecirana mnogobrojnim pritocima, zapremaju najveću površinu porječja. Kontakti doline i prigorja zasuti su glinasto-ilovastim nanosima nastalih spiranjem strana.

3. Paleozojske gore čine najviše dijelove porječja. Zanimljivo je da ti krajevi imaju mali broj tokova.

Hidrografske veličine glavnog toka, to jest rijeke Bednje, optimalno je započeti s izvorom.

Izvor (h_1) temeljni je element svake tekućice. Najčešće je lociran zapravo određen, jer je utvrđeno mjesto gdje voda stalno ispliva iz podzemlja obrazujući tok na površini. Za izvoršte rijeke Bednje smatra se Brezova gora,⁷⁾ odnosno više curaka koji izbijaju na visini od 300 m i stvaraju stalni tok. Iz Kamene gorece na istoj nadmorskoj visini teče drugi tok (vidi sl. 1) za kojega se također misli da bi mogao biti izvor Bednje. Po dužini (3 km), prema količini vode i karakteristikama uzdužnog profila, obadva toka su vrlo slična. Nizvodno se spajaju i poslije dva km zajedničkog otjecanja jedinstveni tok je pregrađen branom. Na taj način voda ispunjava okolno udubljenje i tvori Trakošćansko jezero. Potapanjem doline Bednje i stvaranjem jezera izmijenjen je prirodni tok tekućice, što je vidljivo prilikom ispuštanja vode iz jezera povremenim otvaranjem brane. Tada se po dnu sadašnjeg jezera može pratiti korito kojim je prirodno tekla rijeka Bednja. Blizu pregradne ustave nalazi se prelivna brana kojom se regulira nivo jezera; višak vode istječe u jedinstveni tok rijeke Bednje. Visinska razlika između pregradne ustave i prelivne brane iznosi oko 4 m, a to ovisi o doticaju voda u jezero i o njegovom nivou. Tok Bednje je umjetnim putem dignut na odgovarajuću današnju visinu u prostoru Trakošćanskog jezera.

Iz izloženoga vidljivo je koliko je relativno utvrđivanje mjesta izvora Bednje u Brezovoj gori, Kamenoj gorici ili od spajanja tih dvaju izvorišnih krakova u jedinstven tok. S obzirom na malu dužinu izvorišnih tokova do sutoka, uzimajući bilo koje varijante kao izvora Bednje, ne utječe bitnije na vrijednosti ostalih hidrografske veličine osim na apsolutni i relativni pad tekućice. Naime, u trećoj varijanti nadmorska visina izvora (h_1) snžava se od 320 m na razinu jezera, to znači na 250 m.

Ušće (h_2) pripada također u kategoriju osnovnih elemenata, jer to je mjesto gdje prestaje rad tekućice. Bednja utječe u Draku 2 km nizvodno od naselja Mali Bukovec. Ali ušće Bednje se pomjera uzvodno ili nizvodno zavisno od čestih promjena korita Drave i njenih velikih voda, koje utječu usporavajuće na otjecanje Bednje. Današnje ušće Bednje je na nadmorskoj visini 136 m.

Apsolutni pad toka (J_a) je visinska razlika između izvora i ušća, a izračunava se prema obrascu:

$$J_a = h_1 - h_2$$

gdje je:

h_1 = izvor tekućice

h_2 = ušće tekućice

Apsolutni pad toka Bednje (J_a) iznosi u prvoj i drugoj varijanti 184 m, odnosno u trećoj varijanti 114 m.

Dužina toka rijeke (L_{km}) je udaljenost od izvora do ušća, a mjeri se od ušća prema izvoru. To je zbog toga što je ušće sigurno određeno, dok se za iz-

6) Crkvenčić, I. Prigorje planinskog niza Ivančice. Geografski glasnik. God. 1957. Br. 19., str. 16.

7) O izvoru rijeke Bednje postoje različita mišljenja. Grupa autora: »Ispitivanje otpadnih voda zagadivača silva potoka Bednje i pritoke Očure«. Medicinski centar Varaždin, 1973., misli da je izvor Bednje u Kamenoj gorici; drugi smatraju da Bednja nastaje istjecanjem vode iz Trakošćanskog jezera; Vodna zajednica: Bednja—Plitvica za izvor Bednje uzima tok koji izvire u Brezovoj gori.

vor glavne rijeke mogu smatrati dvije ili više tekućica u izvorišnom kraju. Takav je primjer Bednja. Od ušća u Dravu do izvora u Brezovoj gori i Kamenjoj gorici dužina toka rijeke Bednje (L_{km}) je 103 km; od ušća do sutoka izvorišnih krakova L_{km} je 100 km.⁸⁾

Relativni pad toka (J_r) ima veće značenje u hidrogeografskim istraživanjima od apsolutnog pada, jer daje prosječan pad tekućice u metrima na kilometar uzdužnog profila, najčešće se izražava u postocima. Relativni pad toka (J_r) izračunava se prema formuli:

$$J_r = \frac{h_1 - h_2}{L_{km}} = \frac{J_a}{L_{km}}$$

gdje je:

J_a = apsolutni ili ukupni pad
 L_{km} = dužina toka rijeke

Relativni pad toka Bednje prema tome u prvom i drugom slučaju iznosi $J_r = 1,790$; a u trećoj varijanti $J_r = 1,140$ m/km ili 1,140‰.

