

МАЊИ ПРИЛОЗИ

ЕМИЛИЈА ЂОКОВИЋ *

UDC 911.2:551.4

ИНТЕНЗИТЕТ МЕХАНИЧКЕ И ХЕМИЈСКЕ ВОДНЕ ЕРОЗИЈЕ У СЛИВУ
РЕКЕ ЂЕТИЊЕ

Река Ђетиња се налази на територији Старог Влаха и Рашке, тј. између слива Дрине на западу, Скрапежа на истоку и Великог Рзава на југу. Иако читав рад детаљније прати и питања везана за геолошки састав, геотектонске односе, климатске, хидролошке и биогеографске прилике у сливу, овде ће се ипак више пажње посветити приказу саме методологије истраживања механичке и хемијске ерозије и још више анализи добијених резултата.

Узорци воде са реке Ђетиње узимани су у истом седмодневном ритму (како би се остварила упоредивост података за обе станице), у току једне хидролошке године (а при наглом порасту водостаја и чешће), на два профила: Стапарима (514,04 m надморске висине, удаљеним 38,5 km од ушћа) и Шенгољу (310 m надморске висине, удаљеном 10 km од ушћа). Ради утврђивања интензитета механичке ерозије били су потребни узорци од једног литра, док се хемијска ерозија утврђивала на знатно мањем узорку од 100 ml.

Интензитет механичке ерозије утврђен је коришћењем методе мерења суспендованог наноса – силта помоћу филтер папира. Процес филтрације обављан је уз коришћење специјалне филтер пумпе, након чега су се пуни филтер папири подвргавали сушењу на 105° C (као и празни пре тога како би се елиминисали утицаји спољашње средине), а затим се остављали у ексикатор најмање два сата. Када су се од вредности измереног филтер папира одузеле вредности празног добила се концентрација силта (C, mg/l) у једном литру узорка. Колико је силта пронето кроз дати профил у току једног дана, можемо добити користећи формулу:

$$E_{(t/dan)} = Q_{(m^3/s)} \cdot C_{(mg/l)} \cdot 0,0864$$

А колико износи специфичан пронос наноса за дати профил изражава формула:

$$Me = E_{(t)} / F_{(km^2)}$$

где F представља површину слива.

* Емилија Ђоковић, дипломирани географ, Београд. Рад примљен 02.03.2001.

При утврђивању интензитета хемијске ерозије нису раздвајане масе хемијских елемената које потичу од стена и оне које потичу од падавина и антропогене делатности. За одређивање хемијски растворених минералних материја (РММ) која се из слива евакуише у току 24 часа, потребни су средњи дневни протицаји (Q_i , m^3/s) и одговарајуће вредности сувог остатка ($C_i, mg/l$):

$$E_{(u/dan)} = Q_i \cdot C_i \cdot KG$$

где је KG коефицијент 0,0864.

Уколико се, пак, жели израчунати количина хемијски РММ која се из слива изнесе у току једне године, онда се користе вредности средњег годишњег протицаја (Q_{sr} , m^3/s) и одговарајућег сувог остатка ($C_{sr}, mg/l$):

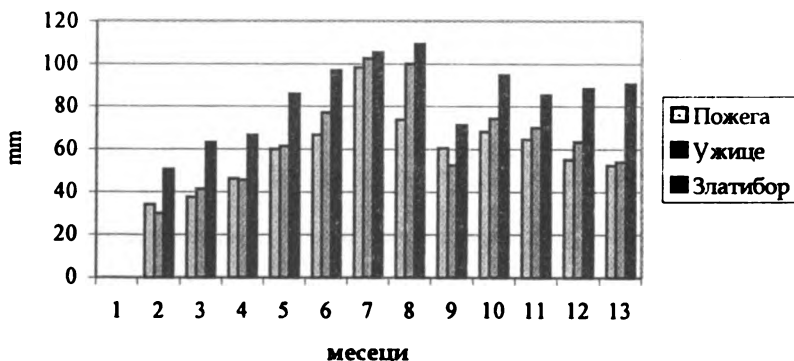
$$E_{(u/dan)} = Q_{sr} \cdot C_{sr} \cdot K$$

где је K коефицијент 31,536 за просту, односно 31,6224 за преступну годину.

Ако се жели добити податак о износу специфичне хемијске ерозије за дати слив, онда се користи напред наведена формула за израчунавање специфичне механичке ерозије. Вредности сувог остатка (C) се добијају преко хемијских анализа потребних елемената, које се врше према унапред утврђеном принципу (Манојловић П., 1992).

