

Razdvajanje industrijskog rasta od uticaja na životnu sredinu: Studija slučaja za sliv Južne Morave

Nebojša D. Veljković, Milorad M. Jovičić

Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd, Srbija

Izvod

Predmet istraživanja u ovom radu je prikaz koncepta razdvajanja industrijskog rasta od uticaja na životnu sredinu kreiranjem i izračunavanjem odgovarajućih indikatora na primeru aglomeracija sliva Južne Morave za period koji obuhvata tri prethodne dekade. Vrednosti indikatora razdvajanja identifikuju najmanje razdvajanje u prvoj dekadi (1981–1990) koju karakteriše najveći porast fizičkog obima industrijske proizvodnje (*indexIND*) i najslabiji kvalitet vodotokova sliva (${}_sSWQI_{rb}$). Istraživanje potvrđuje značaj primene koncepta razdvajanja ekonomskog rasta od uticaja na životnu sredinu. Uzimajući u obzir veoma nizak nivo prečišćenih u odnosu na ukupne količine otpadnih voda, indikatori razdvajanja identifikuju izazove sa kojima ćemo se suočavati u daljem periodu. Indikatori razdvajanja služiće donosiocima političkih odluka i stručnoj javnosti kao ključni alat za proveru uspešnosti politike zaštite vodnih resursa.

Ključne reči: razdvajanje, uticaj na životnu sredinu, industrijski rast, rečni sliv.

Dostupno na Internetu sa adrese časopisa: <http://www.ache.org.rs/HI/>

U okviru domena održivog razvoja rasprava je osamdesetih godina prošlog veka započela pitanjem definicije i proširila se na određivanje indikatora kvalitativnih promena koje dovode do degradacije životne sredine, a rezultat su ekstenzivnog privrednog razvoja i neracionalne upotrebe prirodnih resursa. Završnim dokumentima sa konferencija o životnoj sredini i razvoju, Svetski samit o održivom razvoju RIO, RIO+10, RIO+20 održanih 1992, 2002 i 2012. godine, savremeni svet se opredelio za koncept održivog razvoja koji je usmeren ka očuvanju ekosistema i korišćenju prirodnih resursa u skladu sa ograničenjima prirode. Na osnovu dokumenta sa prve konferencije tokom devedesetih godina XX veka pojavili su se brojni programi koji su imali za cilj izradu kvalitativnih indikatora održivog razvoja. Opšte prihvaćeni pojam održivi razvoj je poseban razvojni koncept i zahteva kompozitne indikatore koji pokazuju uzročno-posledične veze između ekonomije, ekologije i društva. Ujedinjene nacije od 1996. godine objavljuju periodično vodič i metodologiju za izradu socioekonomskih i ekoloških indikatora pod nazivom *CSD Indicators of Sustainable Development* [1]. Očigledno je koncept ljudskog razvoja mnogo složeniji nego što se to može shvatiti iz bilo kog zbirnog ekonomskog indeksa ili iz detaljnih prikaza skupova socioekonomskih statističkih i ekoloških pokazatelja. Nova UNEP inicijativa ima za cilj da ukaže na značaj koncepta kojim se razdvajaju tendencije indikatora ekonomskog

STRUČNI RAD

UDK 338.45:502.131.1(497.11)

Hem. Ind. 69 (5) 493–502 (2015)

doi: 10.2298/HEMIND140526065V

rasta od indikatora upotrebe resursa i degradacije životne sredine [2]. Predmet istraživanja u ovom radu je koncept razdvajanja tendencija indikatora industrijskog rasta i indikatora kvaliteta životne sredine na primeru aglomeracija sliva Južne Morave za period koji obuhvata tri prethodne dekade. Cilj istraživanja je kreiranje indikatora razdvajanja koji će služiti donosiocima političkih odluka i stručnoj javnosti kao ključni alat za proveru uspešnosti politike zaštite vodnih resursa.

Osnova koncepta razdvajanja u oblasti životne sredine

Korišćenje resursa ima više različitih potencijalnih uticaja na životnu sredinu. Sposobnost prirodnog okruženja da apsorbira ostatke od upotrebe prirodnih resursa (emisija i otpad) je ograničena ekološkim kapacitetom. Do zagađenja životne sredine dolazi ako porast količine ostataka prevazilazi ekološki kapacitet. Trenutno ne postoji opšte prihvaćena standardizovana metodologija za upoređivanje različitih međusobnih uticaja. Štaviše, još uvek svi uticaji na životnu sredinu u potpunosti nisu istraženi a neke posledice eksploatacije i upotrebe resursa uključuju mnoge složene interakcije u ekosistemu koje je teško kvantifikovati i modelirati. Životni ciklus materije (sirovine) podrazumeva nekoliko faza, od eksploatacije preko tehnoloških procesa proizvodnje, korišćenja i odlaganja otpada od kojih sve faze imaju različite uticaje na životnu sredinu. Opšta iskustva govore da povećanje korišćenja resursa dovodi do povećanja negativnih uticaja na životnu sredinu, osim ako se odgovarajućim tehnološkim merama ne smanje uticaji, odnosno smanje uzročno-posledične veze između upotrebe resursa i uticaja na životnu sredinu. Jedan od ključnih ciljeva politike koja se odnosi na upravljanje i korišćenje prirodnih resursa je razdvajanje

Prepiska: N.D. Veljković, Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Agencija za zaštitu životne sredine, Ruže Jovanović 27a, 11160 Beograd, Srbija.

E-pošta: nebojsa.veljkovic@sepa.gov.rs

Rad primljen: 26. maj, 2014

Rad prihvaćen: 5. septembar, 2014

tendencija indikatora ekonomskog rasta od indikatora kvaliteta životne sredine i indikatora korišćenja resursa (Slika 1) [3].