Bednja teče u smjeru zapad—istok. Jače skreće kod naselja Presečno gdje mijenja smjer u pravcu sjever—jug pa nakon zaobilazanja istočnog dijela Vražđinsko-topličke gore vraća se ponovno u prvobitni smjer otjecanja zapad—istok.

Koeficijent razvijenosti toka rijeke (K_1) predstavlja odnos stvarne dužine toka i najkraće udaljenosti između izvora i ušća. Izračunava se prema obrascu:

$$K_1 = \frac{L_{km}}{L_{min}^{km}}$$

gdje je:

L_{km} = dužina toka rijeke
 L_{min}^{km} = najkraća udaljenost tekućice

Koeficijent razvijenosti toka rijeke Bednje K_1 je 1,58.

Najkraća udaljenost tekućice između izvora i ušća označava se L_{min}^{km} a dobiva se mjerenjem s topografske karte mjerila 1 : 50 000. L_{min}^{km} za Bednju, između izvora u Brezovoj gori ili Kamenjoj gorici i ušća, iznosi 65 km odnosno, od sutoka u izvorišnom dijelu do ušća L_{min}^{km} je 63 km. Najveći koeficijent razvijenosti toka Bednje je između mjesta skretanja kod Presečna i mjesta ponovnog vraćanja u prvobitni smjer; na tim mjestima K_1 iznosi 2,36. Najmanja vrijednost koeficijenta razvijenosti toka je 1, u tom slučaju tok je idealno ravan. Male vrijednosti K_1 karakteristika su planinskih tokova. K_1 za Bednju od 1,58 rezultat je osrednjeg pada tekućice i manje brzine gibanja vode, te velike zarašćenosti korita rijeke zbog čega Bednja znatno meandrira i time povećava svoj uzdužni profil.

Pritoci (n). Na uzdužnom profilu rijeka Bednja prima znatan broj pritoka; tako već 3 prije ulaska u jezero, 4 se ulijevaju izravno u jezero i ostalih 75 pritoka od izlaska iz jezera pa do ušća u Dravu. Bednja ima dakle ukupno 82 direktna pritoka (N). Ali i ti pritoci primaju mnogobrojne tekućice. Kompletni riječni sustav Bednje čini 281 tok s ukupnom dužinom (ΣL_{km}) 500,5 km (Vidi: prilog 1). Grupiranjem prema dužini i broju pripadajućih pritoka dolazi se do sljedećih podataka:

do	—	0,5 km dužine	76 tekućica
od 0,6	—	1,0 ..	77 ..
od 1,1	—	3,0 ..	82 ..
od 3,1	—	5,0 ..	30 ..
od 5,1	—	10,0 ..	13 ..

8) Dužinu toka Bednje kao i sve ostale dužine tekućica u njenom porječju dobivene su mjerenjem na orohidrografskim podlogama mjerila 1:50 000.

Od ukupne dužine na tokove

do 0,6	—	0,5 km otpada	25,2 km	ili	ukupno 5,03%
od 0,6	—	1,0 km otpada	69,7 km	ili	ukupno 13,93%
od 1,1	—	3,0 km otpada	145,4 km	ili	ukupno 29,05%
od 3,1	—	5,0 km otpada	116,7 km	ili	ukupno 23,32%
od 5,1	—	10,0 km otpada	99,0 km	ili	ukupno 19,78%
od 10,0	i više	km otpada	44,5 km	ili	ukupno 8,89%

Klasificiranjem pritoka to jest njihovim raspoređivanjem jedan prema drugome i u odnosu na glavni tok utvrđujemo im međusobne odnose svrstavajući ih u odgovarajuće razrede (redove). Ako se započne s pritocima koji utječu direktno u glavni tok, onda bi to bili pritoci prvog reda (N) i dalje prema njihovim pritocima, koji bi bili drugoga reda... To je *klasična metoda* razvrstavanja pritoka.⁹⁾ Potpuno suprotno postupio je Horton.¹⁰⁾ On je početnu tekućicu, zapravo onu koja uopće nema pritoka, označio kao tok prvoga reda; tekućice drugoga reda primaju samo pritoke prvog reda; trećeg reda dobivaju vodu iz tekućica drugoga reda i tako dalje.

