

**УТИЦАЈ ВОДНИХ РЕСУРСА НА ПРОМЕНЕ ПРОСТОРНО-  
ФУНКЦИОНАЛНЕ СТРУКТУРЕ ТЕРИТОРИЈЕ ОПШТИНЕ МАЛИ  
ЗВОРНИК И МОГУЋНОСТИ ИЗГРАДЊЕ НОВИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА<sup>1</sup>**

МИЛА ПАВЛОВИЋ<sup>\*1</sup>, РАЈКО ГОЛИЋ<sup>1</sup>, ДЕЈАН ШАБИЋ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Универзитет у Београду – Географски факултет, Студентски тр 3/3, Београд, Србија*

**Апстракт:** Територија општине Мали Зворник у морфолошком и просторно-функционалном погледу је хетероген простор. Смештена је у долини Дрине и брдско-планинском делу Подрињских планина. Површина општине је 184 km<sup>2</sup>, са 14076 становника (2002). У раду је анализиран значај водних ресурса, посебно ХЕ „Зворник” за развој општине. Указано је и на неискоришћени хидроенергетски потенцијал, могућности подизања нових хидроелектрана и економску оправданост њихове изградње. На основу морфолошких и хидролошких услова дефинисани су приоритети развоја хидроенергетике. Они се односе на повећање снаге ХЕ „Зворник” и изградњу малих хидроелектрана у брдско-планинском делу општине. Имајући у виду депопулационе процесе у малозворничким селима, хидроенергетика уз пољопривреду, шумарство, експлоатацију минералних сировина и туризам може бити један од фактора демографске и економске ревитализације овог простора.

**Кључне речи:** водни ресурси, хидроенергетски потенцијал, ХЕ „Зворник”, Дрина, Зворничко језеро, Мали Зворник.

### Увод

Територија општине Мали Зворник административно припада Мачванском округу, смештеном на граници са Босном и Херцеговином. По површини територије и броју становника, то је најмања општина у српском Подрињу. Захвата површину од 184 km<sup>2</sup>, на којој је лоцирано 12 насеља, где је по попису 2002. године живело 14076 становника. У морфолошком погледу општина овухвата део десне долинске стране Дрине, на прелазу из средњег, клисурастог, у доњи, равничарски ток реке, и западне делове Гучева, Борање и Јагодње. На северу и североистоку општина Мали Зворник се граничи са општином Лозница, на истоку са општином Крупањ, на југоистоку са општином Љубовија. Јужну и западну границу са Босном и Херцеговином (општина Зворник) чини Дрина са Зворничким језером, на дужини од 36 km.

Положај уз Дрину даје основно обележје физиономији општине Мали Зворник. Уз пољопривредно земљиште и шуме, хидроенергетски потенцијал Дрине представља најзначајнији фактор регионалног развоја овог простора. Изградња ХЕ „Зворник” и стварање Зворничког језера, средином XX века, омогућили су интензивнији економ-

<sup>\*</sup> Е-mail: mila.pavlovic2@gmail.com

Рад представља резултате истраживања у оквиру пројеката 146015 који финансира Министарство науке и технолошког развоја Републике Србије.

ски развој на територији општине Мали Зворник. Поред Дрине, економски значајним хидроенергетским потенцијалом располажу и њене притоке, које теку са Подрињских планина.

И на почетку XXI века могућности за производњу електричне енергије на територији општине Мали Зворник су недовољно искоришћене. Развоју хидроенергетике мора се посветити већа пажња, јер се само ослањањем на сопствене природне потенцијале може правилно усмеравати привредни и демографски развој у будућности. Приоритети развоја хидроенергетике у општини Мали Зворник односе се на ревитализацију ХЕ „Зворник” и подизање економичних и јефтиних малих хидроелектрана, чија је изградња реална и у постојећим тешким социо-економским условима.

### **Утицај хидроелектране „Зворник” на физиономску и просторно-функционалну трансформацију територије општине Мали Зворник**

Искоришћавање водних снага Дрине и производња електричне енергије су једна од најзначајнијих економских делатности на територији општине Мали Зворник. Слив Дрине располаже хидроенергетским потенцијалом од 14 милијарди KWh, који није рационално искоришћен. „Воде Дрине и њених притока отичу недовољно енергетски искоришћене. Сваке године отекне у неповрат око 9000 GWh електроенергије, што је еквивалентно енергији сагоревања 3,5 милиона тона нафте.” (Гавриловић и др, 2002) У прошлости, водне снаге Дрине су коришћене за покретање пловених воденица, тзв. „дринки”. Због веће дубине корита и веће брзине воде, оне су постављане на конкавним обалама, а за копно су везиване ужадима. Како су представљале опасност за сплавове, којима се превозила дрвна грађа, крајем XIX века власти Србије и Аустро-угарске су уклониле већину тих објеката (Лазевић, 1952). На делу Дрине који припада општинама Зворник и Мали Зворник 1933. године било је осам пловених воденица (Дробњаковић, 1933). У општини Мали Зворник „дринке” су се код села Сакара, Будишића и Велике Реке одржале до 1955. године, односно до изградње ХЕ „Зворник”. У атарима Брасине и Доње Борине пловеће воденице су нестале 60-их година XX века, услед појаве електричних млинова.

Искоришћавање водних снага Дрине, за производњу електричне енергије, почело је средином XX века, када је изграђена ХЕ „Зворник”. Хидроелектрана се налази 93,1 km од ушћа Дрине у Саву, између Малог Зворника на десној и села Дивич на левој обали. На овом делу сужена долина пружа повољне морфолошке услове за преграђивање реке и изградњу бране. Поред морфолошких, и хидролошки услови за хидроенергетско коришћење су повољни. Просечан годишњи притокај на хидролошкој станици Радаљ износи 342 m<sup>3</sup>/s, уз брзину воде од 3 m/s, што указује на велику кинетичку енергију тока. ХЕ „Зворник” је проточно-акумулационо постројење са по два агрегата на левој и десној обали Дрине. Изградњом овог објекта створено је Зворничко језеро, чиме је измењена географска физиономија овог дела Подриња и подстакнут снажан привредни и демографски развој Малог Зворника. ХЕ „Зворник” послује у саставу „Електропривреде Србије”, као део Привредног друштва „Дринско-лимске хидроелектране”, чије је седиште у Бајиној Башти.

ХЕ "Зворник" је почела са радом 1955. године. У првим годинама после изградње, по производњи електричне енергије, била је прва хидроелектрана у Србији, а друга у тадашњој Југославији (Група аутора, 1985). Према подацима „Електропривреде Србије”, на почетку XXI века, према снази агрегата је седма, а према годишњој производњи пета хидроелектрана у Србији. У периоду 1955-2008. године средња годишња производња ХЕ „Зворник” износила је 438,5 GWh електричне енергије. Хидролошки најповољнији услови за производњу електричне енергије су у периодима март – мај (главни максимум притокаја Дрине), и новембар – децембар (секундарни максимум).

По броју запослених (70 радника у 2010. години), ХЕ „Зворник” није највеће предузеће у општини Мали Зворник, али је најзначајнији привредни објекат, који је у другој половини ХХ века био носилац привредног развоја. Грађена као објекат од државног значаја, ХЕ „Зворник” је извршила утицај на физиономски, демографски, економски и насеобински развој ове општине. Изградњом електране и стварањем Зворничког језера настала је нова географска физиономија, по којој је овај део Подриња постао препознатљив. Развој Малог Зворника нераскидиво је повезан са изградњом хидроелектране, јер је старо насеље потопљено и формирано ново, са новом физиономијом и функцијама. Негативан утицај на демографски и економски развој електрана је испољила потапањем око 800 ha плодног земљишта у атарима Малог Зворника и села Сакар, Будишић, Амајић, Читлук и Цулине. Оставши без пољопривредног земљишта као основног извора прихода, мештани тих села су били принуђени на исељавање. ХЕ „Зворник” је обезбедила довољно енергије за електрификацију насеља и развој индустрије. Сва насеља у општини добила су струју до 1962. године, што је утицало на успоравање депопулације, јер су услови живота сеоског становништва побољшани. Поред производње електричне енергије, ХЕ „Зворник” са Зворничким језером има велики значај за регулисање речног режима Дрине, транспорт наноса, експлоатацију песка, развој спортског и комерцијалног риболова и туризма итд.

