

Primjena metodologije kombiniranog pristupa za ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u priobalne vode

Kostanjevec, Silvio

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:143658>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-28**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**PRIMJENA METODOLOGIJE KOMBINIRANOG
PRISTUPA ZA ISPUŠTANJE PROČIŠĆENIH
OTPADNIH VODA U PRIOBALNE VODE**

ZAVRŠNI RAD

Student:

Silvio Kostanjevec

Mentor:

doc. dr. sc. Domagoj Nakić

Zagreb, rujan 2023.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

OBRAZAC 2

TEMA ZAVRŠNOG ISPITA

Ime i prezime studenta: **Silvio Kostanjevec**

JMBAG: **0082062170**

Završni ispit iz predmeta: **Zaštita okoliša**

Naslov teme
završnog ispita:

| | |
|-----|--|
| HR | Primjena metodologije kombiniranog pristupa za ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u priobalne vode |
| ENG | Application of the methodology of the combined approach for the discharge of purified wastewater into coastal sea |

Opis teme završnog ispita:

U radu je potrebno kritički sagledati primjenu metodologije kombiniranog pristupa za ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u priobalne vode. Pritom je potrebno na konkretnim primjerima analizirati utjecaj pojedinih parametara na dobivene rezultate za UPOV-e na različitim dijelovima Jadranskog mora (usporedba južni-sjeverni Jadran). Uzimajući u obzir važeću zakonsku regulativu te posljednje izmjene Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 96/19 i 20/23) potrebno je dati zaključak o posljedičnom utjecaju na potrebni stupanj pročišćavanja otpadnih voda.

Datum: **17.04.2023.**

Komentor: _____

(Ime i prezime komentora)

Mentor: **doc. dr. sc. Domagoj Nakić**

(Ime i prezime mentora)



(Potpis mentora)

Sažetak

Cilj ovog rada je obraditi Metodologiju primjene kombiniranog pristupa za ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u priobalne vode. Stoga se na početku rada objašnjava načelo kombiniranog pristupa kojim se analizira utjecaj pročišćenih otpadnih voda na prijarnik te se navode osnovne i dopunske mjere s ciljem smanjenja onečišćenja. Prikazana je primjena metodologije za izračun testa značajnosti ispusta i formule za izračun početnog hidrauličkog razrjeđenja otpadne vode u morskom okruženju. Na kraju teorijskog dijela rada navedeni su nedostaci primjene metodologije kombiniranog pristupa. U praktičnom dijelu rada napravljen je prikaz značaja uvedenih izmjena Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 66/19, 20/23 i 50/23-ispravak) na rezultate proračuna Metodologijom kombiniranog pristupa na primjeru dvaju UPOV-a, UPOV-a Rijeka za sjeverni te UPOV-a Dubrovnik za južni Jadran, s ispuštanjem pročišćene otpadne vode u priobalne vode. Zaključeno je da je s izmjenama regulative došlo do značajnog postroženja uvjeta za ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u priobalne vode u odnosu na parametar ukupnog fosfora.

Ključne riječi: uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, metodologija kombiniranog pristupa, priobalne vode, UPOV Rijeka, UPOV Dubrovnik, ukupni fosfor

Abstract

The goal of this paper is to examine the application of the combined approach methodology for discharging treated wastewater into coastal waters. At the beginning of the paper, the principle of the combined approach is explained, which involves analyzing the impact of treated wastewater on the recipient. Combined approach based on a formula for calculating the significance test of the discharge and formulas for calculating the initial hydraulic dilution of wastewater in the marine environment is explained. In the final part of the theoretical section, the drawbacks of applying the combined approach methodology are outlined. In the practical part of the paper, the significance of the introduced changes in the Regulation on Water Quality Standards (NN 66/19, 20/23, and 50/23-correction) on the results of calculations using the combined approach methodology is demonstrated through the example of two WWTPs, WWTP Rijeka for the northern Adriatic, and WWTP Dubrovnik for the southern Adriatic, with the discharge of treated wastewater into coastal waters. It was concluded that with the changes in the regulations, there was a significant tightening

of the conditions for the discharge of treated wastewater into coastal waters in relation to the parameter of total phosphorus.

Keywords: wastewater treatment plant, combined approach methodology, coastal waters, WWTP Rijeka, WWTP Dubrovnik, total phosphorus

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Metodologija primjene kombiniranog pristupa | 2 |
| 2.1. Provedba osnovnih i dopunskih mjera s ciljem smanjenja onečišćenja | 2 |
| 2.2. Kombinirani pristup | 3 |
| 2.3. Klasifikacija onečišćivača | 11 |
| 2.4. Određivanje protoka pri ispuštanju u kopnene površinske vode | 12 |
| 2.5. Ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u prijelazne i priobalne vode..... | 14 |
| 2.6. Nedostaci Metodologije primjene kombiniranog pristupa..... | 17 |
| 3. Prikaz značaja uvedenih izmjena Uredbe (NN 66/19, 20/23 i 50/23-ispravak) na rezultate proračuna Metodologijom kombiniranog pristupa na primjeru UPOV-a s ispuštanjem pročišćene otpadne vode u priobalne vode | 19 |
| 3.1. Primjena Metodologije kombiniranog pristupa - UPOV Rijeka | 20 |
| 3.2. Primjena Metodologije kombiniranog pristupa - UPOV Dubrovnik | 24 |
| 4. Zaključak | 27 |
| 5. Popis literature..... | 28 |
| 6. Popis slika | 29 |
| 7. Popis tablica | 30 |

1. Uvod

Očuvanje kakvoće priobalnih voda i zaštita od onečišćenja predstavljaju izazove koji postaju sve značajniji u suvremenom društvu. S porastom urbanizacije i širenjem industrijskog sektora, povećava se i količina otpadnih voda koju je potrebno pročistiti prije nego se ispusti u okoliš. Otpadne vode su tekućine koje se sastoje od tekućeg otpada otopljenog u vodi, a potječu od kućanstava, industrijskih pogona ili poljoprivrednih djelatnosti (Hrvatska enciklopedija, 2021.). Njihovim ispuštanjem, putem kanalizacije (točkasti ispusti) ili izravnim ispiranjem tla (oborinske otpadne vode), u površinske kopnene vode ili more može se smanjiti korisna vrijednost vodenog sustava u koji one dopijevaju stoga je važno da se pročišćavaju (Hrvatska enciklopedija, 2021.). Postoje razne vrste pročišćavanja otpadnih voda kao i načini ispuštanja pročišćenih otpadnih voda, a jednu od metodologija proračuna dopuštenih koncentracija i količina koje se ispuštaju u okoliš analizira i ovaj rad. To je metodologija kombiniranog pristupa koja će detaljnije biti objašnjena u sljedećem poglavlju. U njemu se također opisuje načelo kombiniranog pristupa, provedba osnovnih i dopunskih mjera s ciljem smanjenja onečišćenja, klasifikacija onečišćivača, određivanje protoka, ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u prijelazne i priobalne vode te nedostaci Metodologije primjene kombiniranog pristupa. Zatim slijedi prikaz značaja uvedenih izmjena Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 66/19, 20/23 i 50/23-ispravak) na rezultate proračuna Metodologijom kombiniranog pristupa na primjeru dvaju UPOV-a, UPOV Rijeka za sjeverni te UPOV Dubrovnik za južni Jadran, s ispuštanjem pročišćene otpadne vode u priobalne vode.

Rad je podijeljen na teorijski i praktični dio. U teorijskom dijelu korištena je deskriptivna metoda za opis pojmova vezanih uz metodologiju kombiniranog pristupa. Također, korištena je metoda analize pregleda literature te sekundarno istraživanje, provedeno istražujući članke vezane uz metodologiju primjene kombiniranog pristupa. U praktičnom dijelu korištena je komparativna metoda za usporedbu dobivenih rezultata za sjeverni i južni Jadran, a proračun je izrađen u MS Excel-u.

2. Metodologija primjene kombiniranog pristupa

Načelo kombiniranog pristupa označava pristup usmjeren na smanjenje onečišćenja voda iz točkastih i raspršenih izvora s ciljem postizanja dobrog stanja voda (Hrvatske vode, 2018.). Prema Zakonu o vodama (NN 66/19, 84/21, 47/23), kombinirani pristup podrazumijeva propisivanje standarda kakvoće vode, primjenu propisanih graničnih vrijednosti emisija, kontrolu emisija primjenom najboljih raspoloživih tehnika u slučajevima točkastih izvora te primjenu dobre poljoprivredne prakse u slučajevima raspršenih izvora onečišćenja. Obaveza primjene načela kombiniranog pristupa odnosi se na sva vodna tijela površinskih i podzemnih voda.

Uredba o standardu kakvoće voda (NN 66/19, 20/23 i 50/23-ispravak) uspostavlja standard kakvoće za površinske, uključujući priobalne vode i teritorijalno more, te podzemne vode. Također definira posebne ciljeve zaštite voda, kriterije za utvrđivanje tih ciljeva, uvjete za eventualno produljenje rokova za njihovo postizanje, kao i elemente za procjenu stanja voda, te postupke praćenja i izvješćivanja o tom stanju. Ova Uredba ne primjenjuje se na vode za ljudsku potrošnju te na prirodne mineralne, prirodne izvorske i stolne vode koje se stavljaju na tržište u bocama i drugoj ambalaži. Provedbom programa mjera postižu se ciljevi zaštite voda, što uključuje sprječavanje pogoršanja stanja svih površinskih voda, poticanje obnavljanja i očuvanje površinskih voda radi postizanja dobrog stanja, te zaštitu umjetnih i znatno promijenjenih tijela površinskih voda kako bi se postigao dobar ekološki potencijal i kemijsko stanje. U nastavku će biti opisane osnovne i dopunske mjere u cilju smanjenja onečišćenja voda.

2.1. Provedba osnovnih i dopunskih mjera s ciljem smanjenja onečišćenja

Kroz primjenu načela kombiniranog pristupa, analizira se sastav pročišćenih otpadnih voda, ali i količine koje se ispuštaju te njihov utjecaj na stanje voda prijemnika (Hrvatske vode, 2018.). Ako se utvrdi da se ne može postići dobro stanje voda, propisuju se dopunske mjere zaštite i stroži uvjeti ispuštanja, no tek nakon što svi onečišćivači na vodnom tijelu provedu osnovne mjere. Sukladno tome, postoje tri vrste mjera s ciljem smanjenja onečišćenja, a to su: osnovne, dodatne i dopunske mjere (Hrvatske vode, 2018.). Kao što navode Hrvatske vode (2018.) osnovne mjere se obavezno provode sukladno Direktivi o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, Direktivi o integriranom sprečavanju i kontroli onečišćenja – IPPC direktiva/Direktivi o industrijskim emisijama - IED, Direktivi o zaštiti voda od 5 onečišćenja koje uzrokuju nitrati poljoprivrednog podrijetla. Dodatne mjere se obavezno provode u zaštićenim područjima, kao što su vode namijenjene za ljudsku potrošnju, vode pogodne za život

slatkovodnih riba i vode pogodne za školjkaše, područja za kupanje i rekreaciju, osjetljiva područja i slivovi osjetljivih područja, ranjiva područja te područja namijenjena zaštiti staništa (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2022.). Kao što je već spomenuto, dopunske mjere koriste se u slučajevima kada dobro stanje voda nije postignuto provođenjem osnovnih i dodatnih mjera. Prilikom primjene osnovnih mjera, onečišćivač mora procijeniti utjecaj svog ispuštanja pročišćenih otpadnih voda na stanje vodnog tijela primjenjujući načelo kombiniranog pristupa. Treba analizirati različite opcije za dodatne mjere zaštite (strože granične vrijednosti) u budućnosti te pripadajuće troškove. Onečišćivač sam treba procijeniti je li potrebno već kod primjene osnovnih mjera započeti s dijelom potencijalnih intervencija za provođenje dodatnih mjera sukladno načelu kombiniranog pristupa, kad postanu obvezne prema Planu upravljanja vodnim područjima (Hrvatske vode, 2018.).

