

Ратко Ристић  
Григорије Мацан  
Драган Малошевић

UDK: 630\*180+116  
Оригинални научни рад

## ОСМАТРАЧКА МРЕЖА ЗА ПРОЦЕНУ УТИЦАЈА ШУМСКИХ ЕКОСИСТЕМА НА РЕЖИМ ОТИЦАЈА

**Извод:** Хидролошке функције шумских екосистема се могу вредновати само на основу података који се добијају прско репрезентативне осматрачке мреже. Мерне профиле потребно је лоцирати на сливним подручјима величине до  $10 \text{ km}^2$ , са карактеристичним заједницама шумског дрвећа. Неопходна мерења се односе на режим падавина, малих, средњих и великих вода, а уколико је могуће, на пронос вученог и суспендованог наноса.

**Кључне речи:** шумски екосистем, отицај, осматрачка мрежа

### OBSERVING SYSTEM FOR EVALUATION OF INFLUENCE OF THE FOREST ECOSYSTEMS ON RUNOFF REGIME

**Abstract:** Hydrological functions of the forest ecosystems could be evaluated on the basis of data from relevant observing system. Measuring profiles have to be located on the catchment areas up to  $10 \text{ km}^2$ , with characteristic associations of forest trees. Indispensable measurements are related to the regime of precipitation, low, mean and maximal runoff, and if possible, transport of bed-load and suspended sediment.

**Key words:** forest ecosystem, runoff, observing system

## 1. УВОД

Утицај шумских екосистема на циклус отицаја, као део глобалног хидролошког циклуса, истраживан је на великом броју експерименталних сливова широм света и на свега неколико локалитета у Србији (Мацан Г., 1984, Костадинов С., 1985).

*др Ратко Ристић, асистент, Шумарски факултет Универзитета у Београду  
др Григорије Мацан, ред. професор, Шумарски факултет Универзитета у Београду  
Драган Малошевић, дипл. инж., Републички хидрометеоролошки завод Србије, Београд*

Шумски екосистеми имају утицај на режим малих, средњих и великих вода, ерозиону продукцију и динамику доспевања материјала у хидрографску мрежу. Ова констатација важи само на нивоу квалитативне оцене, и односи се на брдско-планинске области у Србији

Квантитативни показатељи добијени на основу мерења количине падавина, протицаја, проноса суспендованог и вученог наноса, доступни су са свега 4 микро-слива из централне Србије (Равнине MI, MII, MIII и Ваона IV, на планини Гоч, у оквиру Наставне базе Шумарског факултета), 3 микро-слива из западне Србије (околина Љубовије) и једног микро-слива из југоисточне Србије (околина Владичиног Хана). Вредности добијене на овим микро-сливовима (табела 1) имају употребљивост на регионалном нивоу и не могу се користити за процене на другим подручјима Србије.

Меродавно вредновање хидролошких функција шумских екосистема се може остварити једино анализом резултата добијених преко репрезентативног осматрачког система, на сливним подручјима величине од неколико хектара до 10 km<sup>2</sup>. Већа сливна подручја нису интересантна због хетерогености површина (шуме, ливаде, пашњаци, голети) и диверзитета заједница шумског дрвећа.

**Табела 1.** Микро-сливови у Србији са сталним мерењима  
**Table 1.** Studied micro-catchment areas in Serbia

Слив Catchment area	$A$ $km^2$	Локација Location	1	2	3	4	5	6
Равнине MI Ravnine MI	0,0760	Центр. Србија Central Serbia	+	+	+	+	-	+
Равнине MII Ravnine MII	0,0635	Центр. Србија Central Serbia	+	+	+	+	-	+
Равнине MIII Ravnine MIII	0,0843	Центр. Србија Central Serbia	+	+	+	+	-	+
Ваона IV Vaona IV	0,0986	Центр. Србија Central Serbia	+	+	+	+	-	+
Лоњински поток Lonjin brook	0,7600	Западна Србија Western Serbia	-	+	-	+	+	+
Ђуриновац Đurinovac	0,5400	Западна Србија Western Serbia	-	+	-	+	+	+
Дубошнички поток Dubošnica brook	1,2400	Западна Србија Western Serbia	+-	+	-	+	+	+
Љештарска долина Lještar valley	2,6400	Југоисточна Србија Southeastern Serbia	+	+	-	+	+	+

**Легенда:**

- 1 – Лимниграф (Water level rec.)
- 2 - Водомерна летва (Wat. l. record)
- 3 – Омброграф (Pluviograf)
- 4 – Кишомер (Rain gauge)
- 5 - Суспендовани нанос (Susp. sediment)
- 6 - Вучени нанос (Bed-load sediment)

## 2. ОРГАНИЗАЦИЈА ОСМАТРАЧКЕ МРЕЖЕ

Избор мерних тачака, постављање профила, набавку инструмената, обуку осматрача, обраду података и презентацију резултата целисходно је обавити на начин који омогућује компатибилност са постојећим системом РХМЗС (Републички хидрометеоролошки завод Србије). Такав приступ обезбеђује све погодности коришћења драгоценог, вишедеценијског искуства РХМЗС, и употребљивост резултата од великог значаја за шумарство, водопривреду, пољопривреду и енергетику.