Мало је примера у Србији, да један привредни објекат има толики утицај на све сегменте живота локалног становништва, као што је то случај са ХЕ „Зворник”. Поред снабдевања електричном енергијом, ово предузеће је активно учествовало у развоју општине Мали Зворник, улагањем у изградњу више стамбених, инфраструктурних и привредних објеката. Хидроелектрана је финансијски помагала дрвну индустрију „Ново Гучево”, индустрију грађевинског материјала „Равнаја” и металопрерађивачку индустрију „Прогрес” из Малог Зворника. Средствима ХЕ „Зворник” изграђени су водовод, канализација и већина јавних зграда у Малом Зворнику, хотел „Радаљска бања” и мала хидроелектрана у Радаљу, плаже у Малом Зворнику и Сакару. Хидроелектрана је улагала средства и у пошумљавање Подрињских планина, изградњу више локалних путева, школских зграда, угоститељских објеката и сеоских водовода. ХЕ „Зворник” је подстицала економски развој и ван општине Мали Зворник. Тако је 1964. године уложено 300 милиона динара у изградњу четвртог агрегата ХЕ „Бајина Башта” и развој рударско-енергетског комбината „Костолац” (Група аутора, 1985).

На простору ХЕ „Зворник” постоји нерешено гранично питање између Србије и Босне и Херцеговине. Овај објекат пресеца државна граница, која пролази средином речног корита. Власти Србије предлажу да се граница помери до леве обале Дрине, како би се читава ХЕ „Зворник” нашла на територији Србије, а да се низводно граница врати на средину тока, уз одговарајућу територијалну компензацију Босни и Херцеговини на некој другој локацији. Овакво решење се предлаже, из разлога што је хидроелектрана изграђена средствима „Електропривреде Србије” и налази се у њеном енергетском систему. Овај проблем не утиче негативно на рад ХЕ „Зворник” и на живот становништва са обе стране Дрине, а биће решен потписивањем Међудржавног споразума о граници.

После 55 година рада, постројења ХЕ „Зворник” су застарела и неопходна је модернизација. „Електропривреда Србије” је 2009. године донела Студију оправданости са Идејним пројектом за пројекат „Рехабилитација ХЕ Зворник”. Том студијом је предвиђено повећање пада прокопавањем корита Дрине низводно од бране и повећање инсталисаног протока на 680 m<sup>3</sup>/s, чиме ће се снага хидроелектране повећати са 96 MW на 136 MW. Такође се планира ремонт агрегата и уградња нових радних кола турбине. После израде инвестиционо-техничке документације, почетак ревитализације је планиран за 2011, након обезбеђивања финансијских средстава. Очекује се да ће после ревитализације ХЕ „Зворник” годишње производити 551 GWh електричне енер-

гије, што је у односу на просечну годишњу производњу повећање од 26%. Према систему расподеле средстава у „Електропривреди Србије”, овој хидроелектрани припада свега 10% средстава од вредности електричне енергије коју производи. Већи део средстава се утроши на одржавање и ремонт постројења, поправке, набавку опреме и плате радника. Због тога хидроелектрана "Зворник" више није у могућности да улаже значајнија средства у развој локалне привреде и инфраструктуре. Неопходно је успоставити праведнију расподелу средстава, како би се овом предузећу вратио значај који је имало до 1990. године, и како би поново постало носилац развоја општине Мали Зворник.

### Могућности изградње хидроелектрана на Дрини и Зворничком језеру

Изградњом ХЕ „Зворник”, хидроенергетски потенцијал Дрине на територији општине Мали Зворник није у целини искоришћен. Према истраживањима стручњака „Енергопројекта” и Института за водопривреду „Јарослав Черни”, постоје техничке могућности за подизање још три енергетска постројења у кориту Дрине и два у сливу Зворничког језера. Низводно од ХЕ „Зворник”, код Малог Зворника, Доње Борине и Брасине, могуће је изградити три хидроелектране. За разлику од акумулационе ХЕ „Зворник”, ове електране би биле проточне. Због малог пада речног корита, кинетичка енергија воде би се директно користила за покретање турбина, без акумулирања у језеру. Такве хидроелектране имају мали утицај на животну средину, јер не ремете режим речног тока. Сва три постројења имала би снагу од по 11 MW, са укупном годишњом производњом од 66 GWh електричне енергије (Хамовић и др, 2007).

Табела 1. Основни подаци о потенцијалним хидроелектранама на Дрини у општини Мали Зворник

Река	Локација	Протицај (m <sup>3</sup> /s)	Висинска разлика (m)	Снага (MW)	Годишња производња (GWh)
Дрина	Мали Зворник	640,0	2,5	11,0	22,0
Дрина	Доња Борина	640,0	2,5	11,0	22,0
Дрина	Брасина	640,0	2,5	11,0	22,0
Дрина	Сакар	13,9	390,0	37,2	111,6
Дрина	Читлук	6,1	380,0	18,5	88,8
Укупно				88,7	266,4

Извор: Хамовић и др, 2007.

У атарима села Сакар и Читлук постоје локације повољне за изградњу акумулација за реверзибилне хидроелектране. Ноћу, када је потрошња електричне енергије најмања, пумпе би водом из Зворничког језера пуниле вештачко језеро, које би се градило у атарима тих села. У току дана, у време највеће потрошње, акумулирана вода би се враћала назад у Зворничко језеро и покретала турбине. Произведена енергија би се слала потрошачима, а нова акумулација омогућила би наводњавање и развој туризма на води. С обзиром на знатан пад (380 и 390 m), ове електране би производиле већу количину електричне енергије у односу на проточне. Реверзибилна електрана у Сакару имала би годишњу производњу од 111,6 GWh, а у Читлуку 88,8 GWh електричне енергије. Инсталирана снага свих пет нових електрана на Дрини и Зворничком језеру износила би 88,7 MW, а годишња производња 266,4 GWh електричне енергије, што чини око 61% просечне производње ХЕ „Зворник” (Хамовић и др, 2007). Међутим, како је подизање тих објеката скупо и технички захтевно, њихова изградња представља само потенцијалну могућност, која је на почетку XXI века далеко од практичне реализације. Пошто је Дрина погранична река, нове електране у њеном кориту могуће је градити једино у оквиру програма прекограничне сарадње са Босном и Херцеговином.

### Изградња малих хидроелектрана

Поред Дрине, речну мрежу на територији општине Мали Зворник чини већи број краћих токова, који са западних падина Гучева, Борање и Јагодње теку ка Дрини. Са топографске карте 1:25.000 утврђено је да густина речне мреже износи  $1,1 \text{ km/km}^2$ , што је изнад просека за Србију. На територији ове општине у Дрину и Зворничко језеро улива се 16 сталних речних токова, са разгранатом мрежом притока. Изградња малих хидроелектрана на брдско-планинским рекама представља реалну могућност развоја хидроенергетике у овом делу Подриња. Иако планинске реке немају велику количину воде, због великог пада уздужног профила поседују знатну кинетичку енергију. На више локација јављају се сужене долине, у којима постоје повољни геолошки и морфолошки услови за изградњу хидроелектрана. За хидроенергетско искоришћавање најпогодније су дуже притоке Дрине, које располажу довољном количином воде и великим укупним и просечним падовима: Боринска река (дужине 12,3 km), Радаљска река (15 km), Борањска (Трешничка) река (17,7 km), Цулинска река (9,5 km) и Велика река (11,5 km). Највећи укупни пад речног корита има Велика река (717 m), а највећи просечни пад Цулинска река са Бушничком реком ( $64,2 \text{ m/km}$ ), што указује на значајан хидроенергетски потенцијал (Голић, 2010).

