

## ПРИЛОГ АНАЛИЗИ ФАКТОРА ЕРОЗИЈЕ НА ПРИМЕРУ ГОРЊЕГ СЛИВА ЗАПАДНЕ МОРАВЕ

ЈУГОСЛАВ НИКОЛИЋ  
ЗОРАН НИКИЋ

**Извод:** Рад представља покушај квантитативне и квалитативне анализе утицаја различитих фактора на ерозију/акумулацију, као и сагледавање њиховог интегралног утицаја на ове процесе, на примеру горњег слива Западне Мораве. Анализа најзначајнијих фактора урађена је комплексним, интердисциплинарним приступом, као једино могућим начином правилног сагледавања процеса. У истраживању су примењена одговарајућа знања из области метеорологије, хидрологије, хидрогеологије, шумарства и географије.

**Кључне речи:** ерозија, акумулација, геолошка грађа, "енергија рељефа", нагиб терена, падавине, шумовитост, хипсометријски дијаграм слива

CONTRIBUTION TO AN ANALYSIS OF THE EROSION FACTORS  
ON THE CASE EXAMPLE OF THE ZAPADNA MORAVA RIVER UPPER BASIN

**Abstract:** This scientific study represents an attempt of qualitative and quantitative analysis of the influences of various factors on the erosion/accumulation, as well as an attempt to perceive integral influences of these factors on mentioned processes, on the case example of the Zapadna Morava river upper basin. The analysis of the most significant factors was performed by the use of complex, inter-disciplinary approach, as the only possible way of perceiving correctly the erosive-accumulative process. In this research, the accomplishments from the fields of meteorology, hydrology, hydrogeology, forestry and geography were applied.

**Key words:** erosion, accumulation, geological build, "relief energy", slope degree of terrain, precipitation, forest landscapes, hypsometric diagram of the river basin

### 1. УВОД

Ерозивни процеси су један од најактуелнијих проблема од стратешког значаја за екосистеме и привреду. У процесу утицаја уочава се повезаност између ерозивних и акумулативних процеса, који се најчешће међусобно преплићу. Строго узевши, само се на малим деловима терена може говорити о "чистој ерозији" или "чистој акумулацији". "Чисто" ерозивни облици, или "зоне одсуства акумулације" могуће су у уској зони уз вододелницу слива. Анализом се могу добити потенцијалне области за развој појачане ерозије, односно могуће области појачане акумулације, кроз квантификавање фактора који примарно утичу на ерозивно-акумулативне процесе.

*Др Југослав Николић, научни сарадник, Републички хидрометеоролошки Завод Србије, Београд.*

*Др Зоран Никић, доцент, Шумарски факултет, Београд.*

Механичка и хемијска ерозија зависе од великог броја фактора. Поједини фактори имају различито, понекад супротно дејство на вредност ерозије/аккумуляције. Најзначајнији су морфолошки, геолошки и метеоролошки фактори, као и утицај биљног покривача и развијености хидрографске мреже. Човек, такође, својом неконтролисаним делатношћу нарушава равнотежу између вегетације, подлоге и површинског/подземног отицаја воде. Отуда антропогени фактори у новије време добијају на актуелности.

**Основни циљ рада је анализа неких најзначајнијих фактора ерозивно-аккумулятивних процеса у хетерогеним геолошким/геофизичким условима изабраног слива на комплексан начин, кроз мултидисциплинарни приступ.**

## 2. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Методологија истраживања условљена је циљем истраживања, знањем и искуством у овој области у свету и код нас. Избор сливног подручја извршен је без икаквих условних ограничења у смислу величине или средње надморске висине слива, просечног нагиба слива, врсте биљног покривача, заступљености геолошких подлога, кривудавости тока или било ког другог елемента.

Први корак у истраживању подразумева ажурирање потребне базе података из домена анализе на бази грид система. Истраживачки простор подељен је на јединична квадратна поља резолуције 1 km<sup>2</sup>. За свако од ових поља ажурирани су одговарајући подаци који су у виду матрице искоришћени за квантитативну анализу. Улазни подаци добијени су картометријски или физичким мерењем. Картографски параметри одређени су на основу географских карата размера 1:25000 чиме је омогућена довољно висока прецизност. За свако поље 1x1 km из домена анализе коришћене су координате доњег левог угла, максимална, минимална и средња надморска висина терена, нагиб и шумовитост истога. Квадрати захваћени вододелницом дељени су на 100 мањих квадрата, димензија 100x100 m, у циљу прецизнијег прорачуна у граничној области сливног подручја.

