

KONTROLA IZVORA ONEČIŠĆENJA VODA

Vesna Grizelj Šimić, dipl. ing. građ.
Hrvatske vode
Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb
Vesna.GrizeljSimic@voda.hr

Suvremeno upravljanje vodama sadržava zahtjeve za utvrđivanjem značajki osnovnih jedinica za upravljanje slivovima, uključujući pregled utjecaja ljudskih djelatnosti na stanje voda. Razgraničenje utjecaja od točkastih i raspršenih izvora onečišćenja posebno je složen zadatak. U radu se detaljnije opisuju opterećenja voda i analiziraju karakteristični metodološki pristupi kontroli izvora onečišćenja koji za cilj imaju smanjenje utjecaja na vodni okoliš, što se ostvaruje utvrđivanjem i provedbom sveobuhvatnog programa mjera. Naglašava se potreba osiguranja sudjelovanja raznih korisnika voda u provedbi mjera za smanjenje utjecaja na vodni okoliš, uzimajući u obzir načelo korisnik/onečišćivač plaća, što predstavlja poticaj korisnicima za učinkovito korištenje vodnih resursa.

Ključne riječi: opterećenje voda, izvori onečišćenja, kontrola izvora onečišćenja, kombinirani pristup, ekonomska analiza, ukupni maksimalni dnevni teret onečišćenja (masena koncentracija).

1. UVOD

Utjecaj ljudskih djelatnosti na stanje voda, koje se ogleda u manjem ili većem pogoršanju pojedinih elemenata kakvoće voda, a moguće i trajnom negativnom utjecaju na vode, procjenjuje se analizom opterećenja i utjecaja. Analiza započinje prikupljanjem i sistematizacijom podataka o tipu i veličini značajnih opterećenja voda, a nastavlja se procjenom utjecaja, odnosno kumulativnih efekata opterećenja, koristeći rezultate monitoringa kakvoće voda. Analiza završava utvrđivanjem pouzdanosti zadovoljenja okolišnih ciljeva, odnosno procjenom stanja voda i/ili postizanje standarda kakvoće voda. Za vodna tijela u riziku neispunjavanja ciljeva propisuju se programi mjera.

Globalno gledajući, više je od dva desetljeća među vodećim ciljevima zaštite okoliša postizanje najmanje dobrog ekološkog, odnosno kemijskog stanja voda. Taj cilj zemlje ostvaruju utvrđivanjem i provedbom

sveobuhvatnog programa mjera, primjenom propisanih mehanizama kontrole izvora onečišćenja. Početni su mehanizmi bili usredotočeni na kontrolu izvora onečišćenja iz točkastih izvora, čiji se unos onečišćenja kontrolirao dozvolama za ispuštanje otpadnih voda. Kraj dvadesetog i početak dvadeset prvog stoljeća karakteriziraju spoznaje i bolje razumijevanje utjecaja na stanje voda iz raspršenih izvora onečišćenja. Danas je jasno i neizbježno da zaštita vodnog okoliša mora uključiti kontrolu raspršenih izvora onečišćenja, tražeći rješenje problema koji se prostorno rasprostire na velikom području.

Različiti mehanizmi kontrole većinom imaju zajedničku polaznu točku koja definira obvezu provedbe osnovnih mjera (minimalnih zahtjeva) zaštite vodnog okoliša od onečišćenja iz točkastih izvora (uključuje sakupljanje, pročišćavanje i ispuštanje iz

sustava javne odvodnje, te iz sustava individualne odvodnje industrija). Zemlje članice Europske unije, pa time i Republika Hrvatska, u osnovne mjere uvrštavaju i mjere za smanjenje onečišćenja voda iz raspršenih izvora. Ukoliko provedba osnovnih mjera ne dovede do postizanja ciljeva ili najmanje dobrog stanja vodnog okoliša (ili postizanja standarda kakvoće voda), pribjegava se poduzimanju dodatnih mjera.

Uz pristup koji je utvrđen Okvirnom direktivom o vodama (Directive 2000/60/EC), a koji primjenjuju sve zemlje članice Europske unije, analiziran je pristup Sjedinjenih Američkih Država (u daljnjem tekstu SAD), sa specifičnim načinom kontrole izvora onečišćenja. Metodologija sagledavanja opterećenja, utjecaja i kontrole izvora onečišćenja karakterističnog SAD pristupu ilustrativno se prikazuje na jednostavnom primjeru u slivu rijeke Kupe u svrhu njegovog boljeg razumijevanja.

Namjera je usporediti pristupe/načine kontrole izvora onečišćenja voda, gdje oba pristupa na sličan način procjenjuju terete onečišćenja u vodotoku (korištenjem najprikladnijih specifičnih metoda za proračun masenog tereta s obzirom na dostupnost podataka i vrstu parametara), dočim različitim politikama upravljaju slivom, odnosno dodjeljuju dopuštene terete izvorima onečišćenja i sukladno tome propisuju programe mjere.

1.1. Opterećenja voda

Opterećenje je neposredni utjecaj ljudske djelatnosti koji može izazvati promjenu pojedinih elemenata kakvoće voda, odnosno pogoršanja stanja voda. U središtu je rada opterećenje onečišćenjem vodnog okoliša, odnosno izvori kemijskog i fizikalno-kemijskog opterećenja voda, premda na stanje voda utjecaj imaju još opterećenje od zahvaćanja voda i hidromorfološko opterećenje. Izvore kemijskog i fizikalno-kemijskog opterećenja voda čine točkasti i raspršeni izvori onečišćenja.

1.2. Točkasti izvori onečišćenja

Pokazatelji onečišćenja voda iz točkastih izvora temelje se na procjeni onečišćenja od stanovništva priključenog na sustave javne odvodnje i onečišćenja od gospodarskih subjekata koji na temelju dozvole za ispuštanje otpadnih voda svoje otpadne vode ispuštaju u sustave javne odvodnje ili direktno u okoliš. U praksi nisu zamijećene veće metodološke razlike pri procjeni takvog opterećenja.

Onečišćenje od stanovništva prati se preko pokazatelja onečišćenja organskim tvarima (BPK₅, KPK) i hranjivim tvarima (ukupni dušik, ukupni fosfor). Odgovarajući primjer izračuna sadrži Plan upravljanja vodnim područjima (NN, 2013.a.), a uključuje procjenu ukupnih tereta onečišćenja od stanovništva iz sustava javne odvodnje koja se temelji na broju priključenih

stanovnika, pretpostavljenoj specifičnoj emisiji po stanovniku i pretpostavljenog uklanjanja onečišćenja na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda. Onečišćenje iz gospodarstva prati se preko većeg broja onečišćujućih tvari koje su prisutne u otpadnim vodama pojedinih gospodarskih djelatnosti, uključujući prioritete i druge opasne tvari. Procjena opterećenja onečišćujućim tvarima iz gospodarstva temelji se na podacima o godišnjim količinama ispuštenih otpadnih voda i srednjih vrijednosti koncentracija iz analiza otpadnih voda korisnika.

1.3. Raspršeni izvori onečišćenja

Procjena onečišćenja iz raspršenih izvora složen je postupak zbog toga što se ne mogu u potpunosti opisati svi procesi u slivu i točno utvrditi što iz kojeg raspršenog izvora dopijeva u vodni okoliš.

Procjena opterećenja iz raspršenih izvora sagledavanjem opterećenja u vodotoku pristup je koji se često koristi u praksi, a primijenjen je i kod izrade Plana (NN, 2013.a.). Procjena se obavlja koristeći bilance onečišćujućih tvari u površinskim vodama na temelju rezultata monitoringa kakvoće voda. Za svaku računsku dionicu vodotoka, određenu položajem mjernih postaja na kojima se prati kakvoća voda, i za svaku onečišćujuću tvar, uspoređuje se promjena tereta (masenog pronosa onečišćenja) na dionici i poznati unos iz kontroliranih (točkastih) izvora na neposrednom priljevnom području dionice. Kao poznato onečišćenje uzima se i pozadinsko onečišćenje, koje je procijenjeno iz referentnih koncentracija pojedinih onečišćujućih tvari. Razlika tereta pripisuje se raspršenim izvorima onečišćenja. Ukoliko se želi izvršiti raspored tako dobivenog tereta po skupinama onečišćivača, to se vrši procjenom njihovog udjela u ukupnoj emisiji onečišćenja na neposrednom priljevnom području (ili dionici vodotoka).