2.2. Kombinirani pristup

Metodologija primjene kombiniranog pristupa definira granične vrijednosti emisija (GVE) ili opterećenja onečišćujućih tvari u pročišćenim otpadnim vodama koje se ispuštaju u površinske vode. Ovaj proces uzima u obzir granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja (GVK) za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje i specifične onečišćujuće tvari, kao i standarde kakvoće vodnog okoliša (SKVO) za prioritetne i prioritetne opasne tvari (Hrvatske vode, 2018.). Granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u pročišćenim otpadnim vodama propisane su Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20). Ove vrijednosti predstavljaju standarde kakvoće za pročišćene otpadne vode i primjenjuju se kada ispuštanje otpadnih voda ne pogoršava dobro stanje voda prijemnika u koji se ispuštaju. Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20) također definira tri stupnja pročišćavanja:

1. Prvi stupanj (I) pročišćavanja - uključuje fizikalne i/ili kemijske postupke za obradu otpadnih voda. To podrazumijeva procese kao što su taloženje suspendiranih tvari ili druge tehnike koje smanjuju BPK₅ ulaznih otpadnih voda za najmanje 20%, te ukupne suspendirane tvari ulaznih otpadnih voda za najmanje 50% prije ispuštanja.
2. Drugi stupanj (II) pročišćavanja - obuhvaća biološku obradu uz sekundarno taloženje ili druge tehnike koje su usklađene sa zahtjevima definiranim u Tablici 1.

Tablica 1: Granične vrijednosti emisija komunalnih otpadnih voda pročišćenih na uređaju drugog stupnja (II) pročišćavanja (Izvor: Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20))

| Pokazatelji | Granična vrijednost | Najmanji postotak onečišćenja | Referentna metoda mjerenja |
|---|----------------------------|--------------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ukupne suspendirane tvari | 35 mg/l | 90 | Filtriranje ogleđnog uzorka kroz 0,45 µm membranskom filtracijom. Sušenje na 105 °C i vaganje. Centrifugiranje ogleđnog uzorka (najmanje pet minuta uz srednje ubrzanje od 2800 do 3200 g), sušenje na 105 °C i vaganje. |
| Biokemijska potrošnja kisika BPK ₅ (20 °C) bez nitrifikacije | 25 mg O ₂ /l | 70 | Homogenizirani, nefiltrirani, nedekantirani uzorak. Utvrdjeni otopljeni kisik prije i nakon petodnevnne inkubacije na 20 °C ±1 °C, u potpunoj tami. Dodatak inhibitora nitrifikacije. |
| Kemijska potrošnja kisika KPK _{Cr} | 125 mg O ₂ /l | 75 | Homogenizirani, nefiltrirani, nedekantirani uzorak. Kalijev dikromat |

3. Treći stupanj (III) pročišćavanja - predstavlja strožu obradu komunalnih otpadnih voda. To uključuje dodatne postupke koji, uz drugi stupanj pročišćavanja, postižu zahtjeve za i/ili fosfor i/ili dušik iz Tablice 2, i/ili mikrobiološke pokazatelje i/ili druge onečišćujuće tvari s ciljem zaštite osjetljivih područja i postizanja specifičnih ciljeva zaštite voda.

Tablica 2: Granične vrijednosti emisija komunalnih otpadnih voda pročišćenih na uređaju trećeg (III) stupnja pročišćavanja (Izvor: Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20))

| Pokazatelji | Granična vrijednost | Najmanji postotak smanjenja onečišćenja | Referentna metoda mjerenja |
|--|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ukupni fosfor | 2 mg P/l (10 000 do 100 000 ES) 1 mg P/l (veće od 100 000 ES) | 80 | Molekularna apsorpcijska spektrofotometrija |
| Ukupni dušik (organski N+NH ₄ -N +NO ₂ - N+NO ₃ -N) | 15 mg N/l (10 000 do 100 000 ES) 10 mg N/l (veće od 100 000 ES) | 70 | Molekularna apsorpcijska spektrofotometrija |

U skladu s Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 66/19, 20/23 i 50/23-ispravak), definirane su standardne vrijednosti za specifične parametre koji određuju dobro stanje voda (Degoricija Lončar i Filipović, 2019.). Prema Uredbi o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 20/23) (Vlada Republike Hrvatske, 2023.), elementi ocjene ekološkog stanja priobalnih voda su:

- a) biološki elementi:
 1. sastav, brojnost i biomasa fitoplanktona
 2. sastav i brojnost ostale vodene flore
 3. sastav i brojnost makrozoobentosa
- b) hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente:
 1. morfološki uvjeti: varijacije dubine, struktura i sediment priobalnog dna, struktura plimne zone
 2. plimni režim: smjer prevladavajućih struja, izloženost valovima
- c) osnovni fizikalno-kemijski elementi koji prate biološke elemente:
 1. osnovni fizikalno kemijski elementi: prozirnost, temperatura, režim kisika, salinitet, hranjive tvari

2. specifične onečišćujuće tvari nesintetske: bakar i njegovi spojevi, cink i njegovi spojevi

U nastavku će se dati osvrt na ključne izmjene iz Uredbe o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 20/23) u odnosu na originalnu Uredbu o standardu kakvoće voda (NN 66/19). Tablica 3 i Tablica 4 prikazuju granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za biološke elemente kakvoće, izražene kao omjer ekološke kakvoće. Pritom se Tablica 3 odnosi na originalnu Uredbu (NN 66/19), dok je Tablica 4 iz Izmjene Uredbe (NN 20/23). Postoji nekoliko razlika u tablicama. Jedna od njih je u Tablici 4, gdje je Biomasa fitoplanktona izražena kao klorofil, a podijeljena na tipove priobalnih voda, za razliku od Tablice 3 gdje te podjele nema. Stupac s novim vrijednostima u Tablici 4 označen je crvenom bojom. Nadalje, u Tablici 3 spominje se samo jedna vrsta morskih cvjetnica, *Posidonia oceanica*, dok se u Tablici 4 spominju općenito morske cvjetnice. Prema Zavodu za zaštitu okoliša i prirode (2017.) u Jadranskom moru su prisutne četiri vrste morskih cvjetnica: *Posidonija* ili oceanski porost (*Posidonia oceanica*), morska svilina (*Zostera marina*), patuljasta svilina (*Zostera noltii*) i čvorasta morska resa (*Cymodocea nodosa*). Također, plavom bojom je označena razlika u vrlo lošoj kategoriji ekološkog stanja. Mala razlika javlja se i kod vrijednosti omjera ekološke kakvoće za makroalge. Iz prikazanih razlika, može se zaključiti o generalnom trendu kojim se nastojalo postrožiti uvjete za ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u priobalne vode.

Tablica 3: Omjer ekološke kakvoće za priobalne vode (Izvor: Uredba o standardu kakvoće voda (NN 66/19))

| KATEGORIJA EKOLOŠKOG STANJA | Omjer ekološke kakvoće * | | | |
|-----------------------------|--|---------------------------|-------------|----------------|
| | Biomasa fitoplanktona izražena kao klorofil <i>a</i> | Makrofiti | | Makrozoobentos |
| | | <i>Posidonia oceanica</i> | Makroalge | |
| vrlo dobro ili referentno | 0,82 – 1,00 | 0,775 – 1,000 | 0,76 – 1,00 | 0,83 – 1,00 |
| dobro | 0,61 – 0,81 | 0,550 – 0,774 | 0,61 – 0,75 | 0,62 – 0,82 |
| umjereno | 0,41 – 0,60 | 0,325 – 0,549 | 0,41 – 0,60 | 0,41 – 0,61 |
| loše | 0,19 – 0,40 | 0,100 – 0,324 | 0,25 – 0,40 | 0,20 – 0,40 |
| vrlo loše | < 0,19 | Nestanak vrste | < 0,25 | < 0,20 |

Tablica 4: Omjer ekološke kakvoće za priobalne vode (Izvor: Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 20/23))

| KATEGORIJA EKOLOŠKOG STANJA | Omjer ekološke kakvoće ¹ | | | | | | |
|--------------------------------|--|----------------------|----------------------|----------|----------------|------------------|-------------|
| | Biomasa fitoplanktona izražena kao klorofil a ² | | Makrofita | | Makrozoobentos | | |
| | HR-O3_12 HR-O3_22 | HR-O3_13 HR-O3_23 | HR-O4_13 HR-O4_22 | HR-O4_23 | | Morske cvjetnice | Makroalge |
| vrlo dobro ili referentno | 0,82 – 1,00 | | 0,79 – 1,00 | | 0,775 – 1,000 | 0,75 – 1,00 | 0,83 – 1,00 |
| dobro | 0,61 – 0,81 | | 0,61 – 0,78 | | 0,550 – 0,774 | 0,60 – 0,74 | 0,62 – 0,82 |
| umjereno | 0,41 – 0,60 | | 0,39 – 0,60 | | 0,325 – 0,549 | 0,41 – 0,59 | 0,41 – 0,61 |
| loše | 0,19 – 0,40 | | 0,20 – 0,38 | | 0,100 – 0,324 | 0,25 – 0,40 | 0,20 – 0,40 |
| vrlo loše | < 0,19 | | < 0,20 | | < 0,100 | < 0,25 | < 0,20 |

Tablica 5, Tablica 6 i Tablica 7 prikazuju granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske elemente kakvoće. Tablica 5 (iz originalne Uredbe (NN 66/19)) i Tablica 6 (iz Izmjene Uredbe (20/23)), odnosno Tablica 7 (iz ispravka Izmjene Uredbe (NN 50/23)) se značajnije razlikuju. Tablice 6 i 7 sadrže više tipova priobalnih voda te za svaki tip ima tri dodatne kategorije ekološkog stanja. Uz vrlo dobro ili referentno i dobro ekološko stanje ostale tri kategorije su: umjereno, loše i vrlo loše ekološko stanje. Prema Uredbi o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 20/23), kao i ispravku Uredbe o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 50/23), razlikuje se 7 tipova priobalnih voda: Poli-euhaline plitke priobalne vode krupnozrnatog sedimenta (HR-O3_12), Poli-euhaline plitke priobalne vode sitnozrnatog sedimenta (HR-O3_13), Poli-euhaline priobalne vode krupnozrnatog sedimenta (HR-O3_22), Poli-euhaline priobalne vode sitnozrnatog sedimenta (HR-O3_23), Euhaline plitke priobalne vode sitnozrnatog sedimenta (HR-O4_13), Euhaline priobalne vode krupnozrnatog sedimenta (HR-O4_22), Euhaline priobalne vode sitnozrnatog sedimenta (HR-O4_23). Nadalje, Tablica 5 ne sadrži temperaturu ni salinitet koji su u Tablicama 6 i 7 dodani kao parametri, a dodan je i parametar ukupnog dušika. Ipak, ključne razlike u primijeni danih tablica na proračun dopuštenih količina ispuštanja onečišćenja putem pročišćene otpadne vode u priobalne vode (primjenom Metodologije kombiniranog pristupa) ogleda se u promijeni graničnih vrijednosti dobrog ekološkog stanja za parametre dušika i ukupnog fosfora. Navedene razlike između Tablice 5 (originalna Uredba (NN66/19)) te Tablica 6 i 7 (Izmjena Uredbe (NN 20/23)) i ispravak Izmjene Uredbe (NN 50/23)) u graničnim vrijednostima dobrog ekološkog stanja u odnosu na parametre dušika i ukupnog fosfora, za tipove vodnih tijela HR-O3_23 i HR-O4_23, za koje će se u nastavku rada prikazati primjena Metodologije kombiniranog pristupa, istaknute su u tablicama u nastavku ljubičastom bojom. Pritom se napominje da se ove ključne vrijednosti nisu promijenile posljednjim ispravkom Izmjene Uredbe (NN 50/23) – Tablica 7 u odnosu na Izmjenu Uredbe (NN 20/23) – Tablica 6, gdje se ispravak odnosi samo na pokazatelje

umjerenog, lošeg i vrlo lošeg ekološkog stanja (označeno žutom bojom u predmetnim tablicama).