Водне снаге на Подрињским планинама су у прошлости коришћене за покретање воденица – поточара, у којима се млело жито, и то: пшеница, кукуруз и раж. Средином XX века на Радаљској реци и њеним притокама радило је 25 воденица, на Борањској реци 14, на Великој реци 10, на Цулинској реци 9, на Моштаници 6, на Требешници 3 итд. Свака воденица имала је „јаз” – копани канал којим се вода доводи на „бадањ” – шупље дебло кроз које млаз воде пада на „коло” – хоризонтално постављен точак, који преко осовине покреће воденички камен. Крајем прве деценије XXI века, у функцији су само 4 воденице – поточаре и то две у Радаљу и по једна у Доњој Трешници и Цулинама. У њима мештани мељу пшеницу и кукуруз за властите потребе.

Почетак искоришћавања хидроенергетског потенцијала, планинских токова, на територији Малог Зворника везан је за 1994. годину. Тада је на Радаљској реци, на северним падинама Борање, почела са радом ХЕ „Радаљска бања”, снаге 160 KW. Вода се до турбина транспортује системом цевовода из 1,5 km удаљеног Радаљског језера. Просечна годишња производња радаљске електране износи 249,2 MWh. Том енергијом се снабдева туристички комплекс у Радаљској бањи и део домаћинства у Радаљу. ХЕ „Радаљска бања” послује у саставу ХЕ „Зворник”. Нема стално запослених радника, јер је производња аутоматизована.

У општини Мали Зворник установљено је још 9 локација погодних за изградњу малих хидроелектрана. Већина тих објеката налазила би се на местима некадашњих воденица – поточара, које на почетку XXI века нису у функцији. На Боринској реци, у атару Доње Борине, могуће је изградити ХЕ „Андрача” (снаге 135 KW) и ХЕ „Којићи” (210 KW), које би производиле 1,437 GWh електричне енергије годишње. На Борањској реци постоје повољни услови за изградњу ХЕ „Грабовац” (280 KW) и ХЕ „Божиковац” (300 KW) у атару Доње Трешнице, и ХЕ „Амајић” (245 KW) у атару Амајића, на ушћу реке у Зворничко језеро. Укупна снага три предвиђене хидроелектране, у сливу Борањске реке процењује се на 825 KW, уз годишњу производњу од 3 GWh. На Цулинској реци постоји локација коју је могуће искористити за изградњу ХЕ „Цулине”, снаге 100 KW, која би производила 0,474 GWh електричне енергије годишње. Хидроенергетски потенцијал слива Велике реке пружа повољне услове за изградњу ХЕ „Саставци” (310 KW) и ХЕ „Вис” (250 KW) на главном току, и ХЕ „Вољевци” (125 KW) на Малој реци. Три хидроелектране у сливу Велике реке годишње би производиле 2,9 GWh електричне енергије. Свих 9 предвиђених електрана на територији оп-

штине, заједно са ХЕ „Радаљска бања”, годишње би произвело око 7,8 GWh електричне енергије.

Табела 2. Основни подаци о потенцијалним малим хидроелектранама у општини Мали Зворник.

Река	Локација	Протицај (m <sup>3</sup> /s)	Искоришћени пад воде (m)	Снага (KW)	Годишња производња (GWh)
Боринска река	Андрача	0,310	56,0	135	0,653
Боринска река	Којићи	0,498	53,0	210	0,784
Борањска река	Грабовац	0,400	94,5	280	1,049
Борањска река	Амајић	0,588	53,0	245	0,872
Борањска река	Божиковац	0,534	75,0	300	1,120
Цулинска река	Цулине	0,155	65,0	100	0,474
Велика река	Саставци	0,285	110,0	310	1,476
Велика река	Вис	0,464	73,5	250	0,936
Мала река	Подгај - Вољевци	0,302	56,0	125	0,474
Укупно				1955	7,838

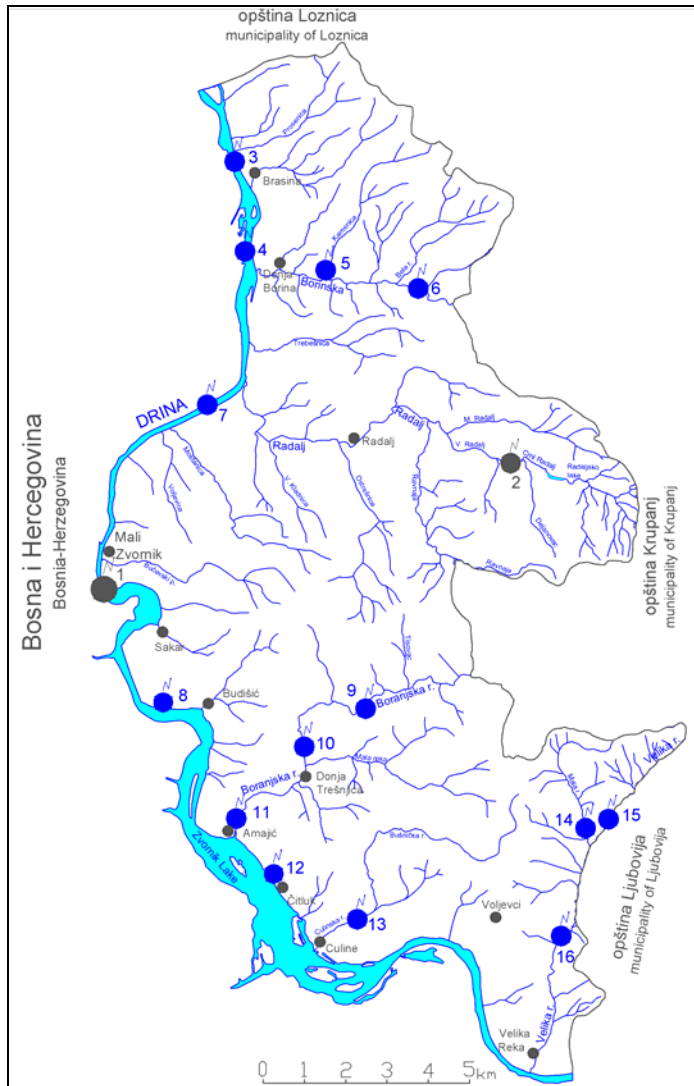
Извор: Katastar mini-hidroelektrana. Energoprojekt, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, Beograd, 1986; Katastar malih hidroelektrana u Republici Srbiji, Energoprojekt-Hidroinženjering, Beograd, 1991.

Одлуку о изградњи малих хидроелектрана у Србији доносе „Електропривреда Србије” и органи локалне власти. Значајно је да те објекте могу уз стручни надзор да граде приватна лица и удружења привредника. Ту погодност користи Земљорадничка задруга „Аграр” из Доње Борине, која је из Националног инвестиционог плана добила средства за изградњу хидроелектране „Божиковац” на Борањској реци, у атару Доње Трешњице. Та хидроелектрана ће имати инсталисану снагу од 300 KW, са планираном годишњом производњом од 1 GWh електричне енергије. Није предвиђено стварање акумулације, већ ће се вода захватати из корита Борањске реке и цевоводом транспортовати до турбина. Током изградње посао ће добити 20 радника, а након пуштања у рад, хидроелектрана ће бити аутоматизована и без стално запослених. Почетак рада ХЕ „Божиковац” очекује се до 2012, чиме ће се знатно побољшати снабдевање електричном енергијом у Доњој Трешњици (Голић, 2010).

