

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ  
Академијски одбор за енергетику  
Академијски одбор за динамику климатског система



Округли сто

# ВОДНИ РЕСУРСИ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ РИЗИЦИ, ПРОБЛЕМИ И РЕШЕЊА



25. и 26. новембар 2024. године, сала 102/1, Кнеза Михаила 35, Београд



## Округли сто

### „Водни ресурси у Републици Србији – ризици, проблеми и решења”

25. и 26. новембар 2024. године, сала 102

#### Организатори:

- Академијски одбор за енергетику
- Академијски одбор за динамику климатског система

#### Организациони одбор:

1. Академик Слободан Вукосавић (копредседавајући)
2. Проф. др Слободан Симоновић, инострани члан САНУ (копредседавајући)
3. Академик Федор Месингер
4. Академик Богдан Шолаја
5. Академик Слободан Марковић
6. Проф. др Зоран Стевановић
7. Проф. др Владимир Павићевић

#### Први дан: Стање водних ресурса

- |               |   |
|---------------|---|
| 10.00 – 10.15 | Отварање округлог стола и приказ програма   |
| 10.15 – 10.30 | <b>Водни ресурси – глобални проблеми и нове могућности (снимак)</b><br>Слободан П. Симоновић, инострани члан САНУ, професор емеритус Универзитета Западног Онтарија (Лондон, Канада), редовни члан Канадског краљевског друштва, редовни члан Канадске инжењерске академије |
| 10.30 – 10.50 | <b>Стање површинских вода Србије</b><br>Проф. др Владимир Павићевић, Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду   |
| 10.50 – 11.30 | Дискусија   |
| 11.30 – 11.45 | Пауза за кафу   |

- 11.45 – 12.05 **Стање и перспективе коришћења и заштите подземних водних ресурса**  
Проф. др Зоран Стевановић, редовни професор Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду у пензији, Академија инжењерских наука Србије
- 12.05 – 12.45 Дискусија
- 12.45 – 13.05 **Хидроенергетика у контексту управљања водним ресурсима, водопривредним системима и животном средином**  
Проф. др Светлана Стевовић, инострани члан Одјељења природно-математичких и техничких наука Академије наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, научни саветник за ОИЕ, Иновациони центар Машинског факултета у Београду
- 13.05 – 13.45 Дискусија
- 13.45 – 15.00 Закуска у Клубу САНУ
- 15.00 – 15.20 **Заштита од поплава у Србији – интегрално уређење сливног подручја**  
Проф. др Александар Анђелковић, Шумарски факултет Универзитета у Београду
- 15.20 – 16.00 Дискусија
- 16.00 – 16.20 **Безбедност – саставни део управљања водопривредним системима**  
Проф. др Марко Иветић, редовни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду у пензији  
Александар Шотић, проф. струковних студија Високе грађевинско-геодетске школе, Београд
- 16.20 – 17.00 Дискусија

## Други дан: Заштита вода од загађивања

- 10.00 – 10.20 **Утицај комуналних отпадних вода на водне ресурсе Србије**  
Проф. др Александар Ђукић, Грађевински факултет  
Универзитета у Београду
- 10.20 – 11.00 Дискусија
- 11.00 – 11.20 **Индустријске отпадне воде**  
Проф. др Драган Повреновић, Технолошко-металуршки  
факултет Универзитета у Београду
- 11.20 – 12.00 Дискусија
- 12.00 – 12.15 Пауза за кафу
- 12.15 – 12.35 **Утицај рударско-металуршких активности на животну средину у источној Србији**  
Проф. др Снежана Шербула, шеф Катедре за инжењерство  
заштите животне средине Техничког факултета у Бору
- 12.35 – 13.15 Дискусија
- 13.15 – 14.30 Закуска у Клубу САНУ
- 14.30 – 14.50 **Здравствени аспекти квалитета и доступности воде за пиће у оквиру спровођења националних циљева Протокола о води и здрављу**  
Прим. др Елизабет Пауновић, пензионисана директорка  
Европског центра за животну средину и здравље Светске  
здравствене организације
- 14.50 – 15.30 Дискусија
- 15.30 – 15.50 **Значај процене здравственог ризика услед изложености загађивачима у води за пиће**  
Проф. др Драгана Јовановић, редовни професор  
Медицинског факултета Универзитета у Београду у  
пензији (за области интерне медицине, онкологије и  
палијативне медицине)
- 15.50 – 16.30 Дискусија
- 16.30 – 17.00 Завршна разматрања и извођење закључака



## КЊИГА САЖЕТАКА





## ОКРУГЛИ СТО

### Први дан: Стање водних ресурса

#### 1. Водни ресурси – глобални проблеми и нове могућности

Слободан П. Симоновић, инострани члан САНУ

Водни ресурси су под растућим притиском због пораста броја становника, интензивног коришћења земљишта и климатских промена, које доводе до чешћих и екстремнијих суша и поплава. Циљеви одрживог развоја (Sustainable Development Goals – SDGs) дају велики значај води. СДГ 6: Чиста вода и санитација је циљ Уједињених нација који тежи да обезбеди приступ безбедној води и санитарним условима за све до 2030. године. Мада је остварен видљив напредак, СДГ 6 се суочава са великим изазовима. Иако 74% светске популације сада има приступ безбедној води, око две милијарде људи и даље нема побољшане изворе, посебно у руралним и мање развијеним регионима. Приступ санитарним условима је такође ограничен, са 3,6 милијарди људи без безбедне санитарне инфраструктуре, што највише погађа подсахарску Африку и јужну Азију. Само 56% отпадних вода глобално се третира на безбедан начин, а климатске промене додатно угрожавају водне ресурсе. Потребна су значајна улагања, међународна сарадња и напредне технологије за постизање ових циљева до 2030. године.

