

ODREĐIVANJE FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETARA ONEČIŠĆENJA OTPADNIH VODA NA MEHANIČKOM PROČISTAČU

Berić, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic in
Pozega / Veleučilište u Požegi**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:112:390796>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-22**



VELEUČILIŠTE U POŽEGI
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

Repository / Repozitorij:

[Repository of Polytechnic in Pozega - Polytechnic in
Pozega Graduate Thesis Repository](#)



VELEUČILIŠTE U POŽEGI



IVANA BERIĆ, 1666/18

ODREĐIVANJE FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETARA ONEČIŠĆENJA OTPADNIH VODA NA MEHANIČKOM PROČISTAČU

ZAVRŠNI RAD

Požega, 2021. godine

VELEUČILIŠTE U POŽEGI

POLJOPRIVREDNI ODJEL

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

**ODREĐIVANJE FIZIKALNO KEMIJSKIH
PARAMETARA ONEČIŠĆENJA OTPADNIH VODA NA
MEHANIČKOM PROČISTAČU**

ZAVRŠNI RAD

IZ KOLEGIJA KEMIJA HRANE

MENTOR: doc. dr. sc. Valentina Obradović, prof. v. š.

KOMENTOR: Anita Mindum, mag.med.kemije

STUDENT: Ivana Berić

Matični broj studenta: 1666/18

Požega, 2021. godina

ZAHVALA

Zahvalila bih se mentorici doc. dr. sc. Valentini Obradović, prof. v. š. na strpljenju, uloženom vremenu, trudu i savjetima kroz ove 3 godine obrazovanja, te sad na kraju i završnom radu.

Zahvalila bih se i drugoj mentorici mag. Med.kemije Aniti Mindum na pomoći, uloženom vremenu i trudu, te ugodnom boravku za vrijeme odrađivanja stručne prakse i eksperimentalnog dijela završnog rada u Zavodu za javno zdravstvo Požeško slavonske županije.

Na kraju bih još zahvalila obitelji i svima koji su na bilo koji način prolazili sa mnom kroz ovaj obrazovni period života, gdje sam naučila da ne postoji nemoguće ako dovoljno želimo, jer snovi uz malo hrabrosti i truda lako postaju stvarnost.

SAŽETAK

Cilj ovog rada je bio je analizirati i odrediti fizikalno-kemijske parametre u uzorcima kanalizacijske otpadne vode na ulazu i na izlazu s mehaničkog pužnog pročištača, prvog stupnja pročišćavanja. Dobiveni rezultati na izlazu s pročištača moraju odgovarati najmanje 50 % smanjenog opterećenja u odnosu na ulaz.

U analizama uzoraka su određeni slijedeći parametri: ukupni dušik, ukupni fosfor, BPK-biokemijska potrošnja kisika, KPK-kemijska potrošnja kisika, te suspendirana tvar.

Od 10 analiziranih uzoraka, 5 je sa ulaza, a 5 sa izlaza mehaničkog pročištača. Ispitivanjem je u jednom od uzoraka dokazana koncentracija suspendirane tvari i BPK₅ veća od MDK vrijednosti.

Rezultati moraju biti u skladnosti s Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/2020), te prema Vodopravnoj dozvoli koju izdaju Hrvatske vode. Sa uzorcima koji nisu u skladu s MDK vrijednosti postupa se sukladno operativnom planu mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda za cjelokupni sustav javne odvodnje.

Ključne riječi: otpadna voda, fizikalno-kemijski parametri, uzorci, pročištač

SUMMARY

The aim of this study was to analyze and determine the physicochemical parameters in the sewage effluent samples at the inlet and outlet of the mechanical auger purifier, the first stage of purification. The results obtained at the outlet of the purifier must correspond to at least 50 % of the reduced load in relation to the inlet.

The analysis of the samples determines: Total nitrogen, total phosphorus, BOD-biochemical oxygen demand, COD-chemical oxygen demand, determination of suspended solids in wastewater.

Of the 10 samples analyzed, 5 were from the inlet and 5 from the outlet of the mechanical purifier. The concentration of suspended solids and BOD5 higher than the MDK value was proven in one of the samples by testing. The results are compared with the Ordinance on limit values for wastewater emissions (NN 26/2020), and Water Permit issued by Croatian Waters. Samples that do not comply with the MDK values are handled in accordance with the operational plan of measures in case of extraordinary and sudden water pollution for the entire public sewerage system.