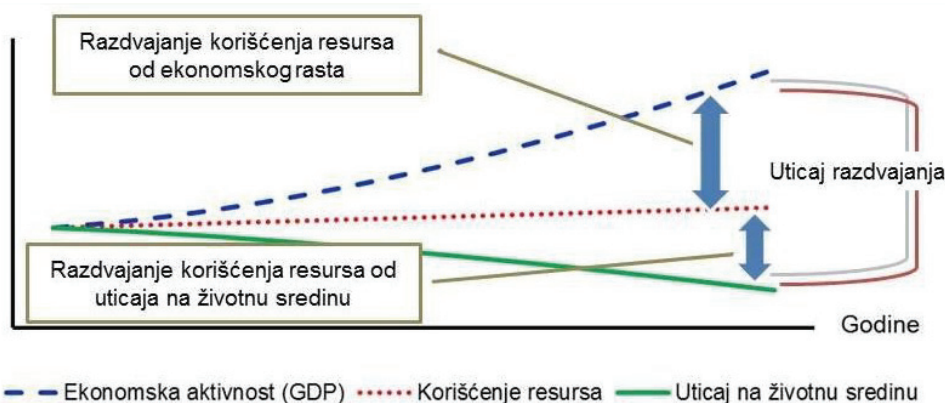
Gornja isprekidana linija dijagrama predstavlja ekonomski rast izražen kao povećanje BDP, srednja isprekidana linija predstavlja korišćenje resursa, dok donja puna linija pokazuje smanjenje uticaja na životnu sredinu tokom vremena. Kako strategija održivog razvoja ima za cilj smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu, koncept razdvajanja tendencija indikatora ekonomskog rasta od indikatora korišćenja resursa i uticaja na životnu sredinu postaje instrument za praćenje ostvarenja ciljeva strategije. Imajući u vidu sadašnji nivo ekonomskog rasta u razvijenom svetu verovatno je da će biti potrebno kombinovati dva različita procesa razdvajanja, tendencije indikatora korišćenja resursa od indikatora ekonomskog rasta i tendencija indikatora korišćenja resursa od indikatora uticaja na životnu sredinu, da bi se postiglo smanjenje uticaja na životnu sredinu. Grafički prikaz ilustruje kako se indikatori koji vrednuju ove procese mogu kombinovati sa ciljem da se prikažu uticaji. Izazov ovog koncepta nije teorijski pristup, već kreiranje indikatora koji vrednuju odgovore društva obuhvaćenih merama na zaštiti životne sredine.

Koncept razdvajanja otvara mnoga pitanja na temu da li postoji mogućnost dostizanja održivog stepena ekonomskog rasta uz istovremeno očuvanje visokih standarda kvaliteta životne sredine. Da li će svet moći da izdrži ekonomski razvoj bez iscrpljivanja resursa ili će doći do nepopravljive degradacije životne sredine? Koje su metode kvantifikacije odgovarajuće za razne tipove izvora zagađenja? Dosadašnja istraživanja u oblasti kontrole zagađenja, uglavnom, su bila usmerena na tačkaste izvore zagađenja, čija je lokacija poznata i lako uočljiva, a njihovo zagađenje se kvantifikuje rutinskim laboratorijskim postupcima. Tačkasti tipovi zagađenja, kao što su efluenti iz javnih kanalizacionih sistema i industrije, i iz uređaja za prečišćavanje komunalnih i industrijskih otpadnih voda, kao i drugi izvori koji direktno ispustaju zagađene otpadne vode u vodoprijemnike

predstavljaju izvore zagađenja koji su zakonski pokriveni obavezama kontrole i izveštavanja o uticaju svojih delatnosti na kvalitet životne sredine, ali i o ekonomskim pokazateljima poslovanja. Sa druge strane, difuzno zagađenje nastaje iz difuznih (netačkastih, rasutih) izvora koji ne potiču iz jedne tačke, već su prostorno široko rasprostranjeni. Difuzno zagađenje, može poticati iz istaloženih zagađujućih materija u sedimentu jezera, reka, močvara, i iz atmosferskih depozicija. Javlja se, takođe, u oticaju sa urbanih površina (ulica, parking prostora, krovova, travnjaka, kućnih vrtova i bašti i sl.), u oticaju i procednim vodama sa gradilišta i deponija, poljoprivrednih površina, seoskih dvorišta, stočnih farmi, sa lokaliteta rudnika, i sa površina gde se vrši rasad i odvija seča šuma. Difuzno zagađenje je po svojoj prirodi složeno i kvantifikacija izvora količine zagađenja koje prođe u određenom vremenskom intervalu kao posledica oticaja sa definisanog prostorno ograničenog područja podrazumeva kontinualno merenje protoka i koncentracije zagađenja u vodotoku. Postoje različita ograničenja za ovakav pristup, a pre svih finansijska, ali i nedostatak ostalih informacija na ruralnom području. Zato se u savremenoj praksi pristupa modeliranju difuznog zagađenja kao načinu procenjivanja masenog protoka [4].

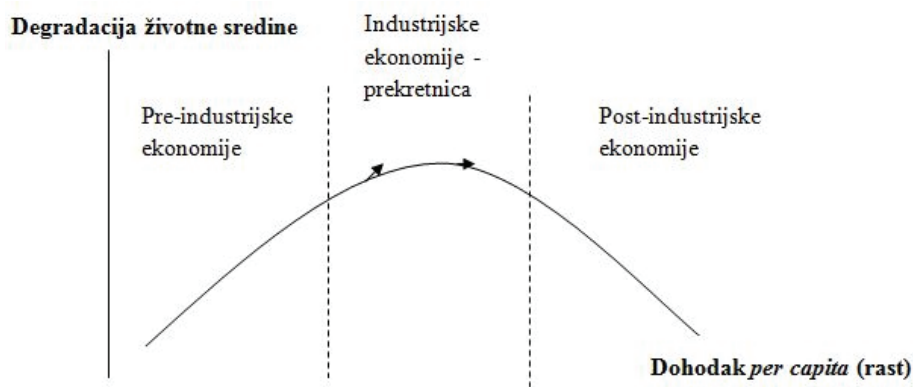
U setu otvorenih pitanja sledeće je, verovatno, najvažnije: Koji je odnos između zahteva stalnog povećanja dohotka i kvaliteta životne sredine? U tom smislu se istorija savremenog razvoja ljudskog društva, prema stepenu ekonomskog razvoja zemalja, može podeliti na pre-industrijske ekonomije, industrijske ekonomije i post-industrijske ekonomije (Slika 2).