Подизање малих хидроелектрана је реалније од изградње проточних електрана на Дрини, јер не захтева велика материјална улагања. Ови објекти су исплативи јер не угрожавају животну средину, период изградње је кратак и технички једноставан. Мале хидроелектране не би обезбедиле нова радна места, али би имале позитиван утицај на развој села у општини Мали Зворник. Оне би произвеле јефтину електричну енергију, која би се користила на месту производње, чиме би се избегли трошкови изградње далековода и губици у транспорту.

Поред производње енергије, мале хидроелектране би омогућиле вишенаменско коришћење акумулација. Мала вештачка језера могу се користити за наводњавање пољопривредних површина и снабдевање становништва водом. Акумулације би допринеле регулацији режима бујичних токова, јер би задржавале поплавне таласе и акумулирану воду испуштале у периодима ниских водостаја. То би умањило ерозију у сливовима планинских река и смањило количину наноса која доспева у Дрину и Зворничко језеро. Нове акумулације би се градиле у еколошки чистим теренима Подрињских планина, што би омогућило и развој риболова, излетничког, спортско-рекреативног и сеоског туризма. Уз мала улагања, за производњу електричне енергије могуће је адаптирати напуштене воденице – поточаре, којих има на већини водотока. То би омогућило њиховим власницима уштеду на трошковима електричне енергије и бољи стандард. Имајући у виду да су локације повољне за изградњу малих хидроелектрана равномерно распоређене у атарима брдско-планинских села општине Мали

Зворник, њиховим рационалним коришћењем обезбедили би се услови за равномеран просторно-функционални развој.



Карта 1. Хидроенергетски потенцијал у општини Мали Зворник

Извор: Vojnogeografski institut/VGI *Topografska karta 1:25.000, listovi Zvornik 1-1 (Zvornik), Zvornik 1-2 (Zajača-zapad), Zvornik 1-3 (Divič), Zvornik 1-4 (Drinjača), Zvornik 2-1 (Zajača-istok), Zvornik 2-3 (Krupanj)*. Beograd; *Katastar malih hidroelektrana u Republici Srbiji*. Beograd: Energoprojekt-Hidroinženjering, 1991; *Katastar mini-hidroelektrana*. Beograd: Energoprojekt, Beograd: Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, 1986.

Легенда: постојеће хидроелектране – 1. ХЕ „Зворник”, 2. ХЕ „Радаљска бања”; потенцијалне хидроелектране: – 3. ХЕ „Брасина”, 4. ХЕ „Доња Борина”, 5. ХЕ „Којићи”, 6. ХЕ „Андрача”, 7. ХЕ „Мали Зворник”, 8. ХЕ „Сакар”, 9. ХЕ „Грабовац”, 10. ХЕ „Божиковац”, 11. ХЕ „Амајић”, 12. ХЕ „Читлук”, 13. ХЕ „Џулине”, 14. ХЕ „Вољевци”, 15. ХЕ „Вис”, 16. ХЕ „Подгај”.

Позитиван утицај малих хидроелектрана, на општи привредни развој брдско-планинског дела општине Мали Зворник, може се сагледати на примеру ХЕ „Радаљска бања”. Поред снабдевања електричном енергијом, тај објекат је утицао на смање-

ње ерозије у сливу Радаљске реке, а акумулација је постала излетиште мештана, спортских риболоваца и посетилаца Радаљске бање. Уз ХЕ „Божиковац” у Доњој Трешњици планирана је изградња рибњака пастрмке и погона за прераду рибе, уз запошљавање локалног становништва. Мале хидроелектране не би производиле велику количину електричне енергије, али природне погодности за њихову изградњу треба искористити за стварање повољних услова за развој других привредних делатности у брдско-планинским насељима. То би омогућило равномернији развој између Малог Зворника и сеоских насеља, ублажило напуштање пољопривреде и успорило иселавање младог становништва.

### Закључак

Хидроенергетика је једна од перспективних делатности становништва општине Мали Зворник. Синоним Малог Зворника је ХЕ „Зворник”, чија изградња је означила почетак индустријализације ове општине 1950-их година. Поред хидроенергетске функције, ХЕ „Зворник” и Зворничко језеро регулишу речни режим Дрине, транспорт наноса и омогућавају развој туризма и других делатности. По пројекту „Електропривреде Србије”, планирана је реконструкција ХЕ „Зворник”, који ће омогућити повећање производње електричне енергије за 26%. Потенцијалну опасност за рад овог објекта представља таложeње наноса у акумулацији, јер је 56,5% запремине Зворничког језера засуто песком и шљунком (Вогичевић и др, 2005). Због тога је неопходно извршити противерозионе радове у сливу језера и спровести акције чишћења, како основна функција ХЕ „Зворник” не би била угрожена.

Иако постоје повољне локације за проточне и реверзибилне електране на Дрини и Зворничком језеру, због високих трошкова њихове изградње и државне границе на Дрини, ти пројекти за сада нису оствариви. Расположива средства треба улагати у изградњу малих хидроелектрана на планинским токовима у атарима Доње Борине, Доње Трешњице, Амајића, Цулина и Велике Реке. Позитиван утицај ХЕ „Радаљска бања” на демографска и економска кретања у селу Радаљ указује на оправданост изградње тих објеката. Оваква оријентација условила би значајне просторно-функционалне промене у овом делу Србије.

Имајући у виду тешку економску ситуацију у Србији, скромна финансијска средства државних развојних фондова и слабу инвестициону активност у области енергетике, јасно је да се сви наведени пројекти не могу реализовати. Да би се у блиској будућности остварили бољи резултати у погледу коришћења енергетског потенцијала малих водотока на територији Србије, национална политика у области изградње малих хидроелектрана мора се ускладити са локалним стратегијама развоја. Локалне власти треба да добију већа овлашћења и надлежности у остваривању дугорочних стратешких циљева коришћења водних потенцијала малих водотока, чија би реализација допринела демографској и економској ревитализацији брдско-планинских делова Србије. Квалитативне промене у односу државе према локалној средини постављају локалну власт у једну сасвим другачију позицију од досадашње, јер нови друштвени систем подразумева одговорног појединца и заједницу. Нови однос државе према локалној средини укључује аутономност локалне заједнице у кључној области, а то је привредни развој. Локална заједница мора да респектује глобалне друштвене промене и да њима прилагоди понашање, али и да буде иницијатор промена које јој могу обезбедити одрживи развој (Павловић и др, 2010; Шабић и др, 2010). Такав пример могућег одрживог развоја представљају локалне иницијативе везане за изградњу малих хидроелектрана на територији општине Мали Зворник.