Излагање ће у 10 минута идентификовати 10 најзначајнијих проблема везаних за воду и истакнути могућности за њихово решавање. Овај приступ може указати на потенцијалне путеве за унапређење управљања водним ресурсима и омогућити подршку остваривању СДГ 6.

#### 2. Стање површинских вода Србије

Проф. др Владимир Павићевић

Наглашавајући значај воде као основе живота, Европска унија је при усвајању темељног закона о водама – Оквирне директиве о водама, ОДВ (Water Framework Directive, 2000/60/EC) – у преамбули навела: „Вода није комерцијалан производ као други, већ наслеђе које мора бити заштићено,

брањено и третирано као такво”, а као главну сврху истакла успостављање оквира за заштиту копнених површинских, подземних и мешовитих (бочатих) вода, као и приобалних вода. Према дефиницији у члану 2, река је водно тело копнене воде које највећим делом тече по површини, али може тећи подземно на једном делу свога тока; језеро је водно тело стајаће копнене површинске воде; значајно измењено водно тело (ЗИВТ) је водно тело површинске воде које је, као резултат физичких промена услед људских активности, битно измењено по својим карактеристикама (акумулације, регулисана корита итд.), а вештачко водно тело (ВВТ) је водно тело површинске воде створено људском активношћу (канални). На територији Републике Србије утврђено је укупно 498 водних тела, од тога 493 (99%) водотока (три категорије – реке 69%, ЗИВТ 28% и ВВТ 3%) и 5 (1%) језера.

Уведени су појмови еколошког статуса (за реке и језера), односно еколошког потенцијала (за ЗИВТ и ВВТ), и хемијског статуса као оцене стања површинских вода. Дobar статус водног тела остварен је када су оба статуса, еколошки и хемијски, оцењени најмање као добар. Елементи квалитета за оцену еколошког статуса/потенцијала су биолошки елементи, хидроморфолошки елементи који подржавају биолошке елементе и физичкохемијски и хемијски елементи који подржавају биолошке елементе, дакле биолошки су најважнији. Њихова процена има низ предности јер даје бољу индикацију биорасположивости и могући еколошки утицај, мање је зависна од времена и места узорковања и може пратити шири опсег и нижу концентрацију (преко биоакумулације) супстанци него што се мери у води и седименту. Елементи биолошког квалитета су: фитопланктон, фитобентос, макрофите, водени бескичмењаци и рибе. Хидроморфолошке елементе чине хидролошки режим, континуираност речног тока и морфолошки услови (у Србији се одређује само хидролошки режим). Физичкохемијски и хемијски елементи се деле на опште физичкохемијске елементе квалитета (39) и специфичне, неприоритетне загађујуће супстанце (38). Описне збирне оцене еколошког статуса су одличан (плава боја на мапама), добар (зелена), умерен (жута), слаб (наранџаста) и лош (црвена).

Хемијски статус површинских вода се одређује према садржају приоритетних и приоритетних хазардних супстанци (45), оцењује се као добар када није прекорачена ниједна гранична вредност (плава боја), односно као није добар када је прекорачена макар једна гранична вредност (црвена).

У Агенцији за заштиту животне средине је развијен индикатор Српски индекс квалитета воде (Serbian Water Quality Index - SWQI), где се девет параметара физичкохемијског и један микробиолошког квалитета (засићеност кисеоником, БПК<sub>5</sub>, амонијум-јон, рН вредност, укупни азот, ортофосфати, суспендоване материје, температура, електропроводљивост и колиформне

бактерије) збирају у композитни нумерички индикатор квалитета (0-100) са пет опсега, тј. описних оцена и боја.

Програм мониторинга статуса (квалитета) водних тела површинских вода који се од 2012. спроводи у Републици Србији усклађен је са захтевима ОДВ. Три типа мониторинга су: надзорни, оперативни и истраживачки мониторинг, који имају различите сврхе према избору мерних места (укупно 86), показатеља (параметара) квалитета и учесталости узорковања и испитивања. У периоду 2012-2019. мониторингом еколошког статуса/ потенцијала обухваћено је укупно 260 (52%) водних тела површинских вода. Резултати су следећи: 3% добар еколошки статус, 20% умерен, 19% слаб и 10% лош, а није констатован одличан еколошки статус. Резултати хемијског статуса: 33% добар хемијски статус, 16% није добар хемијски статус, а 51% водних тела није обухваћено мониторингом. У том периоду одређиван је еколошки потенцијал у 21 акумулацији и сви резултати су због изражене еутрофикације у оценама умерен, слаб и лош, што је веома забрињавајуће с обзиром на то да је њихова основна намена водоснабдевање. У великој већини тих акумулација хемијски статус је добар.

Анализа SWQI је урађена на 47 мерних места у периоду 2012-2021. Слив Саве има најбоље резултате, доминантно због Дрине која представља врло важан ресурс за могуће водоснабдевање Београда и дела Шумадије. Слив Мораве има најслабије резултате, док слив Дунава представља средину, која практично значи и укупну просечну вредност за Србију. Посебно су забрињавајући резултати мањих река и канала у Војводини, околини Београда, у Шумадији и источној Србији.