Keywords: wastewater, physicochemical parameters, sample, auger purifier

SADRŽAJ

| | |
|--|-----------|
| 1. UVOD | 6 |
| 2. PREGLED LITERATURE | 7 |
| 2.1. Voda kao prirodni resurs na zemlji | 7 |
| 2.2. Otpadne vode..... | 7 |
| 2.2.1. Sanitarne otpadne vode | 8 |
| 2.2.2. Industrijske otpadne vode | 8 |
| 2.3. Izvori onečišćenja vode | 9 |
| 2.4. Pokazatelji kakvoće komunalnih otpadnih voda | 10 |
| 2.4.1. Suspendirane tvari u otpadnoj vodi..... | 10 |
| 2.4.3. Kemijska potrošnja kisika (KPK) | 11 |
| 2.4.4. Dušikov lanac u otpadnoj vodi | 12 |
| 2.5. Uređaji za pročišćavanje | 12 |
| 2.5.1. Postupci uklanjanja suspendiranih tvari..... | 13 |
| 2.5.2. Postupci uklanjanja koloidnih tvari | 14 |
| 2.6. Pročišćavanje otpadnih voda..... | 14 |
| 2.6.1. Primarna obrada | 15 |
| 2.6.2. Prvi stupanj | 15 |
| 2.6.3. Sekundarna obrada..... | 17 |
| 2.6.4. Tercijarna obrada | 17 |
| 3. MATERIJALI I METODE | 19 |
| 3.1. Uzorkovanje otpadne vode..... | 19 |
| 3.3. Određivanje ukupnog dušika..... | 22 |
| 3.4. Određivanje ukupnog fosfora..... | 23 |
| 3.5. Određivanje kemijske potrošnje kisika (KPK)..... | 24 |
| 4. REZULTATI I RASPRAVA | 26 |
| 5. ZAKLJUČAK | 29 |
| 6. LITERATURA | 30 |

1. UVOD

Voda je vrlo bitan prirodni resurs, potreban za ljude, životinje i biljke. Prema nastanku voda može biti podzemna, površinska i oborinska. Povećanjem ljudske populacije u svijetu, smanjuje se postotak pitke vode na zemlji, a samim time se povećava postotak otpadnih voda. Godinama se nije pridavala pozornost zaštiti kakvoće vode, ali vremenom uz napredovanje tehnologije, osmišljeni su pročistači za vodu (Tušar, 2004). Svrha pročistača za vodu je pročistiti otpadnu vodu do razine koja je prihvatljiva za ispuštanje vode u okoliš. Voda može biti povremeno onečišćena ili trajno onečišćena. Izvori onečišćenja vode mogu biti organske tvari, topive i ne topive tvari, toplinsko onečišćenje, otrovne i radioaktivne tvari, te mikroorganizmi (Đikić, 2001).

Kakvoća prirodnih vodnih sustava određuje se i prati prema Zakonu o vodama (NN 66/2019).

Uzorci otpadne vode se uzimaju na ulazu u pročistač i na izlazu iz pročistača pomoću automatskog uzorkivača. Analize uzoraka se obavljaju u akreditiranom laboratoriju, te se određuju fizikalni i kemijski parametri otpadne vode prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/2020).

Ispitivanja kvaliteta otpadnih voda su vrlo bitna zbog pravilnog načina odvodnje i tehnologije pročišćavanja, stoga je cilj ovog rada odrediti fizikalno-kemijske parametre u otpadnoj vodi i razlike u rezultatima prije i poslije pročišćavanja na mehaničkom pročistaču, te utvrditi jesu li uzorci u skladu s MDK vrijednostima i smiju li se kao takve ispuštati u prirodni prijemnik.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Voda kao prirodni resurs na zemlji

Vodeni resursi na Zemlji su vrlo bitni za održavanje ljudske, biljne i životinjske populacije na zemlji, a obnavljaju se kruženjem vode u prirodi. Procjenjuje se da ukupna količina vode na Zemlji iznosi $1.386 \cdot 10^9 \text{ km}^3$. Od te količine 97,5 % čine mora i oceani a 2,5 % slatke vode. Od raspoloživih zaliha slatkih voda 1,74 % je zaleđeno. Sve druge tekućice i stajaćice čine samo 0,76 % ukupne mase vode na Zemlji, od čega je tek manji dio ekonomski i ekološki prihvatljiv za uporabu. Dok voda kruži u prirodi, mijenja svoj sastav i kakvoću (Mayer, 2004).

Onečišćenje vode je svaka fizikalna, kemijska ili biološka promjena kakvoća vode koja štetno djeluje na žive organizme ili vodu čini neupotrebljivom za određenu namjenu. Prirodne vode mogu biti onečišćene na različite načine i zbog toga imati različit utjecaj na biološko ekološke značajke vodnog sustava (Đikić, 2001).

Iz godine u godinu potražnja za pitkom vodom je sve veća zbog povećanja populacije, a samim time i industrijskih pogona što dovodi do velike količine otpadnih voda. Vodeni sustav na zemlji se održava zahvaljujući pročistačima, koji određenim procesima i postupcima pročišćavaju otpadnu vodu (Tušar, 2004).

