

ПРОСТОРНА ДИСТРИБУЦИЈА ОТИЦАЈА У СЛИВУ ТЕМШТИЦЕ

Садржај: Вредности специфичних отицаја дефинисане су моделом фисефакторске анализе комбиноване методом "грид" система, при чему је за елементарну територијалну јединицу усвојено јединично поље 0.5×0.5 km. Овакав модел вишеструке регресије високе статистичке значајности омогућио је анализу специфичних отицаја са више аспеката. Први аспект односи се на утврђивања количине и распореда воде по висинским зонама, као и процентуално учешће висинских зона у формирању укупног отицаја; други се односи на њихову висинску дистрибуцију у зависности од висинске заступљености појединих литолошко-хидролошких комплекса; и на крају са аспекта просторне регионализације омогућено је сагледавање расподеле водности унутар самог слива, чиме је стечена представа о стању водности појединих предеоно издиференцираних и контрастних целина. Примена наведених метода и обрада свих параметара релевантних за изучавање ове проблематике вршени су у програмском пакету GEOMEDIA.

Кључне речи: специфични отицаји, литолошко-хидролошки комплекс, просторна дистрибуција, Темштица.

Abstract: The values of specific runoff are defined by model of multi factorial analyses combined with method of "grid" system. Elemental unit is presented by unit field of 0.5x0.5km. Such multi regression model of high statistical significance enables analyses of specific runoff from many aspects. First aspect is establishing the amount and distribution of water for every altitude zone in total runoff creating. Second is presented in its altitude distribution in dependence of altitude existing of some lithologic-hydrologic complex; at the and from aspect from spatial regionalization it is possible to perceive water distribution within the river basin. By that we could realize water condition of some differential and contrast areas. Application of above mentioned methods as well as processing of each relevant parameter for studying these kinds of problems are carried out in GEOMEDIA program.

Key words: specific runoff, lithologico-hydrologic complex, spatial distribution, Temstica.

Увод

Темштица је највећа притока Нишаве која се у њу улива код села Станичење 16 km низводно од Пирота, тј. на приближно 95. километру од ушћа Нишаве у Јужну Мораву. Слив ове реке захвата јужне и југозападне делове Старе планине и северну падину Видлича.

Сумирајући сва досадашња истраживања везана за хидролошке карактеристике слива Темштице може се рећи да су она у почетку указала на недовољну проученост и важност отицаја појединих физичко-географских фактора на режим ове реке, као и на недовољан степен искоришћености њеног хидроенергетског потенцијала (Станковић С., 1968, 1969). Међутим, уколико се жели постићи апликативан приступ у решавању проблема везаних за водност неке територије мора се, пре свега, приступити

* Сања Мустафић, стручни сарадник, Географски факултет; Београд, Студентски трг 3/3.

Рад представља резултате истраживања пројекта 146005 које финансира Министарство науке и заштите животне средине Србије.

конкретизацији, а потом квалитативној и квантитативној анализи фактора који га у већој или мањој мери детерминишу. Само адекватна методолошка основа (Манојловић П., 1992, Живковић Н., 1995, Манојловић П., Живковић Н., 1997) и њена примена у пракси може пружити задовољавајуће резултате.

Методологија истраживања

Утврђивање вредности и варијабилности специфичних отицаја у овом случају није се ослањало на коришћење података хидрометријских профила, односно података везаних за протицај. За то постоји више разлога. Број, а посебно просторни размештај постојећих хидрометријских станица јавља се као лимитирајући фактор. Сталној мрежи водомерних станица припадају Изатовци, Браћевци и Височка Ржана на Височици, Височка Вжана на Дојкиначкој реци и Станичење на Темштици. Овим распоредом станица уочљиво је да је најбоље покривен само најузводнији део слива. Подаци о протицајима са станице Станичење, без обзира што постоји релативно дуг временски период осматрања, практично су неупотребљиви за одређивање специфичних отицаја. Уочено је да је појединих година протицај на овом профили мањи у односу на вредности протицаја на мерном профили Височка Ржана. Последица тога је изградња бране "Завој" и њена улога у хидроенергетици и трансформацији водног режима, тако да се на основу протицаја као хидролошког показатеља не може дати реална слика водности Темштице. Следећи разлог неприменљивости протицаја као референтног фактора за одређивање специфичног отицаја огледа се у томе што се на овај начин не даје довољно прецизна просторна дистрибуција проучаване појаве. Израчунати средње годишњи специфични отицај представља само средњу вредност датог слива до датог хидрометријског профила. То значи да што је површина слива мања, то је податак репрезентативнији, и обрнуто.