Сваком елементарном пољу придружена је и одговарајућа вредност падавина, добијена динамичком анализом помоћу тродимензионалног нехидростатичког нумеричког модела *FITNAH (Flow over Irregular Terrain with Natural and Anthropogenic Heat Sources)*. У моделу је на специфичан начин решено представљање утицаја орографије на метеоролошке параметре (*Aleksic N. et al., 1989; Jovanovic D. et al., 1996; Николић J., 2002*). Почетни услови у моделу, добијени физичким мерењем, биле су серије месечних сума падавина (1980-2004) и других потребних параметара са метеоролошких станица из домена анализе ерозивно-аккумулятивних процеса. Прорачун суме падавина направљен је према назначеној методологији.

Сваком елементарном пољу придружена је и одговарајућа вредност падавина добијена нумеричком анализом. Динамичка анализа падавина урађена је помоћу тродимензионалног нехидростатичког нумеричког модела *FITNAH (Flow over Irregular Terrain with Natural and Anthropogenic Heat Sources)*. У моделу је на специфичан начин решено представљање утицаја орографије на метеоролошке параметре (*Aleksic N. et al., 1989; Jovanovic D. et al., 1996; Николић J., 2002*). Почетни услови у моделу биле су серије месечних вредности падавина (1980-2004), добијене мерењем на метеоролошким станицама,

из домена анализе ерозивно-акумулативних процеса. Прорачун суме падавина направљен је према назначеној методолгији.

У квантитативној анализи фактора ерозије коришћене су релативне координате (x, y), изражене у километрима, где x означава источну географску дужину, а у северну географску ширину. Ове координате одређене су у односу на географске координате најзападније/најјужније тачке Србије. Одговарајуће карте урађене су коришћењем програмског пакета Surfer.

### 3. РЕЗУЛТАТИ

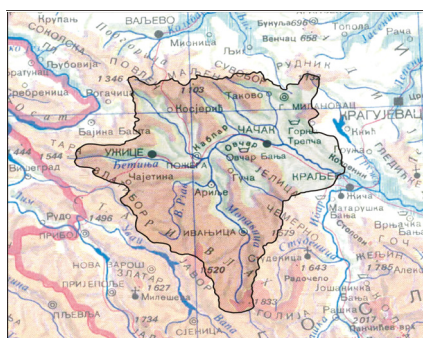
#### 3.1. Основни физичко-географски услови терена изабраног за анализу процеса

Предмет истраживања односи се на слив Западне Мораве узводно од водомерне станице “Милочајски мост”. Станица се налази око 9 km узводно од Краљева и представља излазни профил за мерење протицаја, који се трансформише у висину отицаја воде са истраживаног подручја. Сливно подручје омеђено је правоугаоником између  $43^{\circ} 18,3'$  и  $44^{\circ} 8,7'$  северне географске ширине, односно  $19^{\circ} 30,7'$  и  $20^{\circ} 42'$  источне географске дужине. Због тачније анализе ерозивно-акумулативних процеса у околини вододелнице правоугаона површина изучаваног терена, која омеђава дефинисану сливну површину, проширена је са сваке стране по неколико километара. На овај начин укључују се и мерења падавина са главних метеоролошких станица из ближе околине сливног подручја (Ваљева, Крагујевца, Краљева, Копаоника, Сјенице и Златибора).

Терен горњег слива Западне Мораве, у односу на површину сливног подручја од  $4655 \text{ km}^2$ , убраја се у категорију “великих сливова”. У регионално-географском смислу овај простор захвата делове различитих целина: југозападне делове високе Шумадије, Западно Поморавље, североисточне делове Старовлашко-рашке висије, као и Ваљевску подгорину.

Рељеф слива има полигенетско (тектонско-флувијално, крашко, абразионо, денудационо) и полифазно обележје. Његов географски положај приказан је на карти 1.

Југозападном делу високе Шумадије припада део терена који захвата јужне и југозападне падине планине Рудника, односно Руднички крај.



Карта 1- Географски положај изучаваног терена  
Map 1- Geographic position of the studied terrain

Западно Поморавље обухвата композитну долину Западне Мораве у оквиру које се издвајају Пожешка котлина, Овчарско-Кабларска клисура и Чачанска котлина. Овој долиној регији прикључују се микрорегије горњег дела слива Западне Мораве: Ђетиња (слив истоимене реке) и Српска Црна Гора (слив Скрапежа). Доминира тектонско-флувијални, флувио-денудациони и крашки рељеф (Николић Ј. et al, 2005).

Огранци Старовлашко-рашке висције обухватају низ планина које се, идући од југа према северу, благо спуштају према Западно-моравској долини. Основна карактеристика ове регије је изразита физичко-географска разноврсност. Осим разноврсне геолошке грађе, за ову регију су карактеристичне бројне планине, површи, котлине и композитне долине.