### Литература



- Alempić, R. (1991). Akumulacija Radaljska Banja. *Erozija - stručno informativni bilten*, br. 18.
- Bogićević, D. (2005). *Elaborat zasipanja akumulacije HE Zvornik nanosom u 2005. godini*. Mali Zvornik: Društvo za geodetske radove za posebne potrebe „Geodet DB”
- Виторовић, С. (1996): *Елаборат плана ерозионог подручја Општине*. Мали Зворник: СО Мали Зворник  
 Војногеографски институт/VGI *Топографска карта 1:25.000, listovi Zvornik 1-1 (Zvornik), Zvornik 1-2 (Zajača-zapad), Zvornik 1-3 (Divič), Zvornik 1-4 (Drinjača), Zvornik 2-1 (Zajača-istok), Zvornik 2-3 (Krupanj)*. Београд.
- Вујадиновић, С., Павловић, М., и Шабић Д. (2010). Интегрални одрживи развој на примеру локалне географске средине. *Гласник Српског географског друштва*, 90 (2), 173-187
- Гавриловић, Љ. и Дукић, Д. (2002). *Реке Србије*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства
- Голић, Р. (2007): Мали Зворник. *Земља и људи*, 57, 35-44.
- Golić, R. (2007). Perspectives of the touristic development in the township of Mali Zvornik. In *Collection of papers from the IX International Conference: „Strategic Development of Tourism Industry in the 21st Century”*. Ohrid: Faculty of Tourism and Hospitality.
- Голић, Р. (2010). *Природни потенцијали у функцији регионалног развоја Малозворничког краја*. Београд: Географски факултет, магистарски рад
- Група аутора (2000). *Модернизација и могућности повећања снаге и производње хидроелектране „Зворник”*. Београд: Енергопројект-Хидроинжењеринг
- Група аутора (1985). *Првенац на Дрини*. Лозница: РНИРО Подриње
- Дробњаковић, Б. (1933). Воденице на Дрини и на њеним притокама. *Гласник Етнографског музеја*, 8, 1-18
- Зелић, И. (1976). Мали Зворник. *Земља и људи*, 26, 171-175
- Lazarević, R. (1991). Bilans nanosa Zvorničke akumulacije. *Erozija - stručno informativni bilten*, 18, 41-46
- Лазих, А. (1952). *Режим Дрине*. Београд: Српско географско друштво, Посебна издања, Књига 30
- Павловић, М., Шабић, Д. и Вујадиновић, С. (2010). Улога и значај проучавања локалне средине и њеног места у територијалној и идентитетској организацији географског простора. У *Зборник радова „Локална самоуправа у планирању и уређењу простора и насеља”*, с. 33-42. Београд: Географски факултет, Београд: Асоцијација просторних планера Србије
- Станковић, С. (1998). Вештачка језера као туристичка вредност Србије. *Гласник Српског географског друштва*, 78 (2), 21-34
- Stevović, S. (2005). Значај и namena malih hidroelektrana i malih akumulacija. *Vodoprivreda*, 37 (4-6), 299-304
- Степић, М. (1995). Подриње – од пограничне регије до потенцијалне осовине развоја. *Гласник Српског географског друштва*, 75 (1), 27-36
- Стојков, Б. и Ђорђевић, А. (2004). Значај трансграничног планирања Подриња за просторну интеграцију на западу Балкана. *Гласник Српског географског друштва*, 84 (2), 113-124
- Тошић, Б. и Тодоровић, М. (2008). Еврорегиони у Подрињу. *Гласник Српског географског друштва*, 88 (2), 25-33
- Ћук, Ђ. и др (1985). *Друштвени и привредни развој Општине Мали Зворник*. Београд: Привредни преглед
- Хамовић, В. и др. (2007). *Акциони план за развој Општине Мали Зворник*. Београд: Институт за економику пољопривреде
- Цвијановић, Д. и др. (2006). *Стратегија развоја Општине Мали Зворник*. Београд: Институт за економику пољопривреде
- Шабић, Д. и Павловић, М. (2010). Локална средина – примарна јединица у регионалној територијалној номенклатури. У *Територијални аспекти развоја Србије и суседних земаља*, с. 167-172. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет
- \*\*\* (2009). *Развојни пројекти 2009*. Београд: Електропривреда Србије (Доступно на: <http://www.eps.rs/publikacije/Razvojni%20projekti/EPS%20Razvojni%20projekti.pdf>)
- \*\*\* (1953-2006). *Документациони материјал*. Београд: Републички хидрометеоролошки завод
- \*\*\* (1991). *Katastar malih hidroelektrana u Republici Srbiji*. Београд: Енергопројект-Хидроинжењеринг
- \*\*\* (1986). *Katastar mini-hidroelektrana*. Београд: Енергопројект, Београд: Институт за водoprivredu „Jaroslav Černi”
- \*\*\* (2010): *Документациони материјал*. Мали Зворник: ХЕ „Зворник”
- \*\*\* (2007-2010). *Теренска истраживања у општини Мали Зворник, у оквиру пројекта 146015*. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет

## THE INFLUENCE OF WATER RESOURCES ON TRANSFORMATION OF SPATIAL-FUNCTIONAL STRUCTURE OF THE TERRITORY OF THE MUNICIPALITY OF MALI ZVORNİK AND THE POSSIBILITIES FOR THE CONSTRUCTION OF NEW HYDRO POWER PLANTS <sup>1</sup>

MILA PAVLOVIĆ<sup>\*1</sup>, RAJKO GOLIĆ<sup>1</sup>, DEJAN ŠABIĆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *University of Belgrade - Faculty of Geography, Studentski trg 3/3, Belgrade, Serbia*

**Abstract:** The territory of the municipality of Mali Zvornik is, from the aspect of morphology and spatial-functional structure, a heterogeneous area. It is located in the valley of the Drina River and in hilly-mountainous part of Podrinjske mountains. The area of the municipality is 184 km<sup>2</sup>, with 14076 inhabitants (2002). The importance of water resources for the development of the municipality, particularly of the hydropower plant (HPP) "Zvornik", is analyzed in this paper. Inadequate use of hydro-energetic potential, possibilities for construction of new hydropower plants and economic reasons for their construction are also emphasized. The priorities of the development of hydraulic engineering are defined in relation to morphological and hydrological conditions. They refer to increase of power of the HPP "Zvornik" and construction of small-scale hydropower plants in hilly-mountainous part of municipality. Considering depopulation processes in the villages of Mali Zvornik, hydraulic engineering, together with agriculture, forestry, exploitation of mineral goods and tourism, can be one of the factors of demographic and economic revitalization of this area.

**Key words:** water resources, hydro-energetic potential, hydropower plant "Zvornik", the Drina River, Zvorničko Lake, Mali Zvornik.

### Introduction

The territory of municipality of Mali Zvornik administratively belongs to Mačvanski district, located at the border with Bosnia and Herzegovina. According to the area of the territory and the number of inhabitants, it is the smallest municipality in Serbian Podrinje. It covers the area of 184 km<sup>2</sup>, with 12 settlements and 14076 inhabitants according to the Census of 2002. Regarding morphology, the municipality covers a part of the right valley side of the Drina River, on the passage from the middle gorge part to lower plain part of the river course, and western parts of Gučevo, Boranja and Jagodnja. On the north and northeast, the municipality of Mali Zvornik borders on the municipality of Loznica, on the east on the municipality of Krupanj, and on the southeast on the municipality Ljubovija. South and west border with Bosnia and Herzegovina (the municipality of Zvornik) makes the Drina River with Zvorničko Lake, at the length of 36 km.

The location along the Drina River gives the basic characteristic of the physiognomy of the municipality of Mali Zvornik. Apart from agricultural land and forests, hydro-energetic potential of the Drina represents the most important factor of regional development of this area. The construction of hydropower plant "Zvornik" and formation of Zvorničko Lake in the mid of the 20<sup>th</sup> century enabled more intensive economic development on the territory of the municipality of Mali Zvornik. Besides the Drina River, its tributaries, which flow from mountains of Podrinje, also have economically significant hydro-energetic potential.