Drugi način procjene opterećenja iz raspršenih izvora izračun je njihovih ukupnih emisija u vode. Metodologije takvih procjena su opisane kroz brojnu stručnu literaturu. Nedavno objavljen, za praksu vrlo koristan izvor odgovarajućih metoda svakako je projekt Emisije u vode iz raspršenih izvora prema Europskom registru ispuštanja i prijenosa onečišćivača EPTR (Deltares, 2013.), naručen od strane Europske komisije. U okviru projekta prikupljeni su podatci o emisijama u vodi s vezom supstanca-izvor, te razvijene metode procjene i kvantificiranja emisija pristupom koji prati putove onečišćenja za sve izvore raspršenog onečišćenja. Rezultati projekta korišteni su u ovom poglavlju za prikaz metoda izračuna emisija raspršenih izvora onečišćenja u vodni okoliš, osim za one izvore koje je metodološki teško jednoznačno obraditi, kao što su željeznice (emisije idu u tlo i rijetko dopijevaju u vodotok), rudnici (imaju slabo dostupne podatke s nedovoljno jasnom metodologijom obračuna) i oborinska odvodnja (potreban obiman skup pouzdanih podataka).

Emisija onečišćenja iz atmosfere, jednadžba (1), podrazumijeva unos supstanci u površinske vode (nutrijent-N, kadmij, olovo i živa), nakon emisije u zrak iz izvora (npr. promet, industrija i dr.). Metoda izračuna emisija (Meteorological Synthesizing Centre-East, 2012.) temelji se na međunarodnom monitoring programu transmisija onečišćenja u zraku, u kojem sudjeluje i Republika Hrvatska. Monitoring program pruža mogućnost korištenja rezultata, a dostupni su na modelu mreže kvadrata 50 x 50 km. Upotrebom GIS tehnologije mreža se preklapa s površinom sliva. Izračun emisija u prvom koraku obuhvaća izračun ukupne transmisije supstanci na području sliva. U drugom koraku se razdvajaju površine u slivu na vodene površine i ostale kako bi se došlo do udjela površine prekrivene vodom, uključujući i obalno more. Emisije u vodna tijela u slivu računaju se odvojeno za svaku supstancu (nutrijent-N, kadmij, olovo i živa), a izražava se u jedinici mase u godini dana.

Emisije iz atmosfere u vodna tijela u slivu = transmisija supstanci na području sliva x udio vodene površine na slivu (1)

Metoda izračuna za emisije onečišćenja od poljoprivrede temelji se na JRS GREEN (eng. *Geospatial Regression Equation for European Nutrientlosses*) modelu (Grizzetti, 2006.), koji je razvijen od strane Europske komisije, točnije njihovog instituta Joint Research Centre. Riječ je o statističkom modelu sastavljenom od regresijskih jednadžbi temeljenih na prostornim podatcima. Razvijen je za procjenu godišnjeg unosa dušika i fosfora i njihov raspored po izvorima. Glavna značajka JRS GREEN modela je njegova sposobnost predviđanja čak u slučajevima ograničene dostupnosti podataka. Glavni izvori onečišćenja su životinjski probavni otpad, gnojidba, farme i rad u polju. Green model konceptijski razdvaja putove dospijevanja onečišćenja u vode, uzima u obzir prvobitnu redukciju emisija u tlu, koristi podatke o količini godišnjih oborina te pridružuje godišnji teret dužini vodotoka (jedinica mase u godini).

Emisije onečišćenja od plovidbe, jednadžba (2), pokrivene su metodom izračuna koja se temelji na aktivnosti prometa, izražene u tona kilometrima (tona tereta transportirana u kilometru vodotoka - tkm) i emisijskom faktoru (izraženom u jedinici mase po tkm). Emisija se računa u punom iznosu, ne primjenjujući redukcijски faktor, jer u cijelosti završava u vodi. Podatci o aktivnostima prometa redovito se prate i ti podatci su najčešće dostupni. Emisijski faktori (kg/tkm) prikazani su u samom dokumentu (referenciranom projektu) za svaku od supstanci (najznačajniji fluoranthene, anthracene i nutrijenti).

Emisija supstanci od plovidbe = veličina aktivnosti x emisijski faktor (2)

Metoda izračuna za emisiju onečišćenja od stanovništva bez priključka na sustav javne odvodnje, jednadžba (3), temelji se na izračunu za točkaste izvore uz redukcijски faktor za put do površinskih voda. Račun se također obavlja odvojeno za svaku supstancu, uz korištenje standardnih emisijskih faktora po stanovniku. U ovom su pristupu sve nepoznanice relativno jednostavne za kalkulaciju, osim redukcijskog faktora, koji je u ovom slučaju jednak omjeru vodenih i ukupnih površina u slivu, s obzirom da ipak manji dio sadržaja dospijeva „neprerađen“ u vode.

Emisija od stanovništva bez priključka na javnu odvodnju = broj stanovnika bez priključka x emisijski faktor po stanovniku x redukcijски faktor za put do površinskih voda (3)

Za emisiju onečišćenja od cestovnog prometa, jednadžba (4), metoda izračuna temeljena je na aktivnosti prometa (broj malih i velikih vozila kilometara -vkm) i emisijskom faktoru (izraženom u jedinici mase po vkm), umanjjenih za redukcijски faktor emisije na račun puta do vodotoka. Na razini Europske unije podatci o prometu redovito se prate i ti podatci su također dostupni u velikom broju slučajeva/područja. Značajan doprinos ove metode je što daje emisijske faktore ovisne samo o klasi vozila (mala ili velika vozila), što olakšava izračun u odnosu na klasični pristup koji emisijske faktore računa temeljem koncentracija supstanci u oborinskoj vodi. Ti faktori razvijeni su analizom podataka iz stručne literature koja se temelje na izmjerenim koncentracijama u oborinskoj vodi koja otječe s prometnica. Rezultati analize prikazani su u samom projektu, a sadrže emisijske faktore supstanci preporučene za korištenje na razini Europe. U ovoj metodi redukcijски faktor se računa kao omjer vodenih i ukupnih površina na slivu.

Emisija od cestovnog prometa = veličina aktivnost x emisijski faktor po km x redukcijски faktor za put do površinskih voda (4)

Pored opisanih pristupa procjeni opterećenja onečišćenjem voda iz raspršenih izvora, u praksi se koristi i procjena orijentirana na izvore. Ona se pak radi svoje kompleksnosti ne primjenjuje za sagledavanje na razini sliva, vodnog područja ili države. Međutim, procjena opterećenja orijentirana na izvore može biti vrlo korisna kao druga faza u kvantifikaciji izvora onečišćenja, za kontrolu ili usporedbu pristupa

sagledavanja opterećenja u vodotoku ili kod detaljne razrade programa mjera nakon što se utvrdi potreba smanjenja onečišćenja.

Analizom efikasnosti različitih pristupa za procjene koje se vrše na razini države, vodnog ili slivnog područja, zaključuje se da se nedostatak jasne veze opterećenja s izvorima onečišćenja kod sagledavanja ukupnog opterećenja u vodotoku, odnosno računanja tereta i njegovog bilanciranja po izvorima, može uspješno nadomjestiti primjenom metodologije praćenja putova onečišćenja do vodotoka. Kombinacija navedenih pristupa omogućava alokaciju opterećenja po izvorima i pokretačima onečišćenja, odnosno sektorima.

2. EU PRISTUP

Izradom Planova upravljanja vodnim područjima u skladu s Okvirnom direktivom o vodama uvedene su nove obveze vodnom gospodarstvu kao npr. procjena opterećenja (tereta onečišćenja) i ocjena ekološkog stanja, odnosno procjene rizika dostizanja ekoloških ciljeva pojedinih cjelina površinskih voda. Izradu Plana upravljanja vodnim područjima u Republici Hrvatskoj pratio je niz aktivnosti, koje su uključivale identifikaciju vodnih područja, karakterizaciju slivnih područja po pitanjima opterećenja i utjecaja, ekonomsku analizu korištenja voda, te izradu registra zaštićenih područja. U tu je svrhu izrađen hidrološki model sliva (temeljen na hidrografskoj mreži koja se sastoji od više od 175.000 segmenata tekućica i jezera), koji je korišten za identifikaciju vodnih tijela, procjenu utjecaja sadašnjeg opterećenja na stanje voda, procjenu/simulaciju utjecaja provedbe programa mjera (Barbalić et al., 2011. a.) te planiranje mreže operativnog monitoringa za potrebe praćenja stanja voda (Barbalić et al. 2011.b.).

Kontrola izvora onečišćenja (ispuštanja otpadnih voda i drugih emisija po posebnim propisima), u cilju zaštite voda i vodnoga okoliša provodi se prema pravilima otklanjanja štete na izvoru nastanka, kombiniranog pristupa i načela onečišćivač plaća. Plan upravljanja vodnim područjima integralni je dokument koji, koristeći mehanizme kontrole izvora onečišćenja, u svom programu mjera propisuje obveze korisnicima voda i vodnog okoliša.