Razlike u graničnim vrijednostima dobrog ekološkog stanja između originalne Uredbe (NN 66/19) s jedne strane te Izmjene Uredbe (20/23) i ispravka Izmjene Uredbe (NN 50/23) su pak značajne i ogledaju se u blagom smanjenju graničnih vrijednosti u odnosu na parametar dušika (ukupnog dušika) i značajnom postroženju graničnih vrijednosti u odnosu na parametar ukupnog fosfora. U nastavku rada će se opisati primjena Metodologije kombiniranog pristupa, a potom i prikazati značaj uvedenih izmjena Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 66/19, 20/3 i 50/23-ispravak) na rezultate proračuna primjenom ove Metodologije.

Tablica 5: Granična vrijednost za osnovne fizikalno-kemijske elemente kakvoće (Izvor: Uredba o standardu kakvoće voda (NN 66/19))

| OZNAKA TIPA | KATEGORIJA EKOLOŠKOG STANJA | Granična vrijednost ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje – vrijednost 50-og percentila | | | | |
|---------------------------|--------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|
| | | Režim kisika | Hranjive tvari | | | Prozirnost |
| | | Zasićenje kisikom | Anorganski dušik | Ortofosfati | Ukupni fosfor | Secchi prozirnost |
| | | % | $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ | $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ | $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ | m |
| HR-O3_13 | vrlo dobro ili referentno | P: 90 – 110 D: > 80 | 3 | 0,07 | 0,3 | 25 |
| | dobro | P: 75-150 D: > 40 | 3 – 15 | 0,07 – 0,25 | 0,3 – 0,6 | 5 – 25 |
| HR-O4_12 i HR-O4_13 | vrlo dobro ili referentno | P: 90 – 110 D: > 80 | 2 | 0,07 | 0,3 | 25 |
| | dobro | P: 75-150 D: > 40 | 2 – 10 | 0,07 – 0,25 | 0,3 – 0,6 | 5 – 25 |
| HR-O4_22 i HR-O4_23 | vrlo dobro ili referentno | P: 90 – 110 D: > 80 ¹ D: > 70 ² | 2 | 0,07 | 0,3 | 25 |
| | dobro | P: 75-150 D: > 40 | 2 – 10 | 0,07 – 0,25 | 0,3 – 0,6 | 5 – 25 |

Tablica 6: Granična vrijednost za osnovne fizikalno-kemijske elemente kakvoće (Izvor: Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 20/23))

| OZNAKA TIPA | KATEGORIJA EKOLOŠKOG STANJA | Temperatura prosječno godišnje odstupanje u °C ³ | Granična vrijednost ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje – vrijednost 50-og percentila | | Granična vrijednost ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje – srednja godišnja vrijednost | | | | |
|----------------------|-----------------------------|--|--|---|--|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | | Prozirnost | Režim kisika ¹ | Salinitet ² | Hranjive tvari ¹ | | | |
| | | | Secchi prozirnost | Zasićenje kisikom | | Otopljeni anorganski dušik | Ukupni dušik | Ortofosfati | Ukupni fosfor |
| | | | m | % | PSU | µmol N/dm ³ | µmol N/dm ³ | µmol P/dm ³ | µmol P/dm ³ |
| HR-O3_12 HR-O3_13 | vrlo dobro ili referentno | nema odstupanja | >25 | P: 90 – 110 D: > 80 | 34,5 ≤ s ≤ 37,5 | ≤2,59 | ≤10,99 | ≤0,054 | ≤0,234 |
| | dobro | <1,5 | 5 – 25 | P: 75-150 D: > 40 | 33,0 ≤ s ≤ 34,4 37,6 ≤ s ≤ 38,5 | 2,60-3,99 | 11,00-13,39 | 0,055-0,079 | 0,235-0,299 |
| | umjereno | >1,5 | <5 ⁴ | P: >150 P: <75 D: < 40 | s < 33,0 s>38,5 7,00-9,99 ≥10,00 | 4,00-6,99 | 13,40-18,99 | 0,080-0,119 | 0,300-0,399 |
| | loše | | | | | 19,00-25,99 | 0,120-0,179 | 0,400-0,599 | |
| | vrlo loše | | | | | ≥26,00 | ≥0,180 | ≥0,600 | |
| HR-O3_22 HR-O3_23 | vrlo dobro ili referentno | nema odstupanja | >25 | P: 90 – 110 D: > 80 ⁵ D: > 70 ⁶ | 34,5 ≤ s ≤ 37,5 | ≤2,59 | ≤10,99 | ≤0,054 | ≤0,234 |
| | dobro | <1,5 | 5 – 25 | P: 75-150 D: > 40 | 33,0 ≤ s ≤ 34,4 37,6 ≤ s ≤ 38,5 | 2,60-3,99 | 11,00-13,39 | 0,055-0,079 | 0,235-0,299 |
| | umjereno | >1,5 | <5 ⁴ | P: >150 P: <75 D: < 40 | s < 33,0 s>38,5 7,00-9,99 ≥10,00 | 4,00-6,99 | 13,40-18,99 | 0,080-0,119 | 0,300-0,399 |
| | loše | | | | | 19,00-25,99 | 0,120-0,179 | 0,400-0,599 | |
| | vrlo loše | | | | | ≥26,00 | ≥0,180 | ≥0,600 | |
| HR-O4_13 | vrlo dobro ili referentno | nema odstupanja | >25 | P: 90 – 110 D: > 80 | s ≥ 37,5 | ≤1,49 | ≤9,69 | ≤0,039 | ≤0,199 |
| | dobro | <1,5 | 5 – 25 | P: 75-150 D: > 40 | 36,0 ≤ s ≤ 37,4 | 1,50-2,69 | 9,70-12,09 | 0,040-0,069 | 0,200-0,274 |
| | umjereno | >1,5 | <5 ⁴ | P: >150 P: <75 D: < 40 | s < 36,0 6,00-8,99 ≥9,00 | 2,70-5,99 | 12,10-15,99 | 0,070-0,099 | 0,275-0,389 |
| | loše | | | | | 16,00-20,99 | 0,100-0,139 | 0,390-0,539 | |
| | vrlo loše | | | | | ≥21,00 | ≥0,140 | ≥0,540 | |
| HR-O4_22 HR-O4_23 | vrlo dobro ili referentno | nema odstupanja | >25 | P: 90 – 110 D: > 80 ⁵ D: > 70 ⁶ | s ≥ 37,5 | ≤1,49 | ≤9,69 | ≤0,039 | ≤0,199 |
| | dobro | <1,5 | 5 – 25 | P: 75-150 D: > 40 | 36,0 ≤ s ≤ 37,4 | 1,50-2,69 | 9,70-12,09 | 0,040-0,069 | 0,200-0,274 |
| | umjereno | >1,5 | <5 ⁴ | P: >150 P: <75 D: < 40 | s < 36,0 6,00-8,99 ≥9,00 | 2,70-5,99 | 12,10-15,99 | 0,070-0,099 | 0,275-0,389 |
| | loše | | | | | 16,00-20,99 | 0,100-0,139 | 0,390-0,539 | |
| | vrlo loše | | | | | ≥21,00 | ≥0,140 | ≥0,540 | |

Tablica 7: Granična vrijednost za osnovne fizikalno-kemijske elemente kakvoće (Izvor: Ispravak Uredbe o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 50/23))

| OZNAKA TIPA | KATEGORIJA EKOLOŠKOG STANJA | Temperatura prosječno godišnje odstupanje u °C ³ | Granična vrijednost ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje – vrijednost 50-og percentila | | Granična vrijednost ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje – srednja godišnja vrijednost | | | | |
|----------------------|-----------------------------|--|--|---|--|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | | Prozirnost | Režim kisika ¹ | Salinitet ² | Hranjive tvari ¹ | | | |
| | | | Secchi prozirnost | Zasićenje kisikom | | Otopljeni anorganski dušik | Ukupni dušik | Ortofosfati | Ukupni fosfor |
| | | | m | % | PSU | µmol N/dm ³ | µmol N/dm ³ | µmol P/dm ³ | µmol P/dm ³ |
| HR-O3_12 HR-O3_13 | vrlo dobro ili referentno | nema odstupanja | >25 | P: 90 – 110 D: > 80 | 34,5 ≤ s ≤ 37,5 | ≤2,59 | ≤10,99 | ≤0,054 | ≤0,234 |
| | dobro | <1,5 | 5 – 25 | P: 75-150 D: > 40 | 33,0 ≤ s ≤ 34,4 37,6 ≤ s ≤ 38,5 | 2,60-3,99 | 11,00-13,39 | 0,055-0,079 | 0,235-0,299 |
| | | | | umjereno | P: >150 | s < 33,0 | 4,00-6,99 | 13,40-18,99 | 0,080-0,119 |
| | loše | >1,5 | <5 ⁴ | P: <75 D: < 40 | s >38,5 | 7,00-9,99 | 19,00-25,99 | 0,120-0,179 | 0,400-0,599 |
| | vrlo loše | | | | | ≥10,00 | ≥26,00 | ≥0,180 | ≥0,600 |
| HR-O3_22 HR-O3_23 | vrlo dobro ili referentno | nema odstupanja | >25 | P: 90 – 110 D: > 80 ⁵ D: > 70 ⁶ | 34,5 ≤ s ≤ 37,5 | ≤2,59 | ≤10,99 | ≤0,054 | ≤0,234 |
| | dobro | <1,5 | 5 – 25 | P: 75-150 D: > 40 | 33,0 ≤ s ≤ 34,4 37,6 ≤ s ≤ 38,5 | 2,60-3,99 | 11,00-13,39 | 0,055-0,079 | 0,235-0,299 |
| | | | | umjereno | P: >150 | s < 33,0 | 4,00-6,99 | 13,40-18,99 | 0,080-0,119 |
| | loše | >1,5 | <5 ⁴ | P: <75 D: < 40 | s >38,5 | 7,00-9,99 | 19,00-25,99 | 0,120-0,179 | 0,400-0,599 |
| | vrlo loše | | | | | ≥10,00 | ≥26,00 | ≥0,180 | ≥0,600 |
| HR-O4_13 | vrlo dobro ili referentno | nema odstupanja | >25 | P: 90 – 110 D: > 80 | s ≥ 37,5 | ≤1,49 | ≤9,69 | ≤0,039 | ≤0,199 |
| | dobro | <1,5 | 5 – 25 | P: 75-150 D: > 40 | 36,0 ≤ s ≤ 37,4 | 1,50-2,69 | 9,70-12,09 | 0,040-0,069 | 0,200-0,274 |
| | | | | umjereno | P: >150 | s < 36,0 | 2,70-5,99 | 12,10-15,99 | 0,070-0,099 |
| | loše | >1,5 | <5 ⁴ | P: <75 D: < 40 | | 6,00-8,99 | 16,00-20,99 | 0,100-0,139 | 0,390-0,539 |
| | vrlo loše | | | | | ≥9,00 | ≥21,00 | ≥0,140 | ≥0,540 |
| HR-O4_22 HR-O4_23 | vrlo dobro ili referentno | nema odstupanja | >25 | P: 90 – 110 D: > 80 ⁵ D: > 70 ⁶ | s ≥ 37,5 | ≤1,49 | ≤9,69 | ≤0,039 | ≤0,199 |
| | dobro | <1,5 | 5 – 25 | P: 75-150 D: > 40 | 36,0 ≤ s ≤ 37,4 | 1,50-2,69 | 9,70-12,09 | 0,040-0,069 | 0,200-0,274 |
| | | | | umjereno | P: >150 | s < 36,0 | 2,70-5,99 | 12,10-15,99 | 0,070-0,099 |
| | loše | >1,5 | <5 ⁴ | P: <75 D: < 40 | | 6,00-8,99 | 16,00-20,99 | 0,100-0,139 | 0,390-0,539 |
| | vrlo loše | | | | | ≥9,00 | ≥21,00 | ≥0,140 | ≥0,540 |