---

\* E-mail: mila.pavlovic2@gmail.com

<sup>1</sup> The paper presents research results of the scientific project 146015, which is financed by the Ministry of Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

Even at the beginning of the 21<sup>st</sup> century, the possibilities for production of electric energy on the territory of the municipality of Mali Zvornik have been insufficiently exploited. We should pay much more attention to the development of hydraulic engineering since economic and demographic development in future can be properly directed only by relying on our own natural potentials. The priorities of the development of hydraulic engineering in the municipality of Mali Zvornik refer to the revitalization of the hydro power plant “Zvornik” and the construction of small-scale, economical and low-priced hydropower plants. Their construction is viable even in currently difficult social-economic conditions.

### **The influence of hydropower plant “Zvornik” on physiognomic and spatial-functional transformation of the territory of the municipality of Mali Zvornik**

Exploiting water power of the Drina River and the production of electric energy are some of the most important economic activities on the territory of the municipality of Mali Zvornik. The Drina Drainage Basin possesses hydro-energetic potential of 14 milliard KWh, which is not rationally used. “Waters of The Drina River and its tributaries run off without sufficient use of their energy. Each year around 9000 GWh of electro-energy runs off irretrievably, which is 3,5 million tons of oil equivalent.” (Gavrilović et al, 2002). In the past, water power of the Drina River was used for turning floating water mills, so-called “drinka”. Because of larger depth of river channel and higher speed of water, they were set up on the concave river banks and tied to the banks with ropes. As they were dangerous for the rafts, which were used for transport of wood construction, the authorities of Serbia and Austria-Hungary at the end of the 19<sup>th</sup> century removed the majority of these objects (Lazić, 1952). There were eight floating water mills on the part of the Drina River which belongs to the municipalities of Zvornik and Mali Zvornik in 1933. (Drobnjaković, 1933). In the municipality of Mali Zvornik floating water mills remained until 1955, or till the construction of hydropower plant “Zvornik”. In the districts of Brasina and Donja Borina, floating water mills disappeared in 1960s, when electric mills appeared.

The exploitation of water power of the Drina River for the production of electric energy started in the mid of 20<sup>th</sup> century when hydropower plant “Zvornik” was built. The hydropower plant is located 93,1 km from the confluence of the Drina River to the Sava River, between Mali Zvornik – on the right bank and village Divič – on the left bank. On this part, narrowed valley provides favorable morphologic conditions for blocking the river and constructing a dam. Apart from morphologic conditions, hydrologic conditions for hydro-energetic use are favorable as well. The mean annual discharge on hydrologic station Radalj is 342 m<sup>3</sup>/s, with water speed of 3 m/s, which indicates high kinetic energy of the river course. The hydropower plant “Zvornik” is a run-of-the river and storage plant with two aggregates on both left and right bank of the Drina River. With the construction of this object, Zvorničko Lake was formed, by which geographic physiognomy of this part of Podrinje and therefore strong economic and demographic development of Mali Zvornik was stimulated. The hydropower plant “Zvornik” works in the complex of the Electric Power Industry of Serbia, as a part of the Economic Association “Hydropower Plants Drinsko-Limske”, with main office in Bajina Bašta.

Hydropower plant “Zvornik” started with its work in 1955. In its first years after the construction, it was the first hydropower plant in Serbia for the generation of electric energy, and the second in the former Yugoslavia (The Group of authors, 1985). The data of the Electric Power Industry of Serbia at the beginning of the 21<sup>st</sup> century show that it was the seventh hydropower plant for the power of aggregates and according to the annual production of electric energy – the fifth hydropower plant in Serbia. In period 1955-2008 mean annual production of electric energy in the hydropower plant “Zvornik” was 438,5 GWh. From the aspect of hydrology, the most favorable conditions for the production of electric energy

are the periods March-May (main maximum of discharge of the Drina River) and November-December (the secondary maximum).

According to the number of employees (70 employees in 2010) hydropower plant "Zvornik" is not the largest company in the municipality of Mali Zvornik, but it is the most important economic object which was the holder of economic development in the second half of the 20<sup>th</sup> century. Built as an object of national importance, the hydropower plant "Zvornik" influenced physiognomic, demographic, economic and settlement development of this municipality. The construction of hydropower plant and formation of Zvorničko Lake created new geographic physiognomy, by which this part of Podrinje became recognizable. The development of Mali Zvornik is permanently connected to the construction of this hydropower plant since the old settlement was flooded and new one was formed, with new physiognomy and functions. Its negative influence on demographic and economic development of power plants was seen in flooding about 800 ha of fertile soil in the districts of Mali Zvornik and villages Sakar, Budišić, Amajić, Čitluk and Culine. Left without agricultural land as basic source of their income, local residents of these villages were forced to move. The hydropower plant "Zvornik" ensured enough energy for electrification of the settlements and development of industry. Until 1962, all settlements in the municipality have received electricity. Therefore, depopulation was slowed down since living conditions for rural population have improved. Apart from the production of electric energy, the hydropower plant "Zvornik" with Zvorničko Lake has large importance for regulation of river regime of the Drina River, sediment transport, exploitation of sand, development of sport and commercial fishing, tourism etc.

There are not so many examples in Serbia that one economic object has such influence on all segments of life of the local population, as it is the case with hydropower plant "Zvornik". Besides, supplying the population with electric energy, this company is actively involved in the development of the municipality of Mali Zvornik by making investments in the construction of several residential, infrastructure and economic objects. The hydropower plant gave financial aid to timber and wood industry "Novo Gučevo", the industry of construction material "Ravnaja" and metal manufacturing industry "Progres" from Mali Zvornik. With the resources from hydro power plant "Zvornik", water-supply, sewerage and majority of public buildings in Mali Zvornik were built, as well as hotel "Radaljska banja" and a small hydropower plant in Radalj, beaches in Mali Zvornik and Sakar. The hydropower plant invested resources in forestation of Podrinjske Mountains, the construction of several local roads, schools, catering firms and rural water-supplies. The hydro power plant "Zvornik" stimulated economic development even out of the territory of the municipality of Mali Zvornik. Hence, in 1964, 300 million dinars were invested in the construction of the fourth aggregate of hydro-power plant "Bajina Bašta" and the development of the Steam-Power Plant Kostolac (The Group of Authors, 1985).

There is an unsolved question of border between Serbia and Bosnia and Herzegovina on the area of hydropower plant "Zvornik". The state border, which goes through the middle part of the river channel, passes through this object. The Serbian authorities suggest that this border should be moved to the left bank of the Drina River in order to place whole hydropower plant "Zvornik" on the territory of Serbia and to return the border downstream to the middle part of the river course, with adequate territorial compensation to Bosnia and Herzegovina on some other location. This option is suggested due to the fact that the hydropower plant was built by the resources of The Electric Power Industry of Serbia and it is included in its energetic system. This problem does not have negative consequences on the work of the hydropower plant "Zvornik" or on the life of population from both parts of the Drina River, and it will be solved by signing Inter-State Border Agreement.

After 55 years of work, the installations of the hydropower plant "Zvornik" are outdated and they need to be modernized. The Electric Power Industry of Serbia made the Fea-

sibility Study with the Preliminary Design for the project “Rehabilitation of the Hydro-Power Plant “Zvornik” in 2009”. This study anticipates the increase of the fall of the Drina River by digging the river channel – downstream from the dam and the increase of installed discharge to 680 m<sup>3</sup>/s, by which power of the hydropower plant will rise from 96 MW to 136 MW. Also, repair of aggregates and installment of new wheels of turbine is planned. After finalization of investment-technical documents, the beginning of revitalization is scheduled for 2011, after the provision of funding. It is anticipated that annual generation of electric energy will reach 551 GWh after the revitalization of hydropower plant “Zvornik”, which is compared to the average annual generation – an increase of 26%. According to the system of allocation of resources in the Electro Power Industry of Serbia, this hydropower plant possesses only 10% of resources of the value of its generation. The main part of the resources is spent on the maintenance and repair of installations, improvements, purchase of equipment and salaries for the employees. That is the reason why the hydropower plant “Zvornik” is not able any more to invest significant resources in the development of local economy and infrastructure. It is necessary to make more appropriate allocation of resources in order to return the importance that this company used to have until 1990, and to become again a holder of the development of the municipality of Mali Zvornik.