EU pristup također zahtijeva integraciju ekonomskih i vodno-okolišnih informacija, a uključuje ekonomsku analizu (CIS, 2003.a.) sektora koji koriste vodu i sektora koji pružaju vodne usluge u području sliva, odnosno analizu povrata troškova i analizu troškovne učinkovitosti akcija/mjera za zadovoljenje ciljeva. Koncept povrata troškova, odnosno njihovog podmirenja od strane korisnika voda i vodnog okoliša, vrlo je važan u kontekstu kontrole izvora onečišćenja voda, jer uspostavlja direktnu vezu između korisnika voda (izvora opterećenja) i troškova (mjera) potrebnih za smanjenje njihovih utjecaja.

2.1. Kombinirani pristup

EU pristup od korisnika voda na vodnom tijelu zahtijeva provođenje osnovnih mjera koje proizlaze iz propisa Europske unije (Council Directive, 91/271/EEC), (Council Directive, 91/676/EEC), (Directive 2008/1/EC) i (Council Directive, 91/414/EEC), s ciljem smanjenja onečišćenja, a odnose se na točkaste i raspršene izvore onečišćenja. U slučaju kada se utvrdi da se ne može postići zahtijevano stanje voda propisuju se dodatne mjere zaštite i stroži uvjeti ispuštanja sukladno metodologiji primjene kombiniranog pristupa. Dakle, metodologija primjene kombiniranog pristupa koristi se kao dodatna mjera nakon što su svi korisnici na vodnom tijelu proveli osnovne mjere.

Načelo kombiniranoga pristupa obuhvaća: (I.) propisivanje standarda kakvoće vode i primjenu propisanih graničnih vrijednosti emisija, (II.) kontrolu emisija primjenom najboljih raspoloživih tehnika u slučajevima točkastih izvora onečišćenja, i (III.) primjenu dobre poljoprivredne prakse u slučajevima raspršenih izvora onečišćenja sukladno posebnim propisima o poljoprivredi.

Nakon što se utvrdi potreba primjene kombiniranog pristupa (nisu zadovoljeni ciljevi zaštite vodnog okoliša nakon provedbe osnovnih mjera), sam postupak se provodi u više koraka. Prvi korak podrazumijeva provjeru jesu li prihvatljive granične vrijednosti pokazatelja koje se definiraju u dozvolama za ispuštanje, što se provjerava uspoređivanjem izmjerenih nizvodnih koncentracija (u funkciji protoka) s prijemnim kapacitetom vodotoka, tj. graničnim vrijednostima elemenata koji prate elemente kakvoće tekućica. Izračun koncentracije onečišćujuće tvari u prijemniku nizvodno od mjesta ispuštanja efluenta vrši se pod pretpostavkom potpunog miješanja u prijemniku. Ako je koncentracija onečišćujuće tvari u prijemniku nizvodno od mjesta ispuštanja niža od granične vrijednosti pokazatelja ili standardu kakvoće voda, tada se u dozvolama za ispuštanje propisuju granične vrijednosti emisija onečišćenja prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN, 2013.b.). Ako je pak koncentracija onečišćujuće tvari u prijemniku nizvodno od mjesta ispuštanja viša od granične vrijednosti pokazatelja ili standardu kakvoće voda tada je, kao drugi korak, potrebno izračunati koncentraciju onečišćujuće tvari u efluentu koja je prihvatljiva za ispuštanje u prijemnik, izraženu u mg/l, u koju se za koncentracije onečišćujuće tvari u prijemniku nizvodno od mjesta ispuštanja primjenjuje standard kakvoće voda. Tako dobivena vrijednost je podloga za treći korak, u kojem izračunata koncentracija onečišćujuće tvari u efluentu koja je prihvatljiva za ispuštanje u prijemnik postaje predmetom dozvole za ispuštanje.

Dakle, riječ je o pristupu koji je podloga za utvrđivanje strožih graničnih vrijednosti emisija u okoliš

(kada nisu zadovoljeni ciljevi zaštite vodnog okoliša) za točkaste izvore onečišćenja. Tako praktično izračun po ovoj metodologiji ne uzima u obzir dodatne zahtjeve za raspršene izvore onečišćenja (dodatno na osnovne mjere). Razlog tome što je već cijeli niz mjera kontrole raspršenog onečišćenja propisan u okviru osnovnih mjera (obvezno po EU pristupu). U Republici Hrvatskoj mjere za smanjenje onečišćenja voda iz raspršenih izvora uspostavljene su u Planu upravljanja vodnim područjima, prvenstveno u sektorima poljoprivrede i gospodarenja otpadom, koji su prepoznati kao najznačajniji generatori raspršenoga onečišćenja voda. Također, dodatno je naglašeno da prirodni uvjeti i korištenje zemljišta ukazuju na još neka područja koja bi mogla biti opterećena nitratima čije podrijetlo treba istražiti i, ovisno o rezultatima istraživanja, razmotrit će se potreba za proglašenjem dodatnih ranjivih područja u okviru periodičnog (svake četiri godine) preispitivanja i usklađivanja ranjivih područja i pripadajućih akcijskih programa sa stvarnim problemima.

Provedba osnovnih mjera ispuštanja iz točkastih izvora, uključujući ispuštanja iz sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, treba respektirati kombinirani pristup zahtjevan Okvirnom direktivom o vodama. Stoga je obveza korisnika/onečišćivača da pri provođenju osnovnih mjera (primjena propisanog stupnja pročišćavanja) sagleda svoj mogući utjecaj na stanje vodnog tijela primjenom načela kombiniranog pristupa (te time i respektirati stanje prijemnika/stanje voda), u sklopu kojeg treba proanalizirati varijantna rješenja i moguće posljedice koje mogu nastati u njegovom poslovanju vezane uz eventualne dodatne zahtjeve i primjenu dodatnih mjera zaštite u narednom razdoblju. Korisnik/onečišćivač mora samostalno ocijeniti treba li već kod primjene osnovnih mjera započeti s realizacijom dijela mogućih zahvata koji će se odnositi na provođenje dodatnih mjera primjenom načela kombiniranog pristupa. Takvu je analizu najprikladnije napraviti u okviru studije utjecaja zahvata na okoliš, a rezultati se mogu koristiti za unaprjeđenje planiranja, kako na razini korisnika tako i na razini sliva.

Stvarni efekti ovakvog pristupa, kojeg zastupa Europska unija, vidjet će se na kraju drugog planskog ciklusa (2021.) planova upravljanja vodnim područjima, do kada se očekuje provedba većeg dijela osnovnih mjera u slučaju Republike Hrvatske, a za ostale zemlje članice i svih osnovnih mjera.

2.2. Ekonomska analiza

Korištenje voda podrazumijeva vodne usluge (najčešće vodoopskrba i odvodnja) zajedno s ostalim djelatnostima (sva opterećenja od ljudskih djelatnosti, točkasti i raspršeni izvor) koja imaju znatan utjecaj na stanje voda. Ekonomska analiza obuhvaća analizu povrata troškova od vodnih usluga i analizu troškovne

učinkovitosti programa mjera, odnosno ekonomski najprijatljivije kombinacije mjera koje vode zadovoljenju ciljeva, odnosno najmanje dobrom stanju (ili potencijalu) voda.