Ваљевска подгорина обухвата северне и северозападне делове изучаваног терена и представља развође између Западне Мораве и Колубаре.

У геоморфолошком смислу, изучавани простор припада средње до изразито дисецираним теренима са доминантним генетском и морфолошким разноврсношћу рељефа. Она је условљена постојањем различитих геолошких творевина: од кластичних, органогених и хемијских седимената, до регионално метаморфних и контактних метаморфних стена, као и различитих група магматита. Биогеографска разноврсност условљена је постојањем шумских заједница, травнате вегетације и пољопривредних култура. Уочавају се и различити хидрогеолошки услови и појаве. Најкраће речено, посматрани терен карактерише хетерогеност у рељефу, геофизичким и геолошким условима у најширем смислу (Николић Ј., 2004; Николић Ј. et al., 2005).

**Значај физичко-географских фактора терена је у томе што исти условљавају интензитет ерозивно-акумулативних процеса.**

### **3.2. Геолошка грађа истраживаног терена**

Истраживано подручје одликује се сложеном геолошким грађом, у чијој изградњи учествују разнолике метаморфисане палеозојске, седиментне и магматске мезозојске и неогене геолошке творевине, као и најмлађи квартарни седименти. Геолошке карактеристике и грађа терена истраживани су према основној геолошкој карти 1:100000 и тумача листова "Краљево", "Чачак", "Ужице", "Ивањица", "Горњи Милановац", "Крагујевац", "Ваљево" и "Пријепоље" (Николић Ј., 2004).

Стене палеозојске старости захватају велику површину истраживаног подручја, пре свега у сливу Моравице, као и реке Лужнице, северно од Ужице и Пожеге. Оне су, најчешће, представљене метаморфисаним пешчарима, конгломератима, аргилошистима и филитима.

Тријаски седименти имају потпуно развиће, а најзаступљенији су на југозападном, делимично северном и централним деловима истраживаног терена. Творевине доњег тријаса изграђене су од различитих стена. То су, углавном, шкриљаво-пешчарске и шкриљаво-лапоровите серије, као и пешчари и кречњаци.

Седименти средњег тријаса јављају се у две зоне. У првој зони, Овчарско-кабларској клисури и долини Бањског потока, најзаступљеније су карбонатне стене велике дебљине. У другој зони, Ђетиња-Велики Рзав-Мали Рзав, јављају се слојевити, банковити, делимично масивни и доломитични

кречњаци средњетријаске старости, развијени преко доњотријаске јединице (Nikolić J., Prohaska S., 2005).

Седименти горњег тријаса утврђени су у највишим деловима Овчара и Каблара. То су веома чисти и масивни кречњаци.

Стене стваране у јури образују широке континуалне зоне у којима се јављају већим делом магматске, а мањим седиментне стене. То су углавном серпентинити, габрови, дијабази и стене дијабазројничке формације. Серпентинити и харцбургити заузимају велике површине у северним и југозападним деловима истраживаног подручја. Габровске стене и дијабази граде уску зону у долини Каменице. Дијабазројничка формација јурске старости утврђена је у две зоне: у зони Великог и Малог Рзава и у долини Ђетиње до Биоске и Стапара.

Кредни седименти највише су заступљени у сливу реке Бјелице и источно од тока Моравице. Углавном су представљени конгломератима, пешчарима, кречњацима и лапорцима. Најзаступљеније кредне творевине овог подручја су масивни кречњаци и флиш.

Од неогених творевина заступљене су само стене миоценске старости. Највеће распрострањење миоцена запажа се у неогеним језерским басенима као што су Чачанско-краљевачки басен, Пожешки и Добрињски басен. Уочавају се пешчари, лапорци, глинци, лапоровити кречаци, пескови и глине. У оквиру миоцена јављају се и вулканити, највише у подручју Горње Трепче, где су најзаступљенији кварцлатити, латити и пирокластити.

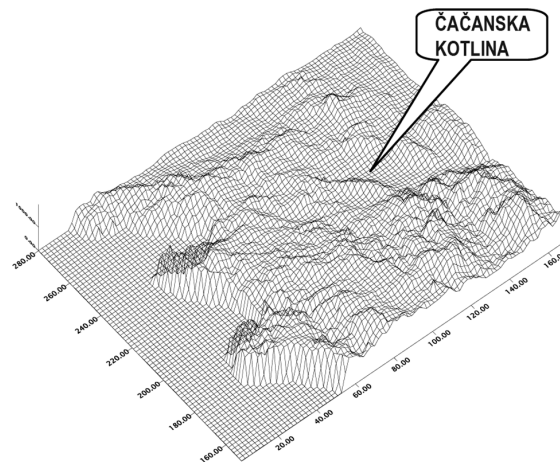
Као најмлађе творевине истраживаног подручја јављају се језерски седименти, речне терасе, пролувијум, делувијум и алувијум. Алувијалне наслаге су на више места, уз речне токове. Највећу алувијалну раван је формирала Западна Морава. Алувијални наноси мањег распрострањења запажају се у долини Малог и Великог Рзава, Ђетиње, Скрапежа, Моравице, Бјелице, Чемернице и осталих мањих речних токова. Састав је свуда исти: шљункови и пескови, ређе грубе глине.