Поступци вишефакторске анализе, тј. модели вишеструке регресије високе статистичке значајности (Живковић Н., 1995, 1998), показали су се у практичној примени као боље решење. Међутим, тек употребом "грид" система и вишефакторске анализе дефинисање специфичног отицаја као просторне компоненте омогућило је прецизније и реалније сагледавање водности малих територија. Управо се у овој чињеници и налази његова предност.

Упуштајући се у решавање проблематике везане за добијање специфичних отицаја основни параметар од кога се полази је утврђивање вредности и варијабилности количине падавина. При томе, истраживачи се сусрећу са два проблема. Као главни показао се недовољан број метеоролошких станица, а посебно оних које се налазе на већим надморским висинама. Други проистиче из чињенице да станице на којима се мери количина падавина немају подједнак период осматрања. Да би се све станице свеле на исти период осматрања морало се приступити методу попуњавања недостајућих података. Овај метод заснива се на одређивању коефицијента корелације између посматраних парова станица и то на нивоу месечних вредности. У другом кораку примењен је метод редукације података на исти број година. Примена овог метода показала је задовољавајућу тачност (Радовановић М., Миловановић Б., 2003). С обзиром да се највиша станица у сливу Дојкинци налази на 880 m надморске висине, одређивање количине падавина за више делове слива остаје у домену апроксимација. Према томе, подаци везани за количину падавина никада не могу бити апсолутно тачни, тако да израчунате вредности добијене преко различитих модела од одсудног су значаја, при чему њихов исход углавном зависи од комплексности примењених поступака (Живковић Н., Анђелковић Г., 2004).

На основу досадашњих проучавања анализе географског размештаја падавинских станица и основних законитости плувиометријског режима (Ракићевић Т., 1976, 1979, Живковић Н, Анђелковић Г., 2004, Миловановић Б., 2005) за

одређивање количине падавина у сливу за период 1931/2003 примењен је следећи дводимензионални математички модел:

$$mm = 522,01 + 0,342 * nv - 0,0711 * X$$

где је :

nv - апсолутна висина изражена у m ,

X - географска дужина изражена релативним координатама (у km) која представља растојање од најзападније тачке Србије.

За одређивање висине отицаја премењен је фишефакторски модел са најважнијим факторима – падавинама и надморском висином. У другој фази, за израчунавање специфичних отицаја по јединичним пољима укључен је и трећи фактор – литолошко-хидролошки комплекс. Сви типови стена сврстани су у четири литолошка комплекса: седименти, седиментане стене, карбонатне стене и метаморфити.

Према томе, специфични отицај дефинисан је релацијом: падавине – надморска висина - тип стена - коефицијент отицаја. То значи да се у првом кораку дефинисо однос између падавина, надморске висине и коефицијента отицаја. У другом кораку трансформацијом падавина и коефицијента отицаја добијене су вредности висине отицаја, односно специфичних отицаја сваког јединичног поља по следећим формулама:

$$C = A_2 + (A_1 - A_2) / \left[1 + e^{(X - X_0) / dx} \right]$$

C – коефицијент отицаја

$$X = H_{sr} * mm / 10000$$

H_{sr} – средња надморска висина
 mm - падавине

$$Y = C * mm$$

Y – висина отицаја (mm)

$$q = Y * 31,5576$$

q – специфични отицај ($l/s/km^2$)

Табела 1. Коефицијенти регресије за добијање коефицијента отицаја.