Осматрачка мрежа РХМЗС располаже са 108 лимниграфских станица, које контролишу сливне површине до  $1000 \text{ km}^2$ , са следећом структуром:

- ▷ 7 сталних станица из основне мреже, уз 8-10 из допунске мреже, на сливовима величине до  $100 \text{ km}^2$ ;
- ▷ 71 стална станица из основне мреже на сливовима величине  $100\text{-}500 \text{ km}^2$ ;
- ▷ 30 сталних станица из основне мреже на сливовима величине  $500\text{-}1000 \text{ km}^2$ .

РХМЗС нема ни једну станицу из основне мреже која контролише сливну површину мању од  $10 \text{ km}^2$ . Тачно билансирање режима отицаја подразумева коришћење података о количинама на нивоу малих, средњих и великих вода, што није могуће без континуираног мерења водостаја на сталним профилима. Зато је неопходно формирати осматрачки систем на водотоковима Србије, на профилима који контролишу површине од неколико хектара до  $10 \text{ km}^2$ .

Профиле треба лоцирати у подсливовима свих већих речних система (Дрине, Колубаре, Јужне, Западне и Велике Мораве, Вардара, Струме, Белог Дрима, Тимока, као и кратких, директних притока Саве и Дунава), тако да контролишу сливове под карактеристичним заједницама шумског дрвећа. Поред лимниграфске апаратуре (континуирано бележење нивоа воде) на излазном профилу, неопходно је да се на сливном подручју постави омброграф (континуирано бележење падавина у виду кише), стандардни кишомери (за регистровање дневне количине падавина) и снегомер. Уколико теренски и материјални услови дозвољавају пожељно је организовати узимање узорака воде (мерење количине суспендованог наноса и одређивање параметара квалитета), као и мерење проноса вученог наноса (у заплавима попречних објеката и таложницама компензационих басена на микро-сливовима).

Консултације у вези набавке и постављања опреме, лоцирања профила и обуке кадрова неопходно је обавити у координираном раду следећих институција: Шумарског факултета, ЈП „Србијашуме“ и РХМЗС, са отварањем могућности укључивања свих заинтересованих високообразовних и истраживачких институција.

## 3. ЕФЕКТИ РАДА ОСМАТРАЧКЕ МРЕЖЕ

Оснивањем осматрачке мреже, довођењем у стање оперативности, и континуираним радом од неколико година, створила би се могућност детерминисања

режима отицаја са сливова под карактеристичним шумским фитоценозама, са следећим ефектима:

- дефинисање функција шума у смислу продукције воде;
- дефинисање максималног отицаја са сливних површина до  $10 \text{ km}^2$ .