Metodologija primjene kombiniranog pristupa ima raznoliku primjenu u više postupaka. Prvo, koristi se za procjenu utjecaja zahvata na okoliš. Također se primjenjuje pri ocjeni potrebe za procjenom utjecaja zahvata na okoliš. Osim toga, koristi se u postupku ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu. Tijekom izrade konceptijskih rješenja, studija izvodljivosti i ostale dokumentacije, također je važan dio metodologije. Koristi se i pri izdavanju vodopravnih uvjeta te potvrda za glavni projekt. Metodologija se primjenjuje i kod izdavanja vodopravnih dozvola za ispuštanje otpadnih voda. Nadalje, koristi se u davanju mišljenja i ocjena u postupku izdavanja okolišne dozvole te se primjenjuje u svim ostalim situacijama gdje su potrebne granične vrijednosti emisija za ispuštanje u površinske vode ili podzemne vode.

Važno je napomenuti da načela kombiniranog pristupa trebaju biti sastavni dio dokumentacije koja definira stupanj onečišćenja, planirani način pročišćavanja i ispuštanja pročišćenih otpadnih voda te prijemnik ispuštenih pročišćenih otpadnih voda u svim navedenim postupcima (Hrvatske vode, 2018.).

Prema Hrvatskim vodama (2018.), metodologijom su utvrđeni obveznici za koje se određuju granične vrijednosti emisija otpadnih voda za ispuštanja u tipizirana vodna tijela, netipizirana vodna tijela, umjetna vodna tijela, značajno promijenjena vodna tijela te kanale. Prilikom toga, uzima se u obzir mjerodavni protok prijemnika i protok pročišćenih otpadnih voda, kao i način određivanja graničnih vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u pročišćenim otpadnim vodama za ispuštanje u površinske vode.

2.3. Klasifikacija onečišćivača

Prema klasifikaciji onečišćivača postoje onečišćivači na koje se primjenjuje metodologija i onečišćivači na koje se ne primjenjuje metodologija kombiniranog pristupa. Primjenjuje se za ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u površinske vode za onečišćivače koji ispuštaju:

- a) samo sanitarne otpadne vode s ulaznim opterećenjem većim od 50 ES,
- b) biorazgradive tehnološke otpadne vode s ulaznim opterećenjem većim od 50 ES,
- c) tehnološke otpadne vode sa specifičnim onečišćujućim tvarima, prioritetnim i prioritetnim opasnim tvarima,
- d) komunalne otpadne vode (Hrvatske vode, 2018.).

Metodologijom se omogućuje privremeno ispuštanje pročišćenih otpadnih voda postojećih onečišćivača koji su proveli osnovne mjere zaštite i pročišćavanja, u vodno tijelo koje nije postiglo dobro stanje, pod uvjetom da drugi onečišćivači na istom vodnom tijelu nisu poduzeli osnovne mjere. Novi onečišćivači koji pridonose novom opterećenju vodnog okoliša, uključujući promjenu djelatnosti na lokaciji, mogu ispuštati pročišćene otpadne vode samo u vodno tijelo u najmanje dobrom stanju. Prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20), postojeći onečišćivači su svi onečišćivači kojima su već bile određene granične vrijednosti emisija te onečišćivači koji ispuštaju komunalne otpadne vode ili sanitarne otpadne vode putem individualnih sustava odvodnje, a nisu im bile određene granične vrijednosti emisija, dok su novi onečišćivači svi onečišćivači kojima se po prvi put određuju granične vrijednosti emisija, a ne uključuju onečišćivače koji već ispuštaju komunalne otpadne vode ili sanitarne otpadne vode putem individualnih sustava odvodnje. U iznimnim situacijama, ispuštanje pročišćenih otpadnih voda novih onečišćivača u vodno tijelo koje nije

u najmanje dobrom stanju dopušteno je samo ako ocjena stanja toga vodnog tijela, temeljena isključivo na hidromorfološkim elementima, pokaže nepovoljno stanje i ako se primjenom metodologije kombiniranog pristupa u postupcima procjene utjecaja na okoliš, izrade studija izvodljivosti, izdavanja vodopravnih uvjeta i slično dokaže da predloženo ispuštanje neće negativno utjecati na stanje tog vodnog tijela (Hrvatske vode, 2018.).

S druge strane, postoje onečišćivači na koje se ne primjenjuje metodologija kombiniranog pristupa, a to je u slučaju kada za ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u površinske vode onečišćivači ispuštaju:

- a) samo sanitarne otpadne vode s ulaznim opterećenjem manjim od 50 ES,
- b) biorazgradive tehnološke otpadne vode s ulaznim opterećenjem manjim od 50 ES te onih čije tehnološke otpadne vode ne sadrže specifične onečišćujuće tvari, prioritete i prioritete opasne tvari (Hrvatske vode, 2018.).

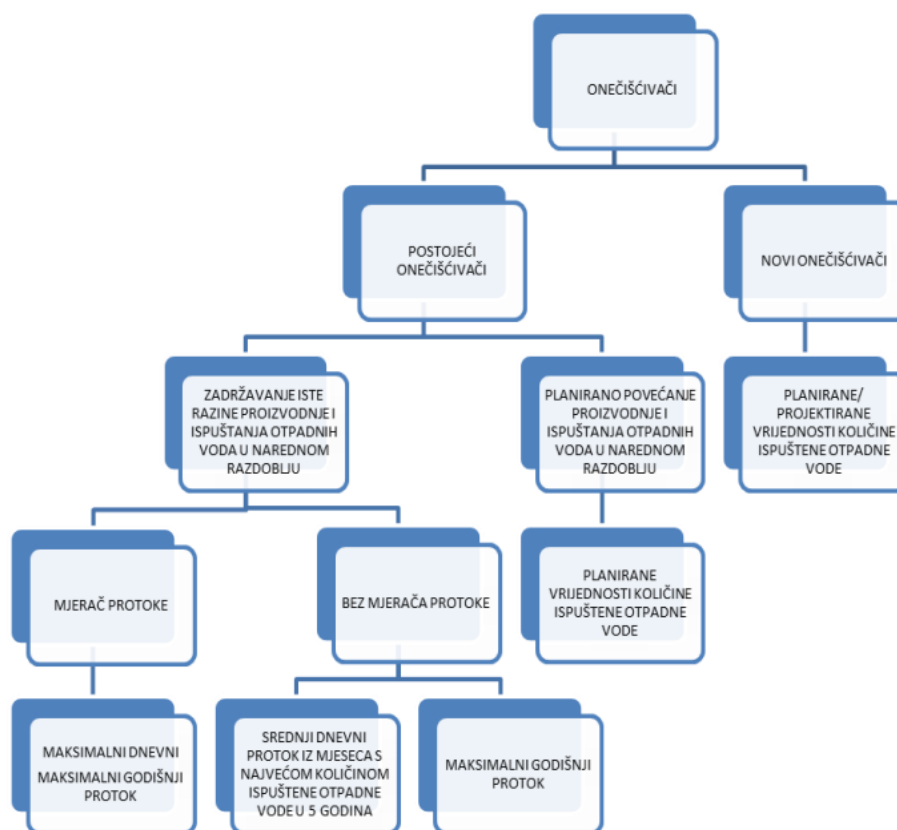
Kada se metodologija ne primjenjuje na postojeće onečišćivače za ispuštanje pročišćenih otpadnih voda, tada će se i dalje koristiti trenutni prijemnici, a granične vrijednosti emisija otpadnih voda za ispuštanje u površinske vode bit će određene prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20), neovisno o stanju vodnog tijela (Hrvatske vode, 2018.).

2.4. Određivanje protoka pri ispuštanju u kopnene površinske vode

Za određivanje protoka koristi se protok prijemnika za kopnene površinske vode (Q_p) i protok pročišćenih otpadnih voda (Q_{OV}). Metodologija uključuje korisnost mjerodavnog **protoka prijemnika za kopnene površinske vode (Q_p)**, koji je jednak protoku trajnosti 90% u točki mjerenja (Q_{90}). Prilikom izračuna dozvoljenih graničnih vrijednosti emisija otpadnih voda za ispuštanje u površinske vode, uzima se u obzir Q_{90} i postojeće stanje prijemnika (C_{uzv}), s ciljem očuvanja dobrog stanja prijemnika ili postizanja istog. Ako se dobro stanje ne postigne ovim izračunom niti primjenom dopunskih mjera, detaljnija analiza se provodi koristeći pretpostavljeno stanje prijemnika (C_{uzv}) na gornjoj granici i sredini raspona dobrog stanja. Analiza se također radi za niz protoka ($Q_{80}, Q_{70}, Q_{60}, Q_{50}, Q_{srednji}$) kako bi se utvrdile standardne vrijednosti prijemnika. Pristup definiranja mjerodavnog protoka treba paziti da ne pogoršava stanje površinskih voda. Pogoršanje se definira kao promjena u kvaliteti koja prebacuje elemente kvalitete za jedan razred niže, unatoč tome što to ne mora nužno značiti pogoršanje cjelokupne klasifikacije. U donošenju odluke o prijemnicima, investitori trebaju uzeti u obzir moguće buduće promjene rješenja ispuštanja pročišćenih otpadnih voda te potencijalne

materijalne troškove. Proračun mjerodavnog protoka prijemnika Q_p temelji se na analizama i modelima izračuna hidroloških pokazatelja koje obavljaju pravne i fizičke stručne osobe. Ovlaštene osobe mogu osigurati kontinuirano mjerenje protoka prijemnika, što će se uzeti u obzir kod naknadnih procjena. Ako se ispuštanje događa u prijemniku gdje je $Q_{70} = 0$, to se razmatra kao ispuštanje u podzemne vode, s određivanjem graničnih vrijednosti emisija prema kriterijima za neizravno ispuštanje u podzemne vode. (Hrvatske vode, 2018.)