### **The possibilities for construction of hydropower plants on the Drina River and Zvorničko Lake**

With the construction of the hydropower plant “Zvornik”, hydro-energetic potential of the Drina River on the territory of the municipality Mali Zvornik was not completely used. According to the data of the experts from “Energoprojekt” and The Institute for the Development of Water Resources “Jaroslav Černi”, there are technical possibilities for construction of three more power plants in the Drina river channel and two more in the basin of Zvorničko Lake. Downstream of the hydropower plant “Zvornik”, at Mali Zvornik, Donja Borina and Brasina, it is possible to construct three hydropower plants. Contrary to the storage hydropower plant “Zvornik”, these hydropower plants will be run-of-the river plants. Because of the low fall of the river channel, kinetic energy of water will be directly used for turning the turbine, without storage in the lake. Such hydropower plants have low impact on the environment because they do not disturb regime of a river course. All three plants will have the power of 11 MWh with total annual generation of 66 GWh (Hamović et al, 2007).

**Table 1. The basic data on potential hydropower plants on the Drina River and in the municipality of Mali Zvornik**

River	Location	Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Elevation difference (m)	Power (MW)	Annual generation (GWh)
Drina	Mali Zvornik	640,0	2,5	11,0	22,0
Drina	Donja Borina	640,0	2,5	11,0	22,0
Drina	Brasina	640,0	2,5	11,0	22,0
Drina	Sakar	13,9	390,0	37,2	111,6
Drina	Čitluk	6,1	380,0	18,5	88,8
Total				88,7	266,4

Source: Hamović et al, 2007.

In the districts of villages Sakar and Čitluk, there are locations suitable for the construction of storages for reversible hydropower plants. At night, when the consumption of electric energy is minimal, pumps will fill the artificial lake, made in the districts of these villages, with water from Zvorničko Lake. During the day, in time of the main consumption of energy, the stored water will be returned to Zvorničko Lake and it will turn turbines. The produced energy will be sent to consumers, and new storage will enable irrigation and de-

velopment of tourism on water. Taking into account the considerable amount of fall (380 m and 390 m), these hydropower plants will produce much more electric energy than run-of-the-river plants. Reversible hydropower plant in Sakar will have annual generation of 111,6 GWh, and 88,8 GWh in Čitluk. The installed power of all five new power plants on the Drina River and Zvorničko Lake will be 88,7 MW with annual generation of 266,4 GWh, which is 61% of the average generation of the hydropower plant “Zvornik” (Hamović et al, 2007). However, as the construction of these objects is very expansive and technically demanded, it is only an option, which is at the beginning of the 21<sup>st</sup> century far from practical realization. Since the Drina River is a border river, it is possible to construct new hydropower plants in its channel only in the scope of the project of the cross-boundary cooperation with Bosnia and Herzegovina.

### **The construction of small-scale hydropower plants**

Besides the Drina River, the river network on the territory of the municipality of Mali Zvornik is composed of large number of shorter courses, which from the western slopes of Gučevo, Boranja and Jagodnja flow towards the Drina River. It has been established from the topographic map 1:25.000, that the density of river network is 1,1 km/km<sup>2</sup>, which is above the average density for Serbia. Sixteen permanent river courses, with involved network of tributaries on the territory of this municipality, empty into the Drina and Zvorničko Lake. The construction of small hydropower plants on hilly-mountainous rivers represents real opportunity for the development of hydraulic engineering in this part of Podrinje. Although mountainous rivers do not have large quantity of water because of high fall on vertical profile, they have considerable kinetic energy. Narrowed valleys, with favorable geologic and morphologic conditions for the construction of hydropower plants, appear on several locations. The most suitable for hydro-energetic exploitation are longer tributaries of the Drina River, which have enough quantity of water and large total and average amount of fall. These are rivers: Borinska Reka (12,3 km long), Radaljska Reka (15 km), Boranjska (Trešnička) Reka (17,7 km), Culinska Reka (9,5 km) and Velika Reka (11,5 km). The river Velika Reka (717 m) has the highest total fall of the river channel and the river Culinska Reka with the river Bušnička Reka (64,2 m/km) have the highest average fall, which indicates considerable hydro-energetic potential (Golić, 2010).

Water powers on Podrinjske mountains were used in the past for turning stream water mills in which grain (such as: wheat, corn and rye) was ground. In the middle of the 20<sup>th</sup> century on the river Radaljska Reka and its tributaries, 25 water mills worked: 14 on the river Boranjska Reka, 10 on the river Velika Reka, 9 on the river Culinska Reka, 6 on the Moštanica, 3 on the Trebešnica etc. Each mill had “a drainage ditch” – a dug channel by which the water is led to “a wooden trough” – hollow wood trunk through which the stream of water falls on “a wheel” – horizontally set wheel which turns the millstone over the axis. Only 4 water mills have been in function at the end of the first decade of the 21<sup>st</sup> century, and they are: two watermills in Radalj, one in Donja Trešnica and one in Culine. Local people grind grain in them for their own needs.

The beginning of the exploitation of hydro-energetic potentials of mountainous courses on the territory of Mali Zvornik is connected to the year 1994. In that year, on the river Radaljska Reka and northern slopes of Boranja, the hydropower plant “Radaljska banja” started to work with the power of 160 KW. Water is transported to the turbines by the system of pipelines from Radaljsko Lake, 1,5 km distant. The average annual generation of Radalj power plant is 249,2 MWh. This energy supplies tourist complex in Radaljska banja as well as some households in Radalj. The hydropower plant “Radaljska banja” works in the complex of the hydropower plant “Zvornik”. There are no permanently employed workers since the production is automatic.

Nine more locations suitable for the construction of small hydropower plants were registered in the municipality of Mali Zvornik. The majority of these objects are located on the place of former stream watermills, which have not been in function at the beginning of 21<sup>st</sup> century. It is possible to construct hydropower plant "Andrača" (the power of 135 KW) and the hydropower plant "Kojići" (210 KW) with annual generation of 1,437 GWh on the river Borinska Reka, in the district of Donja Borina. There are suitable conditions for the construction of the hydropower plant "Grabovac" (280 KW) and the hydropower plant "Božikovac" (300 KW) on the river Boranjska Reka in the district of Donja Trešnjica. Also, the hydropower plant "Amajić" (245 KW) can be constructed in the district of Amajić, where this river empties into Zvornjičko Lake. The total power of these hydropower plants in the Boranjska Reka Drainage Basin is estimated at 825 KW, with annual generation of 3 GWh. There is a location on the river Culinska Reka which can be used for the construction of the hydropower plant "Culine", with the power of 100 KW, which will generate 0,474 GWh annually. The hydro-energetic potential of the Velika Reka Drainage Basin provides favorable conditions for construction of the hydropower plant "Sastavci" (310 KW), the hydro-power plant "Vis" (250 KW) on the main course and the hydropower plant "Voljevci" (125 KW) on the river Mala Reka. Three hydropower plants in the Velika Reka Drainage Basin will annually generate 2,9 GWh. Nine power plants, planned on the territory of the municipality, together with the hydropower plant "Radaljska banja" will generate about 7,8 GWh annually.