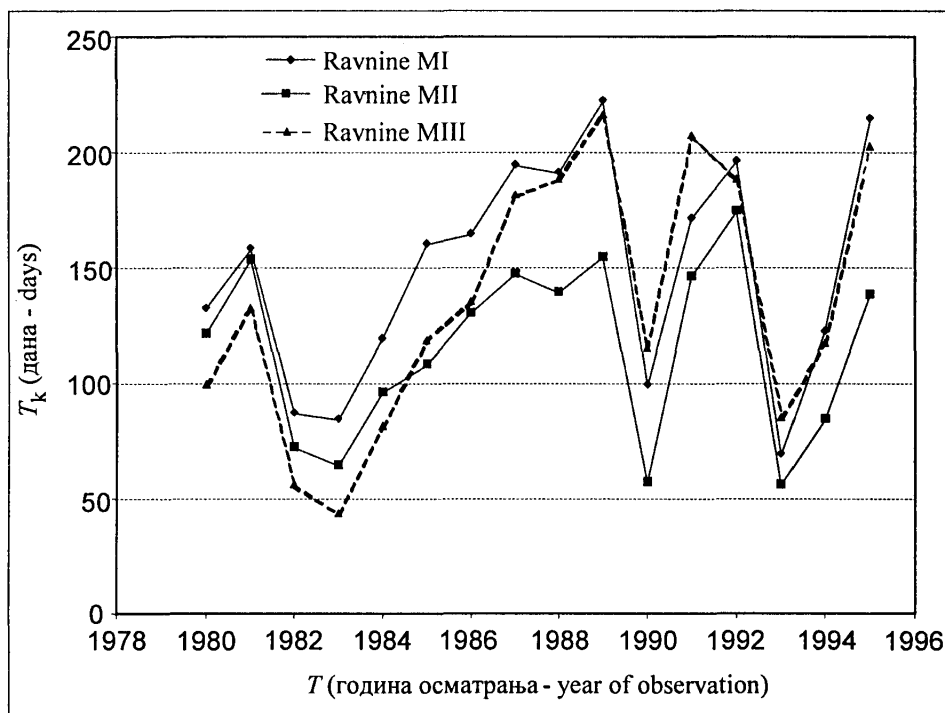
Према Просторном плану Србије (1995) неопходно је до одрживог максимума користити локална изворишта површинских и подземних вода за снабдевање насеља, а само недостајуће количине обезбедити из регионалних система. Мањи градови и насеља, брдско-планинског региона, ван непосредних сливних подручја планираних и изграђених акумулација, значајне количине воде могу обезбедити директним захватањем из корита водотокова на шумским подручјима, или експлоатацијом малих акумулација.

Планирање водоснабдевања, на један или други начин, захтева репрезентативне податке о биолошком минимуму, малим водама и великим водама (за потребе димензионисања захватних и евакуационих грађевина). Готово сви водотокови у вршним деловима сливних подручја (мала насељеност, низак степен урбанизације, одсуство индустријских капацитета који продукују отпадне воде, висок степен шумовитости) имају воде I класе, а у условима планиране (контролисане) потрошње неопходно је располагати меродавним подацима о количинама.

Поред наведених разлога неопходно је разјаснити утицај шумских екосистема на циклус отицаја, као део глобалног хидролошког циклуса. О значају овог проблема сведочи и постојање GEWEX (Global Energy and Water Cycle Experiment) мониторинга у који су укључене готово све националне хидро-метеоролошке организације, са посебним освртом на утицај вегетације на процесе између земљине површине и атмосфере (Ристић Р., Мацан Г., 1984, 1995). Просторни план Србије (1995) предвиђа пошумљавање неколико десетина квадратних километара голети (као приоритетан задатак) у сливним подручјима формираних и планираних акумулација за водоснабдевање Србије. Пошумљавање голети на Гочу (Равнине МIII) показује да је најмање 7 година неопходно да би се изменили хидролошки услови (реакција слива у односу на годишњи број дана са отицајем, што је праћено у односу на суседне сливове, Равнине MI и MII, под шумским и травним покривачем - графикон 1). Поменуто истраживање је организовано на серпентинитској голети, која је пошумљена црним бором. Симултана осматрања на суседним микро-сливовима неопходна су и на другим, карактеристичним локалитетима у Србији (са другачијим климатским приликама, геолошком подлогом и биљним покривачем).

Режим великих вода на сливовима до  $10 \text{ km}^2$  потпуно је неистражен у хидролошкој пракси Србије (сем неколико изузетака) због непостојања сталних профила и континуираног осматрања.

Специфичност услова формирања максималног отицаја на брдско-планинским сливовима (велики нагиб терена и корита водотокова, могућност брзе концентрације вода, покретање великих количина ерозионог материјала) захтева обазривост приликом прорачуна (примењује се више метода), јер је познато да се на основу



Графикон 1. Трајање отицаја  
Figure 1. Duration of runoff

великих вода врши димензионисање подужних и попречних објеката у кориту. Отежавајућу околност представља недостатак контролног модела за процену тачности ових прорачуна.

Једини контролни модел у нашој пракси је фамилија анvelopа специфичних отицаја великих вода на рекама Србије, без Војводине, за сливове величине од 10-100.000 km<sup>2</sup> (Јанковић Д., Малошевић Д., 1989), при чему је потпуно недефинисан интервал  $0 < A < 10 \text{ km}^2$ .