Što se tiče **protoka pročišćenih otpadnih voda (Q_{OV})**, različito se gleda na postojeće onečišćivače i nove onečišćivače. Za **postojeće onečišćivače**, za izračun graničnih vrijednosti emisija treba odrediti maksimalne vrijednosti protoka pročišćenih otpadnih voda, odnosno maksimalni dnevni (Q_{ovmaxd}) i maksimalni godišnji protok (Q_{ovmaxg}) koji su izmjereni tijekom razdoblja od posljednjih 5 godina. Pri čemu je maksimalni dnevni protok najveća dnevna količina ispuštene pročišćene otpadne vode u danu iz razdoblja od 5 godina pretvorena u protok, a maksimalni godišnji protok je najveća ukupna količina ispuštene pročišćene otpadne vode u godini iz razdoblja od 5 godina, pretvorena u protok (Hrvatske vode, 2018.). Ako onečišćivač održava istu razinu proizvodnje i ispuštanja otpadne vode u budućem razdoblju, za maksimalni dnevni i godišnji protok koriste se podaci izmjereni na mjerачu protoke. U slučaju odsutnosti mjerачa protoke, koristi se srednji dnevni protok (aritmetička sredina) iz mjeseca s najvećim ispuštanjem tijekom prethodnih pet godina, uzimajući u obzir isporučenu vodu i umanjenu za eventualne gubitke. Ukoliko se planira povećanje proizvodnje i ispuštanje otpadnih voda, vodopravni akti koriste planirane vrijednosti količine ispuštene pročišćene otpadne vode (Hrvatske vode, 2018.). Što se tiče **novih onečišćivača**, za protok pročišćenih otpadnih voda koriste se planirane vrijednosti postrojenja maksimalnog dnevnog i maksimalnog godišnjeg protoka (Hrvatske vode, 2018.). Na Slici 1, grafički je prikazana razlika između postojećih i novih onečišćivača.



Slika 1: Postojeći i novi onečišćivači (Izvor: Hrvatske vode, 2018.)

2.5. Ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u prijelazne i priobalne vode

Kako bi se primijenila metodologija kombiniranog pristupa na vodna tijela prijelaznih i priobalnih voda za specifične onečišćujuće tvari i prioritetne i prioritetne opasne tvari u pročišćenoj otpadnoj vodi, potrebno je ispitati značajnost ispusta u odnosu na dubinu na kojoj je postavljen ispust i omjer gustoće pročišćene otpadne vode i gustoće mora. Prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20) podmorski ispust je definiran kao vodna građevina za ispuštanje otpadnih voda u more na udaljenosti od obalne crte (najniže plime na kopnu) u pravilu ne manjoj od 500 m i na dubini većoj od 20 m. U slučaju kada je ispust smješten 20 metara ili više ispod površine mora, te ako je gustoća pročišćene otpadne vode (koja se određuje analizom uzoraka otpadne vode) manja od gustoće mora, potrebno je izvesti test značajnosti ispusta koristeći sljedeću formulu:

$$EVF = Q_{OV} * (C_{OV} / SKVO_{PGK}(GVK))$$

pri čemu je:

- EVF - efektivni volumen protoka, izražen u m^3/s

- Q_{OV} - prosječni dnevni protok pročišćene otpadne vode na ispustu, izražen u m^3/s
- C_{OV} - koncentracija onečišćujuće tvari u pročišćenoj otpadnoj vodi, izražena u $\mu g/l$
- $SKVO_{PGK}(GVK)$ - prosječna godišnja koncentracija standarda kakvoće okoliša izražena u $\mu g/l$ (Hrvatske vode, 2018.).

Prema Hrvatskim vodama (2018.), test ispitivanja značajnosti ispusta vrši se s pokazateljem koji ima najveći omjer $C_{OV}/SKVO_{PGK}(GVK)$. Ako je $EVF \leq 5 m^3/s$, odnosno $EVF \leq 2 m^3/s$ za osjetljiva područja na Jadranskom vodnom području, ispust se ne smatra značajnim, a ako je $EVF > 5 m^3/s$, odnosno za osjetljiva područja $EVF > 2 m^3/s$, potrebno je izračunati početno hidrauličko razrjeđenje (S_1). Prema Odluci o određivanju osjetljivih područja (NN 79/22), osjetljiva područja na jadranskom vodnom području su sva područja koja su određena kao eutrofna, područja koja su namijenjena zahvaćanju vode za ljudsku potrošnju i zaštićena područja prirode.

Postoji niz matematičkih modela koji se koriste za izračun početnog hidrauličkog razrjeđenja otpadne vode u morskom okruženju. Odabir konkretnog modela ovisi o različitim uvjetima u prijemniku kao što su temperatura, slojevitost vodnog stupca, brzina morskih struja i o tipu ispusta:

a) Nema slojevitosti vodnog stupca, mala brzina morskih struja ($< 10 cm/s$)

Izračun za ispuste s difuzorom: $S_1 = 0,38 \frac{\sqrt[5]{g' h}}{\sqrt[5]{q^2}}$

pri čemu je:

- S_1 - početno razrjeđenje
- g' - usporni faktor izražen u m/s^2
- h - dubina ispusta izražena u m
- q - istjecanje pročišćene otpadne vode po duljini raspršivača izraženo kao $\frac{m^3}{s} * m$ (Hrvatske vode, 2018.)

Usporni faktor računa se prema formuli: $g' = g \left(\frac{\rho_m - \rho_{ov}}{\rho_{ov}} \right)$

pri čemu je:

- ρ_m - gustoća morske vode
- ρ_{ov} - gustoća pročišćene otpadne vode
- g - ubrzanje sile teže $\approx 9,81 m/s^2$ (Hrvatske vode, 2018.)

Izračun za ispuste bez difuzora računa se po formuli: $S_1 = 0,089 \frac{\sqrt[5]{g' h^5}}{\sqrt[5]{Q_{ov}^2}}$

pri čemu je:

- Q_{ov} - protok ispuštene pročišćene otpadne vode izražen u m^3/s (Hrvatske vode, 2018.)
- b) Slojeviti vodni stupac, mala brzina morskih struja (ljetno razdoblje, brzine morskih struja $< 10\text{ cm/s}$)**

$$\text{Izračun za ispuste s difuzorom: } S_1 = 0,31 \frac{\sqrt[5]{g' z_{max}}}{\sqrt[5]{q^2}}$$

pri čemu je:

- z_{max} - najveća visina dizanja perjanice mješavine vode izražena u m (Hrvatske vode, 2018.)

$$\text{Izraz } z_{max} \text{ računa se prema sljedećoj formuli: } z_{max} = 2,84 \sqrt[5]{g' q} \left\{ \frac{-g}{\rho_{ov}} \frac{\Delta \rho_m}{\Delta z} \right\}^{-\frac{1}{2}}$$

pri čemu je:

- $\frac{\Delta \rho_m}{\Delta z}$ - promjena gustoće morske vode po dubini izražena u $(kg/m^3)/m$ (Hrvatske vode, 2018.)

$$\text{Izračun za ispuste bez difuzora glasi: } S_1 = 0,071 \frac{\sqrt[5]{g' s} \sqrt[5]{z_{max}^5}}{\sqrt[5]{Q_{ov}^2}}$$

U ovom slučaju z_{max} izračunava se prema izrazu: $z_{max} = 3,98 \sqrt[4]{Q_{ov} g'} \left\{ \frac{-g}{\rho_{ov}} \frac{\Delta \rho_m}{\Delta z} \right\}^{-\frac{3}{8}}$

c) Značajnije strujanje mora (brzina morskih struja $> 10\text{ cm/s}$)

$$\text{Računa se prema formuli: } S_1 = \frac{v_x l_{dif} d}{Q_{ov}}$$

pri čemu je:

- v_x - brzina morskih struja, izražena u m/s
- l_{dif} - duljina raspršivača, izražena u m
- d - srednja debljina mješavine pročišćene otpadne i morske vode (približno $d = h/3$)
- Q_{ov} - protok ispuštene pročišćene otpadne vode izražen u m^3/s (Hrvatske vode, 2018.)

Prema Hrvatskim vodama (2018.), nakon što se izračuna početno hidrauličko razrjeđenje (S_1) treba odrediti omjer koncentracije granične vrijednosti za onečišćujuću tvar (C_{gve}) izraženu u $\mu g/l$ i izračunatog početnog hidrauličkog razrjeđenja. Ako je $\frac{C_{gve}}{S_1} \leq SKVO_{PGK}(GVK)$ propisuje se granična vrijednost za onečišćujuću tvar te prosječno dnevno i godišnje opterećenje. Ako je $\frac{C_{gve}}{S_1} > SKVO_{PGK}(GVK)$, treba izračunati koncentraciju onečišćujuće tvari u pročišćenoj otpadnoj vodi (C_{doz}) prihvatljivu za ispuštanje u prijemnik da

bi se zadovoljio uvjet da je na granici branjenih, odnosno zaštićenih zona koncentracija onečišćujuće tvari u moru manja ili jednaka graničnoj koncentraciji standarda kakvoće vodnog okoliša za dobro stanje ($SKVO_{PGK}(GVK)$).

Koncentracije onečišćujuće tvari u pročišćenju otpadnoj vodi (C_{doz}) računa se prema sljedećoj formuli: $C_{doz} = S_1 * SKVO_{PGK}(GVK)$. Izračunata koncentracija propisuje se u vodopravnim aktima izražena u mg/l , prosječno dnevno i godišnje opterećenje (Hrvatske vode, 2018.).

2.6. Nedostaci Metodologije primjene kombiniranog pristupa

Prema radu Degoricija Lončar i Filipović (2019.), nedostatak praćenja protoka i kvalitete vodotoka bio je glavna prepreka pri primjeni Metodologije kombiniranog pristupa. Nedostajali su podaci o protoku i kakvoći voda na lokacijama gdje su planirana ispuštanja pročišćenih otpadnih voda iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda. Iako su neke mjerne postaje postojale, često su bile udaljene od lokacije ispusta pročišćenih otpadnih voda UPOV-a, što je otežavalo prikupljanje relevantnih informacija. Radna skupina koja je razvila Metodologiju predložila je aktivnosti kako bi se poboljšala situacija, uključujući procjenu protoka prijamnika (Q_{90}) i potrebu za revidiranjem mjesta mjernih postaja kako bi se dobili potrebni podaci. Također, podržavajući novu Službu za hidrologiju, potrebno je poticati analize hidroloških uvjeta. U slučajevima gdje podaci o kvaliteti voda nisu bili dostupni, naručivane su analize uzoraka izvora voda prije mjesta ispuštanja.