Тип стена	A_1	A_2	X_0	dx
седименти	45,0	-140,72	-77,485	-57,746
седиментне стене	-356,104	90,649	-154,016	102,021
карбонати	-348,23	94,74	-107,428	73,737
метаморфити	-337,45	94,658	-141,213	104,105

Анализи специфичних отицаја приступило се са више аспеката. Савремена проучавања свакако морају обрађивати аспект висинске регионализације вода. О овим проблемима писано је углавном за веће хидрографске целине (Оцокољић М., 1987) и територије (Манојловић П., Живковић Н., 1997), али детаљан приказ територије слива Темштице до сада није разматран. У том смислу намеће се потреба утврђивања количине и распореда воде по висинским зонама, као и процентуално учешће висинских зона у формирању укупног отицаја. Други аспект анализе специфичних отицаја односи се на њихову висинску дистрибуцију у зависности од висинске

заступљености појединих литолошко-хидролошких комплекса. На крају аспект просторне регионализације омогућио је сагледавање расподеле водности унутар самог слива, чиме је стечена представа о стању водности појединих предеоно издиференцираних и контрастних целина.

Резултати истраживања

Са територије слива Темштице просечно годишње отекне 11618 l воде у секунди, што значи да је средњи пондерисани специфични отицај 16,2 l/s/km². Најнижи специфични отицај утврђен је у најнизводнијем делу слива у околини Станичења и износи 3,17 l/s/km², док је највиши од 32,45 l/s/km² везан за простор Миџора.

Табела 2. Дистрибуција фреквенци средње годишњих специфичних отицаја по класама.

q	F	% F	Σ % F	sr q	Σ q	% q	Σ % q
< 4	6.3	0.9	0.9	3.64	23.02	0.20	0.2
4 - 6	10.4	1.5	2.4	5.07	52.72	0.46	0.66
6 - 8	47.3	6.6	9.0	7.14	338.20	2.92	3.58
8 - 10	44.5	6.2	15.2	9.18	408.06	3.53	7.10
10 - 12	83.4	11.7	26.9	11.00	917.76	7.93	15.03
12 - 14	79.7	11.2	38.1	12.99	1034.97	8.94	23.97
14 - 16	84.4	11.8	49.9	14.99	1264.14	10.92	34.90
16 - 18	77.8	10.9	60.8	16.96	1319.25	11.40	46.29
18 - 20	71.6	10.0	70.8	18.98	1357.96	11.73	58.03
20 - 22	76.8	10.8	81.6	20.95	1608.93	13.90	71.93
22 - 24	57.8	8.1	89.7	22.85	1321.84	11.42	83.35
24 - 26	37.1	5.2	94.9	24.88	922.43	7.97	91.32
26 - 28	25.2	3.5	98.4	26.83	677.01	5.85	97.17
28 - 30	9.9	1.4	99.8	28.74	283.39	2.45	99.61
> 30	1.5	0.2	100	30.84	44.86	0.39	100.00

Легенда : F – површина у km², % F – проценат територије, Σ % F – кумулативни проценат територије, sr q – средњи специфични отицај у l/s/km², Σ q – сумарни отицај у l/s, % q – проценат отицаја, Σ % q – кумулативни проценат отицаја.

У зависности од површине коју заузимају, у структури специфичних отицаја јасно се издвајају три појаса. Први појас чини територија на којој је средње годишњи специфични отицај до 10 l/s/km². То је простор који захвата 15,2 % површине слива и на њему се формира свега 7,1 % вода. Други појас захвата 74,5 % територије слива. Са средњим годишњим протицајима од 10-24 l/s/km², учешће ове територије у водности износи 76,24 %. Уочава се релативно равномалан процентуални удео територије по датим класама. Од укупне површине слива 10,3 % припада трећем појасу. Са специфичним отицајима већим од 24 l/s/km², у њему се формира 16,65 % вода.

Посматрано кумулативно, 11,4 % територије слива Темштице налази се до 700 m надморске висине. У овој зони формира се свега 5,4 % отицаја. Најпространије површине слива налазе се између изохипси 700-1000 m. Оне заузимају чак 33,9 % територије и на њима се образује ¼ количина отицаја. Међутим, из дистрибуције специфичних отицаја види се да је најиздашнија зона која се налази између 1000 m и 1300 m надморске висине. На њој се формира 32,2 % свих вода овог слива. Заправо, прогресивно повћање водности почиње од 800 m. Узлазни тренд наставља се до висине од 1300 m, да би благо опао у наредних 200 m. Управо ту, на 1500 m почиње изразито смањење површине слива, с тим што простор до 1800 m висине учествује са 16 % издашносно. Најмању површину заузимају предели изнад 1800 m, са свега 2 % од укупне територије са занемарљивим учешћем у отицају. Из изнете анализе закључује

се да се главно формирање водности слива (75 %) налази у зони 700-1500 m надморске висине.