### **3. Стање и перспективе коришћења и заштите подземних водних ресурса**

Проф. др Зоран Стевановић

Србија није сиромашна водом, како се то понекад тврди. Већина аргумената у прилог сиромаштву базира се на малом учешћу домицилних вода (око 9% просечно) у укупном годишњем отицају са територије Србије. Налазимо се у окружењу земаља које су или богате водом и са интензивним водним билансом (западни и ЈЗ суседи бивше Југославије), или су под релативним водним стресом (Северна Македонија, Грчка). Према подацима FAO Aquastat (2017), сваки становник Црне Горе има на располагању преко 21 m<sup>3</sup> воде, али користи само 1,18% ове количине. У Босни и Херцеговини стопа искоришћености је још нижа, испод 1%. У Хрватској и Албанији користи се мање од 5% воде која је просечно доступна сваком становнику. Србија се не може сматрати

нити богатом, нити сиромашном водом; параметри доступности воде по становнику су неповољнији него у наведеним примерима, али далеко изнад стресних. Тако смо на листи од 163 анализираних земаља у погледу „водног стреса“ у 2023. били на 96. месту (Water Population Review, 2024). Ако се остваре пројекције даљег пада броја становника Србије, које на крају 21. века предвиђају мање или око четири милиона становника на нашој територији, воде ће бити више него довољно (нажалост).

Недавно завршени План управљања речним сливом до 2027. године, који покрива целу територију Србије (95% припада сливу реке Дунав), заснован је на застарелим подацима (планови и подлоге из 1980–2000) и информацијама које се углавном базирају на подацима коришћења воде у водоводима Србије и „званичним” анализама квалитета воде које врши Агенција за заштиту животне средине на ограниченом броју осматрачких места (око 60). Иновирана класификација водних тела подземних вода, поновна оцена притисака на количину и квалитет воде, као и проширење мреже мониторинга, неки су од неопходних корака у припреми за наредни план (мониторингом је обухваћено само око 20% водних тела).

У Србији још увек недостаје одговарајућа оцена ресурса подземних вода, која би требало да буде квалитетна основа за будућа решења водоснабдевања становништва пијаћом водом. Неки ранији покушаји, као што су стратешки пројекти подземних вода које су у периоду 2007–2011. заједнички спроводили Институт за водопривреду „Ј. Черни“, Рударско-геолошки факултет и Геолошки завод Србије, остали су недовршени. Процене о расположивости подземних вода базирају се на ранијим Водопривредним основама, као и на Стратегији управљања водама РС до 2034. На основу ових докумената и студијских и научних радова као њихових подлога, процене су да су динамичке (обнављајуће) резерве подземних вода у Србији око 67 m<sup>3</sup>/s, а да се још око 40 m<sup>3</sup>/s може добити вештачким прихрањивањем издани. Ове количине подземних вода су троструко веће од актуелне потрошње воде у Србији за комуналне и индустријске потребе. Могућности коришћења су, дакле, још увек значајно веће од потреба, али да би се тај потенцијал успешно валоризовао, неопходна су систематска регионална и детаљна истраживања ради одржавања и заштите постојећих (одрживо коришћење) и отварања нових изворишта, посебно применом савремених метода вештачке регулације издани. Последње извориште подземних вода у Србији отворено је још пре 25 година („Боговина“ у Тимочком региону), али је и оно сада под претњом уништења због потреба рудника бакра у Бору.

#### **4. Хидроенергетика у контексту холистичког управљања водним ресурсима, водопривредним системима и животном средином**

Проф. др Светлана Стевовић

Хидроенергетика представља кључни сектор у производњи стабилне обновљиве енергије и незаобилазну компоненту енергетског микса сваког електроенергетског система. Увођењем интермитентних извора енергије, као што су ветро и соларне електране, хидроенергетика, а посебно реверзибилна и акумулациона постројења, добијају још више на значају.

У Србији је пре 1945. године изграђена 31 хидроелектрана укупне инсталисане снаге 6 MW, а од 1945. до 1990. године уведено је у систем око 2900 MW, са просечном годишњом производњом око 11000 GWh на 20 хидроелектрана. У златном добу српске хидроенергетике појављивало се сваке године око 350 GWh нове хидроенергије. Преостали технички искористив хидропотенцијал износио је око 7000 GWh годишње. Од 1990. до данас ниједно веће хидроенергетско постројење није изграђено и од тада се непланском градњом у инундацијама река економски искористив хидропотенцијал континуално обезвређује и смањује. Данас се, у производним капацитетима двају привредних друштава, Хидроелектране Ђердап и Дринско-лимске хидроелектране, налази 38,4% укупног електроенергетског потенцијала ЕПС-а.

С обзиром на растуће притиске климатских промена, хидроенергетски капацитети показују перформансе да могу и морају бити интегрисани у системе управљања водним ресурсима, који узимају у обзир потребу за вишенаменским коришћењем вода, целокупну динамику водних тела и екосистема и све израженије сезонске промене у хидролошким циклусима.

Анализа позитивних и негативних ефеката хидроенергетике на водопривредне системе укључује аспекте везане за очување животне средине, попут еутрофикације и промена у седиментацији, као и социоекономске утицаје на пољопривреду, туризам и рибарство. Кроз холистички приступ хидроенергетика може унапредити вишенаменско коришћење водних ресурса и допринети одрживом развоју, чинећи овај сектор кључним фактором у креирању стабилног електроенергетског система, са једне стране, и отпорнијих и еколошки прихватљивих заједница, са друге стране.