Primjeni li se »klasična metoda« za grupiranje pritoka Bednje dobivaju se sljedeći rezultati:

I razredu pripadaju	82 toka	u ukupnoj dužini	249,4 km
II razredu pripadaju	108 tokova	u ukupnoj dužini	166,2 km
III razredu pripadaju	64 toka	u ukupnoj dužini	65,8 km
IV razredu pripadaju	26 tokova	u ukupnoj dužini	18,3 km
V razredu pripadaju	1 tok	u ukupnoj dužini	0,3 km

Upotrebom Hortonove klasifikacije,¹¹⁾ koja uključuje i glavni tok tj. Bednju, imademo sljedeći redoslijed:

I razred	1 tok	ukupne dužine	0,3 km
II razred	26 tokova	ukupne dužine	18,8 km
III razred	64 toka	ukupne dužine	65,8 km
IV razred	108 tokova	ukupne dužine	166,2 km
V razred	82 toka	ukupne dužine	249,4 km
VI razred	1 tok	(Bednja)	103,0 km

Dužina svih tokova u riječnom sustavu Bednje iznosi $L_{km} = 603,5$ km.

Promatra li se razmještaj tih pritoka u porječju može se uočiti da rijeka Bednja prima s desne strane svog toka:

47 pritoka	I razreda	u ukupnoj dužini	156,1 km
58 pritoka	II razreda	u ukupnoj dužini	71,1 km
21 pritok	III razreda	u ukupnoj dužini	28,1 km
11 pritoka	IV razreda	u ukupnoj dužini	6,6 km

Svega 137 pritoka u ukupnoj dužini 261,9 km.

Lijeva strana porječja Bednje prima:

35 pritoka	I razreda	u ukupnoj dužini	93,3 km
50 pritoka	II razreda	u ukupnoj dužini	95,1 km
43 pritoka	III razreda	u ukupnoj dužini	37,7 km
15 pritoka	IV razreda	u ukupnoj dužini	12,2 km
1 tok	V razreda	u ukupnoj dužini	0,3 km

9) Razvrstavanjem tekućica prema klasičnoj metodi izostavlja se glavni tok; inače što je rijeka u većem razredu ima manje značenje.

10) Horton R. E., Hydrophysical approach to quantitative morphology. Bull. Amer. Geol. Soc. 56: 275—330, 1945.

11) Hortonova klasifikacija za razliku od klasične metode uključuje glavni tok, štoviše njemu pripada najveći razred i što je tekućica u većem razredu ima veće značenje, dakle potpuno suprotno od klasične metode. N. B. obadje metode se upotrebljavaju zavisno od specifičnosti pojedinih terena.

Svega 144 pritoka u ukupnoj dužini 238,6 km.

Prosječna dužina pritoka nadesnoj odnosno lijevoj strani porječja Bednje:

Razred	desni pritoci	lijevi pritoci
I	3,321 km	2,665 km
II	1,225 km	1,902 km
III	1,338 km	0,876 km
IV	0,600 km	0,813 km
V	—	0,300 km

Na desnoj strani porječja Bednje prosječna dužina pritoka je 1,911 km, a na lijevoj 1,656 km.

Gustoća riječne mreže (D odnosno L_y). Odnos tokova datog porječja i njegove površine daje jednu od najvažnijih kvantitativnih veličina hidrogeografskih značajki; to je gustoća riječne mreže.¹²⁾ Načina za utvrđivanje gustoće riječne mreže imade nekoliko, ali najviše se primjenjuje metoda koju je objavio Neumann.¹³⁾ Apolov,¹⁴⁾ Gravelius¹⁵⁾ i drugi znanstvenici obrađivali su također problematiku gustoće riječne mreže, ali s različitim stajališta, pa su rezultati neusporedivi, ali imaju velike mogućnosti za praktičnu primjenu.

Gustoća riječne mreže prema Neumann-u (D_N) stavlja u odnos ukupnu dužinu svih tokova i površinu porječja, a izračunava se prema obrascu:

$$D_N = \frac{\Sigma L_{km}}{F_{km^2}}$$

gdje je:

ΣL_{km} = ukupna dužina svih tokova

F_{km^2} = površina porječja

Primjenom metode Neumann-a na porječje Bednje prosječna gustoća riječne mreže iznosi 1012 m/km². To praktički znači da na svaki kilometar kvadratni porječja Bednje ima prosječno 1012 metara stalnih tokova. Aanalizira li se gustoća riječne mreže istom metodom na pojedinim dijelovima porječja uočavaju se znatne razlike i dobivaju se zanimljivi rezultati. Na desnoj strani porječja gustoća riječne mreže iznosi 0,791 km/km², a na lijevoj 0,900 km/km². Gustoća se mijenja i duž uzdužnog profila. Od izvora Bednje do ušća tekućice Voće gustoća iznosi 1,049 km/km², dok u ostalom dijelu porječja (od ušća Voće do ušća Bednje) gustoća opada na 0,663 km/km². Razlika je očita i ti podaci namčeću diferencijaciju porječja Bednje na dva izrazita dijela: I ili »prošireni« i II ili »izduženi« dio. (Vidi sl. 1). U »proširenom« dijelu na površini od 273 km² (45,80% ukupne površine porječja skoncentrirano je 165 ili 58,70% svih tokova. »Prošireni« dio pretežno je na lijevoj strani porječja. Brežuljkast je to predio nadmorskih visina do 300 m s malim tekućicama ali brojnim pritocima, tiplčan krajolik tercijarnih prigorja. »Izduženi« dio zaprema površinu 323 km² (54,20%) ima 116 tokova (41,30%) koji su svrstani u 4 razreda prema klasičnoj metodi. Njihova prosječna dužina iznosi 1,846 km. U »proširenom« dijelu prosječna dužina tokova je manja, ali je gustoća tekućica na jedinicu površine dvostruko veća. I slijedeći podaci to potvrđuju: U »proširenom« dijelu porječja na 29 tokova I razreda dolazi u prosjeku 4,6 pritoka, dok u »izduženom« dijelu na 53 toka I razreda dolazi 3,0 pritoka. Za »prošireni« dio porječja Bednje karakteristični su kraći tokovi s brojnim pritocima, a u »izduženom« dijelu tokovi su duži međutim s rijetkim pritocima.

12) Počakal M., *Gustoća riječne mreže u porječju Bednje kao preduvjet valorizacije voda u regiji Varaždina*. Zbornik Znanstvenog skupa JAZU povodom 800. obljetnice Varaždina. Varaždin I. do 3. 10. 1981.

13) Neumann L., *Die Dichte des Flussnetzes im Schwarzwald*. Beitr. z. Geophys. Bd. IV. 1900.

14) Apolov B. A., *Učenje e rekah*. Izd. MGU. 1963.

15) Gravelius H., *Flusskunde*. 1. Berlin/Leipzig. 1914.

Gustoća riječne mreže prema Graveliusu (D_G) zasniva se na relaciji između dužine glavnog toka i broja pritoka I razreda (reda) prema klasičnoj metodi. Dobiva se iz formule:

$$D_G = \frac{L_{km}}{N}$$

gdje je:

L_{km} = dužina glavne tekućice

N = broj pritoka I reda prema klasičnoj metodi.

Prema postupku Graveliusa gustoća riječne mreže u porječju Bednje iznosi 1,256 km. To znači zapravo pokazuje da je prosječni razmak između ušća pritoka I razreda 1 km i 256 m. Razmak desnih pritoka iznosi 2,191 km, a lijevih 2,943 km. Gustoća desne strane porječja prema tome je veća, jer je prosječni razmak između pritoka manji tj. ušća pritoka I razreda su gušće raspoređena duž toka. Usporede li se gustoće »proširenog« (0,931 km) i »izduženog« dijela (1,434 km) vidljivo je da je znatno veća (dominira) gustoća u »proširenog« dijelu, gdje je prosječni razmak za 500 m manji tj. ušća su gušća.

Gustoća riječne mreže prema Apolovu (L_y) razmatra odnos između površine porječja i ukupne dužine svih tokova. To je suprotno od metode Neumanna. Metodom Apolova utvrđuje se prosječni put padalina do stalnih tokova. Izračunava se prema obrascu:

$$L_y = \frac{F_{km^2}}{\epsilon L_{km}}$$

gdje je:

F_{km^2} = površina porječja

ϵL_{km} = ukupna dužina svih tokova

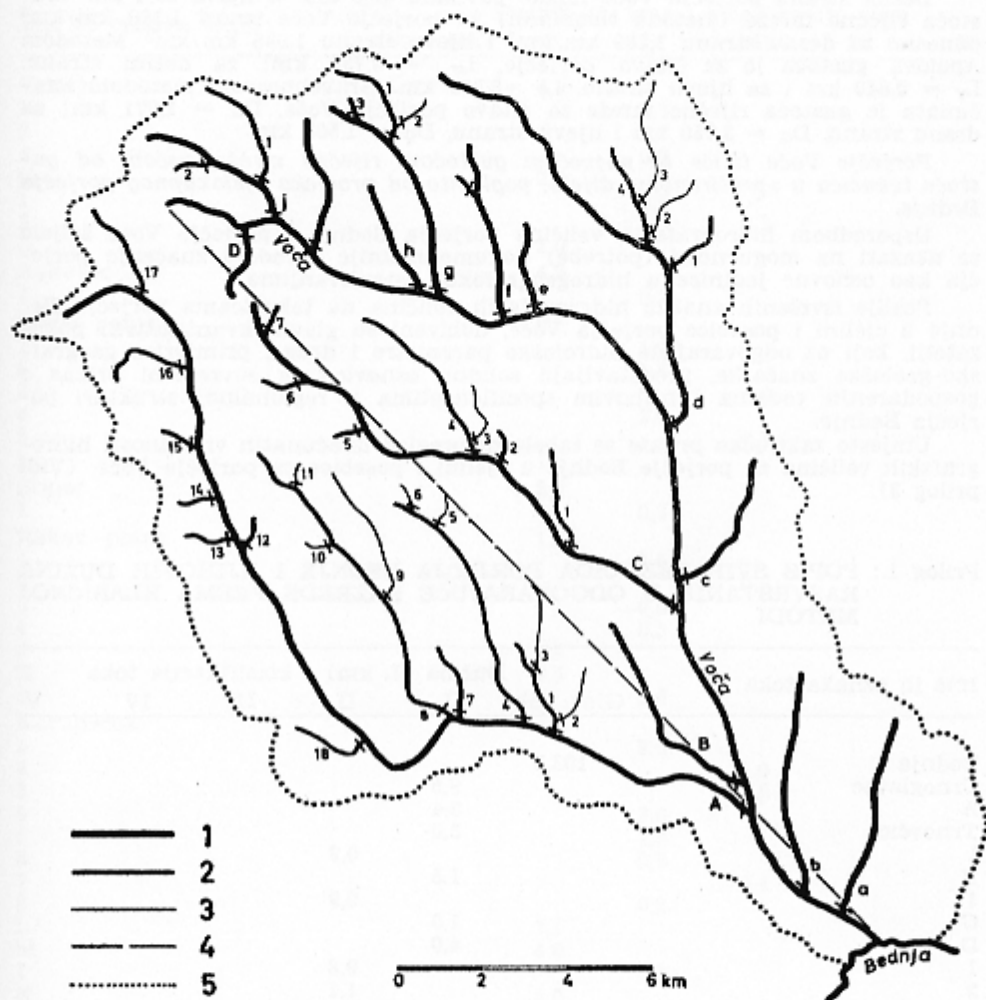
Prema metodi Apolova gustoća riječne mreže u porječju Bednje iznosi 0,986 km; po stranama porječja ali bez glavnog toka za desnu je 1,260 km, a za lijevu iznosi 1,110 km. U »proširenog« dijelu prosječan put slivanja padalina do stalnih tokova iznosi 0,871 km, a u »izduženog« dijelu 1,112 km. Kraći prosječni put u »proširenog« dijelu porječja Bednje u odnosu na dulji koji je padalinama potreban do stalnih tokova u »izduženog« dijelu uvjetovan je znatno višom (visine dosižu do 1000 m) i strmijom razvodnicom »proširenog« dijela. Izvori tokova nalaze se također visoko, do 700 m. Manja gustoća u »izduženog« dijelu uvjetovana je ne toliko nižom i položenijom razvodnicom, koliko manjim brojem pritoka u tom dijelu porječja, gdje se padaline slijevaju direktno do glavnog toka Bednje.

Analizom gustoće riječne mreže desne i lijeve strane porječja Bednje utvrđeno je da je gustoća, koncentracija tekućica veća na lijevoj strani osobito u »proširenog« dijelu. Prema razvijenosti hidrografskih veličina posebno se ističe porječje Voće.

Porječje Voće obuhvaća 70 km² površine što čini 25,64% »proširenog« dijela odnosno 11,72% čitavog porječja Bednje. Kružnog je oblika, jer mu je dužina razvodnice mala (33 km), a opseg kruga jednake površine porječja (iznosi) $O = 29,7$ km. Najveća širina porječja (B_{max}) je 9 km, a najuži dio (B_{min}) je 2,3 km i to kod ušća. Srednja širina porječja iznosi 4,66 km. Tok Voće povija prema lijevoj strani porječja tako da koeficijent asimetrije (K_a) iznosi 0,32, što znači da je asimetrija izrazitija u porječju Voće. Tok Voće je dug 15 km s relativnim padom od 6 m na kilometar. Koeficijent razvijenosti toka iznosi $K_r = 1,36$. Porječje Voće ima 49 pritoka, od toga 29 s ukupnom dužinom 48,3 km na desnoj i 20 pritoka ukupne dužine 31,9 km na lijevoj strani. Riječni sustav Voće ima 95,2 km tekućica. Vidi prilog 2.