Da li se degradacija životne sredine povećava ujednačeno, smanjuje ujednačeno ili prvo povećava pa onda smanjuje u toku razvoja jedne ili više zemalja, može se posmatrati na tzv. Kuznetsovoj krivoj životne sredine (*Environmental Kuznets Curve*, EKC), koja se poklapa sa smerom krive industrijskog razvoja (Slika 2) [5]. Prema Kuznetsu, ekonomije u tranziciji nalaze se na levoj strani prekretnice EKC, to jest na uzlaznom delu



Slika 1. Razdvajanje ekonomskog rasta od korišćenja resursa i uticaja na životnu sredinu.

Figure 1. Decoupling of environmental impact of resource use from economic growth.



Slika 2. Kuznecova kriva životne sredine – odnos razvoja i životne sredine.

Figure 2. The Environmental Kuznets Curve - a development and environment relationship.

krive industrijskog rasta, gde se rast ostvaruje narušavanjem kvaliteta životne sredine. Suprotno tome, tržišno razvijene ekonomije se nalaze desno od prekretnice, na silaznom delu krive EKC. Međutim, moguće je i da zemlje koje ostvaruju niski dohodak smanje negativan uticaj na životnu sredinu uz ekonomski rast, ako uspeju da smanje zagađenje životne sredine istovremeno uz ekonomski rast. To može da bude ostvareno strukturalnim i tehnološkim promenama i promenom politike ili kombinacijom istih.

U klasičnoj ekonomskoj teoriji rasta, industrija se smatra vodećom oblašću privređivanja sa dominantnom ulogom u formiranju bruto domaćeg proizvoda (BDP) i rasta, učešću u proizvodnim fondovima, zaposlenosti i investicionim ulaganjima. Ocena dostignutog nivoa industrijske razvijenosti neke zemlje se tako bazira na komparativnoj analizi sintetskih pokazatelja koji ukazuju na stepen razvijenosti industrije, a definišu ih pokazatelji uspešnosti, kao što su: stepen industrijske zaposlenosti (nivo industrijalizacije), produktivnost rada, fizički obim proizvodnje, tehnička opremljenost rada, kao i niz proizvodnih faktora koji indirektno ukazuju na nivo razvijenosti. Jedna zemlja može da ima visok BDP koji se bazira na proizvodnji i uslugama koje se ne zasnivaju na prljavim tehnologijama i ne produkuju zagađenje, a sa druge strane zemlja sa nižim BDP može imati dominantnu industrijsku proizvodnju sa zastarelom i „prljavom tehnologijom“. Kao grana privrede savremena industrijska proizvodnja je uglavnom materijalno-intenzivnog karaktera sa velikim utroškom sirovina, energije, vode i istovremeno najčešće prekomerne nekontrolisane emisije zagađujućih materija u vazduh, površinske i podzemne vode. Porast industrijske aktivnosti ne mora nužno da utiče na kvalitet vodoprijemnika ukoliko se primenjuju mere prečišćavanja izlivenih otpadnih voda, odnosno ukoliko je „odvojen“ uticaj na kvalitet vodotokova. Predmet istraživanja u ovom radu je prikaz koncepta razdvajanja tendencija industrijskog rasta i uticaja na kvalitet vodo-

tokova kreiranjem i izračunavanjem odgovarajućih indikatora. Primenjen metodološki pristup treba da na najbolji način identifikuje da li je industrijska aktivnost „odvojena“ od uticaja na kvalitet vodotokova kao prijemnika otpadnih voda iz aglomeracija sliva Južne Morave.

RAZDVAJANJE INDUSTRIJSKOG RASTA OD UTICAJA NA KVALITET VODOTOKOVA SLIVA JUŽNE MORAVE

Osnovne karakteristike industrijskog razvoja aglomeracija sliva Južne Morave

Industrijska struktura Srbije je uglavnom formirana u dolinama reka Dunava, Morave i Save, što predstavlja dunavsko-moravski razvojni pojas. Aglomeracije sliva Južne Morave obuhvataju tri glavna industrijska centra na osovini Niš–Leskovac–Vranje. Ovi industrijski centri su komunikaciono i infrastrukturno dobro povezani sa ostala dva manja centra Pirotom i Prokupljem, čineći razvojni „kostur“ privrednih delatnosti područja sliva Južne Morave. Industrijska struktura je koncentrisana oko razvoja nekoliko grana sa jasno izraženom podelom na funkcionalna područja koja su bliska administrativnim okruzima (Pčinjski, Jablanički, Nišavski, Toplički i Pirotski). U južnom delu prostora aglomeracija dominira pomoćna, tradicionalna i delom propulzivna industrija: tekstilna, metaloprerađivačka, drvna i prehrambena industrija sa centrima Leskovcem i Vranjem. Severni deo je sa propulzivnom i pomoćnom industrijom i manjim brojem tradicionalnih industrija: elektronskom, mašingradnjom, tekstilnom, metaloprerađivačkom i proizvodnjom gume sa centrom u Nišu i dva manja centra u Pirotu i Prokuplju.

Prema pojedinim pokazateljima razvoja industrije, južni deo aglomeracije je u periodu od 1976. do 1990. godine bio industrijski najslabije razvijen u Srbiji sa stopom industrijskog rasta od 4,5%. U kraćem periodu analize od 1976. do 1985. godine industrijski rast je pokazivao 10,5% zadovoljavajućih razvojnih perfor-

mansi. Industrijski razvoj severnog dela sa centrom u Nišu, u periodu od 1976. do 1990. godine zasnivao se na niskim stopama ekonomske aktivnosti, tada merene rastom tzv. društvenog proizvoda od 5,2%. U periodu od 1976. do 1985. godine dinamika rasta industrijskog proizvodnje od 6,9% je bila ispod proseka industrije Srbije [6]. Tendencije industrijskog razvoja administrativnog područja sliva Južne Morave u prethodnim decenijama pokazuju da su rad i kapital kao proizvodni činioci tada ostvarili dominantan uticaj, dok je tehnički progres u velikoj meri izostao. To je delom posledica opadanja opšte produktivnosti proizvodnih faktora usled delovanja ekonomske recesije započete 1986. godine.