Изградња брана, као саставног дела хидроенергетских система, има вишеструку функцију у водопривредним системима Србије. Хидроакумулације, посебно оне са сезонским изравнавањем, омогућавају временску и просторну прераспodelу водних ресурса. На тај начин се обезбеђују резерве воде, стабилност протока, контрола поплавних таласа

и заштита низводних подручја. С обзиром на сложеност хидрографског система Србије, бране су виталне за ублажавање негативних последица екстремних хидролошких догађаја, као што су обилне кише и нагло отапање снега, што изазива поплаве и клизишта у руралним и урбаним срединама, угрожене животе и добра, као и катастрофалне еколошке последице.

Анализа позитивних ефеката брана и хидроенергетских објеката у водопривредним системима упућује на императив континуалног мониторинга и контролу функције одржавања конструкција и опреме. Дугорочна одрживост постојећих брана и хидроелектрана обезбеђује се пројектима реконструкције и ревитализације. Савремене методе вештачке интелигенције имплементирају напредна технолошка решења, која омогућавају прецизније управљање водостајем у складу са енергетским, еколошким и осталим потребама корисника вода.

Даљи развој српске хидроенергетике захтева пажљиво балансирање енергетских, еколошких, економских и социјалних аспеката, посебно у контексту холистичког управљања водним ресурсима. Планирање, пројектовање и низ захтевних оптимизација хидроенергетских система у оквиру још комплекснијег одрживог водопривредног система, који обухвата како производњу енергије, тако и очување екосистема, управљање поплавама и обезбеђење потребних количина воде за пиће одговарајућег квалитета, подржани су савременим вишедимензионалним моделима вештачке интелигенције. Научне методе вишекритеријумских оптимизација, фази логика, ексерски системи, неуронске мреже, као и низ природом инспирисаних оптимизационих модела, представљају методолошку помоћ доносиоцима одлука у дефинисању стратегија развоја хидроенергетике у синергији са осталим привредним гранама.

Примери функционалних брана које доприносе интегрисаном управљању водним ресурсима у Србији, као и изазови који постоје у њиховом одржавању и модернизацији, упућују на нужност актуелизације постојећих урађених пројеката, уз адекватно укључивање локалне заједнице у процесе планирања и одлучивања.

## 5. Заштита од поплава у Србији – интегрално уређење сливног подручја

Проф. др Александар Анђелковић

У излагању је приказана проблематика везана за бујичне поплаве на водотоцима, у региону и Србији. Дат је осврт на катастрофалне последице које су донеле поплаве у мају 2014. године у Колубарском региону и компарација са поплавама које су током 2024. године (десет година касније) погодили централну Европу, али и суседне земље. Које мере Србија данас примењује у погледу адаптације на климатске и падавинске промене? Степен улагања по годинама јасно показује да су инвестиције за заштиту од временских непогода и поплава сведене на минимум. Улагање не задовољава тренутне потребе, сходно примерима добре инжењерске праксе у овој области, а ни стања на терену. Дат је предлог мера како се у наредном периоду треба односити према проблему бујичних поплава. Интегрално уређење сливног подручја спада у активне мере заштите од поплава, директно утиче на коефицијент отицаја и појаву поплава на водотоцима. Применом техничких и биолошких мера могуће је адаптирати водоток на промене падавина, како би се у будућности водотоци лакше одупирали све израженијим падавинским расподелама, када после дугих сушних интервала наилазе интервали са обилним падавинама, који се дуго стационирају над истим подручјем. Ретенциони и инфилтрациони капацитет пресушеног земљишта након дуготрајних суша у први мах је неупоредиво мањи од капацитета природновлажног земљишта, па се најчешће коефицијент отицаја у великој мери мења, значајнији проценат палих вода у првим сатима генерише отицај низ доминантни пад, што на крају доводи до изливања реке из корита и настаје штета у приобаљу. Према важећој Прелиминарној процени ризика од поплава, тренутно је дефинисано 101 значајно плавно подручје, од чега се 87 налази на територији која је у надлежности ЈВП „Србијавода”. Што се тиче инвестирања у биолошке и биотехничке мере, гледајући за период од 2001. до 2023. из Програма пословања ЈВП „Србијаводе”, наше еминентне куће за одбрану од поплава, видљив је тренд опадања реализације од 2008, да би се у последње три године свео на 0%. Импликације по појаву разорних поплава су свакодневно видљиве, а мере које се не предузимају у скоријој будућности могу постати кобне по живот становништва на подручју наше земље.

## 6. Безбедност – саставни део управљања водопривредним системима

Проф. др Марко Иветић

Александар Шотић, проф. струковних студија

Водопривредни системи су системи изграђени ради коришћења и заштите водних ресурса, као и заштите од штетног дејства вода. Иако је интегрални приступ планирању, проучавању и анализама водопривредних система неспоран, реалност је да границе надлежности често могу бити спорне, што значајно утиче на објективне ризике и сложеност управљања таквим системима.

Традиционалне технике анализе опасности (попут модела-ланца догађаја) ограничене су фокусом на нежељени догађај и дешавања која му претходе, као и улогом отказа компоненти и људских грешака у њима, док не могу да обухвате мањкавости током планирања и пројектовања, нити укључују организационе и управљачке мањкавости, којих је много више.

Са друге стране, код системског размишљања и теорије система, анализа започиње од система као целине, а не од делова узетих посебно. Поједина својства система могу се адекватно третирати само у целини, узимајући у обзир све аспекте који на њих утичу – од друштвених до техничких. Таква својства система проистичу из односа (интеракција) између делова система и како се ти делови уклапају у целину. Безбедност је појавно својство система, не компоненте, те мора бити контролисана на нивоу система.