Primjenom klasične metode a u odnosu na Voću pritoci su razvrstani u sljedeće razrede:

- I razred ima 14 pritoka s ukupnom dužinom 47,9 km
- II razred ima 24 pritoka s ukupnom dužinom 23,8 km
- III razred ima 11 pritoka s ukupnom dužinom 8,5 km



Sl. 2. Porječje Voče. 1 — Pritoci I razreda, 2 — Pritoci II razreda, 3 — Pritoci III razreda, 4 — najkraća udaljenost (L_{min} km), 5 — Razvodnica

Fig. 2. Voča's river-basin. 1 — I class tributaries, 2 — II class tributaries, 3 — III class tributaries, 4 — The shortest distance (L_{min} km), 5 — Water-divide

Desna strana porječja Voće imade površinu 40,6 km² a lijeva 29,4 km². Gustoća riječne mreže (metoda Neumann) za porječje Voće iznosi 1,360 km/km² odnosno za desnu stranu 1,189 km/km² i lijevu stranu 1,085 km/km². Metodom Apolova gustoća je za čitavo porječje, $L_y = 0,735$ km; za desnu stranu, $L_y = 0,840$ km i za lijevu stranu, $L_y = 0,921$ km. Graveliusovom metodom izračunata je gustoća riječne mreže za čitavo porječje Voće, $D_G = 1,071$ km; za desnu stranu, $D_G = 3,750$ km i lijevu stranu, $D_G = 1,500$ km.

Porječje Voće ističe se najvećom gustoćom riječne mreže, većom od gustoće tekućica u »proširenom« dijelu, poglavito od prosjeka cjelokupnog porječja Bednje.

Usporedbom hidrografskih veličina porječja Bednje i porječja Voće željelo se ukazati na mogućnosti (potrebe) dokumentiranije obrade i značenje porječja kao osnovne jedinice u hidrogeografskim istraživanjima.

Poslije izvršenih analiza hidrografskih veličina na tekućicama porječja Bednje u cjelini i posebice porječja Voće, dobiveni su glavni kvantitativni pokazatelji, koji uz odgovarajuće hidrološke parametre i druge, primjerice geografsko-geološke značajke, predstavljaju solidnu osnovicu za savremeni prikaz o gospodarenju vodama i njihovim specifičnostima u regionalnoj strukturi porječja Bednje.

Umjesto zaključka prilaže se tabelarni pregled izračunatih vrijednosti hidrografskih veličina za porječje Bednje u cjelini i posebice za porječje Voće. (Vidi prilog 3).

Prilog 1.: POPIS SVIH TEKUĆICA PORJEČJA BEDNJE I NJIHOVIH DUŽINA RAZVRSTANIH U ODGOVARAJUĆE RAZREDE PREMA KLASIČNOJ METODI

Ime ili oznaka toka	Dužina (L km) i klasifikacija toka					
	Glav. tok	I	II	III	IV	V
Bednja	103.3					
Crnoglavac		9,5				
A		3,4				
Trnovčica		5,0				
1			0,9			
B		1,5				
1			0,9			
C		1,0				
D		4,0				
1			0,8			
2			1,1			
3				0,2		
4			0,2			
5			0,8			
Drenovčica		3,5				
1			1,1			
2				0,5		
3			1,0			
4				0,7		
Kruški potok		4,2				
1			1,3			
E		2,0				
Drenovec		7,0				
1			1,0			
2			0,2			
3			0,8			
4			0,9			
F		1,0				
1			0,3			

Ime ili oznaka toka	Glav. tok	Dužina (L km) i klasifikacija toka				
		I	II	III	IV	V
Velinec		4,0				
1			0,3			
2			0,1			
3			0,2			
G		2,0				
1			0,6			
2				0,2		
H		1,0				
Rakovec		4,2				
1			0,1			
Ljuba potok		9,0				
1			1,2			
2			1,8			
3				0,3		
4			2,0			
5				0,5		
I		1,8				
Štiper		2,0				
1			0,3			
Rakov potok		1,5				
1			1,5			
2				0,3		
3			0,5			
4			0,5			
J		0,5				
K		3,5				
1			2,0			
Korunščak		8,5				
1			3,0			
2				1,0		
3				2,5		
4			2,0			
5			1,5			
6			0,5			
7				0,1		
8			0,2			
L		1,1				
M		4,0				
1			0,3			
N		4,0				
NJ		3,1				
1			1,0			
O		1,9				
Željeznica		5,8				
Željeznica I			5,0			
1				3,1		
2				1,1		
3			3,3			
4				2,0		
5				1,2		
6					1,0	
7			2,0			
P		5,0				
1			1,1			
2			1,0			
R		3,3				
1			1,7			