2.2. Otpadne vode

Otpadne vode su vode iz raznovrsnih vodoopskrbnih sustava, koje se koriste za određene namjene, pri čemu se mijenjaju prvotne fizikalne, kemijske i mikrobiološke značajke vode. Otpadna voda također sudjeluje u hidrološkom ciklusu, te se nakon primjene sustavom odvodnje vraća u prirodni okoliš.

Otpadne vode imaju neujednačen protok i sastav koji varira tijekom sata, dana, tjedna ili sezone. Preko dana su količine otpadnih voda veće, pojavljuje se nekoliko maksimalnih protoka ovisno o uvjetima života stanovnika i komunalnim potrebama, dok su preko noći količine otpadnih voda manje. Po sastavu su vrlo različite, ovisno o veličini naselja, kanalizacijskom sustavu, hidrološkim uvjetima, o potrebama i navikama stanovništva, itd.

Otpadne vode se dijele na sanitarne otpadne vode, industrijske otpadne vode i oborinske otpadne vode (Tušar, 2001).

2.2.1. Sanitarne otpadne vode

Sanitarne otpadne vode nastaju upotrebom vode u kućanstvu, hotelima, industrijskim i drugim proizvodnim pogonima koji imaju izgrađene sanitarne čvorove.

Sanitarne otpadne vode sadrže uglavnom organsku tvar, te samim time one imaju mogućnost razgradnje uz pomoć mikroorganizama, odnosno biorazgradivost. Mikroorganizmi organsku tvar koriste kao hranu, na taj način dolazi do trošenja kisika. Temperatura otpadne vode je povišena zbog upotrebe tople vode u kućanstvu i zbog procesa biorazgradnje, te iznosi od 11,6 °C do 20,5 °C. Povišenjem temperature ubrzavaju se biološki procesi razgradnje, te dolazi do brže potrošnje otopljenog kisika. Gradske otpadne vode su neugodnog mirisa i neuglednog izgleda što prouzrokuje dodatno onečišćenje prijemnika (Tušar, 2001).

2.2.2. Industrijske otpadne vode

Industrijske otpadne vode su nastale u procesu rada i proizvodnje u industrijskim i proizvodnim pogonima, tu se ubrajaju i rashladne vode koje su toplinsko onečišćene (tvornice celuloze i papira, destilerije, termoelektrane na fosilna i nuklearna goriva i dr...).

Industrijske otpadne vode se razlikuju po svom sastavu ovisno o pogonu industrije, te se kao takve dijele u dvije skupine:

- biološki razgradive ili kompatibilne vode (ponekih prehrambenih industrija) koje se mogu odvoditi s gradskim otpadnim vodama, odnosno zajedničkom kanalizacijom,
- biološki nerazgradive ili inkompatibilne vode (npr. kemijska ili metalna industrija), koje se moraju podvrgnuti određenom postupku pročišćavanja prije miješanja s gradskom otpadnom vodom.

Biološki nerazgradive vode potrebno je prethodno pročistiti kako bi se:

- kontrolirale toksične i persistentne tvari koje se gomilaju u organizmu,
- uklonile eksplozivne, zapaljive i korozivne tvari,

- uklonile tvari koje sprječavaju rad uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda (Tušar, 2001).

2.2.3. Oborinske vode

Oborinska voda u sebi može sadržavati plinove, krute čestice i mikroorganizme koji lebde u atmosferi. U područjima gdje su razvijeni industrija i promet, oborinske vode se onečišćuju ispuštanjem iz ložišta industrijskih objekata i dimnjaka, kao i ispušnim plinovima iz motornih vozila (Tušar, 2001).

Povećanje koncentracije CO₂ je opasno, a čiji se rast znatno povećava nad gradovima. Ugljikov dioksid je štetan jer uzrokuje kisele kiše, gdje dolazi do sniženja pH-vrijednosti oborinske vode, što negativno utječe na gospodarstvo, šume i naposljetku i prirodne vode. Dokazano je da je u prvom dotoku oborinske vode koncentracija suspendirane tvari i do deset puta veća nego u završnim fazama otjecanja (Tušar, 2001).

2.3. Izvori onečišćenja vode

Izvori onečišćenja vode su tvari koje utječu na promjenu sastava i svojstava vode.