#### 4. КОМПЛЕМЕНТАРНЕ АКТИВНОСТИ У УСЛОВИМА РАДА ОСМАТРАЧКЕ МРЕЖЕ

Целовито сагледавање утицаја шумских екосистема на циклус отицаја неопходно је вредновати и са аспекта тачности прорачуна максималног отицаја са неизучених сливова (сливови без осматрања водостаја). Максималан протицај са неизучених сливова може се израчунати већим бројем метода параметарске хидрологије,

али се намеће потреба за коришћењем једног метода са јединственим критеријумима за процену параметара, чиме би се у великој мери елиминисале грешке услед субјективности пројектаната. Метод који се највише користи у нашој хидролошкој пракси јесте модел синтетичког јединичног хидрограма уз SCS методологију за раздвајање укупних од ефективних падавина. Метод се користи за прорачун меродавне велике воде, при димензионисању објеката у коритима бујичних водотокова, а користи се и у РХМЗС приликом издавања мишљења (без кога се не могу прописати услови за пројектовање од стране Министарства за пољопривреду, шумарство и водопривреду).

Улазни подаци за модел су: падавине, хидрографске карактеристике, и број криве отицаја CN. Прва два параметра се добијају на основу обраде података из осматрачке мреже падавинских станица РХМЗС и топографских карата  $R=1:25000$ , а број криве отицаја CN на основу информације о коришћењу земљишта у сливу, земљишног покривача и хидролошке класе земљишта. Хидролошка класа земљишта (A, B, C, D) се одређује на основу висине слоја воде која се инфилтрира у земљиште за  $1^h$ , при чему се користе искуства америчке Службе за конзервацију земљишта (Soil Conservation Service - SCS). На нивоу Србије нису обављена истраживања која би имала за циљ класификацију типова земљишта по хидролошким класама, према изложеном критеријуму. Класификација наших типова земљишта, сагласно америчким искуствима, обављена је још 1984. године, само на основу сличности типова земљишта (Ђоровић М., 1984), без детаљних истраживања. Истраживања према SCS методологији омогућила би да се тачно одреди хидролошка класа појединих типова земљишта у Србији, што би повећало и тачност прорачуна великих вода са неизучених сливова. Овакво истраживање везано је за координиран рад стручњака разних профила који се баве земљиштем и хидрологијом (шумарски, пољопривредни, хидрографевински, хидрогеолошки инжењери).

## 5. ЗАКЉУЧАК

Изнета разматрања имају за циљ покретање истраживања која би у већој мери појаснила утицај шумских екосистема на циклус отицаја као део глобалног хидролошког циклуса. Меродавни протицаји, ефекти у промени хидролошких својстава земљишта, ерозиона продукција и мере превенције, представљају различите аспекте тумачења и практичне примене података добијених преко меродавног мониторинга, везаног за шумске екосистеме. Оснивање осматрачке мреже и коришћење резултата истраживања, поред несумњивог научног значаја, воде стварању подлога за планирање у шумарству, водопривреди, пољопривреди и енергетици. Истраживања ће, због мулти-дисциплинарног карактера, окупити научне раднике и стручњаке различитих профила, од којих ће свако, у свом домену, допринети бољем упознавању хидролошких функција шума.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ђоровић М. (1984): *Одређивање хидролошке групе земљишта при дефинисању отицаја у методи SCS*, Водопривреда 16, Београд
- Јанковић Д., Малошевић Д. (1989): *Анелопе максималних специфичних отицаја на рекама Србије, без Војводине*, Водопривреда 1-2, Београд
- Костадинов С. (1985): *Истраживање режима наноса у бујичним токовима Западне и Југоисточне Србије*, докторска дисертација у рукопису, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд
- Маџан Г. (1984): *Упоредна истраживања отицања и квалитета воде сливова под шумским засадима, травним покривачем и голетима Гоча*, докторска дисертација у рукопису, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд
- (1995): *Просторни план Србије*, ИАУС, Београд
- Ristić R., Mačan G. (1984): *Runoff process from micro-catchment areas*, European Conference on GEWEX, London
- Ristić R., Mačan G. (1995): *Influence of the forest ecosystems on runoff process as the part of the global hydrologic cycle*, The 2<sup>nd</sup> International Study Conference on GEWEX in Asia and Game, Pattaya (327-330)

Ratko Ristić  
Grigorije Mačan  
Dragan Malošević

### OBSERVING SYSTEM FOR EVALUATION OF INFLUENCE OF THE FOREST ECOSYSTEMS ON RUNOFF REGIME

#### Summary

Investigations related to influence of the forest ecosystems on runoff process, as the part of the global hydrologic cycle, have importance for forestry, water resources management and energetics. Real estimations are based on data from relevant observing system. Determination of biological minimum, low, mean and maximal discharges, retention (interception, evaporation, transpiration, infiltration) is former condition for understanding of hydrological functions of the forest ecosystems. Observing system have to be located in hilly-mountainous regions, with profiles which control surfaces under characteristic associations of forest trees. Some investigations carried out in Serbia, in period 1980-1997, have regional value, and cannot be used for whole territory.