Поред основних карактеристика методологије (STAMP/STPA, Leveson, 2004), преузетих из теорије система, као што су, најпре, хијерархијска подела и појавна својства, а онда комуникација и контрола, посебно се анализира могућност коришћења тзв. „водећих индикатора” (leading indicators), који би благовремено указали на могућност да се јави несрећа. Скоро увек постоје знаци упозорења пред велике несреће (нежељене догађаје), али је проблем што су такви сигнали доста слаби и тешко их је разликовати од шума. У многим индустријама се воде евиденције отказа компоненти, застоја, радова, жалби, инцидената итд., као и провере безбедносне културе запослених (посебно где се претпоставља да су све несреће, или већина њих, изазване људском грешком). Резултати нису сјајни, а како изгледа, системски приступ дефинисању водећих индикатора и овде нуди перспективно решење.

Суштина приступа је у томе да фокус не буде на предвиђању појединачног нежељеног догађаја, него на дефинисању процедура за избегавање, посебно када се има у виду да се највећи део системских несрећа дешава без отказа неке компоненте.



Основна претпоставка је да велике (системске) несреће нису последица јединственог скупа случајних, непосредних догађаја. Уместо тога, претпоставља се да су резултат миграција система у стање све већег ризика током времена, пошто су мере заштите и контроле попустиле, због смањене перцепције ризика када долази до ризичнијег понашања итд.

Системски приступ дефинисања водећих индикатора и управљање ризиком заснива се на (нашим) претпоставкама (Assumption-Based Leading Indicators, Leveson, 2015) и проверама њихове рањивости, уместо класичних метода заснованим на проценама вероватноћа и ризика.

Три основне врсте претпоставки су:

- Модели и претпоставке коришћене у пројекту су исправне.
- Систем ће бити изграђен и коришћен онако како је замислио пројектант.
- Оригинални модели и претпоставке неће бити угрожени, ни због промена система током времена (рецимо, због унапређења или оптимизације), ни због промена у окружењу.

Ове претпоставке се користе да би се одредило шта треба проверити, како, када и које радње треба предузети ако се провером утврди да претпоставка више није тачна. Системски приступ анализи процеса (STAMP/STPA) може се користити за генерисање специфичних претпоставки које су битне за безбедност одређеног система. Следећи корак је генерисање водећих индикатора који ће детектовати када ове претпоставке више не важе.

Наше искуство се односи на комуналне (ВиК), хидроенергетске и индустријске (депоније пепела и јаловине) системе, одакле су и примери којима ће се илустровати методологија.

## 7. Утицаји комуналних отпадних вода на водне ресурсе Србије

Др Александар Ђукић

Република Србија је усвојила приступ заштите вода од загађивања који важи у ЕУ и који за крајњи циљ има постизање макар доброг статуса свих водних тела површинских и подземних вода. Овај амбициозни циљ треба постићи првенствено мерама смањења загађења која се уносе у воде, али и применом низа других техничких, организационих и административних мера у различитим сферама људске делатности. Очекиване промене климе и хидролошког режима могу даље заоштрили захтеве у погледу заштите вода од загађивања. Најважнија мера заштите вода од загађивања је сакупљање и пречишћавање отпадних вода. Ту посебан значај има сакупљање и пречишћавање отпадних вода које се генеришу у насељима (тзв. комуналне отпадне воде), укључујући отпадне воде из домаћинства, установа и дела привредних субјеката лоцираних у насељима. Ове отпадне воде се сакупљају канализационим системима и спроводе до водопријемника. Да би се спречили негативни утицаји комуналних отпадних вода на водопријемнике, њих је потребно пречистити до одређеног степена пре испуштања. Међутим, у погледу сакупљања и пречишћавања комуналних отпадних вода ситуација у Србији је веома неповољна: само око 60% становништва је прикључено на канализацију, индустрије често не третирају довољно своје отпадне воде пре њиховог упуштања у јавну канализацију, пречишћава се само око 1/7 генерисаних комуналних отпадних вода, а управљање канализационим муљевима није решено. Од укупно преко 350 планираних постројења за пречишћавање комуналних отпадних вода (ППОВ), израђено је мање од 50, од којих са неким ефектима пречишћавања, често мањим од потребног, ради мање од 30 ППОВ. По овим показатељима Србија се налази на самом зачељу Европе. Анализе показују да је испуштање комуналних отпадних вода главни извор притисака на водна тела у погледу органског загађења и нутријената, а у малој мери у погледу опасних и штетних материја. Резултати процене ризика показују да је око 50% водних тела површинских вода у Републици или „под ризиком” или „могуће под ризиком” од непостизања доброг статуса у категоријама органско загађење и загађење нутријентима, што недвосмислено указује на чињеницу да је најзначајнији антропогени притисак на водна тела површинских вода испуштање непречишћених комуналних отпадних вода. Ово води ка низу неповољних биолошких, еколошких и социо-економских ефеката. Овакво неповољно стање је

последица деценија подинвестирања и неадекватног управљања у области канализације и пречишћавања комуналних отпадних вода, што је оставило дубоке негативне последице у виду недовољне изграђености и недовољног одржавања канализације и ППОВ, неодговарајућег регулаторног и институционалног оквира, ниских капацитета надлежних јавних предузећа и органа у домену вода, али и пројектантских и извођачких капацитета у овој области. Протеклих година смо сведоци повећања инвестирања и убрзања активности на реализацији канализационих система и комуналних ППОВ, а извори финансирања су начелно обезбеђени за око 70% планираних ППОВ. Али системске реформе касне, а без њиховог спровођења и обезбеђења дугорочне финансијске одрживости сектора водовода и канализације неће бити могуће дугорочно одржати потребне ефекте смањења испуштања загађења из насеља у воде. Од предстојећих активности на овом пољу треба напоменути да су сви индустријски погони дужни да своје емисије ускладе са прописаним граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде најкасније до 31. децембра 2025. године. И на крају, али не мање важно, треба истаћи да посебан проблем представља недовољан обим мониторинга како количина тако и квалитета отпадних и природних вода, без чега није могуће правилно одредити статусе водних тела, нити проценити ефекте загађења на воде.