**Геолошка грађа терена значајно утиче на процесе ерозије како отпорношћу, тако и водопропустљивошћу стена. Повољни услови за ерозију су код оних делова терена које захватају неотпорне стене, а неповољни код водопропустљивих терена (због смањења површинског отицања, а повећања инфилтрације и подземног отицања воде). Неповољне услове генерално треба очекивати код карбонатних стена.**

### **3.3. Квантитативна анализа рељефа**

У оквиру квантитативне анализе утицаја појединих параметара на ерозивно-акумулативне процесе дигитализација рељефа је практично први корак. Улазни подаци добијени су из јединичних поља на која је подељен читав истраживачки простор. На слици 1 дат је тродимензионални приказ терена из домена анализе.

Препознатљивост делова терена, као што су Чачанска котлина, Рудник, Ваљевске планине и други карактеристични делови терена указује на коректност података дигитализованог рељефа.



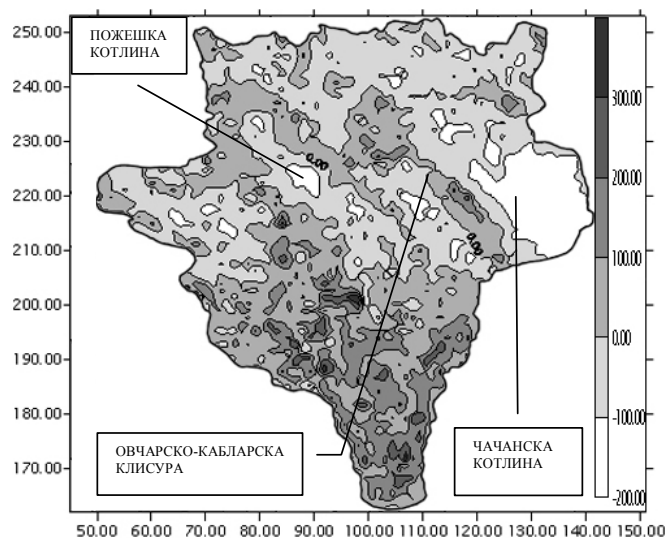
Слика 1- Тродимензионални рачунски приказ рељефа горњег слива Западне Мораве, посматрано у правцу SW-NE (Николић Ј., 2004)  
 Figure 1- Three-dimensional arithmetic review of the Zapadna Morava river upper basin relief, observed from Southwest towards Northwest (Nikolić J., 2004)

### 3.3.1. Енергија рељефа горњег слива Западне Мораве

Изражена ерозија јавља се на нагнутом терену, односно у брдско-планинским областима. За одређивање просторног интензитета ерозије/акумулације посебан значај има карта тз. "енергије рељефа", односно вертикалног расчлачења рељефа у смислу потенцијалне енергије терена дефинисане висинским разликама највиших и најнижих тачака унутар елементарних површина. Појам "енергија рељефа" одомаћен је код неких научних дисциплина, мада није најадекватнији јер енергијом располажу масе које се крећу, или се могу кретати, а рељеф нема та својства.

Просторна расподела израчунатих вредности "енергије рељефа" горњег слива Западне Мораве приказана је на карти 2. Простори са већом "енергијом", односно са великим висинским разликама највиших и најнижих тачака елементарних квадрата површине терена, јесу простори очекиване ерозије. Обрнуто, простори са малом "енергијом" представљају области очекиване акумулације. Изолиније које представљају "енергију рељефа" већу од нуле означавају просторе са добром предиспозицијом за појаву ерозивних процеса, тим већом што је већа позитивна вредност "енергије". Изолиније представљене негативним вредностима означавају просторе појачане акумулације претходно еродованог материјала. Изолинијама су лоциране и области максимума (веће од +300, или најтамније на карти) и минимума (мање од -100, или бело на карти) "енергије рељефа" на простору изучаваног терена. Анализа добија на значају ако се комбинује са теренским истраживањима.

Уочавају се повољни услови за акумулацију у долинама већих река, нарочито у Чачанској и Пожешкој котлини, као и зони Овчарско-кабларске клисуре.