Ime ili oznaka toka	Dužina (L km) i klasifikacija toka					V
	Glav. tok	I	II	III	IV	
Bistrica		7,0				
1			4,5			
2				4,2		
3					1,0	
4					1,0	
5					0,6	
6					0,5	
7					0,9	
8			0,5			
9			0,1			
Bukovec potok		4,0				
S		1,0				
Š		2,0				
1			0,3			
2				0,5		
Kotnica		1,9				
1			1,9			
Očura potok		8,9				
1			0,5			
2			0,9			
3			0,6			
4			4,1			
T		1,2				
U		1,1				
Marinšek		9,5				
1			5,3			
2			2,0			
3				4,2		
4				1,3		
5				1,0		
6					0,5	
7				3,0		
8					0,5	
9					0,3	
10					0,1	
11					0,2	
V		3,2				
Z		2,7				
Ž		1,0				
A ₁		0,5				
B ₁		0,5				
C ₁		0,3				
D ₁		2,5				
1			0,6			
2			0,6			
3			0,5			
4			1,0			
5			0,8			
6			1,2			
7				0,2		
8			0,7			
E ₁		0,5				
a		0,9				
b		2,0				
c		1,9				
d		1,5				
e		1,2				
f		1,8				
1				0,8		

Ime ili oznaka toka	Dužina (L km) i klasifikacija toka					
	Glav. tok	I	II	III	IV	V
2			0,2			
g		1,2				
h		0,2				
i		1,2				
j		3,5				
l			0,8			
2			1,5			
k		1,0				
l		1,0				
lj		1,0				
m		2,2				
l			1,0			
2			0,2			
n		2,0				
o		4,0				
p		1,4				
l			0,1			
r		1,1				
s		3,6				
l			2,1			
2			0,4			
s		1,5				
t		1,9				
u		2,0				
Voča		15,0				
1			2,5			
2			2,5			
3			2,0			
4			6,0			
5				0,9		
6				1,2		
7						
8					0,9	
9					1,8	
10			1,0			
11			2,6			
12			3,0			
13			1,1			
14			1,2			
15			2,0			
16				1,0		
17				0,3		
18			13,5			
19				1,5		
20					1,0	
21					1,0	
22				3,4		
23				0,9		
24				4,0		
25					1,5	
26					0,2	
27					0,1	
28				1,0		
29				0,2		
30				0,5		
31				0,3		
32				0,3		
33				1,0		
34				1,0		
35				0,2		
				1,0		

Ime ili oznaka toka	Dužina (L km) i klasifikacija toka					
	Glav. tok	I	II	III	IV	V
36					0,5	
37				0,2		
38			7,0			
39				1,2		
40				0,5		
41				2,3		
42					0,8	
43				0,2		
44				0,5		
45				0,2		
46			1,0			
47					0,5	
48					0,2	
49			2,5			
v		6,0				
1			3,5			
2				1,0		
3				0,4		
4			0,8			
5			0,5			
6			0,5			
7			0,3			
Zarovnica		16,0				
1			3,0			
Kamenica			9,5			
3				2,5		
4					0,8	
5					0,8	
6					1,0	
7					1,1	
8						0,3
9				0,5		
10				1,0		
11				0,2		
12				0,5		
13				0,5		
14				0,5		
15			0,8			
16			1,0			
17				0,2		
18			1,0			
19			0,9			
20				0,2		
21			1,2			
22				0,5		
23			1,7			
24				1,1		
25			1,2			
26			1,0			
27			0,9			
28			0,8			
29				0,2		
z		0,9				
ž		0,8				
Čret		5,0				
1			1,0			
2			1,3			
3				0,5		
4			1,1			

Ime ili oznaka toka	Dužina (L km) i klasifikacija toka					V
	Glav. tok	I	II	III	IV	
5			1,0			
a ₁		11,1				
b ₁		0,1				
c ₁		2,0				
1			1,2			
d ₁		3,9				
1			1,0			
2			2,3			
3				0,5		
4				2,0		
5				1,0		
6				0,6		
e ₁		0,6				
f ₁		0,8				
g ₁		3,0				
1			1,0			
2			1,0			
3			0,6			
Ukupno:	103,0	249,4	166,2	65,8	18,8	0,3
		103,0 + 500,5 = 603,5				

Prilog 2.: POPIS SVIH TEKUĆICA PORJEČJA VOĆE I NJIHOVIH DUŽINA RAZVRSTANIH U ODGOVARAJUĆE RAZREDE PREMA KLASIČNOJ METODI

Ime ili oznaka toka	Dužina (L km) i klasifikacija toka				
	Glav. tok	I	II	III	IV
Voća	15,0				
A		13,5			
1			1,5		
2				1,0	
3				1,0	
4			3,4		
5				0,5	
6				0,2	
7			0,9		
8			4,0		
9				1,5	
10				0,2	
11				0,1	
12			0,2		
13			0,5		
14			0,3		
15			0,3		
16			1,0		
17			1,0		
18			1,0		
B		2,5			
C		7,0			
1			1,2		
2			0,5		
3				0,8	