Табела 3. Дистрибуција средњегодишњих специфичних отицаја по висинским зонама.

вз	F	% F	Σ F	q	Σq	% q	Σ % q
300 - 400	4.51	0.63	0.63	3.9	17.53	0.15	0.15
400 - 500	12.19	1.71	2.34	5.2	63.42	0.55	0.70
500 - 600	25.19	3.53	5.87	6.8	171.54	1.48	2.17
600 - 700	39.64	5.55	11.42	9.4	374.06	3.22	5.40
700 - 800	73.61	10.31	21.74	10.5	773.85	6.67	12.06
800 - 900	93.86	13.15	34.89	12.0	1122.61	9.67	21.74
900 - 1000	74.67	10.46	45.36	14.5	1083.68	9.34	31.07
1000 - 1100	69.47	9.73	55.09	16.2	1125.12	9.69	40.76
1100 - 1200	67.34	9.44	64.53	18.2	1222.59	10.53	51.30
1200 - 1300	70.30	9.85	74.38	19.8	1391.84	11.99	63.29
1300 - 1400	49.86	6.99	81.37	20.9	1043.03	8.99	72.27
1400 - 1500	43.18	6.05	87.42	22.1	953.05	8.21	80.48
1500 - 1600	35.86	5.02	92.44	23.4	840.03	7.24	87.72
1600 - 1700	23.77	3.33	95.77	25.1	595.75	5.13	92.85
1700 - 1800	15.79	2.21	97.99	26.5	418.09	3.60	96.46
1800 - 1900	10.12	1.42	99.41	28.1	284.48	2.45	98.91
1900 - 2000	3.04	0.43	99.83	29.5	89.63	0.77	99.68
2000 - 2100	1.15	0.16	99.99	31.1	35.79	0.31	99.99
> 2100	0.04	0.01	100.00	32.5	1.41	0.01	100.00

Легенда: **вз** – висинска зона, **F** – површина висинске зоне у km^2 , **% F** - проценат висинске зоне, **Σ F** – кумулативни проценат висинске зоне, **q** – средњи специфични отицај у l/s/km^2 , **Σq** – сума зоне са висинске зоне у l/s , **% q** - проценат отицаја са висинске зоне, **Σ % q** - кумулативни проценат отицаја са висинске зоне.

Најмању површину од $26,2 \text{ km}^2$ захвата први литолошко-хидролошки комплекс представљен неогеним седиментима, песковима и алувијумом. Заступљен је у два појаса: до 600 m надморске висине и у појасу 700-900 m. Он чини 3,8 % територије и на њему се формира само 1,35 % отицаја. У зависности од висинске зоне средњи пондерисани специфични отицај налази се у распону од 3,5 до $7,5 \text{ l/s/km}^2$.

За разлику од остала три литолошко-хидролошка комплекса, седиментне стене заступљене су, као последица палеогеографске еволуције терена, у свим висинским зонама. Овај тип стена има и највеће распрострањење, заузима чак 55,2 % од укупне површине слива на коме се образује 53 % отицаја. Највећа површина ових стена налази се на висини 700-1500 m (69,6 %). У тој висинској зони формира се просечан специфични отицај од $15,3 \text{ l/s/km}^2$, односно њена издашност износи 59,3 % од укупне коју формира овај стенски комплекс. Удео седиментних стена на већим висинама полако опада, али ипак се може издвојити појас 1500-1800 m надморске висине са $\frac{1}{4}$ учешћа у укупној водности. На већим надморским висинама заступљеност седиментних стена је занемарљива, како по површини коју захватају, тако и по релативном отицају на водност.