Карта 2- Распореда "енерџије рељефа" горњег слива З. Мораве (Николић Ј., 2004)  
 Map 2- Distribution of "relief energy" of Z. Morava river upper basin (Nikolić J., 2004)

### 3.3.2. Квантитативна просторна анализа нагиба терена

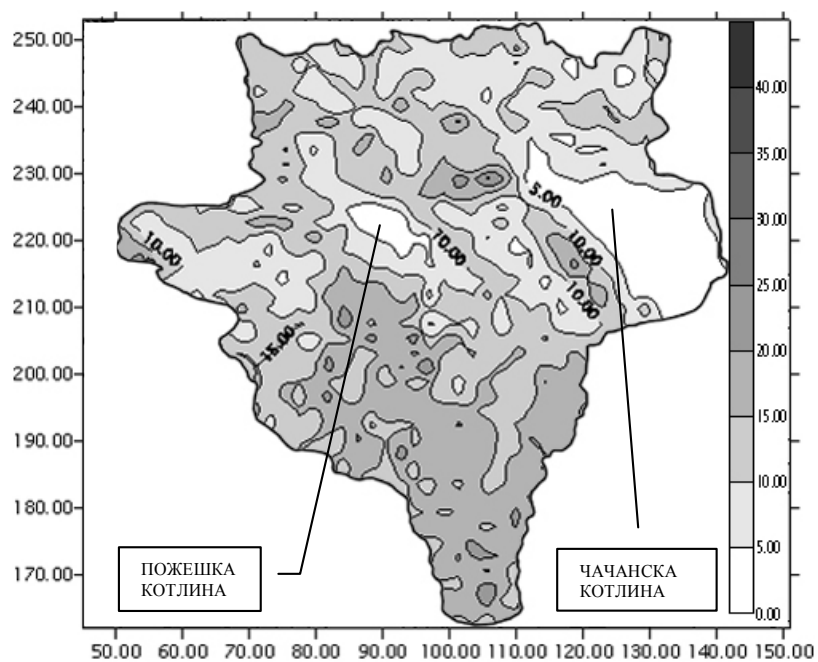
Нагиб терена је, такође, добар показатељ ерозивних/акумулативних процеса. Он се дефинише углом који заклапа површина терена са хоризонталном равни.

Просторни приказ нагиба изучаваног терена дат је на карти 3. Делови слива са већим нагибом (преко  $5^{\circ}$ ) представљају потенцијалне области за развој појачане ерозије, док делови слива са малим угловима нагиба указују на могуће области акумулације еродираниог материјала, или су такви терени захваћени најслабијом ерозијом. Да ли ће такво стање бити на терену, зависи од величине утицаја других фактора као што су клима, вегетација, геолошки састав, антропогени утицаји и слично. То, опет, упућује на потребу теренских истраживања, у комбинацији са кабинетским методама.

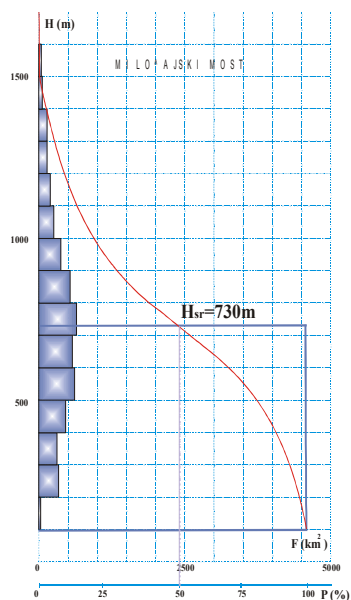
Нагиби до  $10^{\circ}$  распрострањени су на 44,9 % територије слива, док на нагибе од  $10-25^{\circ}$  отпада 53,5 %. Нагиби преко  $25^{\circ}$  су на преосталих 1,6 % територије изучаваног дела слива Западне Мораве.

### 3.3.3. Хипсометријски дијаграм изучаваног слива

Хипсометријска анализа даје представу о висинским карактеристикама терена. Нумеричком анализом одређен је распоред горњег слива Западне Мораве по висинским зонама и направљена хипсометријска крива изучаваног слива. Ова крива, или хипсометријски дијаграм слива (дијаграм 1.), представља зависност процентуалне заступљености појединих висина слива у функцији њихових површина.