Na administrativnom području sliva Južne Morave industrija je uglavnom locirana u okviru planski određenih industrijskih zona ili na granici sa stambenom zonama i najčešće je povezana na komunalnu vodovodnu i kanizacionu infrastrukturu. Uticaj industrijskih otpadnih voda je na taj način usmeren preko zajedničkog ispusta u najbliži vodoprijemnik predstavljajući najznačajnije zagađivače površinskih voda u kvalitativnom i kvantitativnom smislu. Prema stepenu doprinosa u zagađenju otpadnih voda stanovništvo je u ovom slučaju konstantna promenljiva u odnosu na industriju, jer promena broja stanovnika priključenih na opšti kanizacioni sistem dovodi do neuporedivo manjeg uticaja na kvalitet ispuštenih otpadnih voda. Uz opšte karakteristike industrijske proizvodnje značajno je da je stepen prečišćavanja-predtretmana industrijskih otpadnih voda toliko minoran, da se može reći da faktički i ne postoji, i da se može samo govoriti o prečišćavanju komunalnih otpadnih voda. Raspored komunalnih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (KPPOV) u slivu Južne Morave sa brojem stanovnika priključenih na njihove kanizacione sisteme i ostvareni efekti prečišćavanja izraženi u ekvivalentnim stanovnicima (ES) daju sliku mera koje su preduzete na zaštiti voda. U slivu Južne Morave je u funkciji 6 KPPOV, i to: Bela Palanka (8.195 stan., 11.200 ES), Vlasotince (11.349 stan., 4.200 ES), Dimitrovgrad (6.759 stan., 5.320ES), Medveđa (2.529 stan., 1.680 ES), Sokobanja (7.375 stan., 2.100 ES) i Surdulica (11.241 stan., 5.250 ES) [7].






Ocena kvaliteta vodotokova sliva Južne Morave

Za ocenu kvaliteta vodotokova sliva Južne Morave korišćen je indikator *Serbian Water Quality Index* (SWQI) koji je namenjen izveštavanju javnosti, stručnjaka i donosioca političkih odluka (lokalna samouprava, državni organi). Dosadašnja istraživanja i objav-

ljeni rezultati pokazuju da se primenom ove metode može dobiti sveobuhvatna predstava stanja kvaliteta površinskih voda sa analizom trenda [8]. Metodom SWQI deset odabranih parametara (zasićenost kiseonikom, BPK_5 , amonijum jon, pH vrednost, oksidi azota, ortofosfati, suspendovne materije, temperatura, elektroprovodljivost i koliformne bakterije) svojim kvalitetom (q_i) reprezentuju osobine površinskih voda svodeći ih na jedan indeksni broj. Udeo svakog od deset odabranih parametara na ukupni kvalitet vode nema isti relativni značaj, zato je svaki od njih dobio svoju težinu (w_i) i broj bodova prema udelu u ugrožavanju kvaliteta. Sumiranjem proizvoda ($q_i w_i$) dobija se indeks 100 kao idealan zbir udela kvaliteta svih parametara [9]. Kvalitet voda je na osnovu ove skale prema nameni i stepenu kvaliteta razvrstan u pet opisnih indikatora (Tabela 1).

Tabela 1. Numerički i opisni indikator kvaliteta površinskih voda Serbian Water Quality Index

Table 1. Numerical and descriptive indicator of surface water quality Serbian Water Quality Index

Numerički indikator	Opisni indikator	Boja
100–90	Odličan	
84–89	Veoma dobar	
72–83	Dobar	
39–71	Loš	
0–38	Veoma loš	

Kvalitet vode na pojedinačnim mernim stanicama reka u slivu je pod antropogenim uticajem, a zavisi i od hidroloških uslova. Kod izračunavanja srednje vrednosti indikatora SWQI rečnog sliva, za hidrološki ciklus (sezonski), potrebno je uzeti u obzir i uticaj proticaja na mernim stanicama sliva sa kojih se osrednjava kvalitet (Slika 3).

Reka sa većim proticajem ima veći uticaj na opšti nivo kvaliteta celog sliva. Zbog toga je metodološkim pristupom usvojena metoda ponderisanja indikatora $SWQI_{1-k}$ sa svake stanice, uzimajući u obzir proticaje sa svake pripadajuće merne stanice. Indikator $SWQI_{1-k}$ za svaku mernu stanicu se ponderiše (vaga) ponderacionim faktorom proticaja, koji se dobija iz odnosa proticaja date merne stanice i odgovarajućeg proticaja na izlaznom profilu sliva. Na ovaj način se izračunavanjem srednje vrednosti kvaliteta vode na nivou sliva, metodom ponderisanja, kvalitetu vode dodeljuje proticaj kao odgovarajući faktor važnosti [10]. Formula za proračun indikatora $SEASONAL\ SWQI_{RIVER\ BASIN\ (rb)}$ postupkom ponderisane aritmetičke sredine biće:

$$S_{SWQI_{RB}} = \frac{SWQI_1 \times \alpha_1 + SWQI_2 \times \alpha_2 + \dots + SWQI_i \times \alpha_i + \dots + SWQI_k \times \alpha_k}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i + \dots + \alpha_k} = \frac{\sum_{i=1}^k SWQI_i \times \alpha_i}{\sum_{i=1}^k \alpha_i}$$



Slika 3. Aglomeracije sliva Južne Morave sa mernim stanicama za kontrolu površinskih voda.

Figure 3. The agglomeration of the Južna Morava basin with the measuring stations of surface water control.

gde je: ${}_sSWQI_{RB}$ sezonski indikator kvaliteta vode rečnog sliva, $SWQI_{1-k}$ indikator kvaliteta vodotoka na mernim stanicama sliva, a α_{1-k} ponderacioni faktor proticaja.