Извориште Ђетиње, са геолошког становишта, смештено је у области српентинита и харцбургита, као и горњокредних седимената који се налазе нешто ниже, у Креманској котлини. Скоро читав златиборски масив изграђен је од серпентинита, док су површи које се простиру северно: Мачкатска и даље површ Металке изграђене од карбонатних стена, палеозојских метаморфита са појавама дијабаз-ројначке формације јурске старости. Карст је ту “развијен само спорадично и има карактер плитког карста” (Димитријевић М. Д., 1996). Као и претходне површи и површ Поникава изграђена је највећим делом од карбонатних стена. Ужичко и Севојничко поље су поред неогених наслага испуњени и мрким и сивим млађим карбонским седиментима. У Пожешком пољу су присутни језерски седименти.

График 1 – Средња месечна количина падавина за станице Пожегу, Ужице и Златибор.



У климатском погледу слив Ђетиње припада планинском типу климата пре свега с обзиром на своју надморску висину. Просечна годишња количина падавина за Ужице износи око 800 mm и ближа је горњој граници за Србију (график 1).

Када се посматра годишња сума проноса наноса за реку Ђетињу (станица Стапари) не примећују се велике осилације (табела 1).

Посматрајући дату табелу по годинама види се да је највећа количина наноса изнета из слива 63832,5 t и то управо највлажније године – 1996., а да се и најмања количина која износи 6535,2 t поклапа са најмањим средњим годишњим протицајем. Међутим, у датом периоду (1989-1999.), посматрајући и однос специфичне ерозије, не можемо рећи да постоји велика ексцесивност ерозије. Напротив, вредности су прилично уједначене.

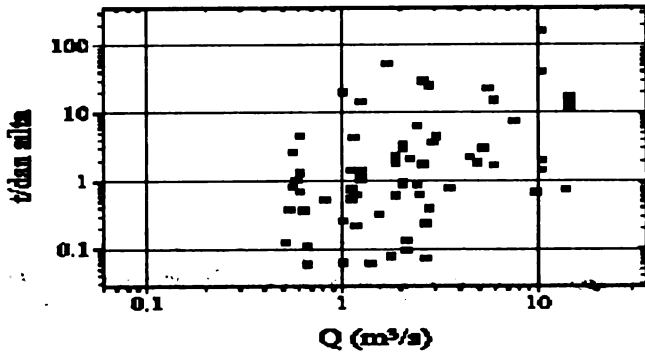
Табела 1. - Однос количине наноса (E), протицаја (Q) и специфичне ерозије (M) за станицу Стапаре, за период (1989-1990)

година	E (t/dan)	Q (m ³ /s)	M (t/km ² /god)
1989	49443,6	3,8	87,4
1990	6535,2	0,9	11,5
1991	40153,1	3,2	70,9
1992	47041,0	3,6	83,1
1993	17334,9	1,6	30,6
1994	39490,3	3,1	69,8
1995	41277,4	3,3	72,9
1996	63832,5	4,8	112,8
1997	42310,2	3,3	74,8
1998	45349,5	3,5	80,1
1999	55661,9	4,2	98,3

Ако се узму само вредности за године узорковања (1998. и 1999.), и упоредимо два посматрана профила (Стапаре и Шенгољ), приметимо велику подударност што се тиче појава максималних, односно минималних протицаја и количина силта. Разлика се јавља у честини појављивања већих количина наноса код станице Шенгољ, где су дневне вредности проноса наноса, чак три пута чешће премашивале границу од 20 t/dan у односу на профил Стапара. Ово се може објаснити, прво чињеницом да се посматрани профили налазе у различитим геолошким подручјима. Стапари се налазе у области кречњачког терена Стапарске и површи Џоникава, док је станица Шенгољ смештена низводније, где се местимично појављују и неогене насlage. Знајући отпорност и једне и друге врсте стена, сасвим је логичан добијени однос количина прнетог наноса. Осим тога обрадивост површина је знатно већа у доњем току Ђетиње, где за то постоје бољи услови, а у односу на део средњег и горњег тока, где се налази станица Стапари. Ово је још један аргумент у прилог напред наведене констатације, ако се зна да је механичка ерозија најинтензивнија управо на окопавама.