Карта 3- Распoдела нагиба гoрњeг слива Западне Мораве (Николић Ј., 2004)  
 Map 3- Distribution of slope angles of Zapadna Morava river upper basin (Nikolić J., 2004)



Дијаграм 1- Хијсометријски дијаграм гoрњeг слива Западне Мораве  
 Diagram 1- Hypsometric diagram of Zapadna Morava river upper basin

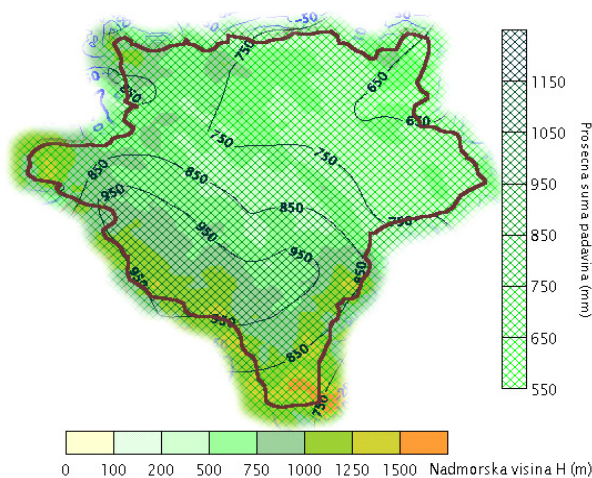


Овим поступком долази се до сазнања о геометријским карактеристикама терена. У зависности од висине терена зависи и просторно планирање и његово правилно коришћење.

Средња надморска висина изучаваног сливног подручја, добијена нумеричком анализом, је 730 m.

### 3.4. Падавине горњег слива Западне Мораве

Плувијална ерозија свакако је најраспрострањенија и убраја се у најзначајније ерозионе процесе. Просечне вишегодишње падавине изнад горњег слива Западне Мораве, за период 1980-2004, представљене су просторно на карти 4.



Карта 4- Просечне падавине за горњи слив Западне Мораве (Николић Ј., 2004)  
Map 4- The average precipitation for the Zapadna Morava river upper basin (Nikolić J., 2004)

У анализи падавина узети су у обзир орографски ефекти који повећавају падавине са висином, али и динамички ефекти који условљавају величину овог повећања и његово смањивање са даљим повећањем висине, изнад неке критичне вредности (Николић Ј., 2002; Николић Ј. et al., 2005). Просечне суме мање од 750 mm уочавају се у области Чачанске котлине и околине Горњег Милановца. Мање вредности у околини Горњег Милановца у вези су са уоченом променом режима падавина чије узроке треба тек испитати (Николић Ј., et al., 2005). Веће вредности годишњих сума падавина, преко 850 mm, уочавају се у планинским огранцима Старовлашко-рашке висије.

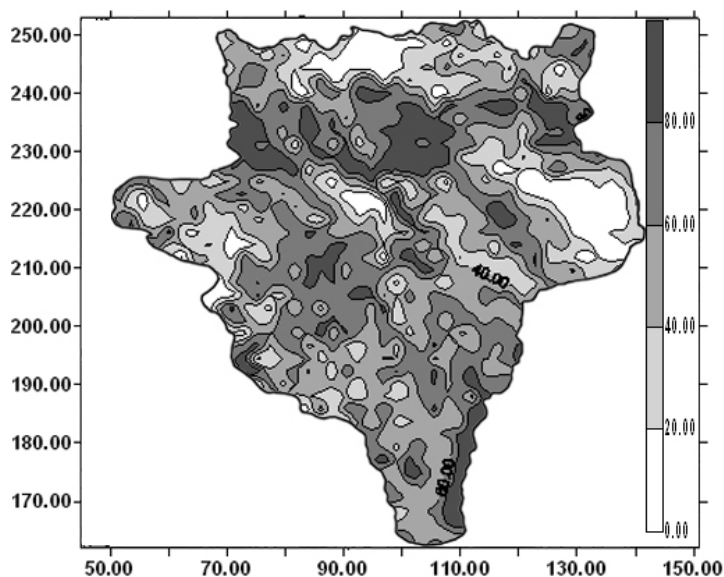
Треба истаћи да, поред годишње количине, за ерозију понекад могу бити значајније падавине краћег трајања. Ерозија је некада најјача у пределима са малим количинама падавина, али у којима се за кратак временски период излучи највећи део укупне годишње суме падавина. За такву анализу потребни су интензитети падавина који се могу одредити ако постоје плувиографска мерења истих.

Осим разарања и одношења површинских делова терена, ерозивно-акумулативни процеси погоршавају водни режим река. Као резултат ерозије таложе се велике количине наноса због чега се дна речних корита издижу, а обале постају све ниже. То има за последицу пораст водостаја и појаву поплава.

**У општим цртама може се констатовати да повећање падавина доводи до интензивирања процеса ерозије.**

### 3.5. Шумовитост изучаваног терена

Улазни подаци за квантитативну анализу шумовитости одређени су картометријски. Процентуална просторна заступљеност шуме приказана је на карти 5.