Ovako sračunat ${}_sSWQI_{RB}$ za ceo rečni sliv uzima u obzir odgovarajuće važnosti pojedinih proticaja na mernim stanicama, tako što proticaj kao relativni ponder pokazuje odgovarajući udeo pojedinačnog proticaja sa te merne stanice na kvalitet rečnog sliva kao celine. Za određivanje mogućeg trenda promene kvaliteta (rastući, opadajući ili beznačajan) korišćen je neparametrijski Mann–Kendall test. Ova metoda omogućuje testiranje hipoteze o postojanju trenda zajedno sa neparametrijskom Sen’S metodom za ocenu nagiba (intenziteta) trenda. Sen’S metodom za neparametrijsku ocenu nagiba izračunavaju se nagibi svih parova vremenskih tačaka, a zatim se prosek (medijana) ovih nagiba koristi kao ocena ukupnog nagiba. [11,12].

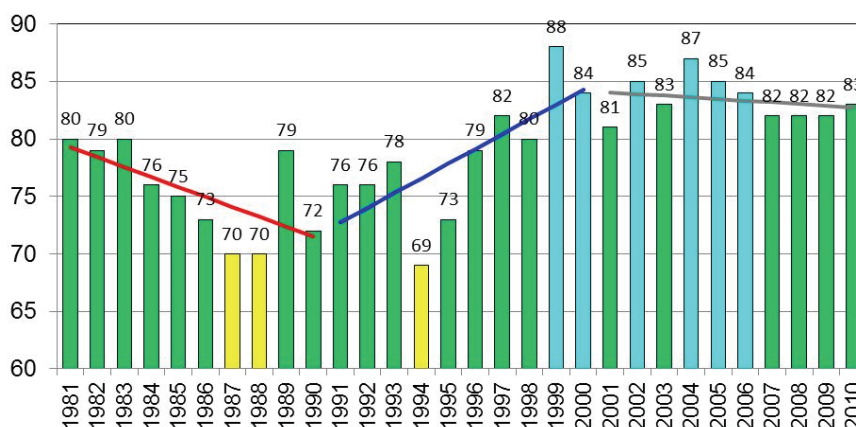
Istraživanje obuhvata analizu kvaliteta vodotokova sliva prema odgovarajućim parametrima metodom *Serbian Water Quality Index* izračunavanjem indikatora $SWQI_{1-k}$ za svako merno mesto na mesečnom nivou [13]. Postupkom ponderisane aritmetičke sredine sračunat je sezonski indikator kvaliteta vode rečnog sliva

${}_sSWQI_{RB}$ za malovodni (jun–decembar), viševodni (januar–maj) i godišnji (januar–decembar) period. Rezultati istraživanja za godišnji period su prezentovani na histogramu (Slika 4).

Sezonski indikator ${}_sSWQI_{RB}$ za sliv Južne Morave pokazuje jasno izraženu promenu trenda kvaliteta vode po dekadama (Mann-Kendall test): osamdesete – opadajući, devedesete – rastući, prva dekada novog veka – beznačajan (Slika 4, Tabela 2).

IDENTIFIKACIJA RAZDVAJANJA – REZULTATI I DISKUSIJA

Da bi se sagledao doprinos industrije razvoju privrede i njenom uticaju na kvalitet vodotokova u slivu, kao posledica izlivenih otpadnih voda, potrebno je izabrati ključni indikator efikasnosti razvoja industrije. Pojam efikasnosti razvoja industrije je kompleksan pojam koji definiše uspešnost u realizovanju niza zadataka: brzine i dinamike razvoja industrije, dinamike izmene njene strukture (od tradicionalne do napredne industrije), doprinosa industrije porastu nacionalnog dohotka, povećanje broja zaposlenih i promeni kvalifikacione strukture, dinamike porasta spoljno-trgovinske

Slika 4. Vrednosti $sSWQI_{RB}$ – sezonskog indikatora kvaliteta sliva Južne Morave.Figure 4. Values of $sSWQI_{RB}$ – seasonal quality indicator of the Južna Morava basin.Tabela 2. Srednje vrednosti $sSWQI_{RB}$ sezonskog indikatora kvaliteta vodotokova sliva Južne MoraveTable 2. Mean values of $sSWQI_{RB}$ seasonal quality indicator of the Južna Morava basin

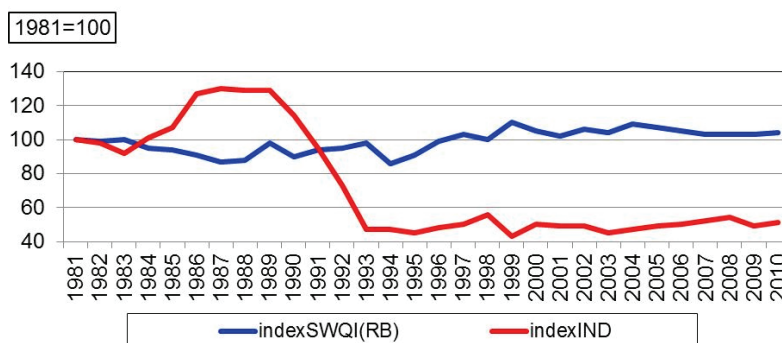
Period	Kvalitet vode			Trend kvaliteta (Mann–Kendall test)		
	Januar–maj	Jun–decembar	Januar–decembar	Januar–maj	Jun–decembar	Januar–decembar
	Viševodni	Malovodni	Godina	Viševodni	Malovodni	Godina
1981–1990	79	73	75	Opadajući	Opadajući	Opadajući
1991–2000	81	77	78	Rastući	Rastući	Rastući
2001–2010	86	82	83	Opadajući	Beznačajan	Beznačajan

razmene. Odgovarajući indikator uticaja industrijske aktivnosti na kvalitet vodoprijemnika je fizički obim industrijske proizvodnje jer u metodologiji izračunavanja objedinjuje fizičke jedinice proizvoda (težine, komade i dužine) ne uzimajući u obzir nekvalitet proizvoda i kasnije zalihe [14]. Za identifikovanje razdvajanja uticaja industrijskog rasta na stanje kvaliteta voda u slivu Južne Morave korišćen je metodološki postupak kreiranja i izračunavanja odgovarajućeg indikatora razdvajanja. Indikator razdvajanja je prema konceptu DPSIR *framework* kreiran iz odnosa dva indikatora, kvalitet površinskih voda $sSWQI_{RB}$ je usvojen kao indikator stanja i fizički obim industrijske proizvodnje $indexIND$ kao indikator pokretačkog faktora [15,16] (Slika 5). Indikatori su dati kao indeksi sa stalnom bazom

(1981=100). Zamena originalnih podataka indeksima sa stalnom bazom ne menja njihov pravac i meru i istovremeno daje jasnije poređenje nivoa pojave u različitim vremenskim intervalima, kao i lakše poređenje razvojnih tendencija posmatranih pojava naročito kad njihove merne jedinice nisu iste.