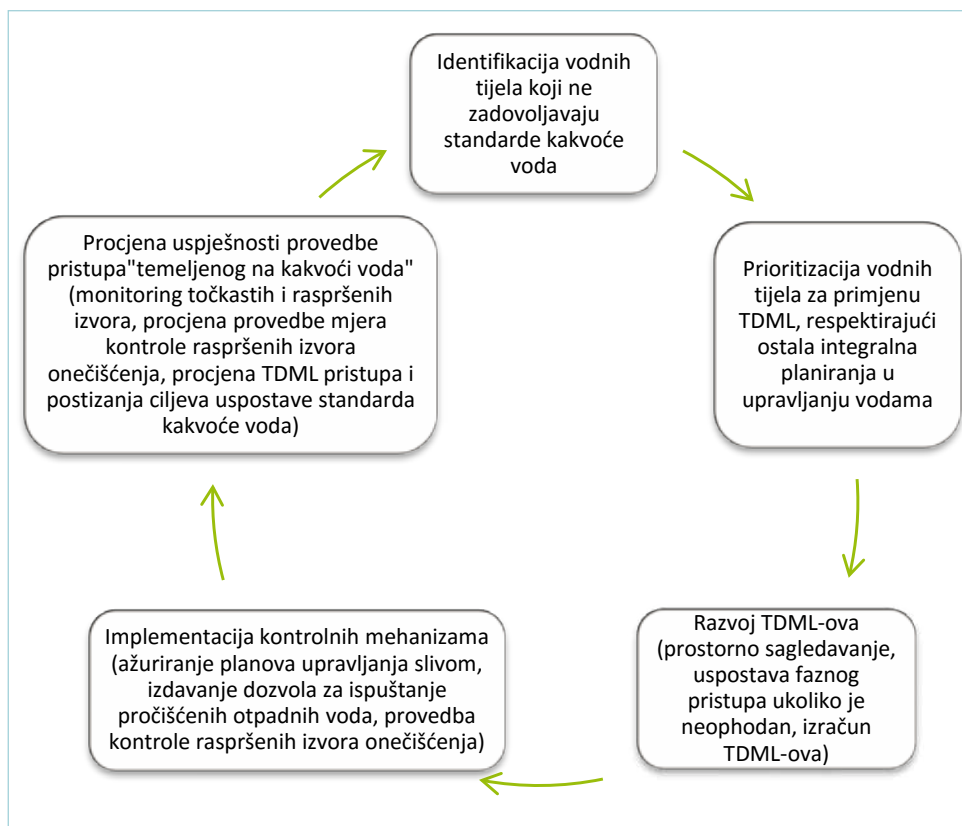
Za glavne pokretače opterećenja (urbani razvoj, industrija, poljoprivreda, akvakultura, zaštita od poplava, transport, hidroenergija, te rekreacija) procjenjuju se troškovi povezani s negativnim utjecajem na vodni okoliš (troškovi okoliša raznih korištenja voda), te troškovi propuštenih prilika potencijalnih korisnika voda (odnosno troškova resursa). Metoda za utvrđivanje troškova okoliša i resursa često je temeljena na procjeni troškova mjera potrebnih za zaštitu (ili prevenciju štete) okoliša. Raspodjela, odnosno sudjelovanje u podnošenju troška pojedinih korisnika voda u ukupnom trošku okoliša i resursa temelji se na analizi pritisakautjecaja (CIS, 2003.b.).

EU pristup zahtijeva vođenje politike cijena po načelu povrata troškova vodnih usluga, uključujući troškove okoliša i troškove resursa za sva korištenja voda, primjenjujući pri tome i načelo korisnik/onečišćivač plaća, odnosno Zemlje članice trebaju osigurati «da politika cijena vode predstavlja odgovarajući poticaj korisnicima da koriste vodne resurse učinkovito». Stoga se ekonomska analiza zajedno s upravljačkim odlukama koje iz nje proizlaze smatra instrumentom za provedbu načela onečišćivač plaća, te na taj način sudjeluje u kontroli izvora onečišćenja.

3. SAD PRISTUP

Kontrola izvora onečišćenja u SAD-u provodi se u nadležnosti Nacionalne agencije za zaštitu okoliša (eng. *United States Environmental Protection Agency* - USEPA). Zasnovana je na „pristupu temeljenom na stanju kakvoće voda“ (eng. *Water Quality Based Approach*), a predviđa utvrđivanje ukupnih dnevnih tereta (eng. *Total Maximum Daily Loads*, u daljnjem tekstu TMDL) koji se mogu ispuštati u vode, a da se pri tome ne naruši zahtijevani standard kakvoće voda (USEPA, 2002.a.). Pristup uključuje i propisivanje pratećih mjera za kontrolu onečišćenja iz točkastih i raspršenih izvora onečišćenja.

Proces započinje identifikacijom vodnih tijela koja ne zadovoljavaju (ili se očekuje da ih neće zadovoljiti) standarde kakvoće voda nakon provedbe mjera kontrole onečišćenja iz točkastih izvora, koristeći najmanje drugi stupanj pročišćavanja voda i najbolje raspoložive tehnike pročišćavanja za industrijske otpadne vode (eng. *Best Available Technology*, u daljnjem tekstu BAT). Provedba opisanih mjera pripada skupini obveznih mjera u kontroli izvora onečišćenja. Nakon njihove provedbe, u slučaju nezadovoljenja standarda kakvoće voda započinje primjena TMDL pristupa (slika 1).



Slika 1. TMDL pristup zaštiti vodnog okoliša „temeljen na stanju kakvoće voda“ (USEPA, 1991.)

3.1. Uspostava i razvoj TMDL-a

Zahtjevi za uvođenjem TMDL-a temelje se na odredbama saveznog zakona kojim se regulira zaštita voda (Federal Water Pollution Control Act, 2002.), i obvezno je za vodna tijela na kojima primjena raspoloživih tehnika pročišćavanja nije dovela do željenog standarda kakvoće voda. Takva vodna tijela prethodno su identificirana i prioritizirana temeljem odredbi istog zakona. Standardi kakvoće voda podešeni su na uvjete pogodne za život riba te rekreaciju, odnosno kupanje („fishable“ i „swimmable“ ciljevi) i zaštitu podvodnog života (USEPA, 2011.).

TMDL-om se za dijelove sliva (dionice vodotoka) utvrđuju maksimalno dopušteni unosi (tereti) za točkaste i raspršene izvore onečišćenja, a utvrđuje se i granica sigurnosti izračuna temeljena na analizi rizika nepostizanja standarda kvalitete voda. TMDL-ove izrađuju savezne države, a odobrava nacionalna agencija za zaštitu okoliša. Odobreni TMDL-ovi se ugrađuju u planove upravljanja slivom (ili TMDL plan provedbe) uz obveznu identifikaciju mjera za postizanje ciljeva, što ga stavlja u kategoriju upravljačkog mehanizma. Ujedno služi kao podloga za izdavanje dozvola za ispuštanje iz točkastih izvora, te propisivanje mjera za kontrolu raspršenih izvora onečišćenja.

Postupak izračuna TMDL-a je temeljen na monitoring platformi i modeliranju. Dokument se radi za skupine pokazatelja (od karakterističnih, npr.

nutrijenti, do specifičnih, npr. tekućina za odleđivanje u blizini zračnih luka). Posebna se pažnja posvećuje statističkoj obradi podataka s mjernih monitoring postaja, kao i modeliranju podataka u slučaju njihovog nedostatka ili nedostatka kvalitetnih izračuna graničnih vrijednosti kojima se osigurava standard kakvoće voda (eng. *Specific Numeric Water Quality Standard*).

Razvoj TMDL-a, odnosno planiranje, odvija se uz podršku matematičkih modela razvijenih u centru pri Nacionalnoj agenciji za zaštitu okoliša. Agencija ujedno pruža obuku i konzultacije stručnjacima koji rade na izradi TMDL-a. Neki od razvijenih modela simulacija i baza podataka su: (I.) otjecanje s urbanih površina, (II.) ispiranje i otjecanje s tla, (III.) procjeđivanje kroz tlo i podzemne vode, (IV.) konvencionalno onečišćenje vodotoka, (V.) toksično onečišćenje vodotoka, (VI.) konvencionalno onečišćenje jezera i estuarija, (VII.) miješanje i razrjeđenje u vodotocima, jezerima, estuarijima i oceanima, (VIII.) transport sedimenata, (IX.) riječna i plimna hidrodinamika, (X) geokemijska ravnoteža, te (XI.) podvodni lanac bioakumulacije.

U uvjetima nedostatka kvalitetnih informacija za procjenu izvora onečišćenja i njihovih utjecaja, nakon početnih procjena i modeliranja podataka, uspostavlja se monitoring temeljem kojeg se nakon određenog broja godina procjenjuje TMDL (ili ponavlja procjena) uz alokaciju smanjenja tereta za raspršeno onečišćenje koje će osigurati dostizanje standarda kakvoće voda.

Države su dužne izraditi i osigurati primjenu programa koji sadržava mjere kontrole raspršenih izvora onečišćenja. To je najčešće kombinacija mjera iz dobre prakse (eng. *Best Management Practices*, BMP). Praćenje implementacije i učinkovitosti ovakvih mjera prepoznato je kao teži zadatak u razvoju i primjeni TMDL pristupa.

3.2. Izračun TMDL-a

Proračun mase onečišćenja koje se pronosi vodotokom u nekoj točki nije posebno složen i u slučaju izračuna TMDL-opisuje se jednadžbom (5).

$$\text{Teret (masa/dan)} = \text{Koncentracija (masa/volumenu)} \times \text{protok (volumen/vremenu)} \quad (5)$$

Postupak modeliranja započinje podjelom vodotoka u slivu na dionice za koje se želi postići standard kakvoće voda. Izračun kreće od uzvodnih dionica i spušta se nizvodno, respektirajući sve uzvodne redukcije. Dionice/segmenti završavaju točkama koje sadrže informacije o izvoru onečišćenja dionice te informacije o potrebnom smanjenju tereta u toj točki (točnije, do točke).

Krajnja točka segmenta/dionice sadrži dvije skupine informacija: (I.) izmjerene koncentracije (mjerene u sklopu monitoringa ili procijenjene temeljem dostupnih podataka) i teret, kao i dopuštene koncentracije i „dopušteni“ teret (koji osigurava 99% vremena standard kakvoće voda) po svim indikatorima onečišćenja (parametrima), te (II.) kalkulaciju potrebnog udjela (%) smanjenja tereta u promatranoj točki po svim indikatorima onečišćenja (parametrima).