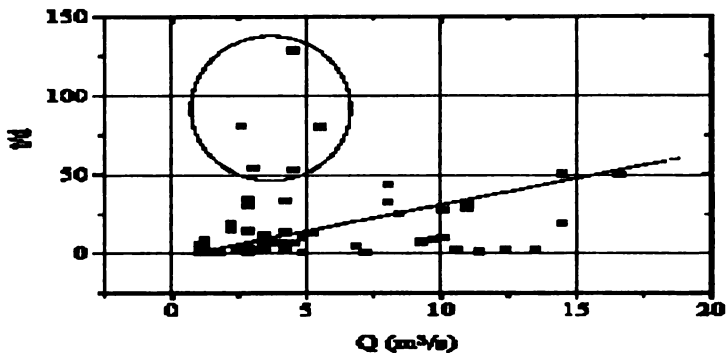
Дневни пронос наноса на станици Стапари је врло коресподентан са одговарајућим средњим дневним протицајима (график 2).

График 2 – Однос количине силта и протицаја за станицу Стапарн у току посматране хидролошке године (1998/99)



То, управо значи да за веће протицаје треба очекивати и већу количину силта. Што се, пак, станице Шенгољ тиче, ту већ имамо једну неправилност (график 3).

График 3 – Однос количине наноса и протицаја за станицу Шенгољ у току посматране хидролошке године (1989/99)



Са графика се јасно види да постоје две издвојене групе, односно могла би се повући два графика. Већ извучени график показује један очекивани тренд пораста количине силта за пораст одговарајућег протицаја. Али оне назначене вредности (заокружене) пружају потпуно другачију слику. Ми овде за ниске вредности протицаја имамо изразито високе вредности пронете количине наноса. У природним условима ова нелогичност је тешко објашњива, те се као једино могуће разјашњење намеће антропогени утицај. То и није тако немогуће, посебно ако се има на уму чињеница да се узводније од ове станице налази вештачка акумулација (брана)

“Врутци”, и да се често из ње испушта већа количина воде која брзо протекне, али омогућава интензивнију ерозију. Друго објашњење лежи у чињеница да се након јаких и пљусковитих киша скоро редовно може јавити већа количина силта у реци, а у односу на, рецимо, период са сталним и правилније распоређеним падавинама.

Узорци су на поменутиим профилима узимани у току једне хидролошке године, па тако постоји могућност упоређивања количина пронетог наноса у току појединих годишњих доба. Као пример узета је станица Стапари, где се види знатна разлика између измерених и процењених вредности (табела 2).

Табела. 2 – Однос количина силта на профилу Стапари по годишњим добима, за посматрану хидролошку годину (1998/99).

	Q(m ³ /s)	измерене вредности	процењене вредности	%
зима	3,4	13,0	17,9	-37,6
пролеће	5,8	11,8	15,3	-29,4
лето	4,0	16,1	17,2	-6,9
јесен	4,3	26,3	16,8	35,9

За дате протицаје очекивале би се прилично уједначене вредности, али мерења су показала да је највећа количина силта пронета у току јесени, па затим у току лета. Ово би се могло објаснити распоредом падавина у току поменутих периода, тј. појавом пљусковитих киша у току лета након дужег сушног периода, што условљава изразитију ерозију.

Просечан интензитет хемијске ерозије у сливу Ђетиње износи 86,4 t/km/god. Посматрајући исти десетогодишњи период као и код механичке ерозије, намће се закључак да су вредности специфичне ерозије кореспондентне са вредностима одговарајућих протицаја. То се веома добро види из примера максималних и минималних вредности са обе станице. На профилу Стапари максимална ерозија јавила се 1996. године и то 112,7 t/km/god, минимална 1990. од 16,04 t/km/god, што се поклапа са појавама максималног односно минималног протицаја. Са станицом Шенгољ је идентична ситуација.

Што се односа количине изнетих растворених минералних материја (РММ) и одговарајућих протицаја тиче, највећа количина РММ се појављује на мањим протицајима. То је и логично ако се зна да је за растварање минерала од пресудог значаја дужина контакта стене и воде која објашњава 84% променљивости сувог остатка, па тако за време високих вода (висок Q) долази до релативно кратког

Већ је речено да се у овом раду није могло извршити раздвајање оног дела количине РММ која потиче од стена и оног који је пореклом од падавина или човека. Што се РММ које настају растварањем стена тиче, познато је да укупна количина Ca²⁺ и Mg²⁺ не потиче само и искључиво од карбонатних стена (кречњака и доломита), већ и од других (табела 3).

Табела 3. – Однос СаО и MgO у стенама различитог порекла.

СТЕНА	СаО (%)	MgO(%)
Перидотит	3,5	34,0
Амфиболит	9,5	7,0
Кречњак	45,5	1,5
Доломит	30,3	13,6

Ако се посматра дата табела, видеће се да калцијум долази и од амфиболита који су у сливу Ћетиње заступњени са 7,8 %, али да превасходно настаје од кречњака и доломита који чине 34,3 % слива. Међутим, са магнезијумом је ситуација нешто другачија. Осим што добрим делом потиче од доломита, значајан постотак дају и харцбургит и серпентин који заузимају 18,9 %, односно 5,8 % слива.