U našem slučaju indikator razdvajanja je sračunat iz odnosa indikatora stanja koji je dat indikatorom $sSWQI_{RB}$ i indikatora pokretačkog faktora koji je dat indeksom fizičkog obima industrijske proizvodnje ($indexIND$). Korišćenjem metodološkog pristupa numeričkih vrednosti indikatora mogu se sračunati dva parametra.

Prvi parametar je:



Slika 5. Vrednosti istraživanih indikatora za identifikaciju razdvajanja na slivu Južne Morave.

Figure 5. Values of indicators used for identifying separation in the Južna Morava basin

$$\text{Stepen razdvajanja (SR)} = \frac{{}_s\text{SWQI}_{\text{RB}} \text{ kraj perioda} / \text{indexIND kraj perioda}}{{}_s\text{SWQI}_{\text{RB}} \text{ početak perioda} / \text{indexIND početak perioda}}$$

koji pokazuje da li postoji razdvajanje u određenom intervalu vremena koji se odnose na početak i kraj perioda istraživanja. Ako je dobijena vrednost manja od 1 tada se odnos ${}_s\text{SWQI}_{\text{RB}}/\text{indexIND}$ smanjio tokom vremena i postoji razdvajanje. U slučaju da je odnos ${}_s\text{SWQI}_{\text{RB}}/\text{indexIND} \geq 1$ ne postoji razdvajanje.

Drugi parametar je:

$$\text{Faktor razdvajanja (FR)} = 1 - \text{Stepen razdvajanja (SR)}$$

koji razumljivije odražava intezitet razdvajanja. Naime kada je faktor razdvajanja ≤ 0 nema razdvajanja, a u intervalu (0,1) pokazuje intezitet razdvajanja koji je maksimalan kada je Faktor razdvajanja (FR) = 1. Na taj način ovaj parametar kvantitativno definiše uticaj preduzetih mera na zaštiti životne sredine.

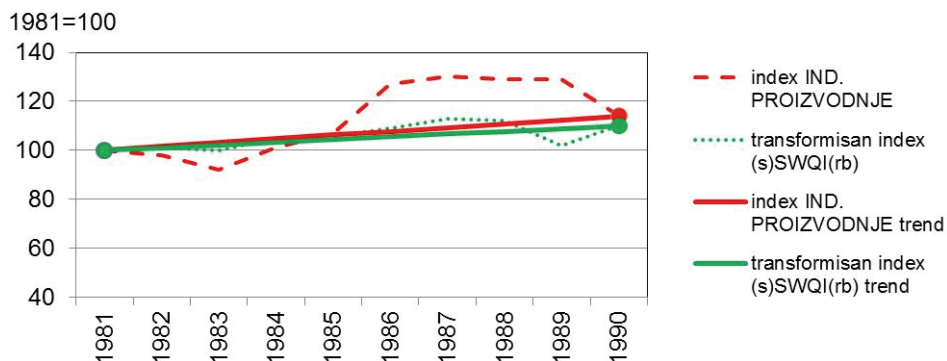
U našem primeru istraživanja razdvajanja industrijskog rasta od uticaja na kvalitet vodoprijemnika u slivu Juže Morave, odgovarajući indikator stanja kvaliteta je *Serbian Water Quality Index* čija se vrednost kreće u intervalu od 0 do 100 u smeru poboljšanja kvaliteta koji prati veća vrednost indeksa. Ovo praktično znači da se, povećanjem emisije otpadnih voda u vodotoke, indikator pritiska (maseni protok zagađujućih materija u vodotoke) povećava, a vrednost indikatora

kvaliteta izražena ${}_s\text{SWQI}_{\text{RB}}$ indeksom se smanjuje što je u suprotnosti sa logikom formule razdvajanja. Da bi se u skladu sa konceptom razdvajanja korektno identifikovalo postojanje razdvajanja indikator ${}_s\text{SWQI}_{\text{RB}}$ je transformisan suprotnim trendom i istim intezitetom tako što je promenjena orijentacija, a odstojanje je ostalo isto u odnosu na vremensku osu. Struktura formule za stepen razdvajanja pokazuje da ovaj parametar zavisi samo od vrednosti na početku i na kraju analiziranog perioda i zato se u identifikaciji razdvajanja prikazane vrednosti indikatora na granicama dekada (slike 6–8, Tabela 3). U periodu 1981–1990 indeks industrijske proizvodnje je rastao intenzivnije nego indeks ${}_s\text{SWQI}_{\text{RB}}$ (Slika 6).

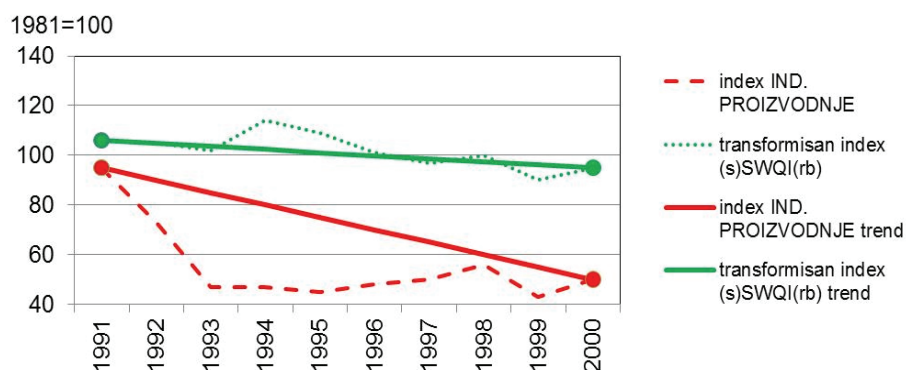
U periodu 1991–2000 indeks industrijske proizvodnje je opadao intenzivnije nego indeks ${}_s\text{SWQI}_{\text{RB}}$ (Slika 7).