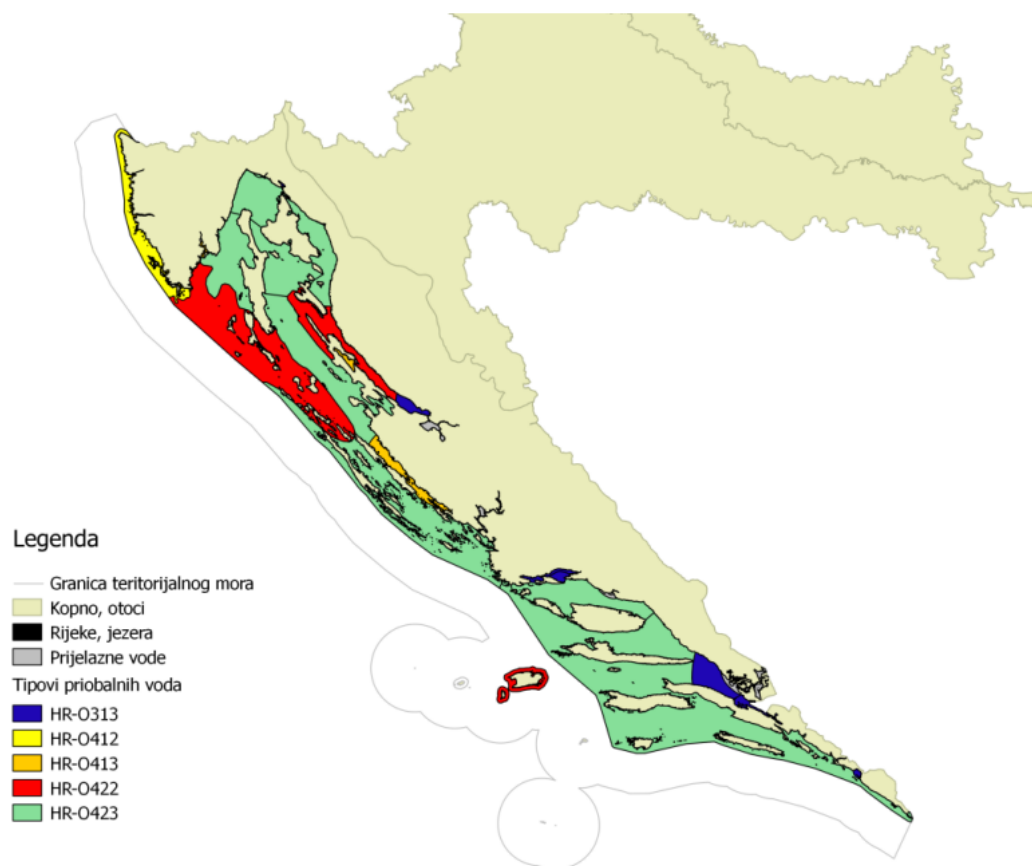
Primjena Metodologije donijela je koristi međutim, neka pitanja ostaju otvorena, kao što su definiranje zona miješanja, izračun ekološki prihvatljivog protoka te pristup znatno izmijenjenim i umjetnim vodenim tijelima. Koncept definiranje zona miješanja uveden je u direktive, no nije jasno kako će se taj koncept primijeniti u hrvatskom kontekstu. Odluka o primjeni i metodologiji za određivanje tih zona u različitim tipovima vodenih tijela još nije donesena. Dokument koji se bavi definiranjem ekološki prihvatljivog protoka još uvijek nije precizno definiran. Koncept ekološkog protoka važan je za održavanje ravnoteže ekosustava vodenih tijela, ali nedostaje jasnoća u vezi s izračunom i primjenom ovog koncepta u hrvatskom okruženju. Iako su izmijenjena i umjetna vodna tijela definirana u Planu upravljanja vodnim područjima za razdoblje 2016. - 2021. (Odluka o donošenju Plana upravljanja vodnim područjima 2016.- 2021., NN 66/16), konkretni koraci za njihovo upravljanje još nisu precizirani. Ovisno o njihovom stanju (kemijsko ili ekološko), bit će važno odabrati odgovarajuće mjere i pristup kako bi se postigao cilj očuvanja voda. Analiziranje kumulativnog učinka svih onečišćivača i pritisaka na vodotoke zahtijeva da većina onečišćivača provede

barem osnovne mjere. No, to će biti izazov, jer dok se ne poduzmu mjere, teško je procijeniti puni utjecaj na ekosustav voda (Degoricija Lončar i Filipović, 2019.). I u primjeni metodologije za ispuštanje u prijelazne i priobalne vode, moguće je uočiti određene nedostatke, koji se prvenstveno odnose na neadekvatnu bazu podataka u odnosu na brzine strujanja na određenim područjima, nedovoljno precizne podatke o batimetriji lokacija na kojima se planiraju novi podmorski ispusti u ranim fazama izrade projektne dokumentacije, kao i često vrlo subjektivnom definiranju, a time i podložnom raznim „podešavanjima“, parametra uslojenosti morskog stupca ($\frac{\Delta\rho_m}{\Delta z}$) kojim se izražava promjena gustoće morske vode po dubini izražena u $(\text{kg/m}^3)/\text{m}$, a koji se pri provedbi proračuna pokazuje od presudne važnosti.

3. Prikaz značaja uvedenih izmjena Uredbe (NN 66/19, 20/23 i 50/23-ispravak) na rezultate proračuna Metodologijom kombiniranog pristupa na primjeru UPOV-a s ispuštanjem pročišćene otpadne vode u priobalne vode

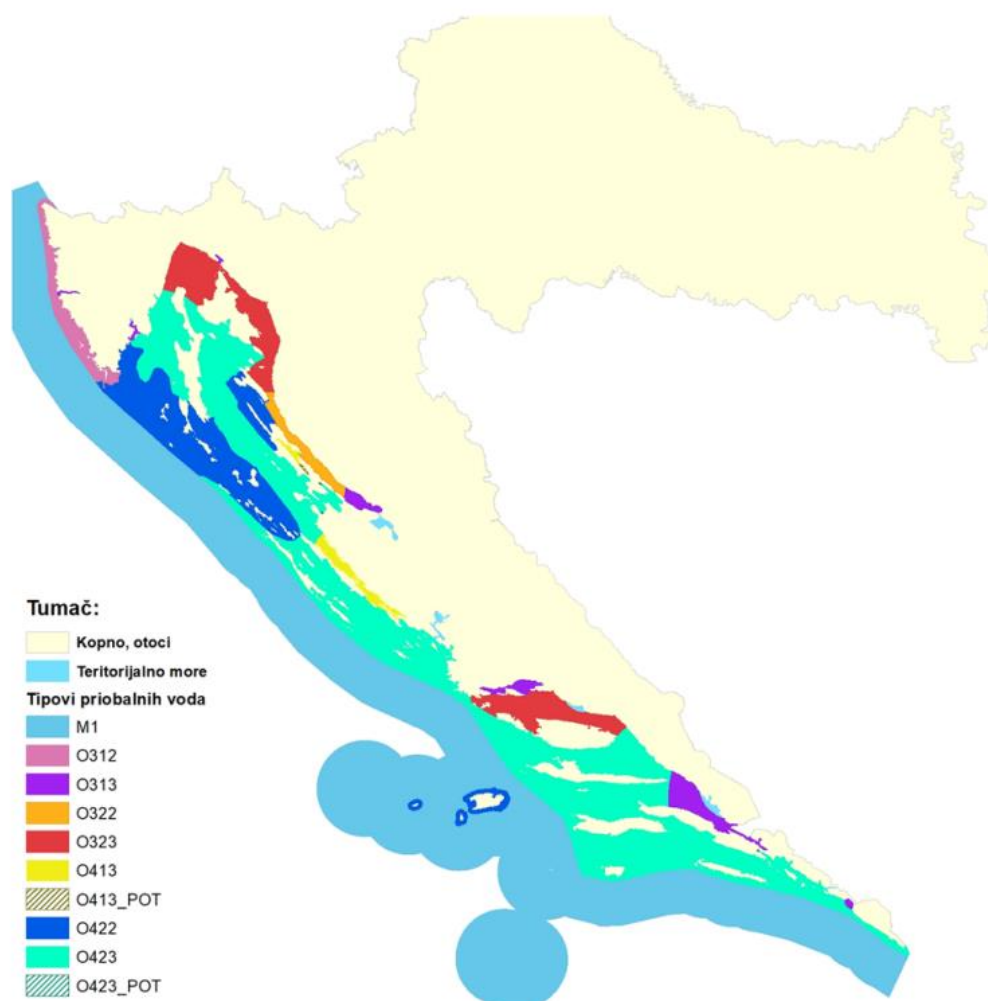
Na primjeru dvaju UPOV-a, UPOV Rijeka na sjevernom Jadranu i UPOV Dubrovnik na južnom dijelu Jadrana prikazat će se značaj uvedenih promjena u graničnim vrijednostima dobrog ekološkog stanja s izmjenama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 66/19, 20/23 i 50/23-ispravak) koje su se dogodile 2023. godine u odnosu na vrijednosti iz originalne Uredbe iz 2019. godine.

Prema Planu upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. vodna tijela prijavnici efluenta UPOV-a Rijeka i Dubrovnik imaju oznaku HR-O4_23, a to je tip euhalinog priobalnog mora sitnozrnatog sedimenta (Slika 2).



Slika 2: Prostorni raspored tipova priobalnih voda (Izvor: Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.)

Prema Planu upravljanja vodnim područjima do 2027. prijamnik efluenta UPOV-a Dubrovnik i dalje ima oznaku HR-O4_23, dok prijamnik efluenta UPOV-a Rijeka ima oznaku HR-O3_23 što je tip poli-euhaline priobalne vode sitnozrnatog sedimenta (Slika 3).



Slika 3: Prostorni raspored tipova priobalnih voda (Izvor: Plan upravljanja vodnim područjima do 2027.)

3.1. Primjena Metodologije kombiniranog pristupa - UPOV Rijeka

Kapacitet uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Rijeka je 200 000 ES (ekvivalent stanovnika) za ljeto i za zimu. Ta vrijednost je korištena za izračun vrijednosti dušika i fosfora u otpadnoj vodi koja dolazi na uređaj za pročišćavanje. Dobivene vrijednosti su 60,27 mg N/l za dušik i 9,86 mg N/l za fosfor (Slika 4). Pretpostavljeno je da se na UPOV-u II. stupnja pročišćavanja opterećenje dušikom smanjuje za 30%, a fosforom za 29%. Dubina mjesta ispuštanja je 40,2 m, a duljina raspršivača je 48 m. Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 66/19) granična vrijednost dozvoljene koncentracije dušika u moru iznosi 140,07 $\mu\text{g/l}$, a

fosfora 18,58 $\mu\text{g}/\text{l}$. Stvarna koncentracija dušika zimi iznosi 160,90 $\mu\text{g}/\text{l}$ što je više od dozvoljene koncentracije pa UPOV ne zadovoljava postavljene zahtjeve, kao i stvarna koncentracija fosfora koja iznosi 26,82 $\mu\text{g}/\text{l}$ čime prelazi dozvoljenu koncentraciju fosfora. Stvarna koncentracija dušika ljeti iznosi 411,15 $\mu\text{g}/\text{l}$ što je također više od dozvoljene koncentracije, kao i stvarna koncentracija fosfora koja iznosi 68,53 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (20/23 i 50/23-ispravak) granična vrijednost dozvoljene koncentracije dušika u moru iznosi 187,55 $\mu\text{g}/\text{l}$, a fosfora 9,26 $\mu\text{g}/\text{l}$. Izračunata stvarna koncentracija dušika zimi iznosi 160,90 $\mu\text{g}/\text{l}$ što je manje od dozvoljene koncentracije pa zadovoljava. Stvarna koncentracija fosfora zimi iznosi 26,82 $\mu\text{g}/\text{l}$ što je više od dozvoljene koncentracije pa ne zadovoljava. Izračunata stvarna koncentracija dušika ljeti iznosi 411,15 $\mu\text{g}/\text{l}$, a fosfora 68,53 $\mu\text{g}/\text{l}$ što je oboje više od dozvoljene koncentracije pa UPOV ne zadovoljava postavljene zahtjeve (Slika 5).

| Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda - RIJEKA | | | | |
|---|----------------------------|----------------|--------|-------------------------|
| ISPUST U NORMALNO PODRUČJE | | | | |
| | | ULAZ | IZLAZ | % smanjenja onečišćenja |
| Q _{ef} - LJETO | (m ³ /dan) | 36,500 | 36,500 | 0% |
| Q _{ef} - ZIMA | (m ³ /dan) | 36,500 | 36,500 | 0% |
| N | (mg N/l) | 60.27 | 42.00 | 30% |
| P | (mg P/l) | 9.86 | 7.00 | 29% |
| Podmorski ispust | | | | |
| Dubina mjesta ispuštanja | h (m) = | 40.2 | | |
| Duljina raspršivača (difuzora) | l (m) = | 48 | | |
| Metodologija primjene kombiniranog pristupa - prijelazne i priobalne vode | | | | |
| Ulazni podaci | | | | |
| ρ_e (kg/m ³) = | 990.00 | | | |
| ρ_m (kg/m ³) = | 1029.00 | | | |
| g (m/s ²) = | 9.81 | | | |
| $\Delta\rho_m/\Delta z$ (kg/m ³ /m) = | 0.0495 | | | |
| v _x (m/s) = | 0.075 | | | |
| g' | 0.3865 | | | |
| Značajnost ispusta | | | | |
| Q _{ef} (m ³ /s) = | 0.42245 | | | |
| C _{ef} (N) (µg/l) = | 42,000 | | | |
| C _{ef} (P) (µg/l) = | 7,000 | | | |
| SKVO _{PGK} (GVK) (N) (µg/l) = | 140.07 | | | |
| SKVO _{PGK} (GVK) (P) (µg/l) = | 18.58 | | | |
| EFV (N) (m ³ /s) = | 126.6755 | | | |
| EFV (P) (m ³ /s) = | 159.1226 | | | |
| Osjetljivo (2 m ³ /s) | Ispust se smatra značajnim | | | |
| Normalno (5 m ³ /s) | Ispust se smatra značajnim | | | |
| Hidrauličko razrjeđenje | | | | |
| Slučaj 1 | | | | |
| | ZIMA | | | |
| q _(zima) (m ³ /s/m) = | 0.00880 | | | |
| g' (m/s ²) = | 0.38645 | | | |
| S ₁ = | 261 | | | |
| Slučaj 2 | | | | |
| | LJETO | | | |
| q _(ljetno) (m ³ /s/m) = | 0.00880 | | | |
| g' (m/s ²) = | 0.38645 | | | |
| z _{max} (m) = | 19.28 | | | |
| S ₁ = | 102 | | | |
| Slučaj 3 | | | | |
| S ₁ = | 114 | | | |
| | ZIMA | | LJETO | |
| Zima - C _{gve} /S ₁ (µg/l) N = | 160.90 | NE zadovoljava | | |
| Zima - C _{gve} /S ₁ (µg/l) P = | 26.82 | NE zadovoljava | | |
| Ljeto - C _{gve} /S ₁ (µg/l) N = | | | 411.15 | NE zadovoljava |
| Ljeto - C _{gve} /S ₁ (µg/l) P = | | | 68.53 | NE zadovoljava |
| | ZIMA | LJETO | | |
| Zima - C _{dozd} (mg/l) N = | 36.56 | | | |
| Zima - C _{dozd} (mg/l) P = | 4.85 | | | |
| Ljeto - C _{dozd} (mg/l) N = | | 14.31 | | |
| Ljeto - C _{dozd} (mg/l) P = | | 1.90 | | |

Slika 4: Proračun UPOV-a Rijeka – prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 66/19)

| Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda - RIJEKA | | | | |
|--|----------------------------|----------------|--------------|-------------------------|
| ISPUST U NORMALNO PODRUČJE | | ULAZ | IZLAZ | % smanjenja onečišćenja |
| Q _{ef} - LJETO | (m ³ /dan) | 36,500 | 36,500 | 0% |
| Q _{ef} - ZIMA | (m ³ /dan) | 36,500 | 36,500 | 0% |
| N | (mg N/l) | 60.27 | 42.00 | 30% |
| P | (mg P/l) | 9.86 | 7.00 | 29% |
| Podmorski ispust | | | | |
| Dubina mjesta ispuštanja | h (m) = | 40.2 | | |
| Duljina raspršivača (difuzora) | l (m) = | 48 | | |
| Metodologija primjene kombiniranog pristupa - prijelazne i priobalne vode | | | | |
| Ulazni podaci | | | | |
| ρ_e (kg/m ³) = | 990.00 | | | |
| ρ_m (kg/m ³) = | 1029.00 | | | |
| g (m/s ²) = | 9.81 | | | |
| $\Delta\rho_m/\Delta z$ (kg/m ³ /m) = | 0.0495 | | | |
| v _x (m/s) = | 0.075 | | | |
| g' | 0.3865 | | | |
| Značajnost ispusta | | | | |
| Q _{ef} (m ³ /s) = | 0.42245 | | | |
| C _{ef} (N) (µg/l) = | 42,000 | | | |
| C _{ef} (P) (µg/l) = | 7,000 | | | |
| SKVO _{PGK} (GVK) (N) (µg/l) = | 187.55 | | | |
| SKVO _{PGK} (GVK) (P) (µg/l) = | 9.26 | | | |
| EFV (N) (m ³ /s) = | 94.6046 | | | |
| EFV (P) (m ³ /s) = | 319.3150 | | | |
| Osjetljivo (2 m ³ /s) | Ispust se smatra značajnim | | | |
| Normalno (5 m ³ /s) | Ispust se smatra značajnim | | | |
| Hidrauličko razrjeđenje | | | | |
| Slučaj 1 | | | | |
| | ZIMA | | | |
| q _(zima) (m ³ /s/m) = | 0.00880 | | | |
| g' (m/s ²) = | 0.38645 | | | |
| S ₁ = | 261 | | | |
| Slučaj 2 | | | | |
| | LJETO | | | |
| q _(ljetno) (m ³ /s/m) = | 0.00880 | | | |
| g' (m/s ²) = | 0.38645 | | | |
| z _{max} (m) = | 19.28 | | | |
| S ₁ = | 102 | | | |
| Slučaj 3 | | | | |
| S ₁ = | 114 | | | |
| Rezultati proračuna | | | | |
| | ZIMA | | LJETO | |
| Zima - C _{gve} /S ₁ (µg/l) N = | 160.90 | Zadovoljava | | |
| Zima - C _{gve} /S ₁ (µg/l) P = | 26.82 | NE zadovoljava | | |
| Ljeto - C _{gve} /S ₁ (µg/l) N = | | | 411.15 | NE zadovoljava |
| Ljeto - C _{gve} /S ₁ (µg/l) P = | | | 68.53 | NE zadovoljava |
| Doziranje | | | | |
| | ZIMA | LJETO | | |
| Zima - C _{dozd} (mg/l) N = | 48.96 | | | |
| Zima - C _{dozd} (mg/l) P = | 2.42 | | | |
| Ljeto - C _{dozd} (mg/l) N = | | 19.16 | | |
| Ljeto - C _{dozd} (mg/l) P = | | 0.95 | | |

Slika 5: Proračun UPOV-a Rijeka - prema Uredbi o standardu kakvoće voda (20/23 i 50/23-ispstavak)

3.2. Primjena Metodologije kombiniranog pristupa - UPOV Dubrovnik

Kapacitet uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Dubrovnik je 73 000 ES za ljetu i 50 000 ES za zimu. Ta vrijednost je korištena za izračun vrijednosti dušika i fosfora u otpadnoj vodi koja dolazi na uređaj za pročišćavanje. Dobivene vrijednosti su 43.00 mg N/l za dušik i 7,00 mg N/l za fosfor (Slika 6). Pretpostavljeno je da se na ovom UPOV-u opterećenje dušikom smanji za 30%, a fosforom za 40%. Dubina mjesta ispuštanja je 94 m, a duljina raspršivača je 85 m.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 66/19) granična vrijednost dozvoljene koncentracije dušika u moru iznosi 140,07 $\mu\text{g/l}$, a fosfora 18,58 $\mu\text{g/l}$. Izračunata stvarna koncentracija dušika zimi iznosi 16,79 $\mu\text{g/l}$ što je manje od dozvoljene koncentracije pa UPOV zadovoljava postavljene zahtjeve, kao i stvarna koncentracija fosfora koja iznosi 2,35 $\mu\text{g/l}$ pa je uvjet također zadovoljen. Stvarna koncentracija dušika ljeti iznosi 197,22 $\mu\text{g/l}$ što je više od dozvoljene koncentracije, kao i stvarna koncentracija fosfora koja iznosi 27,61 $\mu\text{g/l}$.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (20/23 i 50/23-ispravak) granična vrijednost dozvoljene koncentracije dušika u moru iznosi 169,34 $\mu\text{g/l}$, a fosfora 8,49 $\mu\text{g/l}$. Izračunata stvarna koncentracija dušika zimi iznosi 16,79 $\mu\text{g/l}$ što je manje od dozvoljene koncentracije pa je uvjet zadovoljen, kao i stvarna koncentracija fosfora koja iznosi 2,35 $\mu\text{g/l}$. Izračunata stvarna koncentracija dušika ljeti iznosi 197,22 $\mu\text{g/l}$, a fosfora 27,61 $\mu\text{g/l}$ pa UPOV ne zadovoljava postavljene zahtjeve (Slika 7).

| Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda - Dubrovnik | | | | |
|---|----------------------------|--------------|-----------|-------------------------|
| ISPUST U NORMALNO PODRUČJE | | | | |
| | | ULAZ | IZLAZ | % smanjenja onečišćenja |
| Q_{ef} - LJETO | (m^3/dan) | 19,800.00 | 19,800.00 | 0% |
| Q_{ef} - ZIMA | (m^3/dan) | 12,900.00 | 12,900.00 | 0% |
| N | (mg N/l) | 43.00 | 30.00 | 30% |
| P | (mg P/l) | 7.00 | 4.20 | 40% |
| Podmorski ispust | | | | |
| Dubina mjesta ispuštanja | h (m) = | 94 | | |
| Duljina raspršivača (difuzora) | l (m) = | 85 | | |
| Metodologija primjene kombiniranog pristupa - prijelazne i priobalne vode | | | | |
| Ulazni podaci | | | | |
| ρ_e (kg/m^3) = | 990.00 | | | |
| ρ_m (kg/m^3) = | 1029.00 | | | |
| g (m/s^2) = | 9.81 | | | |
| $\Delta\rho_m/\Delta z$ ($kg/m^3/m$) = | 0.0491 | | | |
| v_x (m/s) = | 0.065 | | | |
| g' | 0.3865 | | | |
| Značajnost ispusta | | | | |
| Q_{ef} (m^3/s) = | 0.22917 | | | |
| C_{ef} (N) ($\mu g/l$) = | 30,000 | | | |
| C_{ef} (P) ($\mu g/l$) = | 4,200 | | | |
| SKVO _{PGK} (GVK) (N) ($\mu g/l$) = | 140.07 | | | |
| SKVO _{PGK} (GVK) (P) ($\mu g/l$) = | 18.58 | | | |
| EFV (N) (m^3/s) = | 245.4183 | | | |
| EFV (P) (m^3/s) = | 103.5823 | | | |
| Osjetljivo ($2 m^3/s$) | Ispust se smatra značajnim | | | |
| Normalno ($5 m^3/s$) | Ispust se smatra značajnim | | | |
| Hidrauličko razrjeđenje | | | | |
| Slučaj 1 | | | | |
| | ZIMA | | | |
| $q_{(zima)}$ ($m^3/s/m$) = | 0.00176 | | | |
| g' (m/s^2) = | 0.38645 | | | |
| S_1 = | 1,787 | | | |
| Slučaj 2 | | | | |
| | LJETO | | | |
| $q_{(ljetto)}$ ($m^3/s/m$) = | 0.00270 | | | |
| g' (m/s^2) = | 0.38645 | | | |
| z_{max} (m) = | 13.05 | | | |
| S_1 = | 152 | | | |
| Slučaj 3 | | | | |
| S_1 = | 755 | | | |
| | ZIMA | | | LJETO |
| Zima - C_{gve}/S_1 ($\mu g/l$) N = | 16.79 | Zadovoljava | | |
| Zima - C_{gve}/S_1 ($\mu g/l$) P = | 2.35 | Zadovoljava | | |
| Ljeto - C_{gve}/S_1 ($\mu g/l$) N = | | | 197.22 | NE zadovoljava |
| Ljeto - C_{gve}/S_1 ($\mu g/l$) P = | | | 27.61 | NE zadovoljava |
| | ZIMA | LJETO | | |
| Zima - C_{dozd} (mg/l) N = | 250.33 | | | |
| Zima - C_{dozd} (mg/l) P = | 33.21 | | | |
| Ljeto - C_{dozd} (mg/l) N = | | 21.31 | | |
| Ljeto - C_{dozd} (mg/l) P = | | 2.83 | | |