Трећи литолошко-хидролошки комплекс, тј. кречњаци и доломитични кречњаци, захвата $244,9 \text{ km}^2$, односно 34,3 % од укупне територије у висинској зони 400-1800 m. У овом стенском комплексу формира се 37,2 % отицајних вода. Највеће распрострањење (80,5 %) има у појасу 700-1300 m у коме се образује 78 % водности, односно средњи специфични отицај од 17 l/s/km^2 .

Карактеристика четвртог литолошког комплекса је тај да он није заступљен на висинама нижим од 900 m. У укупној површини слива учествују са свега 6,8 %. Иако

њихов удео у водности мали (8,4 %) за њих су карактеристични релативно високи специфични отицаји (20,9 l/s/km²).

Табела 4. Дистрибуција средњих специфичних отицаја по висинским зонама и литолошко-хидролошким комплексима.

вз	седименти			сед. стене			кречњаци			метаморфити		
	F	q	% q	F	q	% q	F	q	% q	F	q	% q
300 - 400	3.97	3.49	8.84	0.54	4.77	0.04	-	-	-	-	-	-
400 - 500	3.86	4.02	9.91	7.81	5.73	0.73	0.53	7.42	0.09	-	-	-
500 - 600	2.61	4.83	8.05	21.44	6.91	2.41	1.14	9.16	0.24	-	-	-
600 - 700	-	-	-	24.48	8.26	3.29	15.16	10.71	3.75	-	-	-
700 - 800	7.76	6.99	34.65	38.56	9.75	6.12	27.28	12.36	7.79	-	-	-
800 - 900	8.02	7.52	38.55	49.91	11.16	9.39	35.93	14.20	11.80	-	-	-
900 - 1000	-	-	-	36.72	12.79	7.96	36.71	16.10	13.67	1.25	12.34	1.57
1000 - 1100	-	-	-	33.26	14.48	7.96	31.58	17.98	13.13	4.63	14.12	6.67
1100 - 1200	-	-	-	29.46	16.13	7.72	32.55	19.93	15.00	5.33	16.02	8.72
1200 - 1300	-	-	-	29.53	17.88	8.58	33.12	21.75	16.66	7.65	17.81	13.90
1300 - 1400	-	-	-	29.31	19.68	9.37	14.28	23.48	7.75	6.27	19.82	12.67
1400 - 1500	-	-	-	27.47	21.40	9.55	9.33	25.39	5.48	6.38	21.40	13.93
1500 - 1600	-	-	-	21.83	22.97	8.14	5.51	26.91	3.43	8.52	23.36	20.29
1600 - 1700	-	-	-	17.23	24.78	6.93	1.75	28.57	1.15	4.80	25.01	12.24
1700 - 1800	-	-	-	12.61	26.36	5.40	0.07	29.62	0.05	3.12	26.77	8.51
1800 - 1900	-	-	-	9.62	28.04	4.38	-	-	-	0.50	28.83	1.47
1900 - 2000	-	-	-	3.03	29.47	1.45	-	-	-	0.01	30.08	0.03
2000 - 2100	-	-	-	1.15	31.11	0.58	-	-	-	-	-	-
> 2100	-	-	-	0.04	32.45	0.02	-	-	-	-	-	-
укупно	26.21	156.40	100	394.01	6156.93	100	244.93	4324.51	100	48.45	980.34	100
%	3.67	1.35		55.21	52.99		34.32	37.22		6.79	8.44	

Легенда: вз – висинска зона, F – површина висинске зоне у km², q – средњи специфични отицај у l/s/km², % q – проценат отицаја воде са висинске зоне датог стенског комплекса.

Сходно висинској дистрибуцији падавина и издвојених стенских комплекса најмањи специфични отицаји, у смислу просторне регионализације, везани су за доњи део слива Темштице (непосредни део слива између Темске и Станичења - 5,8 l/s/km², слив Клајће 8,6 l/s/km² и слив Свињарштице 9,4 l/s/km²), док су највећи у сливовима Дојкиначке реке (20,4 l/s/km²) и Каменичке реке (20,3 l/s/km²).