Однос вредности интензитета хемијске ерозије између посматране две станице у сливу је такав да је нешто мало изразитија на профилу Шенгољ.

Али се, такође, уочава да је на поменутом профилу она уједначенија за дати десетогодишњи период у односу на Стапаре, а између максималне и минималне вредности. Између поменутих вредности ерозије на станици Стапари однос је 1:7, док је за Шенгољ тај однос уравнотеженији и износи 1:4,3.

Питање утицаја човека својим деловањем остаје необрађено услед недостатка одговарајућих података. Неоспорно је да људи користе вештачка ђубрива у пољопривреди, као и разна хемијска средства, чиме се уноси и одређена количина хемијских једињења и елемената у земљиште која на један или други начин доспева у реку.

Што се уноса РММ путем падавина тиче, то се може утврдити на основу познате укупне минерализације падавина. Како у току овог истраживања није вршена хемијска анализа падавина у току времена узорковања речне воде, онда се специфична ерозија израчуната за слив Ћетиње није умањивала за напред помену вредност.

Утицај годишњих доба на интензитет хемијске ерозије не огледа се кроз климатске прилике толико, колико кроз активност живих организама у земљишту.

Табела 4. – Однос између количина РММ на профилима Стапари и Шенгољ по годишњим добима за посматрану хидролошку годину (1989-1999).

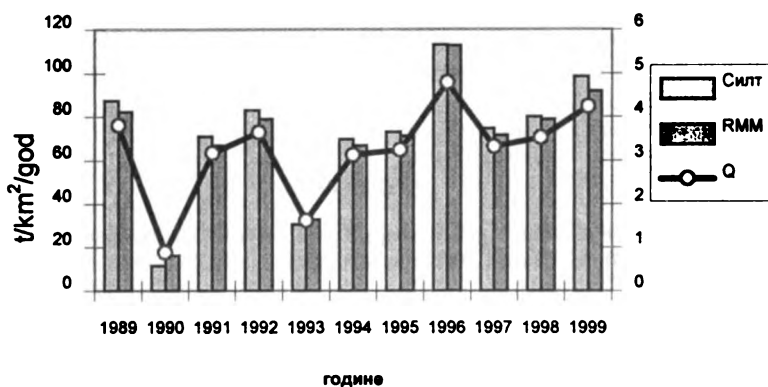
	Стапари				Шенгољ			
	Q(m ³ /s)	UM(mg/l)	процењен а UM	%	Q(m ³ /s)	UM(mg/l)	процењена UM	%
зима	3,4	312,9	296,2	5,3	3,5	311,4	327,3	-5,1
пролеће	5,8	282,6	377,7	-33,7	7,6	198,2	206,6	-4,2
лето	4,0	351,6	317,0	9,8	4,8	292,6	290,2	0,8
јесен	4,3	368,7	328,5	10,9	5,0	307,1	285,2	7,1

Приметна је разлика у количини РММ које река изнесе утоку јесени и пролећа. Главни разлог томе лежи у чињеници да је активност на разлагању органске

материје много израженија у јесен него у пролеће чиме је повећана и продукција фулво-киселина. То аутоматски значи повећање продукције CO_2 у земљишту што је предуслов за интензивнију хемијску ерозију. Осим тога, овде се јасно читава и напред указани однос између протицаја и количине РММ, где се види да су пролећни протицаји на обе станице већи од јесењих, а да су вредности сувог остатка мање. Лети су по правилу нешто нижи протицаји, па се овде огледа један други одредниши фактор интензитета хемијске ерозије – дужина конктата подлоге и воде.

Упоређивање количина проноса наноса и РММ може се посматрати са приложеног графика (график 5).

График 5. – Однос механичке ерозије, хемијске ерозије и средњих годишњих протицаја реке Ћетиње на профилу Стапари за посматрани период (1989/99).



Примањује се да су вредности количине пронетог силта у односу на количину РММ незнатно веће готово за све године у посматраном периоду. Повећана хемијска ерозија се појављује 1990. и 1993. године. То је кореспондентно са минималним протицајима за дате године. Нормално је очекивати да се у годинама са најмањим протицајем јави максимална хемијска, а минимална механичка ерозија.