## **8. Индустријске отпадне воде**

Проф. др Драган Повреновић

По идеји академика Петра Стевановића, на прослави 60 година Српског геолошког друштва 1952. године, донета је одлука да се уради јединствена геолошка карта у размери 1 : 100000 за читаву територију СФРЈ. Уложена су, за време реализације пројекта, значајна финансијска средства, у реду величине 300 милиона долара, како би се добила информација о богатству којим држава располаже и које су биле брижљиво похрањене и чуване. Нажалост, када је реч о индустријским изворима загађења и испуштању отпадних вода, до данашњих дана наше друштво није у стању да направи договор и обезбеди сопствена средства да се на адекватан начин прикупе релевантни и проверљиви подаци, а посебно да се реализује квалитетно управљање овим сектором, као предусловом заштите здравља сопственог становништва, а које је свакако значајније од рудног богатства. Разлози за то су многоструки, али генерално, то су мноштво укључених институционалних субјеката са различитим позицијама, али и интересима, у области вода, као и перманентно тихо искључење домаћег стручног кадра у доношењу одлука и рада у овој области. То је условило непостојање јасне визије и плана

решавања проблема на свим нивоима и недовољне заинтересованости јавности. Последица тога је да не располажемо адекватним и употребљивим подацима о статусу индустријских отпадних вода, па самим тим контрола и праћење поступања са њима нису могући. За разлику од санитарних, које су приближно уједначеног квалитета и количина по једном становнику, индустријске отпадне воде, у зависности од производног процеса, могу значајно да варирају како у погледу количина, тако и у погледу садржаја загађујућих материја, што их чини знатно опаснијим по животну средину и најчешће оне доводе до појаве акцидената. У циљу стварања оквира за поступање са индустријским отпадним водама донета је Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање („Сл. гласник РС”, бр. 67/11, 48/12 и 1/16), која је обухватила 44 различите индустријске гране. Односи се на потребне нивое квалитета за испуштање отпадних вода у природне реципијенте, односно канализациони систем. Међутим, овом уредбом нису обухваћене рудничке отпадне воде при експлоатацији и преради металних минералних сировина, премда у Србији имамо неколико таквих локација, а потенцијално можда и више њих. Да би се задовољили критеријуми у наведеној уредби, индустријске отпадне воде потребно је пречистити до прописаног нивоа максимално дозвољених концентрација загађујућих материја. За пречишћавање оваквих отпадних вода могу бити коришћени и конвенционални процеси засновани на биолошким процесима, који се срећу и у пречишћавању санитарних отпадних вода још од двадесетих година прошлог века, као и напредне технике пречишћавања, које су настале у последњим деценијама, а које укључују развој нових система биолошких поступака, физичко-хемијских, оксидационих, као и мембранских процеса. Развој нових технологија условио је и настајање нових загађујућих материја, па самим тим и нових техника за њихово уклањање из воде. Нове инструменталне методе омогућиле су и детекцију раније непознатих загађивача и њихових концентрација, попут фармацеутика, на које се сада обраћа посебна пажња при пречишћавању отпадних вода. У поступку пречишћавања индустријских отпадних вода разликује се линија воде и линија муља, тј. заосталог материјала након пречишћавања. У зависности од типа индустрије, тај заостали материјал може имати и карактеристике опасног отпада, са којим се мора посебно поступати, а што, као и сам третман воде, захтева одређене трошкове. У овом тренутку, већина индустријских погона који се граде, као и оних који би своје производе да пласирају на инострано тржиште, примењујући различите стандарде квалитета, развијају своје системе за пречишћавање отпадних вода. Од свих индустријских отпадних вода, по слободној процени, у недостатку релевантних података, на задовољавајући начин се не пречишћава ни 20%, и то у условима укупно смањене индустријске производње код нас.

## 9. Утицај рударско-металуршких активности на животну средину у источној Србији

Проф. др Снежана Шербула

Вода, ваздух и земља су основна три животна ресурса, међусобно повезана и у сталном контакту. Источна Србија је девастирана током више од 120 година рударства и металургије, које су неповољно утицале на воду, ваздух и земљиште. Рударство мења велике површине рељефа, а у атмосферу се емитују прашина, суспендоване честице и гасови, који нису природни састав ваздуха. На подручју Бора и околине експлоатише се сулфидна руда бакра (ковелин, халкозин, халкопирит, арсенопирит итд.), па се металуршким третманом добијају велике количине  $\text{CO}_2$ , који је узрок киселих киша и промене рН вредности површинских вода. У раду су приказани резултати вишегодишњег праћења концентрација загађујућих материја у Борској регији. Концентрације  $\text{CO}_2$ , PM10 и токсичних елемената As, Pb и Cd у узорцима PM10 праћене су на осам различитих локација у односу на топионицу бакра, у периоду од 1995. до 2023. године. Процена квалитета ваздуха је извршена у односу на одговарајуће граничне вредности и показује епизоде екстремног загађења ваздуха  $\text{CO}_2$ , PM10, As, Pb и Cd, који су и даље присутни на средњем годишњем нивоу.