Закључак

Модел примењен у овом раду проверен је и тариран до профила Височка Ржана, као и профила Станичења са подацима протицаја пре изградње акумулације "Завој". На овај начин омогућено је да се специфични отицај расподели по територији слива у зависности од релевантних физичко-географских параметара. Другим речима, примена овог метода омогућава просторну дистрибуцију специфичних отицаја, тако да се за свакој јединично поље располаже са одређеном вредношћу. С друге стране значај примењеног метода огледа се у могућности одређивања специфичних отицаја на просторима (сливовима) у којима не постоје непосредна хидролошка осматрања.

ЛИТЕРАТУРА:

- Манојловић П. (1992): **Методологија израде карте интензитета хемијске ерозије Србије**. Зборник радова, Географски факултет, Универзитет у Београду, св. 39, Београд.
- Манојловић П., Живковић Н. (1997): **Карта специфичних отицаја у Србији**. Зборник радова, Географски факултет, Универзитет у Београду, Београд.
- Миловановић Б. (2005): **Климатска регионализација Старе планине**. Магистарски рад. Географски факултет, Београд.
- Оцокољић М. (1987): **Висинско зонирање вода у сливу Велике Мораве и неки аспекти њихове заштите**. Српско географско друштво, Посебна издања, књ. 64, Београд.
- Radovanović M., Milovanović B. (2003): **Methods to Complete the Missing Data on Precipitation in the Mountains of Serbia – Testing and Application**. Studia Geograficzne 75, No 2542, International conference "Man and climate in the 20th Century", Wrocław, 13-15 June 2002. Institute of Geography, University of Wrocław and Polish Geophysical Society of Marshall of the Lower Silesia, Wrocław.
- Ракићевић Т. (1976): **Климатске карактеристике Источне Србије**. Зборник радова Географског института "Јован Цвијић", књ. 28, Београд.
- Ракићевић Т. (1979): **Основне законитости у географском распореду падавина на територији СР Србије**. Зборник радова, Природноматематички факултет Универзитета у Београду, Географски институт, св. XXVI, Београд.
- Станковић С. (1968): **Режим реке Височице**. Гласник Српског географског друштва, св. XLIX, бр.2, Београд.
- Станковић С. (1969): **Топлодолска река**. Гласник Српског географског друштва, св. XLIX, бр.1, Београд.
- Живковић Н., (1995): **Утицај физичко-географских фактора на висину отицаја у Србији**. Географски факултет, Београд.
- Живковић Н. (1998): **Неке хидролошке особености Старе планине**. Зборник радова, Географски факултет, Београд.
- Живковић Н., Анђелковић Г. (2004): **Висински градијенти падавина у Србији**. Гласник Српског географског друштва, св. LXXXIV, бр. 2, Београд.
- Živković N., (2005): **Precipitation in Eastern Serbia in the period 1961-1990**. Phisico-geograoical problems of Carpatо-Balkanіan Mountains in Serbia, Faculty of Geography, Belgrade.

SANJA MUSTAFIC

S u m m a r y

SPATIAL DISTRIBUTION OF RUNOFF IN TEMSTICA RIVER BASIN

Establishing values and variability of specific runoff in this case was not leaned on using of data from hydrometric profiles, actually data related to discharge. There are many reasons for that. Factor of limitation is number as well as spatial distribution of existing hydrometric stations. Those stations are mainly distributed upstream. Discharge data from downstream station Stanicenje are useless specific runoff determination no matter of long period of observation. We have noticed that in some years discharge in this profile is lower than on profile Visocka Rzana. Transformation of water regime is caused by building of dam "Zavoj" and its role in hydraulic engineering. This means that we could not create real picture of Temstica water characteristics on the base of its discharge.

For determination of runoff altitude multi factorial model is applied with most important factors such as precipitations and elevation. In second phase for calculation specific runoff per unit fields' third factor is included- lithologic and hydrologic complex. All types of rocks are divided into four lithologic complexes: sediments, sediment rocks, carbonate rocks, metamorphic rocks.

According to this specific runoff is defined by relation: precipitation-altitude-type of rocks-coefficient of runoff. It means that in a first step we have defined relation between precipitation, altitude and coefficient of runoff. In second by transformation of precipitation and coefficient of runoff we have got values of altitude of runoff actually specific runoff of each unit field.

Application of this method enables spatial distribution of specific runoff. At the other hand significance of applied method is presented in possibility of specific runoff determination on territories with no direct hydrological observing.