Као што се из напред изнетих чињеница могло видети, механичка, а и хемијска ерозија у сливу реке Ћетиње нису занемарљиве. Ипак, чини се да најбољу слику о интензитету ерозија у сливу Ћетиње добијамо ако податке о специфичним ерозијама упоредимо са одговарајућим подацима из неких других сливова на територији Србије. Тако, на пример, у сливу Црнице интензитет механичке ерозије износи $24,9 \text{ t/km}^2/\text{god}$ (Манојловић П., 1993), у сливу Драговиштице $35,77 \text{ t/km}^2/\text{god}$ (Мустафић, С., 1998), у сливу Пека $34,9 \text{ t/km}^2/\text{god}$ (Манојловић П., 1993), а у сливовима Јабланице и Ветернице $18,5 \text{ t/km}^2/\text{god}$, односно $77,7 \text{ t/km}^2/\text{god}$ (Драгићевић С., 1997). Упоређујући податке из поменутих сливова са износом просечне специфичне механичке ерозије која се обави у сливу Ћетиње, а која износи $72,02 \text{ t/km}^2/\text{god}$, закључује се да је једино у сливу Ветернице механичка ерозија интензивнија.

Разлике су присутне и код поређења интензитета хемијске ерозије слива Ћетиње са другим сливовима. Примера ради, интензитет хемијске ерозије у сливу Црнице износи $44,7 \text{ t/km}^2/\text{god}$ (Манојловић П., 1993), што представља мању вредност у односу на интензитет хемијске ерозије која се обави у сливу Ћетиње, а износи $86,4 \text{ t/km}^2/\text{god}$.

Ако се на другој страни посматра однос количине изнетог силта и хемијски РММ из слива, приметитиће се да су механичка и хемијска ерозија приближног интензитета. У току посматраног десетогодишњег периода из слива је изнето 448 429,4 t силта, док је количина хемијски РММ за исти ериод износила 435 439 t. Преведено у проценте, то значи да суспендовани нанос у укупној маси материјала изнетог из слива учествује са 50,73 %, док преостали део од 49,27 % одлази на хемијски РММ. У дневним вредностима силта и хемијски РММ евакуисаних из слива није присутна оваква уједначеност. Такве велике разлике у поменутих вредностима могу се објаснити као директна последица тренутног дејства одређених фактора, а што се никако не би смело запоставити приликом планирања извођења неких већих радова у сливу који су на било који начин везани за проблем ерозије.

ЛИТЕРАТУРА

- Димитријевић М. Д., (1996): Геологија Златибора. Геоинститут – посебна издања, 18. Београд.
- Драгићевић С., (1997): Пренос силта Јабланицом и Ветерницом. Дипломски рад, Географски факултет, Београд.
- Зеремски М., (1954): Креманска котлина. Гласник СГД 34 бр. 1, Београд.
- Лазарски Р., (1991): Рецентна ерозија – глобални проблем света. Гласник СГД св. 71/2, Београд.
- Лазаревић Р., (1968): Рецентна ерозија и методи за утврђивање продукције и транспорта наноса. Скопље.
- Манојловић П., (1990/91): Честина узорковања текућих вода у функцији утврђивања интензитета хемијске ерозије. Зборник радова 37/38 Географског факултета, Београд.
- Манојловић П., (1992): Хемијска ерозија као геоморфолошки процес – теоријски, аналитички и методички аспект. Географски факултет – ПМФ, Београд.
- Манојловић П., (1990): Неки аспекти хемијске ерозије у сливу Сиколске реке. Гласник СГД св. 2. Београд.
- Манојловић П., (1993): Пренос силта Пеком код Кучева. Гласник СГД 73/2. Београд.
- Манојловић П., (1993): Речна ерозија у горњем делу слива Црнице. Гласник СГД св. 73/1, Београд.
- Метеоролошки годишњаци (1989-1999), РХМЗ
- Мустафић С., (1998): Интензитет механичке ерозије у сливу Драговиштице. Дипломски рад, Географски факултет, Београд.
- Петровић Р., Манојловић П., (1997): Геоморфологија. Географски факултет, Београд.
- Ракићевић Т., (1963): Климатске и хидролошке особине Златибора. Гласник СГД 43 бр.1, Београд.
- Ракићевић Л. Т., (1979): Основне законитости у географском распореду падавина на територији СР Србије. Зборник радова Географског факултета – ПМФ св. 26, Београд.
- Ршумовић Љ. Р., (1955): Површ Поинкава и Стапара. Зборник радова Географског института 47, св. 11, Београд.
- Хидролошки годишњаци РХМЗ (1989-1999.)
- Ђирковић Љ., (1997): Климатске особине Западне Србије. Зборник радова Географског института "Јован Цвијић", књига 29, Београд.