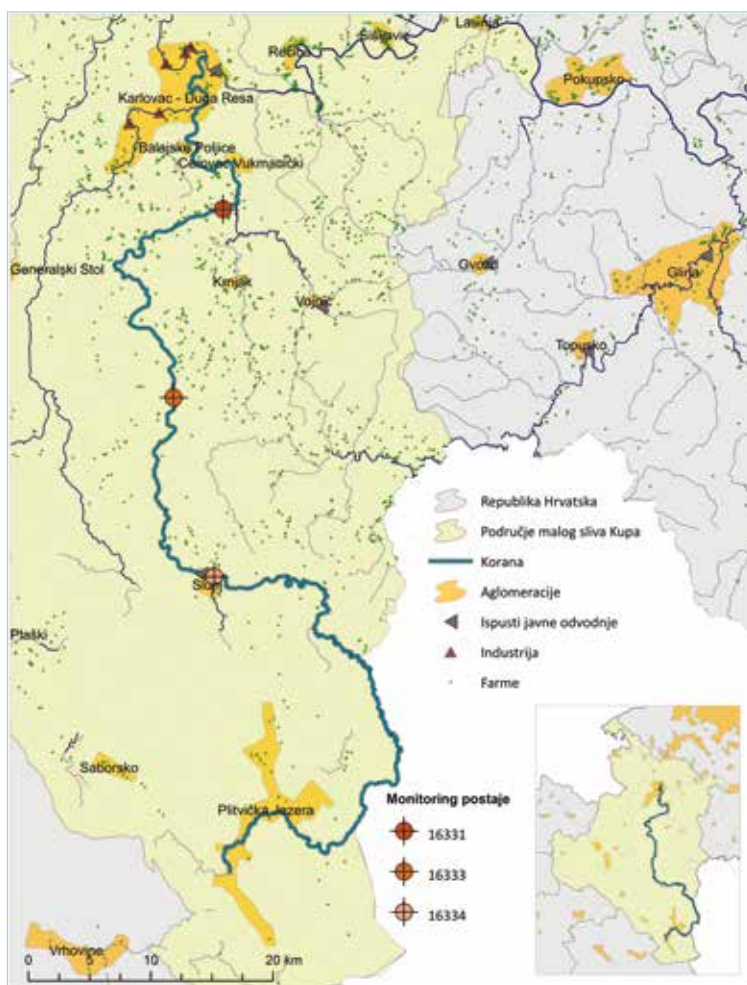
Nacionalna agencija za zaštitu okoliša dopušta korištenje različitih analitičkih pristupa i vremena promatranja od dnevnog do godišnjeg za izražavanje ukupnog tereta i alokacija TMDL-a, prilagođenih najprikladnijem periodu za usrednjavanje (vodeći se karakteristikama sliva, vrstom opterećenja, standardima koji se primjenjuju, dostupnim podatcima i dr.). Konačni prijedlog mora sadržavati aproksimaciju tereta na dnevnoj razini (Environmental Protection Agency Office of Wetlands, 2007.). Kada je dostupan dugogodišnji niz mjerenja koji daje pouzdane podatke o dnevnim teretima, preferira se birati maksimalni dnevni teret iz distribucije tereta. Moguće je i korištenje visokog percentila (95-ti percentil ili 99-ti percentil kako bi se eliminirale stršeće vrijednosti, tj. vjerojatnost da će svega 5% ili 1% dnevnih tereta prijeći specifičnu vrijednost odabranu TMDL-om). Za slučajeve kada nisu dostupna dugogodišnja kontinuirana mjerenja u upotrebi je preporučena metodologija

statističke obrade pri identifikaciji TMDL-a pretočena u priručnik u izdanju Nacionalne agencije za zaštitu okoliša, (USEPA, 2002.b.).

3.3. Primjena na slivu Kupe

Za praktičan prikaz TMDL metodologije korišten je sliv rijeke Kupe. Model sliva (definiranje točaka na koje će se odnositi izračun TMDL-a) je prilagođen monitoring postajama na kojima se već duži niz godina prati koncentracija fizikalno-kemijskih pokazatelja (slika 2).

Monitoring postaja predstavlja krajnju točku segmenta/dionice. Uzorkovanje se uglavnom obavlja jednom na mjesec, a analizirani su pokazatelji organskog opterećenja BPK₅ i KPK-Mn te nitrati, ukupni dušik i ukupni fosfor, pokazatelji iz skupine hranjivih tvari. Razmotreno je 13 postaja na 8 vodotoka za koje su dostupni podatci o dnevnim protocima te one godine kada je obavljeno deset ili više uzorkovanja. Odabrane su 3 postaje; Slunj, Veljun i Velemerić na rijeci Korani, za koje su proračunati tereti. Korištene su karakteristike postaja u razdoblju od 4 godine, srednji



Slika 2. Prostorni raspored opterećenja na slivu Kupe i monitoring postaja na promatranim dionicama rijeke Korane

protok tijekom tog razdoblja, te srednje vrijednosti izmjerenih koncentracija tijekom tog razdoblja. Granične vrijednosti ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje preuzete su iz Uredbe o standardima kakvoće voda (NN 2013.c.), za vrlo dobro stanje i tipove vodotoka (HR-R_7 i HR-R_8) kojima pripada Korana, utvrđene u Planu upravljanja vodnim područjima.

Za svaku odabranu dionicu rijeke Korane, temeljem izmjerenih koncentracija, izračunati su stvarni tereti u vodotoku, dočim su za izračun dopuštenih tereta (TMDL-a) u krajnjim točkama korištene granične vrijednosti pokazatelja (tablica 1). U ovom jednostavnom primjeru korišteni su dostupni podatci o srednjim dnevnim protocima i srednjim vrijednostima izmjerenih koncentracija tijekom promatranog razdoblja.

Dopušteni teret raspoređuje se na točkasto i raspršeno opterećenje, a obično sadržava i dio tereta na račun analize rizika (eng. *Margin of Safety*) kako bi se adresirala nesigurnost analize, jednadžba (6).

$$TMDL = \text{teret svih točkastih izvora} + \text{teret svih raspršenih izvora} + \text{teret na račun analize rizika} \quad (6)$$

U prikazanom primjeru, s obzirom da se računalo s izmjerenim vrijednostima i standardom kakvoće voda za utvrđenu tipologiju, ukupni dnevni teret može se prikazati/prihvatiti bez rezervnog dodatka tereta na račun rizika.

Preraspodjele tereta po izvorima te izračun redukcije tereta do vrijednosti dnevnog maksimalno dopuštenog tereta (TMDL-a) po dionicama se odvija u koracima/redovima (tablica 2).

Izračun emisija iz točkastih izvora onečišćenja po dionicama (tablica 3) proveden je prema metodi opisnoj u poglavlju 2.1. Na promatranom području nisu zabilježene gospodarske aktivnosti s točkastim ispuštanjima, tako da ukupno točkasto onečišćenje predstavlja samo opterećenje od sustava javne odvodnje. Emisije iz točkastih izvora (s potrebnim pročišćavanjem) prikazuju se kao unos tereta od točkastih izvora (tablici 4) u promatrane dionice, i sadržane su u tablici 2, red 11. Zaključuje se da su pročišćavanja voda iz sustava odvodnje otpadnih voda aglomeracije Plitvička jezera III. stupnjem pročišćavanja i aglomeracije Slunj II. stupnjem pročišćavanja mjera kontrole i smanjenja onečišćenja voda iz točkastih izvora. Pri daljnjoj bi razradi bilo nužno provjeriti situaciju na dionici I koju karakterizira potrebno skidanje tereta od BPK5 i KPK-Mn, koji su karakteristični za otpadne vode od stanovništva i koji se ne bi trebali nalaziti u vodotoku nakon primjene naprednijih stupnjeva pročišćavanja. Mogući razlog je postojanje točkastih ispuštanja od strane neregistriranih gospodarskih subjekata ili je u pitanju dotok iz susjedne države (Dionica I graniči s Bosnom i Hercegovinom, a nije uspostavljena zadovoljavajuća kontrola dotoka onečišćenja iz susjednih država).