**Table 2. The basic data on potential small-scale hydropower plants in the municipality of Mali Zvornik**

River	Location	Discharge (m <sup>3</sup> /s)	The used fall of the river (m)	Power (KW)	Annual generation (GWh)
Borinska Reka	Andrača	0,310	56,0	135	0,653
Borinska Reka	Kojići	0,498	53,0	210	0,784
Boranjska Reka	Grabovac	0,400	94,5	280	1,049
Boranjska Reka	Amajić	0,588	53,0	245	0,872
Boranjska reka	Božikovac	0,534	75,0	300	1,120
Culinska Reka	Culine	0,155	65,0	100	0,474
Velika Reka	Sastavci	0,285	110,0	310	1,476
Velika Reka	Vis	0,464	73,5	250	0,936
Mala Reka	Podgaj-Voljevci	0,302	56,0	125	0,474
Total				1955	7,838

Source: Cadastre of mini-hydropower plants, Energoprojekt, the Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Černi", Belgrade, 1986; Cadastre of mini hydro-power plants in the Republic of Serbia, Energoprojekt-Hydro engineering, Belgrade, 1991.

The decision for construction of small hydropower plants in Serbia is brought by Electric Power Industry of Serbia and by local authorities. It is important to say that private entrepreneurs and association of businessmen can build these objects with supervision of experts. The cooperative farm "Agrar" from Donja Borina, which received resources from the National Investment Plan for the construction of hydropower plant "Božikovac" on the river Boranjska Reka, in district of Donja Trešnjica has used this convenience. This hydro-power plant will have installed power of 300 KW with planned annual generation of 1 GWh. They have not planned to form storage here but to take water from the channel of the river Boranjska Reka and transport it to turbines with pipeline. Twenty employees will get the job during the construction but, after putting it into operation, this hydropower plant will be automatic and there will not be permanent employees. It is anticipated that the hydropower plant "Božikovac" will start to work by 2012, which will significantly improve supply of electric energy in Donja Trešnjica (Golić, 2010).

Construction of small-scale hydropower plants is more suitable than the construction of run-of-the river hydropower plants on the Drina River, because it does not demand large financial investments. These objects are profitable since they do not jeopardize the environment; the period of their construction is short and technically simple. Small hydropower plants will not secure new jobs but they will have positive influence on rural development in the municipality of Mali Zvornik. They will produce low-priced electric energy which will be used at the place of production, and therefore avoid expanses of construction of long-distance power line and loss in transport.

Apart from the production of energy, small hydropower plants will enable multipurpose use of storages. Small artificial lakes can be used for irrigation of agricultural areas and water supply for population. Storages will contribute to regulation of regime of torrents since they will keep flood waves back and release the stored water in the periods of low water level. It will reduce erosion in the drainage basins of mountainous rivers and lessen the quantity of sediments which reaches the Drina River and Zvorničko lake. New storages will be built in ecologically clean areas of Podrinjske mountains, which will enable the development of fishing, day tourism, sport-recreation tourism and rural tourism. Abandoned watermills, which can be found in the majority of water courses, can be adapted for generation of electric energy with small investments. It will give the possibility to their owners to save the expanses for the electric energy and provide them better standard of living. Regarding the fact that the locations, suitable for the construction of small hydropower plants, are evenly distributed in the districts of hilly-mountainous villages of the municipality of Mali Zvornik, their rational use will secure conditions for even spatial-functional development.

#### **Map 1. Hydro-energetic potential in the municipality of Mali Zvornik**

Source: Military-Geographic Institute/ *Topographic map 1:25.000, sheets "Zvornik" 1-1 ("Zvornik"), "Zvornik" 1-2 (Zajača-west), "Zvornik" 1-3 (Divič), "Zvornik" 1-4 (Drinjača), "Zvornik" 2-1 (Zajača-east), "Zvornik" 2-3 (Krupanj)*. Belgrade; Cadastre of mini hydropower plants in the Republic of Serbia. Belgrade: Energoprojekt-Hydro engineering, 1991; Cadastre of mini hydro-power plants. Belgrade: Energoprojekt- Hydro-engineering, Belgrade: the Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Černi", 1986.

Legend: existing hydropower plants – 1. „Zvornik”, 2. „Radalj spa”; potential hydropower plantse: – 3. „Brasina”, 4. „Donja Borina”, 5. „Kojići”, 6. „Andrača”, 7. „Mali Zvornik”, 8. „Sakar”, 9. „Grabovac”, 10. „Božikovac”, 11. „Amajić”, 12. „Čitluk”, 13. „Culine”, 14. „Voljevci”, 15. „Vis”, 16. „Podgaj”.

Positive influence of small-scale hydropower plants on general economic development of hilly-mountainous part of the municipality of Mali Zvornik can be seen on the example of the hydropower plant “Radaljska banja”. Apart from electric energy supply, this object has influenced the reduction of erosion in the drainage basin of the river Radaljska Reka, and its water accumulation dam has become a place for day-trip for local residents, sport fishers and visitors of Radaljska banja. Besides the hydropower plant “Božikovac” in Donja Trešnjica, the construction of trout fish pond and a plant for fish canning and processing, with employment of local population, is also planned. Small hydropower plants will not produce large quantity of electric energy, but natural advantages for their construction should be used for making favorable conditions for the development of other economic activities in hilly-mountainous settlements. It will bring in the accordance the development of Mali Zvornik and rural settlements, minimize abandoning of agriculture and slow down migration of young population.

#### **Conclusion**

Hydraulic engineering is one of the profitable activities of population of the municipality of Mali Zvornik. The synonym of Mali Zvornik is the hydropower plant “Zvornik”, the construction of which marked the beginning of industrialization of this municipality in



1950s. Apart from hydro-energetic function, the hydro-power plant “Zvornik” and Zvorničko Lake regulate river regime of the Drina River, sediment transportation and enable the development of tourism and other activities. The reconstruction of the hydro-power plant “Zvornik” is planned according to the project of Electric Power Industry of Serbia, which will enable an increase of generation of electric energy for 26% . Potential risk for the functioning of this object can represent accumulation of sediments in storage, since 56,5 % of the volume of Zvorničko Lake is filled with sand and gravel (Bogićević i dr, 2005). Therefore, it is necessary to set measures against erosion in the basin of the lake and carry out actions of cleaning, so that the basic function of the hydropower plant “Zvornik” will not be jeopardized.

Although there are suitable locations for run-of-the river and reversible electric plants on the Drina River and Zvorničko Lake, these projects are not feasible for the time being because of high expanses of their construction and state border on the Drina River. Available resources should be invested in the construction of small hydropower plants on mountainous river courses in districts of Donja Borina, Donja Trešnjica, Amajić, Culine and Velika Reka. The positive effect of the hydropower plant “Radaljska banja” on demographic and economic movement in Radalj village justifies the construction of these objects. Such orientation will condition important spatial-functional transformations in this part of Serbia.

Regarding difficult economic situation in Serbia, low financial resources of state development funds and weak investment activity in the field of energy supply, it is evident that not all aforementioned objects can be realized. In order to make better results in near future, in terms of the use of energetic potential of small watercourses on the territory of Serbia, national politics in the field of the construction of small hydropower plants must be harmonized with local strategies of development. Local authorities must receive bigger responsibilities and power in realization of long-term strategic objectives of the use of water potentials of small watercourses, the realization of which will contribute to demographic and economic revitalization of hilly-mountainous parts of Serbia. Qualitative changes in the relationship of state towards local environment bring the authorities in a completely different position than before, since new social system implies responsible person and community. New relationship of state towards local community involves autonomous attitude of local community in the main field, and that is economic development. Local community must respect global social changes and adapt its behavior to them, but also initiate changes which can secure its sustainable development (Pavlović et al, 2010; Šabić et al, 2010). The example of possible sustainable development is represented through local initiatives connected to the construction of small hydropower plants on the territory of the municipality of Mali Zvornik.

## Reference

See References on page 197