Карта 5- Шумовитост терена горњег слива Западне Мораве (Николић Ј., 2004)

Map 5- Forest landscapes for Zapadna Morava river upper basin (Nikolić J., 2004)

Висок проценат шуме (72,1%) уочава се у делу непосредног слива Западне Мораве, између Бјелице и Каменице, као и у горњем сливу Моравице, узводно од Ивањице (64,0%). Шумовитост је релативно ниска у горњем сливу Ђетиње, док је најмања у делу слива између Чемернице (код Чачка) и Милочаја (у близини Краљева), што је у складу са различитим геолошким подлогама и морфолошким облицима терена. Запажа се интересантна чињеница да је проценат шуме у горњим деловима сливова Ђетиње и Скрапежа мањи у односу на доње делове према ушћу једне или друге реке, а што је, поред осталог, последица утицаја геолошких подлога терена.

Значајно је истаћи да повећање вегетационог покривача, а нарочито пошумљености терена, доводи до пригушивања ерозије. У томе се огледа посебан значај шумских екосистема.

### 3.6. Дискусија

Квантитативном анализом параметара који примарно утичу на ерозивно-акумулативне процесе добијају се потенцијалне области појачане ерозије или повећане акумулације. С обзиром на велики број фактора утицаја, од којих су неки са супротним дејством, указује се потреба теренских истраживања којим би се извршила верификација очекиваних утицаја. Презентирана квантитативна анализа добија на значају ако се комбинује са теренским квалитативним истраживањима. То се може илустровати на неколико карактеристичних примера.

Када се ради о непропустљивим стенама, облици спирања требало би да су најраспрострањенији у изразито планинском делу слива Моравице. Квантитативна анализа показала је да је то терен најјаче дисекције и највеће енергије рељефа. Међутим, истраживања на терену (Николић Ј., 2004) показала су да су ови облици веома ретки у овом делу слива. То се може објаснити покривеношћу терена густим шумама које значајно спречавају или ублажавају ерозију и денудацију стрмих и високих долинских страна. Међутим, у нижим деловима терена уочава се јак утицај антропогеног фактора. Крчење шума нарушило је равнотежу природних ерозивно-денудационих процеса. Бујице, које се појављују после јаких пљускова кише, односе у речно корито огромне количине делувивијума са падине овог дела слива. Изразити примери оваквих процеса могу се уочити на ушћу Мегарског потока и у долини Пресеке у подножју Мучња.

Са друге стране, интересантно је запажање да су ерозивни процеси у сливу Моравице прилично заступљени на кречњачким одсечима Мучња, Чемерна и Кукутнице, као и на кањонским и клисурастим деловима Великог и Малог Рзава. То је највероватније последица преовлађујућег утицаја нагиба терена, уз садејство других фактора као што су количина падавина, утицај ветра и хемијских процеса у овим областима, али и утицај човека и неправилне испаше ових терена.

Карактеристичан пример везан је и за слив Ђетиње и Скрапежа. На овом простору веома су развијени ерозивни процеси на подлогама шкриљаца, серпентина и пешчара. Корита ових река препуна су бујичних наноса који су последица спирања терена. Процеси ерозије озбиљнијих размера појачани су нарочито сечом шуме. Река Скрапеж постала је бујичарски ток који се често у пролеће излива плавећи повремено делове Пожеге. Повремени бујичарски токови карактеришу и горњи део Чемернице.

Истраживања на терену Овчарско-кабларске клисуре потврдила су повољне услове за акумулацију који се добијају теоријском квантитативном анализом. Карактеристичан пример представља засипање језера клисуре речним наносом и њихова еутрофизација. Наиме, акумулација хидроелектране "Овчар Бања" засута је скоро у потпуности наносима. Тренутно се као корисна акумулација може третирати само део корита непосредно уз брану, или највише 300-400 m узводно. Депоновањем ношеног/вученог наноса у ово језеро, донекле је успорено засипање низводне акумулације "Међувршје". Процењује се, да је ерозивно-акумулативним процесима око 2/3 корисне акумулације језера "Међувршје", такође, засуто наносом. Овакво интензивно засипање наведених акумулација изазвало је

неповољне последице са аспекта коришћења воде за производњу електричне енергије, али је, исто тако, смањило њихову способност у заштити од поплава.

Карактеристична ерозивна удубљења могу се видети и на стрмим падинама Овчара и Каблара. Процеси ерозије најизраженији су на подручју изграђеном од стена дијабазрожначке формације. Уочљиво је да ерозивни процеси веома зависе од нагиба и степена шумовитости терена. Највећи део падина изграђених од дијабаз-рожначке формације, са леве стране клисуре, могао би се сврстати у категорију јаке или средње ерозије. Јаком ерозијом обухваћене су и мање површине са десне стране клисуре, нарочито у пределу бране "Међувршје". Остали делови терена, без обзира на велике нагибе, релативно су отпорни на процес спирања. Ерозија је, ипак, успорена природним или вештачким обнављањем шумског покривача.