Nakon provedenog izračuna kreće se u propisivanje mjera za pojedine izvore onečišćenja. U ovom jednostavnom primjeru, s obzirom da osnovni izračun

Tablica 1. Izračun stvarnog tereta te dopuštenog tereta (TMDL) u krajnjim točkama odabranih dionica rijeke Korane

Parametar	Izmjerene koncentracije C (mg/l)	Teret (kg/dan)	Granična vrijednost C (mg/l)	(TMDL) (kg/dan)
Dionica I: od izvora Korane do Slunja, točka 16334 (Slunj, Korana)				
Qsr,dn=7,55 m3/s	Izmjereni podaci		Dopušteni	
BPK5	1,84	1.200,27	1,3	848,02
KPK-Mn	2,6	1.696,03	1,6	1.043,71
ukupni dušik	0,93	606,66	1	652,32
ukupni fosfor	0,06	39,14	0,02	13,05
nitriti	0,54	352,25	0,7	456,62
Dionica II: od Slunja do Veljuna, točka 16333 (Veljun, Korana)				
Qsr,dn=16,8 m3/s	Izmjereni podaci		Dopušteni	
BPK ₅	1,53	2.220,83	1,3	1.886,98
KPK-Mn	1,78	2.576,45	1,6	2.322,43
ukupni dušik	1,02	1.480,55	1	1.451,52
ukupni fosfor	0,03	43,55	0,02	29,03
nitriti	0,7	1.016,06	0,7	1.016,06
Dionica III: od Veljuna do Velemari, točka 16331 (Velemerić, Korana)				
Qsr,dn=22,2 m3/s	Izmjereni podaci		Dopušteni	
BPK ₅	1,43	2.742,85	1,3	2.493,50
KPK-Mn	1,775	3.404,59	1,6	3.068,93
ukupni dušik	1,03	1.975,62	1	1.918,08
ukupni fosfor	0,04	76,72	0,02	38,36
nitriti	0,72	1.381,02	0,7	1.342,66

Tablica 2. Proračun redukcije tereta do dopuštenog TMDL-a na odabranim dionicama rijeke Korane

Koraci		kg/dan				
1	U točki 16334 (dionica I)					
2		BPK ₅	KPK-Mn	ukupni dušik	ukupni fosfor	nitriti
3	Postojeći teret	1.200	1.696	607	39	352
4	Teret donesen s uzvodne postaje -	0	0	0	0	0
5	Razlika postojećeg i donesenog tereta	1.200	1.696	607	39	352
6	Dopušteni teret u uzvodnoj točki -	0	0	0	0	0
7	Postotak smanjenja tereta uslijed samopročišćavanja	0%	0%	0%	0%	0%
8	Postotak preostalog tereta u točki 16334	100%	100%	100%	100%	100%
9	Ukupni teret u 16334	1.200	1.696	607	39	352
10	Dopušteni teret u točki 16334	848	1.044	652	13	457
11	Teret iz točkastih izvora onečišćenja u točki 16334	9	51	8	1	0
12	Preostali teret u 16334 - raspršeno onečišćenje	839	992	644	12	457
13	Teret koji treba skinuti u točki 16334	352	652	0	26	0
14	Postotak tereta kojeg treba skinuti u točki 16334	29%	38%	0%	67%	0%
1	U točki 16333 (dionica II)					
2		BPK ₅	KPK-Mn	ukupni dušik	ukupni fosfor	nitriti
3	Postojeći teret	2.221	2.576	1.481	44	1.016
4	Teret donesen s uzvodne postaje 16334	1.200	1.696	607	39	352
5	Razlika postojećeg i donesenog tereta	1.021	880	874	4	664
6	Dopušteni teret u uzvodnoj točki 16334	848	1.044	652	13	457
7	Postotak smanjenja tereta uslijed samopročišćavanja	0%	0%	0%	0%	0%
8	Postotak preostalog tereta u točki 16333	100%	100%	100%	100%	100%
9	Ukupni teret u 16333	1.869	1.924	1.526	17	1.120
10	Dopušteni teret u točki 16333	1.887	2.322	1.452	29	1.016
11	Teret iz točkastih izvora onečišćenja u točki 16333	35	53	11	3	0
12	Preostali teret u 16333 - raspršeno onečišćenje	1.852	2.269	1.441	26	1.016
13	Teret koji treba skinuti u točki 16333	0	0	75	0	104
14	Postotak tereta kojeg treba skinuti u točki 16333	0%	0%	5%	0%	9%
1	U točki 16331 (dionica III)					
2		BPK ₅	KPK-Mn	ukupni dušik	ukupni fosfor	nitriti
3	Postojeći teret	2.743	3.405	1.976	77	1.381
4	Teret donesen s uzvodne postaje 16333	2.221	2.576	1.481	44	1.016
5	Razlika postojećeg i donesenog tereta	522	828	495	33	365
6	Dopušteni teret u uzvodnoj točki 16333	1.887	2.322	1.452	29	1.016
7	Postotak smanjenja tereta uslijed samopročišćavanja	0%	0%	0%	0%	0%
8	Postotak preostalog tereta u točki 16331	100%	100%	100%	100%	100%
9	Ukupni teret u 16331	2.409	3.151	1.947	62	1.381
10	Dopušteni teret u točki 16331	2.494	3.069	1.918	38	1.343
11	Teret iz točkastih izvora onečišćenja u točki 16331	0	0	0	0	0
12	Preostali teret u 16331 - raspršeno onečišćenje	2.494	3.069	1.918	38	1.343
13	Teret koji treba skinuti u točki 16331	0	82	29	24	38
14	Postotak tereta kojeg treba skinuti u točki 16331	0%	3%	1%	38%	3%

Tablica 3. Procijenjene emisije onečišćenja od stanovništva na ispustima sustava javne odvodnje na odabranim dionicama rijeke Korane

Ime sustava javne odvodnje, odnosno aglomeracije	Stupanj pročišćavanja	Potencijalno opterećenje od stanovnika ES	BPK ₅	KPK	Ukupni N	Ukupni P
			kg/god	kg/god	kg/god	kg/god
Slunj (na dionici II)	bez pročišćavanja	1924	42.136	77.249	6.180	1.439
	s II. stupnjem pročišćavanjem		12.641	19.313	4.017	1.152
Plitvička jezera (na dionici I)	bez pročišćavanja	3112	68.153	124.947	9.996	2.328
	s III. stupnjem pročišćavanjem		3.408	18.744	3.000	467

Tablica 4. Tereti od točkastih izvora onečišćenje na odabranim dionicama rijeke Korane

Dionica Korane	BPK ₅	KPK	Ukupni N	Ukupni P
	kg/dan	kg/dan	kg/dan	kg/dan
Bez pročišćavanja				
Dionica I	187	342	27	6,4
Dionica II	115	212	17	3,9
Dionica III	0	0	0	0
S pročišćavanjem				
Dionica I	9	51	8	1,3
Dionica II	35	53	11	3,2
Dionica III	0	0	0	0

(tablica 2) uzima u obzir smanjenje onečišćenja iz točkastih izvora (II. ili III. stupanj pročišćavanja), zadatak redukcije viška tereta se dodjeljuje raspršenim izvorima onečišćenja (tablica 5). Ukupni teret od raspršenog onečišćenja predstavlja ukupni teret (red 9) umanjeno za teret od točkastog onečišćenja (red 11) iz tablice 2.

Raspored tereta od raspršenog onečišćenja kojeg treba skinuti po skupinama onečišćivača obavlja se procjenom njihovog udjela u ukupnoj emisiji onečišćenja na neposrednom priljevnom području (ili dionici vodotoka), s ciljem određivanja konkretnih mjera

na promatranom području. Detaljna analiza emisija nije rađena u okviru ovog rada, ali se procjenjuje da su za uklanjanje viška tereta od raspršenog onečišćenja, na dionicama I, II i III rijeke Korane, dostatne mjere: (I.) za stanovništvo individualni sustavi odvodnje s odgovarajućim pročišćavanjem, te (II.) za poljoprivrednu proizvodnju mjere usmjerene na onečišćenje hranjivim tvarima, a što su mjere vezane za uvjete i način primjene gnojiva, opća načela korištenja gnojiva, kao i mjere skladištenja i načini zbrinjavanja stajskog gnoja u slučaju nedovoljnih poljoprivrednih površina za njegovo odlaganje.

3.4. Unapređenje SAD pristupa

Prednost metodologije izračuna opterećenja i utjecaja TMDL-a pristupom je u tome što pruža jasnu sliku opterećenja/utjecaja/problema na slivu, te ima efekt „pospremanja“ informacija u slivu, odnosno vrši preciznu alokaciju podataka na slivu i po dionicama.

Međutim, primjena TMDL-a je u SAD-u dovela do ne baš zanemarivog broja sudskih sporova i to u najvećoj mjeri zbog: (I.) načina preraspodjele odgovornosti za skidanje tereta između korisnika, (II.) primjene kriterija ispuštanja proisteklih iz (upitnih) BAT-ova, te (III.) primijenjene/odabrane metode procjene tereta.