Slika 6: Proračun UPOV-a Dubrovnik – prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 66/19)

| Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda - Dubrovnik | | | | |
|---|----------------------------|-------------|-----------|-------------------------|
| ISPUST U NORMALNO PODRUČJE | | | | |
| | | ULAZ | IZLAZ | % smanjenja onečišćenja |
| Q _{ef} - LJETO | (m ³ /dan) | 19,800.00 | 19,800.00 | 0% |
| Q _{ef} - ZIMA | (m ³ /dan) | 12,900.00 | 12,900.00 | 0% |
| N | (mg N/l) | 43.00 | 30.00 | 30% |
| P | (mg P/l) | 7.00 | 4.20 | 40% |
| Podmorski ispust | | | | |
| Dubina mjesta ispuštanja | h (m) = | 94 | | |
| Duljina raspršivača (difuzora) | l (m) = | 85 | | |
| Metodologija primjene kombiniranog pristupa - prijelazne i priobalne vode | | | | |
| Ulazni podaci | | | | |
| ρ _e (kg/m ³) = | 990.00 | | | |
| ρ _m (kg/m ³) = | 1029.00 | | | |
| g (m/s ²) = | 9.81 | | | |
| Δρ _m /Δz (kg/m ³ /m) = | 0.0491 | | | |
| v _x (m/s) = | 0.065 | | | |
| g' | 0.3865 | | | |
| Značajnost ispusta | | | | |
| Q _{ef} (m ³ /s) = | 0.22917 | | | |
| C _{ef} (N) (μg/l) = | 30,000 | | | |
| C _{ef} (P) (μg/l) = | 4,200 | | | |
| SKVO _{PGK} (GVK) (N) (μg/l) = | 169.34 | | | |
| SKVO _{PGK} (GVK) (P) (μg/l) = | 8.49 | | | |
| EFV (N) (m ³ /s) = | 245.4183 | | | |
| EFV (P) (m ³ /s) = | 103.5823 | | | |
| Osjetljivo (2 m ³ /s) | Ispust se smatra značajnim | | | |
| Normalno (5 m ³ /s) | Ispust se smatra značajnim | | | |
| Hidrauličko razrjeđenje | | | | |
| Slučaj 1 | | | | |
| | ZIMA | | | |
| q _(zima) (m ³ /s/m) = | 0.00176 | | | |
| g' (m/s ²) = | 0.38645 | | | |
| S ₁ = | 1,787 | | | |
| Slučaj 2 | | | | |
| | LJETO | | | |
| q _(ljetno) (m ³ /s/m) = | 0.00270 | | | |
| g' (m/s ²) = | 0.38645 | | | |
| z _{max} (m) = | 13.05 | | | |
| S ₁ = | 152 | | | |
| Slučaj 3 | | | | |
| S ₁ = | 755 | | | |
| | ZIMA | | | LJETO |
| Zima - C _{gve} /S ₁ (μg/l) N = | 16.79 | Zadovoljava | | |
| Zima - C _{gve} /S ₁ (μg/l) P = | 2.35 | Zadovoljava | | |
| Ljeto - C _{gve} /S ₁ (μg/l) N = | | | 197.22 | NE zadovoljava |
| Ljeto - C _{gve} /S ₁ (μg/l) P = | | | 27.61 | NE zadovoljava |
| | ZIMA | | | LJETO |
| Zima - C _{d ozd} (mg/l) N = | 302.65 | | | |
| Zima - C _{d ozd} (mg/l) P = | 15.17 | | | |
| Ljeto - C _{d ozd} (mg/l) N = | | | 25.76 | |
| Ljeto - C _{d ozd} (mg/l) P = | | | 1.29 | |

Slika 7: Proračun UPOV-a Dubrovnik - prema Uredbi o standardu kakvoće voda (20/23 i 50/23-ispravak)

4. Zaključak

Primjena metodologije kombiniranog pristupa podrazumijeva postavljanje standarda kakvoće vode, kontrolu emisija, primjenu najboljih raspoloživih tehnika i primjenu dobre poljoprivredne prakse za točkaste i raspršene izvore onečišćenja. To se odnosi na sva vodna tijela površinskih i podzemnih voda čime se postavlja temelj za očuvanje i poboljšanje stanja voda. Uredba o standardu kakvoće voda (NN 66/19, 20/23 i 50/23-ispravak) igra ključnu ulogu u uspostavljanju standarda i ciljeva zaštite voda, a kroz provedbu programa mjera ostvaruju se ti ciljevi. To uključuje sprječavanje pogoršanja stanja površinskih voda, poticanje obnavljanja i očuvanja površinskih voda, te zaštitu umjetnih i znatno promijenjenih tijela površinskih voda. S obzirom na različite mjere za smanjenje onečišćenja voda, poput osnovnih, dodatnih i dopunskih mjera, postoji prilagodljiv pristup koji se primjenjuje ovisno o situaciji i potrebama. Metodologija primjene kombiniranog pristupa pruža strukturirani okvir za određivanje graničnih vrijednosti emisija i protoka, uzimajući u obzir kako postojeće tako i nove onečišćivače. Klasifikacija onečišćivača i određivanje protoka pri ispuštanju važni su koraci u primjeni metodologije. Postoje različiti kriteriji za postojeće i nove onečišćivače te se posebno obrađuju protoci pročišćenih otpadnih voda. Za sve onečišćivače, cilj je očuvati ili poboljšati kvalitetu voda u prijemnicima, a metodologija osigurava pristup koji je prilagodljiv različitim situacijama. Primjena metodologije kombiniranog pristupa igra ključnu ulogu u očuvanju i poboljšanju stanja voda, pridržavajući se standarda i ciljeva zaštite voda. Ovaj pristup omogućuje održivo upravljanje vodnim resursima i zaštitu okoliša.

U praktičnom dijelu rada, uspoređen je značaj izmjena regulative (Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 66/19, 20/23 i 50/23-ispravak)) pri provedbi proračuna Metodologijom primjene kombiniranog pristupa na primjeru UPOV-a Rijeka i UPOV-a Dubrovnik. Pritom se uočava trend postroženje uvjeta za ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u priobalne vode u odnosu na parametar ukupnog fosfora.

5. Popis literature

- Degoricija Lončar, Z. i Filipović, V. (2019.) *‘Metodologija kombiniranog pristupa – od donošenja do primjene’*, Dostupno: <https://hrcak.srce.hr/file/321022> (Pristupljeno: 22. kolovoza 2023.)
- Hrvatska enciklopedija (2021.) *‘Otpadne vode’*, Dostupno: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=45899> (Pristupljeno: 15. kolovoza 2023.)
- Hrvatske vode (2018.) *‘Metodologija primjene kombiniranog pristupa’*, Dostupno: https://voda.hr/sites/default/files/2022-04/metodologija_primjene_kombiniranog_pristupa-veljaca_2018.pdf (Pristupljeno: 16. kolovoza 2023.)
- Hrvatske vode (2016.) *‘Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.’*, Dostupno: <https://voda.hr/hr/plan-2016-2021> (Pristupljeno: 11. kolovoza 2023.)
- Hrvatske vode (2022.) *‘Plan upravljanja vodnim područjima do 2027.’*, Dostupno: <https://voda.hr/hr/plan-2022-2027> (Pristupljeno: 11. kolovoza 2023.)
- Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2017.) *‘Morske cvjetnice’*, Dostupno: <https://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/prirodne-vrijednosti-stanje-i-ocuvanje/bioraznolikost/morske-vrste/morske> (Pristupljeno: 31. kolovoza 2023.)
- Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2022.) *‘Nacrt plana upravljanja vodnim područjima 2022. - 2027.’*, Dostupno: <https://mingor.gov.hr/nacrt-plana-upravljanja-vodnim-podrucjima-2022-2027-sijecanj-2022/8590> (Pristupljeno: 19. kolovoza 2023.)
- Zakon o vodama (NN 66/19, 84/21, 47/23)
- Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20)
- Odluka o određivanju osjetljivih područja (NN 79/22)
- Odluka o donošenju Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (NN 66/16)
- Uredba o standardu kakvoće voda (96/19)
- Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 20/23)

6. Popis slika

| | |
|---|----|
| Slika 1: Postojeći i novi onečišćivači (Izvor: Hrvatske vode, 2018.)..... | 14 |
| Slika 2: Prostorni raspored tipova priobalnih voda (Izvor: Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.)..... | 19 |
| Slika 3: Prostorni raspored tipova priobalnih voda (Izvor: Plan upravljanja vodnim područjima do 2027.)..... | 20 |
| Slika 4: Proračun UPOV-a Rijeka – prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 66/19) ... | 22 |
| Slika 5: Proračun UPOV-a Rijeka - prema Uredbi o standardu kakvoće voda (20/23 i 50/23-ispravak)..... | 23 |
| Slika 6: Proračun UPOV-a Dubrovnik – prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 66/19) | 25 |
| Slika 7: Proračun UPOV-a Dubrovnik - prema Uredbi o standardu kakvoće voda (20/23 i 50/23-ispravak)..... | 26 |

7. Popis tablica

| | |
|---|----|
| Tablica 1: Granične vrijednosti emisija komunalnih otpadnih voda pročišćenih na uređaju drugog stupnja (II) pročišćavanja (Izvor: Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20))..... | 4 |
| Tablica 2: Granične vrijednosti emisija komunalnih otpadnih voda pročišćenih na uređaju trećeg (III) stupnja pročišćavanja (Izvor: Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20))..... | 5 |
| Tablica 3: Omjer ekološke kakvoće za priobalne vode (Izvor: Uredba o standardu kakvoće voda (NN 66/19))..... | 6 |
| Tablica 4: Omjer ekološke kakvoće za priobalne vode (Izvor: Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 20/23))..... | 7 |
| Tablica 5: Granična vrijednost za osnovne fizikalno-kemijske elemente kakvoće (Izvor: Uredba o standardu kakvoće voda (NN 66/19)) | 8 |
| Tablica 6: Granična vrijednost za osnovne fizikalno-kemijske elemente kakvoće (Izvor: Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 20/23)) | 9 |
| Tablica 7: Granična vrijednost za osnovne fizikalno-kemijske elemente kakvoće (Izvor: Ispravak Uredbe o izmjenama i dopunama Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 50/23)). | 10 |