#### **4. ЗАКЉУЧАК**

Ерозивно-акумулативни процеси зависе од бројних природних фактора међу којима су најзначајнији геолошки, метеоролошки, морфолошки, хидролошки и биогеографски. Њима се придружује утицај антропогених фактора који у новије време постају све актуелнији.

Анализа је, поред осталог, показала пуну оправданост квантификавања најважнијих параметара изучаваног процеса. Основна карактеристика квантитативне анализе је да су резултати проверљиви и вишеструко применљиви у пракси. Резултати овакве анализе су веома погодни за сагледавање интензитета ерозивних и акумулативних процеса изучаваног простора, планирање коришћења простора, планирање и спровођење противерозионих и противбујичних мера, заштиту животне средине и слично.

Када је реч о падавинама показала се оправданост примене одговарајућег нумеричког модела који је много бољи алат у анализи падавина у односу на класичне методе интерполације.

При истраживању ерозивно-акумулативних процеса потребно је, због комплексности проблема, кабинетска истраживања комбиновати са верификацијом на терену.

Методологија анализе фактора ерозије, на примеру слива са хетерогеним геолошким/геофизичким условима, дала је веома добар резултат. Примењена методологија може да се користи приликом истраживања произвољних терена.

## ЛИТЕРАТУРА

- Aleksic, N, B. Telenta, D. Jovanovic, I. Nikolić, 1989: **Forecasting of the Microclimatic Influences of the Small Water Reservoir in the Complex Terrain**. IV. International conference on Carpatian meteorology, Sofija, 25-30 Septembar, pp. 231-238;
- Jovanović, D., I. Nikolić, D. Radovanović, S. Petković, S., 1996: **Numerical Simulation in Field in the Complex Terrain**. International conference on Carpatian meteorology. Budapest;
- Nikolić J. Prohaska S., 2005: **Determination of evapotranspiration in heterogeneous geological conditions on the case example of the Veliki Ržav river basin**. Int. Con. "Water resources and environmental problems in karst", IAH, Belgrade & Kotor, 13-19 Septembar, pp 609-614;
- Николић Ј., Дуцић В., Драгићевић С., 2005: **Анализа падавина на примеру горњег дела слива Западне Мораве**. Оригинални научни рад, Гласник СГД, број 1, 12 стр., 19-30;
- Николић, Ј., 2004: **Модел одређивања евапотранспирације у хетерогеним геолошким условима на примеру горњег слива Западне Мораве**. Докторска дисертација, РГФ, Београд, 359 стр.;
- Николић, Ј., 2002: **Испаравање воде у природним условима (геолошки, хидролошки и метеоролошки аспекти)**. Монографија, РХМЗ, Београд, 380 стр.

### CONTRIBUTION TO AN ANALYSIS OF THE EROSION FACTORS ON THE CASE EXAMPLE OF THE ZAPADNA MORAVA RIVER UPPER BASIN

*Jugoslav Nikolić  
Zoran Nikić*

#### S u m m a r y

These erosive-accumulative processes relate to degradation of the various geological terrains and have a fundamental significance for the needs of the economy. The analysis of these processes was performed on the case example of the outstanding heterogeneous geological and geophysical terrain conditions, on the river basin chosen without any limitations. The methodology of the analysis produced expected results.

The analysis of the most significant factors of the erosion/accumulation was performed by the interdisciplinary approach. The accomplishments from the various scientific disciplines such as meteorology, hydrogeology, forestry, hydrology and geography were applied. These analyses are needed in order to stop the degradation processes, to re-establish the ecological balance in the nature, and to make the versatile utilization of these terrains possible.

The data base for the analysis was formed on the grid system with 1 km<sup>2</sup>. The basic data were received from the topographic maps with the proportion 1:25000, except for the meteorological data, which were received by the measurements from the existing network of meteorological stations.

The quantitative analysis of the "energy relief", slope degree of the terrain, precipitation and forest landscape was performed, as well as the hypsometric analysis. The results were shown in the cartographic way by using the programming package Surfer. The tested numerical model was used in the analysis of the spatial distribution of precipitation with the good physical base. The model, in addition to everything else, includes orographic and dynamic effects.

The qualitative analysis was carried out for the geological build and physical-geographic terrain conditions, as well as for the types of forest vegetation present on the field. Also, the significance of the anthropogenic factors was pointed out.

The results of the analysis were verified through the research on the field. The methodology used in this scientific study produced good results and can be applied for the analysis of various terrains.