Отпадне воде произведене рударским и металуршким третманом полиметаличних сулфидних руда загадиле су Кривељску и Борску реку. Резултати физичко-хемијског састава вода, на шеснаест локација, где се изливају отпадне воде површинских копова Церово, Велики Кривељ и воде са флотацијских јаловишта, показују изразито високе вредности. Повишене концентрације јона бакра и кадмијума забележене су на свим местима узорковања, док је цинка, гвожђа и никла било само на појединим мерним местима. Токове отпадних вода из рударства и металургије у Бору, рударско-металуршки басен је приказивао као губитке метала (Cu, Fe и Zn) по години производње, без бојазни о утицају на животну средину. Анализирана је река Тимок после улива Борске реке, а такође и ушће Тимока у реку Дунав. Класификација и еколошки статус анализираних реке, као и узорци воде с обзиром на измерене параметре, дефинисани су према српским прописима. Еколошки статус Кривељске реке, посебно после дотока свих отпадних вода у односу на рН вредности Cu, Zn и Fe, био је лош (V класа вода), а у случају садржаја Ni и Cd речна вода припадала је III и IV класи вода. Рударски и металуршки печат на локалним водотоцима огледао се у лошем еколошком статусу (V класа) Борске реке, пре слива са реком Тимок, с обзиром на рН вредности, као и Cu, Fe, Mn концентрације, у скоро свим месецима узорковања. На међународном нивоу, релативно добро еколошко стање

речне воде на ушћу реке Тимок у реку Дунав било је најзначајније, пошто је река Тимок гранична река са Бугарском. Узоркована вода је класе I, II или III с обзиром на рН вредности, класа I или II према садржају Cu, класа I у погледу садржаја As и Zn, и класа II с обзиром на садржај Fe. Добијени резултати су показали да су сва оптерећења загађења претежно остала у близини извора загађења, па би се могло говорити о локалном карактеру загађења пореклом из рударских и металуршких отпадних вода. Рудник бакра у Мајданпеку има велики утицај на реку Велики Пек. Узорци вода су анализирани како би се одредила концентрација јона тешких метала и рН вредност и одредио њихов утицај на реципијент.

На испитиваном подручју Бора и околине, на различитим удаљеностима од рударско-металуршког басена, одлагалишта раскривке са површинских копова руде бакра и флотацијских јаловишта, обављено је узорковање земљишта и биљног материјала. Резултати испитивања биљног материјала (дрвенастих, зељастих и жбунастих биљака) и земљишта указују да су Cu, Pb, As и Cd главне загађујуће материје у испитиваној области. Узорковање је спроведено на локацијама распоређеним у пет зона са различитим нивоима загађења. Cu и As су били присутни на свим локацијама и зонама узорковања делова биљака и земљишту.

## **10. Здравствени аспекти квалитета и доступности воде за пиће у оквиру спровођења националних циљева Протокола о води и здрављу**

Прим. др Елизабет Пауновић

Универзалан и правичан приступ довољним количинама безбедне воде за пиће и адекватним санитарним условима основна су људска права призната на нивоу Уједињених нација. Неопходно је да их као таква и посматрамо у целини, јер је њихов утицај на здравље неодвојив.

Задовољавајући квалитет воде за пиће један је од основних предуслова за здравствену безбедност, имајући у виду разне компоненте, од присуства неких природних састојака воде, као што су арсен и флуориди, као и антропогених супстанци, као што су олово из водоводних цеви, нитрати и друге материје из пољопривредних и индустријских активности, до микробиолошке исправности. Поред тога, на квалитет и доступност воде за пиће утичу и глобални трендови као што су пораст броја становника, урбанизација и климатске промене, а у нашој земљи и неравномерност урбаног и руралног развоја.

Важан стратешки јавноздравствени оквир за дефинисање приоритетних проблема утицаја воде за пиће и санитације на здравље у Републици Србији представља Протокол о води и здрављу, уз Конвенцију о заштити и коришћењу прекограничних водотокова и међународних језера.

Република Србија је ратификовала Протокол 2013. и дефинисала националне циљеве 2015. године. У оквиру имплементације, један од проблема на којем је рађено је и исправност воде за пиће у сеоским подручјима, где живи око 40% становника Србије. Установљено је да је у сеоским подручјима само 67% узорака воде из водовода и 68% из појединачних извора било микробиолошки исправно. Градски водоводни системи имају знатно бољу микробиолошку исправност (око 96%). Што се тиче физичких и хемијских параметара, ту је само 56% узорака из водовода и 29% из појединачних извора исправно (у већим градовима је 90%). Свеукупно (микробиолошки, физички и хемијски), исправно је било само 37% узорака из водовода и 17% из појединачних извора. У закључцима ове анализе се констатује да је неопходно применити управљање снабдевањем водом за пиће, базирано на процени здравствених ризика, што се код нас не ради, а да је инструмент за овај приступ израда планова за сигурно снабдевање водом за пиће који морају да садрже и процену здравствених ризика, и то на целом путу, од водозавхвата до потрошача.

Још једна важна област обухваћена националним циљевима је и побољшање стања у образовним установама. Квалитет и доступност воде за пиће и санитације у школама и предшколским установама су предуслови за здравље деце, њихов раст и развој, физичко и ментално благостање, учење и достојанство. Спроведено истраживање показује да већина сеоских школа у Шумадији и Поморављу пружа водоснабдевање, канализацију и хигијену на основном нивоу. Установљено је да један од седам ученика уопште не пије воду у школи, да више од половине ученика не користи тоалет свакодневно и да више од једне четвртине не пере руке у школи.