Tablica 5. Raspored tereta po izvorima i odabranim dionicama rijeke Korane

Parametar	TMDL			Ukupni teret od raspršenog onečišćenja kg/dan	Teret od raspršenog onečišćenja koji treba skinuti kg/dan	Teret od raspršenog onečišćenja koji treba skinuti %
	Ukupni kg/dan	za točkasto onečišćenje kg/dan	za raspršeno onečišćenje kg/dan			
U točki 16334 (Slunj, Korana), dionica I						
BPK ₅	848	9	839	1.191	352	29%
KPK-Mn	1.044	51	992	1.645	652	38%
ukupni dušik	652	8	644	598	0	0%
ukupni fosfor	13	1	12	38	26	67%
nitriti	457	0	457	352	0	0%
U točki 16333 (Veljun, Korana), dionica II						
BPK ₅	1.887	35	1.852	1.834	0	0%
KPK-Mn	2.322	53	2.269	1.871	0	0%
ukupni dušik	1.452	11	1.441	1.515	75	5%
ukupni fosfor	29	3	26	14	0	0%
nitriti	1.016	0	1.016	1.120	104	9%
U točki 16331 (Velemerić, Korana), dionica III						
BPK ₅	2.494	0	2.494	2.409	0	0%
KPK-Mn	3.069	0	3.069	3.151	82	3%
ukupni dušik	1.918	0	1.918	1.947	29	1%
ukupni fosfor	38	0	38	62	24	38%
nitriti	1.343	0	1.343	1.381	38	3%

Prepreka uspješnoj implementaciji je i decentralizirana priroda kontrole raspršenih izvora onečišćenja i izvješćivanja o rezultatima, čak i slučaju korištenja državnih programa pomoći.

Potreba za unaprijeđenjem primjene TMDL-a dovela je do Programa dugoročne vizije za procjenu, obnovu i zaštitu voda (USEPA, 2013.), a provodi se u suradnji s državama, federalnim agencijama, dionicima i javnosti. Program se temelji na 20-godišnjem iskustvu na razvoju, procjeni i izvješćivanju o stanju voda i oko 65 tisuća utvrđenih TMDL-ova i alternativnih pristupa. Fokus je stavljen na aktivnosti na prioritetnim vodotocima/slivovima, a državama se daje fleksibilnost u definiranju strategije i ciljeva kroz program mjera, te odabir alata za zaštitu voda, pored TMDL-ova. Iako Program pruža novi okvir za implementaciju zakona kojim se regulira zaštita vodnog okoliša, to ne oslobađa države da postupaju po njegovim važećim odredbama i podzakonskim aktima. Pored implementacije tradicionalnog TMDL-a, Program od država zahtijeva do: (I.) 2014. definiranje strategije i obnovljenje ciljeva, (II.) 2016. obnovu prioritizacije, (III.) 2018. analizu alternativa, (IV.) 2020. izradu programa mjera i specifičnu procjenu ulaganja u projekte, te (V.) 2022. procjenu postizanja ciljeva. Alternative se mogu svesti pod dokazivanje da TMDL nije potreban jer se kroz druge zahtjeve za kontrolu onečišćenja očekuje postizanje standarda kakvoće voda u razumnom vremenskom periodu (što se posebno odnosi na mjere za kontrolu raspršenih izvora onečišćenja). Razlozi ovakvom unaprijeđenom pristupu, pored sudskih sporova, leži u činjenici da nisu postignuti željeni efekti postizanja standarda kakvoće voda. Svrha Programa je potaknuti države na ponovnu analizu stanja na slivovima, uključujući razradu tehničkih, programskih i upravljačkih mehanizama.

3.5. Trgovina dozvolama/kvotama za ispuštanje

Trgovina kvotama (eng. *Water Quality Trading*) (USEPA, 2007.) inovativni je pristup za, moguće, efikasnije postizanje kakvoće voda, a svrstava se pod alternativne načine rješavanja ovog pitanja. Polazi od činjenice da je rješavanje različitih izvora onečišćenja suočeno s različitim visinama troška. Uspostavljeni program trgovine omogućava onečišćivačima, koji su suočeni s visokim troškovima, rješavanje svojih obveza kupovinom okolišnog ekvivalenta (ili većeg) onečišćenja od drugog izvora, a kojeg smanjuju uz niži trošak.

Navedeni alternativni pristup nije uvijek primjenjiv, ali u određenom broju slučajeva omogućava brže postizanje ciljeva zaštite vodnog okoliša, i po nižoj cijeni. Trgovina je primjenjiva u slučajevima kada postoji: (I.) pokretač koji motivira vlasnike pogona (može biti i jedan od njih) u traženju mogućnosti/varijanti za smanjenje onečišćenja, unutar TMDL-a ili još strožih zahtjeva iz dozvola za ispuštanje, (II.) kombinacija izvora

onečišćenja u slivu s bitno drugačijim visinama troška po jedinici onečišćenja, (III.) situacija u kojoj razina onečišćenja na slivu nije toliko visoka pa onečišćivači ne moraju skinuti kompletno svoje onečišćenje (tj. kada postoji dovoljno opterećenja za prodaju ili kupovinu), ali i (IV.) suglasje nacionalne regulatorne agencije za zaštitu okoliša i dionika u slivu da razmotre, dizajniraju i provedu inovativni pristup. Trgovina nutrijentima (eng. *Nutrient Credit Trading*) između točkastih izvora, odnosno uređaja za pročišćavanje i raspršenih izvora onečišćenja, najčešće poljoprivrede, među zastupljenijim je primjerima ovakvog pristupa.

4. USPOREDBE

Uspoređujući prikazana dva mehanizma kontrole onečišćenja iz raspršenih i točkastih izvora nameće se nekoliko zaključaka:

- (i) EU pristup uvodi dodatne mjere kroz kombinirani pristup nakon što su svi korisnici na vodnom tijelu proveli osnovne mjere koje se odnose na točkaste i raspršene izvore onečišćenja. Međutim, učinkovitost kombiniranog pristupa najviše se ogleda u bilanciranju tereta (i njegovog dodatnog uklanjanja) između korisnika s točkastim izvorima onečišćenja za slučaj kada provedba osnovnih mjera nije polučila željeni efekt, zaustavljajući se kod raspršenih izvora onečišćenja na primjeni dobre poljoprivredne prakse u skladu s propisima. Može se reći da je to najveći nedostatak ovakvog pristupa. Međutim, prednost je u tome što se za razliku od SAD pristupa odmah krenulo u provedbu osnovnih mjera smanjenja onečišćenja iz raspršenih izvora, prvenstveno poljoprivrede, prepoznajući odmah njegovu veličinu i potrebu uklanjanja. Okvirna direktiva o vodama uvela je načelo povrata troškova od vodnih usluga te dodatno promovira proces usvajanja normi/standarda vezanih za okolišne troškove i troškove resursa koji su proistekli iz postojećih korištenja voda i vodnog okoliša. Brojni su primjeri analiza, od strane Europske komisije, a i samih zemalja članica, načina izračuna troškova i njihovog povrata, kao i pitanja koliko ekonomski instrumenti korišteni u politici cijena voda, i doprinose li uopće postizanju ekoloških ciljeva Okvirne direktive (European Environmental Agency, 2013.).
- (ii) SAD pristup uvodi TMDL izračun za sva vodna tijela na kojima primjena raspoloživih tehnika pročišćavanja iz točkastih izvora onečišćenja nije dovela do željenog standarda kakvoće voda. TMDL nakon alokacija ukupnog tereta po izvorima (točkasto i raspršeno) definira i maksimalno dopušteni dnevni teret (ili %

smanjenja unosa tereta) zasebno za točkaste i raspršene izvore iz kojih slijedi program mjera za raspršene izvore onečišćenja na tom području i po potrebi dodatne mjere za točkaste izvore.

- (iii) Oba pristupa su temeljena na izračunu tereta i njegovom bilanciranju. Premda je proračun tereta jednostavan, u nekim slučajevima nije moguć jer učestalost mjerenja koncentracija parametara i protoka to ne omogućava. Za takve slučajeve u primjeni je veći broj metoda, pri čemu se niti jedna ne može pouzdano ocijeniti najprimjerenijom u svim slučajevima. Za svaku od tih metoda proračuna nužno je uvesti pretpostavke koje bi najučinkovitije nadomjestile nedostatak informacija (Barbalić, 2006.). Svakako treba raditi na daljnjem unaprjeđenju monitoringa i provedbi ciljanih terenskih istraživanja kao doprinos točnijem izračunu/procjeni tereta i uspostavljanju mehanizama kontrole izvora onečišćenja.

5. ZAKLJUČAK

Velika prednost SAD pristupa su jasne alokacije dopuštenih tereta i obveza u slivu prema izvorima. Prisutni su problemi s definiranjem, provedbom i praćenjem provedbe programa mjera za raspršene izvore onečišćenja.