U periodu 2001–2010 i indeks industrijske proizvodnje i indeks ${}_s\text{SWQI}_{\text{RB}}$ su neznatno rasli, ali je intezitet rasta industrijske proizvodnje bio nešto veći (Slika 8).

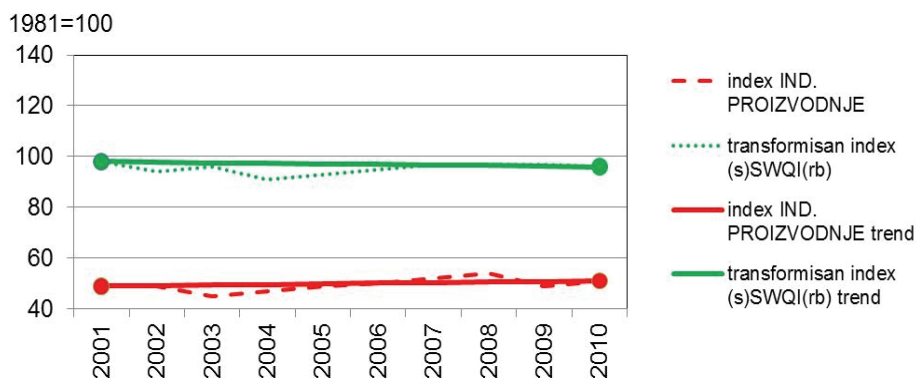
Analiza vrednosti parametara *stepena razdvajanja* i *faktora razdvajanja* za aglomeracije sliva Južne Morave pokazuju jasnu karakteristiku ekonomskih prilika koju identifikuje pokretački faktor indeks industrijske proizvodnje *indexIND* i indikator stanja kvaliteta životne sre-



Slika 6. Identifikacija razdvajanja za period 1981–1990 na slivu Južne Morave.
Figure 6. Identification of separation for 1981–1990 in the Južna Morava basin.



Slika 7. Identifikacija razdvajanja za period 1991–2000 na slivu Južne Morave.
Figure 7. Identification of separation for 1991–2000 in the Južna Morava basin.



Slika 8. Identifikacija razdvajanja za period 2001–2010 na slivu Južne Morave.

Figure 8. Identification of separation for 2001–2010 in the Južna Morava basin.

dine koju reprezentuje $sSWQI_{RB}$. Industrijsku proizvodnju u prethodne tri dekade karakteriše razvojni trend koji pokazuje rast u prvoj dekadi (1981–1990) tako da je u poslednjoj godini serije fizički obim industrijske proizvodnje bio za 14% veći nego na početku dekade. Već početkom druge dekade započinje drastičan pad, tako da je fizički obim industrijske proizvodnje 1991. iznosio 95%, 1992. 73%, a 1993. svega 47% proizvodnje iz 1981. godine. U poslednjoj dekadi 2001–2010 fizički obim industrijske proizvodnje beleži blagi porast, ali generalno privredna aktivnost na području aglomeracija sliva Južne Morave je skromna, tako da je industrijska proizvodnja u granicama oko 50% obima iz 1981. godine (Slika 8). Uzimajući u obzir nizak nivo prečišćavanja otpadnih voda za aglomeracije sliva Južne Morave od oko 10% u odnosu na ukupne količine, koji se nije povećao u prethodne tri dekade, uticaj industrijske proizvodnje na kvalitet vodotokova je jasno definisan identifikacijom razdvajanja [17] (Tabela 3).

Tabela 3. Rezultati identifikacije razdvajanja po dekadama na slivu Južne Morave

Table 3. Results of identification of separation, broken down by decades in the Južna Morava basin

Parametar	Period		
	1981–1990	1991–2000	2001–2010
Stepen razdvajanja	0.965	1.703	0.941
Faktor razdvajanja	0.035	–0.703	0.059

U dekadi 1981–1990 faktor razdvajanja i pored povećanog obima industrijske proizvodnje identifikuje malo razdvajanje uticaja industrijskog rasta na kvalitet vodotokova sliva, jer je bio izražen uticaj emisija otpadnih voda. U dekadi 1991–2000 gde je drastično smanjen obim industrijske proizvodnje razdvajanje ne postoji jer je parametar faktor razdvajanja manji od 1 (–0,703). Kvalitet vode sliva se u tom periodu poboljšao ali mnogo manje nego što je opao obim industrijske proizvodnje. Blagi porast fizičkog obima industrijske proizvodnje i malo poboljšanje kvaliteta vode sliva tokom dekade 2001–2010 uzrokuju nešto veće razdva-

janje nego u dekadi 1981–1990 što ukazuje na poželjan trend uticaja industrijskog rasta na kvalitet vodotokova, ali je to samo posledica sporog rasta industrijske proizvodnje, a ne primenjenih mera na zaštiti vodotokova.

ZAKLJUČAK

Istraživanje i analiza vrednosti indikatora razdvajanja za aglomeracije sliva Južne Morave jasno pokazuju karakteristike uticaja industrijskog rasta na kvalitet vodotokova sliva u prethodne tri decenije. Vrednosti parametara stepen razdvajanja i faktor razdvajanja identifikuju najmanje razdvajanje u prvoj dekadi 1981–1990 koju karakteriše najveći porast fizičkog obima industrijske proizvodnje ($index/IND$) i najslabiji kvalitet vodotokova sliva ($sSWQI_{RB}$). Poboljšanje kvaliteta vodotokova sliva u poslednjoj dekadi 2001–2010, koju karakteriše viša vrednost faktora razdvajanja, je posledica sporog rasta industrijske proizvodnje i velikog pozitivnog uticaja drastičnog pada ukupne ekonomske aktivnosti još iz druge dekade 1991–2000. Istraživanje potvrđuje značaj primene koncepta razdvajanja ekonomskog rasta od uticaja na životnu sredinu. Uzimajući u obzir veoma nizak nivo prečišćenih u odnosu na ukupne količine otpadnih voda u Srbiji, indikatori razdvajanja upućuju na izazove sa kojima ćemo se suočavati u daljem periodu. Indikatori razdvajanja mogli bi da posluže donosiocima političkih odluka i stručnoj javnosti kao ključni alat za proveru uspešnosti politike zaštite vodnih resursa.