Ime ili oznaka toka	Dužina (L km) i klasifikacija toka					
	Glav. tok	I	II	III	IV	V
4				2,3		
5				0,2		
6				0,5		
7				0,2		
D		1,0				
a		2,5				
b		2,5				
c		2,0				
d		6,0				
1			0,9			
2					0,9	
3					1,8	
4			1,2			
e		1,0				
f		2,6				
1			0,2			
g		3,0				
1			1,0			
2					0,5	
3			0,2			
h		1,1				
i		1,2				
j		2,0				
1			1,0			
2			0,3			
Ukupno:	15,0	47,9	23,8	8,5		
		15,0 + 80,2 = 95,2				

Prilog 3.

HIDROGRAFSKE VELIČINE		PORJEČJA	
		Bednje	Voće
Površina porječja	F_{km^2}	596	70
Dužina razvodnice	L_r	198	33
Opseg kruga jednake površine porječja	O	86,5	29,7
Najveća širina porječja	B_{max}	29	9
Najmanja širina porječja	B_{min}	4	2,3
Srednja širina porječja	B_{sr}	5,78	4,66
Koeficijent asimetrije porječja	K_a	0,22	0,32
Najviša kota porječja	H_{max}	1061	517
Najniža kota porječja	H_{min}	136	194
Izvor tekućice visina	h_1	320	290
Ušće tekućice visina	h_2	136	194
Apsolutni pad toka	J_a	184	96
Relativni pad toka	J_r	1,79	6,40
Dužina toka rijeke	L_{km}	103	15
Koeficijent razvijenosti toka rijeke	K_1	1,58	1,36
Najkraća dužina toka	$L_{min}km$	65	11
Pritoci, ukupni broj	n	281	49
Broj tekućica I reda (razreda)	N	81	14
Ukupna dužina svih pritoka	ΣnL_{km}	500,5	80,2
Ukupna dužina svih tokova u sustavu	ΣL_{km}	603,5	95,2
Gustoća riječne mreže Neumann-metoda	D_N	1012 m/km ²	1360 m/km ²
Apolov-metoda	L_y	0,986 km	0,735 km
Gravelius-metoda	D_G	1,256 km	1,071 km

Summary

HYDROGRAPHICAL ELEMENTS OF BEDNJA'S RIVER-BASIN

by

Miljenko Počakal

The determination of hydrographical elements is one of the most important tasks in the study of streams. Bednja's river-basin encompasses the area of 596 km². It is elongated, wider at the river's source and more narrow at its mouth. Being irregularly shaped, this river-basin makes hydrotechnical problems, especially in the view of water-drainage. Three relief parts are distinguishable: alluvial plains, tertiary foothills and paleozoic highlands. The water-divide passes through elevations to 1000 meters and it is 198 kilometers long; pertaining to the same area, the circle's volume is 36,5 kilometers. The middle width of the river-basin averages 5,78 kilometers. The river-basin is elongated in the west-east direction, with the coefficient of elongation at 17,80 and the assymetry of 0,22, thus creating problems in water-drainage, especially at abundant declines.

The Brezova M¹ (320 meters) can be considered to be the Bednja's source. The river's mouth is located 2 kilometers from the village of M. Bukovec where Bednja pours into the Drava (136). Its course is 103 kilometers long with the absolute descent averaging 184 meters, while the relative one is 1,79‰. The shortest distance between the source and the mouth averages 65 kilometers and the course's coefficient stat is 1,58. It's the result of moderate descendence, slow water velocity and the dense waterchannel, which all provoke the elongating of the river. Alongside its profile the Bednja river receives 82 direct tributaries and they receive numerous other tributaries, which makes, in whole, 281 streams with a total length of 500,5 kilometers.

According to the classical methods the tributaries are inter-aligned in five classes and according to the Horton's method in six ones. By analyzing the length of the tributaries the average lengths are established as they appear in particular classes and also along the river's elongated profile.

The density of the river network. The density of the river's network is established on the basis of the mentioned hydrographical sizes using the following methods: Neumann's (1,012 km/km²), Apolo's (0,986 km) and Gravelius' (1,256 km) for this entire region, respectively, for certain areas of the elongated profile. On this basis the stream Voča's river-basin is pointed out as the most representative, its hydrographical size is analyzed along with its importance in Bednja's river-basin.

The following supplement contains information about the length and arrangement in classes (classical method) of all courses belonging to the Bednja and Voča rivers, as well as a table of all hydrographical proportions of their river-basins.