Ови услови (адекватно водоснабдевање, квалитет санитарних услуга и хигијене) од суштинског су значаја и у здравственим установама. Иако ова област није обухваћена националним циљевима Протокола о води и здрављу, важно је споменути и да је Национално истраживање о води, санитацији и хигијени у здравственим установама у Републици Србији спроведено 2019. године. Истраживање је показало такође диспарат између руралних и урбаних здравствених институција. Дефинисан је низ подручја у којима не постоје национални стандарди (планови за безбедно снабдевање водом за здравствене установе, начини дезинфекције и третман отпадних вода, стандарди за број славина, тоалета и купатила по пацијенту и по запосленом итд.).



Имајући у виду сложеност и повезаност процеса који утичу на здравље, неопходно је да постоји јавноздравствена систематска контрола водоснабдевања, санитације и хигијене, базирана на процени здравствених ризика и примени савремених приступа рефлектованих у међународним документима.

## **11. Значај процене здравственог ризика услед изложености загађивачима у води за пиће**

Проф. др Драгана Јовановић

Процена здравственог ризика услед изложености разним штетним хемикалијама, полутантима у води за пиће, храни или ваздуху, нарочито оним канцерогеним, представља кључни доказ и поуздану информацију за одлучивање о приоритетима код улагања у одговарајуће пројекте попут нпр. пројеката водоснабдевања у случају дугогодишњих повећаних нивоа арсена у води за пиће у Војводини.

Арсен је сврстан од стране IARC (*The International Agency for Research on Cancer*) у групу 1 канцерогена. Ефекти дуготрајне изложености арсену обухватају: гастроинтестинална оштећења/болести (нарочито јетре); кожне болести; болести нервног система – прогресивне периферне неуропатије и ментална оштећења са когнитивним дефицитима, нарочито код деце; респираторне болести: астма, ХОБП, инфекције, карцином плућа; КАВС болести; шећерну болест; и низ малигнух болести. Важни репродуктивни/развојни поремећаји су веће стопе спонтаних побачаја, мања телесна маса новорођенчади, а како арсен пролази кроз плаценту, може узроковати урођене мане. Степен оштећења органа је у корелацији са нивоом прекорачења ГДВ арсена у води за пиће и са периодом експозиције.

Годинама је актуелан проблем арсена у води за пиће, који је пореклом из подземних вода у Војводини. Концентрације арсена у тим подземним водама је и до 270  $\mu\text{g}/\text{L}$ , а више од 600.000 становника Војводине (40%) пије воду са концентрацијом арсена изнад ГДВ 10  $\mu\text{g}/\text{L}$ .<sup>1</sup> Испитивање узорак воде за пиће по окрузима 2022. године указује да је физичко–хемијски неисправно у Севернобанатском округу 94,5% узорак, Средњебанатском 92,3%, Јужнобанатском 43,1%, Севернобачком 46,8%, Западнобачком 40,9%, Јужнобачком 16,6%, и Сремском округу 33,3%, а у осталим деловима Републике само до 10% узорак. Око 34% свих незаразних болести у Србији (кардиоваскуларне, малигне и респираторне) евидентира се у Војводини, у којој живи 26% становника Србије. Највише стопе оболевања од малигнух болести код мушкараца су управо у Севернобанатском и Севернобачком



округу, а код жена у Западнoбачком округу, док су највише стопе умирања код оба пола у Севернoбанатском и Средњeбанатском округу.<sup>2</sup> Доказан је значајно повећан ризик од малигних и кардиоваскуларних болести због арсена у свим местима са концентрацијом арсена у води за пиће преко 30  $\mu\text{g}/\text{L}$ , а такође и директна корелација са оболевањем од шећерне болести.<sup>3</sup>

Мађарска је, за разлику од Србије, спровела Програм за побољшање квалитета воде за пиће како би смањила нивое арсена у води за пиће испод ГДВ, број насеља снабдевених водом за пиће која садржи арсен изнад ГДВ смањило се са 307 на 55 између 2007. и 2017. године, а тиме је, како су показале процене ризика, значајно смањила број оболелих од карцинома коже, плућа и мокраћне бешике, као и морталитет од исхемијске болести срца везане за хронични унос арсена.<sup>4</sup>

Наведени подаци јасно указују да је за одговарајућу израду пројеката и планова за сигурно снабдевање водом за пиће, кључан елемент управо системска процена здравствених ризика на целом путу, од водозавхвата до потрошача, која се код нас не ради.

1. Arsenic contaminated groundwater in Serbia and the application of pilot scale investigations in the search for sustainable water supply solutions. M. Watson, A. Tubic, J. Nikic, J. Agbaba & B. Dalmacija u: Arsenic in the Environment: Bridging Science to Practice for Sustainable Development 2023.

2. ЗДРАВСТВЕНО-СТАТИСТИЧКИ ГОДИШЊАК РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ 2022. Институт за јавно здравље Србије „Др Милан Јовановић БАТУТ”, 2023.

3. Arsenic in Tap Water of Serbia's South Pannonian Basin and Arsenic Risk Assessment. P Papić, M Ćuk, M Todorović et al. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 21, No. 6 (2012), 1783-1790.

4. Health and economic gain attributable to the introduction of the World Health Organization's drinking water standard on arsenic level in Hungary: A nationwide retrospective study on cancer occurrence and ischemic heart disease mortality. László Pál, Tibor Jenei, MartinMcKee et al. Science of the Total Environment 851 (2022) 158305.