LITERATURA

- [1] Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies-3rd Edition, UNDESA, 2007. <http://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=107&menu=920>
- [2] M. Fischer-Kowalski, M. Swilling, E.U. von Weizsäcker, Y. Ren, Y. Moriguchi, W. Crane, F. Krausmann, N. Eisenmenger, S. Giljum, P. Hennicke, P. Romero Lankao, A. Siriban Manalang, Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A

- Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel, UNEP, 2011. http://www.unep.org/resourcepanel/decoupling/files/pdf/decoupling_report_english.pdf
- [3] Sustainable Use and Management of Natural Resources, European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production, link: http://scp.eionet.europa.eu/themes/resource_use
- [4] N. Veljkovic, T. Dopudja-Glusic, M. Jovicic, Modeling and Assessment of Diffuse Water Pollution Load - Principles and application, LAP Lambert Academic Publishing, 2013
- [5] T. Panayotou, Economic growth and the environment, Harvard University and Cyprus International Institute of Management, Paper prepared for and presented at the Spring Seminar of the United Nations Economic Commission for Europe, Geneva, March 3 (2003) <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/ead/sem/sem2003/papers/panayotou.pdf>
- [6] Tehnički progres i regionalni razvoj industrije u Srbiji, Slavka Zeković, IAUS, Beograd, 1997, str. 126–148.
- [7] Plan upravljanja vodama za sliv reke Dunav., Deo 1: Analiza karakteristika sliva Dunava u Srbiji – Radna verzija, Ministarstvo poljoprivrede, trgovine, šumarstva i vodoprivrede, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Aneks 5, 2011, str. 1.
- [8] Sustainable development indicators: Case study for South Morava river basin, Nebojša Veljković, Hem. Ind. **67** (2013) pp. 357–364.
- [9] Serbian Water Quality Index, <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=46&id=8006&akcija=showExternal>
- [10] Nebojša Veljković, *et al.*, Uticaj klimatskih faktora na kvalitet vodotokova pomoravlja: analiza metodom sSWQIrb, Voda i sanitarna tehnika, broj 5-6/2012, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd, str. 31–37.
- [11] Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners, United States Environmental Protection Agency, Office of Environmental Information Washington DC, 20460 EPA/240/B-06/003, USA, 2006.
- [12] S. Brauner, Nonparametric Estimation of Slope: Sen'S Method in Environmental Pollution, <http://www.webapps.cee.vt.edu/ewr/environmental/teach/smprimer/sen/sen.html>
- [13] Baza podataka monitoringa kvaliteta površinskih voda Srbije 1981–2010, Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd.
- [14] Mesečno istraživanje industrije, Republički zavod za statistiku, <http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/userFiles/file/Industrija/SMET/SMET007010C.pdf>
- [15] P. Gabrielsen, P. Bosch, Environmental Indicators: Typology and Use in Reporting, European Environment Agency, 2003.
- [16] EEA core set of indicators - Guide, EEA Technical report No 1, 2005, <http://www.a21italy.it/medias/713-eeareport105.pdf>
- [17] Republika Srbija, Republički zavod za statistiku, Životna sredina, Otpadne vode i prečišćene otpadne vode iz naselja, 2012. <http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/Public/PageView.aspx?pKey=198>

SUMMARY

DECOUPLING ENVIRONMENTAL IMPACTS FROM INDUSTRIAL GROWTH: CASE STUDY FOR SOUTH MORAVA RIVER BASIN

Nebojša D. Veljković, Milorad M. Jovičić

Ministry of Agriculture and Environmental Protection, Environmental Protection Agency, Belgrade, Serbia

(Professional paper)

The widely accepted term “sustainable development” is a comprehensive concept that requires multi-dimensional indicators showing links between economy, ecology and society. The concept of human development is obviously more complex than it could be understood from any aggregate economic index or from detailed sets of socio-economic statistical and ecological indicators. The research and analysis of the values of separation indicators for the Južna Morava basin agglomerations clearly show the impacts of industrial growth on the quality of the basin water bodies over the last three decades. Separation indicators have been derived from the statistical relationship between the situation indicators and drive indicators. The situation indicator ${}_sSWQI_{RB}$ was derived as a composite index from ten chosen parameters represented by their quality, the characteristics of surface water, by reducing it to one index number weighed from the interrelation between the discharge at a given measurement station and the discharge at the exit profile of the basin. The index of the physical volume of industrial production (*index* *IND*) has been accepted as the drive indicator. The indicators were calculated as a series of index numbers with 1981 as the base year. The values of separation indicators, *i.e.*, degree of separation and factor of separation show the least separation in the first decade (1981–1990) when the volume of industrial production (*index* *IND*) increased the most and the quality of the basin water bodies was the poorest ${}_sSWQI_{RB}$. The improvement of the quality of basin water bodies in the last decade (2001–2010), marked by a higher value of the separation factor is a result of a slow growth of industrial production and positive impacts of an abrupt fall of total economic activity occurring already in the second decade (1991–2000). The research has confirmed the importance of applying the concepts of separation of economic growth from environmental impacts. Taking into consideration very low quantities of treated waters as opposed to the total amount of waste waters in Serbia, the separation indicators pose challenges to be faced in the near future. Separation indicators will serve to decision makers and the expert community as a key toolkit for verifying the results of the water resources protection policy.

Keywords: Decoupling • Environmental impact • Industrial growth • R basin