Značajan doprinos procjeni učinkovitosti kontrole izvora onečišćenja po EU pristupu su rezultati ekonomske analize korištenja voda. Naime, procjena

sudjelovanja korisnika voda u povratu troškova okoliša i resursa, odnosno troškova provedbe mjera za točkaste i raspršene izvore onečišćenja, pruža uvid u razinu primjene načela korisnik/onečišćivač plaća, dostignutu mjerama važeće politike. Nameće se potreba za širom raspravom o dodatnim ekonomskim instrumentima i unaprjeđenim načinima obračuna troškova za sva korištenja voda i vodnog okoliša, naročito za raspršene izvore onečišćenja. Tim više što nizak povrat troškova bilježi sektor poljoprivrede i predmetom je značajnih subvencioniranja od drugih sektora (troškovi okoliša i resursa za taj sektor vrlo su rijetko internalizirani). Nužno je razmotriti uvođenje ekonomskih instrumenata za raspršeno onečišćenje s ciljem podizanja svijesti „izvora“ o njihovoj emisiji, te sudjelovanja u pokrivanju troškova okoliša i resursa.

Analiza iskustava na primijenjenim politikama dovela je do toga da su prednosti jednog pristupa postale predmetom preporuka za unaprjeđenje drugog pristupa. SAD uvodi unaprjeđenja kroz Program Long Term Vision, koncepcijski vrlo sličan planu upravljanja vodnim područjima (EU pristup), dočim Europska komisija pred drugim planskim ciklusom promovira ekonomske instrumente (koji su direktno povezani s mehanizmima kontrole izvora onečišćenja) koji se ne koriste u Europi, a u primjeni su u SAD-u. Ističe se trgovina dozvolama/kvotama za ispuštanje, odnosno mehanizam kontrole izvora onečišćenja koji, razmatrajući sve izvore, smanjuje onečišćenje odabirom načina koji je troškovno najefektivniji (eng. cost-effectiveness) do utvrđene kvote koja se plaća. Pozitivno je što obje strane unaprjeđuju pristupe analizom svojih rezultata/efekata i sagledavanjem dobre prakse drugih zemalja. ■

LITERATURA

- Barbalić, D., Barbalić, S., Biondić, D. (2011.a.): River Basin Management Plan – Programme of Measures, Status and Risks, XXVth Conference of the Danube Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Budapest, Hungary.
- Barbalić, D. (2006.): Usporedba metoda izračuna opterećenja, *Građevinar*, Zagreb, Hrvatska.
- Barbalić, D., Medić, Đ., Barbalić, S. (2011.b.): Prijedlog prostornog raspreda mreže operativnog monitoringa prema Okvirnoj direktivi o vodama, *Zbornik radova 5. hrvatske konferencije o vodama*, Opatija, Hrvatska.
- CIS (2003.a.): *COMMON IMPLEMENTATION STRATEGY FOR THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (2000/60/EC), Guidance document No. 1, Economics and the Environment – The Implementation Challenge of the Water Framework Directive*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- CIS (2003.b.): *COMMON IMPLEMENTATION STRATEGY*

- FOR THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (2000/60/EC), Guidance Document No 3, Analysis of Pressures and Impacts*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Council Directive 91/271/EEC Concerning Urban Waste Water Treatment of 21 May 1991, as amended by Commission Directive (98/15/EC of 27 February 1998.
- Council Directive 91/414/EEC of 15 July 1991 concerning the placing of plant protection products on the market.
- Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources.
- Deltares (2013.): *Diffuse Water Emissions in European Pollutant Release and Transfer Register E-PRTR, Project Report No. 1205118-000*, Delft, The Netherlands.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23. October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.

- Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control.
- Environmental Protection Agency Office of Wetlands (2007.): *URL: http://www.epa.gov/owow/tmdl/draft_daily_loads_tech.pdf*, 05. svibnja 2015., Options for Expressing Daily Loads in TMDLs, U.S., Oceans / Watersheds.
- European Environmental Agency (2013.): *URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/assessment-of-full-cost-recovery>*, 06. svibnja 2015., Assessment of cost recovery through water pricing, EEA Technical report No 16/2013.
- Federal Water Pollution Control Act (2002.): *URL: <http://www.epw.senate.gov/water.pdf>*, 06. svibnja 2015., No. 33 U.S.C. 1251 et seq., As Amended Through P.L. 107-303, November 27, 2002.
- Grizzetti B., (2006.): Modelling nitrogen and phosphorus fate from point and diffuse sources at European scale, Ph.D. thesis, 192 pp., Univ. of Pierre et Marie Curie, Paris VI, Paris.
- Meteorological Synthesizing Centre-East (2012.): *URL: http://www.msceast.org/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=29#bap*, 06. svibnja 2015., International Centres of Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe (EMEP), Moscow, Russia.
- NN (2013.a.): Plan upravljanja vodnim područjima, *Narodne novine*, 82/13.
- NN (2013.b.): Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, *Narodne novine*, 80/13 i 43/14.
- NN (2013.c.): Uredba o standardima kakvoće vode, *Narodne novine*, 73/2013 i 151/14.
- USEPA (1991.): *URL: http://water.epa.gov/lawsregs/lawsguidance/cwa/tmdl/decisions_index.cfm*, 06. svibnja 2015., EPA Guidance for Water Quality-Based Decisions: The TMDL Process.
- USEPA (2002.a.): *URL: <http://water.epa.gov/lawsregs/lawsguidance/cwa/tmdl/guidance.cfm>*, 06. svibnja 2015., EPA Guidance Impaired Waters and Total Maximum Daily Loads.
- USEPA (2002.b.): *URL: http://water.epa.gov/scitech/datatit/models/upload/2002_10_25_npdes_pubs_owm0264.pdf*, 06. svibanj 2015., Technical Support Document for Water Quality-based Toxics Control.
- USEPA (2007.): *URL: <http://water.epa.gov/type/watersheds/trading.cfm>*, 06. svibnja 2015., Water Quality Trading Toolkit for Permit Writers Aug. 2007, EPA-833-R-07-004.
- USEPA (2011.): *URL: http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/upload/WQS_basic_factsheet.pdf*, 06. svibanj 2015., Water Quality Standards: Protecting Human Health and Aquatic Life EPA/820/F-11/001.
- USEPA (2013.): *URL: http://water.epa.gov/lawsregs/lawsguidance/cwa/tmdl/upload/vision_303d_program_dec_2013.pdf*, 06. svibnja 2015., A Long-Term Vision for Assessment, Restoration, and Protection under the Clean Water Act Section.

CONTROL OF WATER POLLUTION SOURCES

Abstract. Modern water management contains the requirements for determining the characteristics of basic river basin management units, including an overview of the impact of human activities on the water status. The differentiation between the impacts of point and diffuse sources of pollution is a particularly complex task. The paper describes in detail the water pollution loads and analyses typical methodological approaches to the control of pollution sources with the objective to reduce the impact on the water environment through the establishment and implementation of a comprehensive programme of measures. It emphasises the need to ensure the participation of different water users in the implementation of measures aimed at reducing the impact on the water environment, while taking into account the user / polluter pays principle as an incentive for users to use water resources efficiently.

Key words: water pollution load, pollution sources, control of water pollution sources, combined approach, economic analysis, total maximum daily load (mass concentration).

KONTROLLE VON WASSERVERSCHMUTZUNGSQUELLEN

Zusammenfassung. Moderne Wasserbewirtschaftung schließt die Anforderungen zur Bestimmung von Eigenschaften der Grundeinheiten für die Einzugsgebietenbewirtschaftung ein samt dem Überblick über Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten auf den Zustand der Gewässer. Die Abgrenzung von Auswirkung von Belastungen aus Punktverschmutzungsquellen und diffusen Verschmutzungsquellen ist eine besonders komplexe Aufgabe. In der Arbeit werden die Wasserbelastungen in Detail beschrieben, und die charakteristischen methodologischen Ansätze zur Kontrolle einer Verschmutzungsquelle werden analysiert. Das Ziel ist, die Auswirkungen auf die Gewässer zu reduzieren, was durch die Bestimmung und Durchführung eines allumfassenden Maßnahmenprogramms realisiert werden sollte. Die Notwendigkeit wird betont, dass verschiedene Gewässernutzer an der Durchführung dieser Maßnahmen nach dem Prinzip „der Nutzer/Verschmutzer zahlt“ teilnehmen. Dieses Prinzip stellt eine Anregung für die Nutzer dar, die Wasserressourcen wirkungsvoll zu nutzen.

Schlüsselwörter: Wasserbelastung, Verschmutzungsquellen, Kontrolle von Verschmutzungsquellen, kombinierter Ansatz, ökonomische Analyse, maximale tägliche Gesamtverschmutzungsbelastung (Massenkonzentration)