Takve tvari se dijele na:

- netopive tvari su tvari koje nisu otrovne, ali nemaju mogućnost daljnje razgradnje, onemogućavaju prodor svjetla što smanjuje koncentraciju kisika u vodi. To su suspenzije, taložive i plivajuće tvari,
- topive tvari su rijetko zastupljene u visokim koncentracijama, to su anorganske tvari, karbonati (karakteriziraju tvrdoću vode), soli (kalcijev klorid), željezo i sumpor,
- organske tvari su tvari koje čine stalan oblik onečišćenja prirodnih voda visokomolekularnim organskim spojevima koji potječu od ljudi, životinja i biljaka. To su: ugljikohidrati, bjelančevine i masti,
- mikroorganizmi koji dolaze u otpadnim vodama hrane se organskom tvari iz njih, što smanjuje koncentraciju kisika u takvim vodama,

- toplinsko onečišćenje je fizikalno onečišćenje toplinom zbog ispuštanja rashladnih voda iz industrijskih i energetske objekata,
- otrovne tvari su tvari koje dolaze u vodu prilikom ispiranja zemljišta, te iz industrijskih otpadnih voda, to su (teške kovine, Hg, Cu, Pb, Ar...),
- radioaktivne tvari (Đikić, 2001).

2.4. Pokazatelji kakvoće komunalnih otpadnih voda

Uzorkovanjem i analizom vode se određuje kakvoća komunalnih otpadnih voda. U tu svrhu određuju se:

- količina krutih tvari (ukupne, taložive, suspendirane i raspršene tvari),
- petodnevna biokemijska potrošnja kisika (BPK₅),
- kemijska potrošnja kisika (KPK),
- ukupni organski ugljik (UOU),
- dušik (ukupni N, organski, amonijak, nitriti, nitrati),
- fosfor (ukupni P, organski, anorganski),
- temperature,
- pH-vrijednost,
- ukupna ulja i masnoće,
- sadržaj mikroorganizama fekalna podrijetla (Tušar, 2001).

2.4.1. Suspendirane tvari u otpadnoj vodi

Raspršene ili suspendirane tvari u vodi predstavljaju čestice različitog promjera anorganskog i organskog podrijetla. Promjer čestica je veći od 1 μm (mikrometar), odnosno 10⁻³ mm. Čestice veličine do 10 μm u vodi se ne talože nego lebde, dok se čestice većeg promjera talože. Prirodne vode sadrže anorganske tvari, kao što su pijesak, prah i glina, te živu i organsku tvar.

Velika količina raspršenih tvari i koloida uzrokuje mutnoću vode, koja može biti neupotrebljiva za vodoopskrbu bez dodatnih pročišćavanja, manje je pogodna za neke sustave navodnjavanja te često u prirodnom stanju nije pogodna za kupanje i rekreaciju. Uklanjanje takvih

tvori povećava troškove obrade vode u vodoopskrbi, a njihova prisutnost može izazvati oštećenja u sustavu. Raspršene tvari određuju se u laboratoriju, a vrijednost se izražava u mg/l ili g/m³ (Šimunić, 2013).

2.4.2. Petodnevna biokemijska potrošnja kisika (BPK₅)

BPK₅ je empirijski test u kojemu se pomoću standardnih laboratorijskih procesa određuje potrošnja otopljenog kisika koji je potreban za biološku oksidaciju tvari u otpadnim vodama. Da bi se biokemijski procesi proveli neometano, ne smiju se nalaziti bakteriostatske ili baktericidne tvari u vodi, a pH vode ne smije biti jako kiseo ili jako lužnat (APHA, 1995).

Za praktične potrebe uveden je pokazatelj „petodnevna biološka potreba kisika“ BPK₅ koja se odvija na temperaturi od 20 °C, a izražava se u (mg O₂/l). To je jedan od važnijih pokazatelja kakvoće komunalnih otpadnih voda.

Na određivanje BPK₅ može utjecati prisutnost nekih tvari, npr: baktericidi, slobodni klor, spojevi teških kovina i dr. (Tušar, 2001).

2.4.3. Kemijska potrošnja kisika (KPK)

Kemijska potrošnja kisika je masena koncentracija kisika koja je potrebna da pod određenim uvjetima oksidira suspendirane i otopljene tvari u 1l vode (mg O₂/l). KPK vrijednošću se određuje ukupno onečišćenje vode, a ukupna oksidativnost se određuje utroškom kalij-bikromata (K₂Cr₂O₇) u sumporno kiseloj otopini (APHA, 1995).

2.4.4. Dušikov lanac u otpadnoj vodi

Dušik u vodi sastoji se od dušikovog lanca koji sadrži ukupan dušik, amonijak, nitrate, nitrite. Ukupan dušik čini zbroj dušikovih spojeva u vodi, a u otpadnoj vodi potječe iz: nitritnih, nitratnih i amonijevih iona, te organskih spojeva s dušikom.

Organski dušik uključuje peptide, proteine i nukleinske kiseline. Anorganski dušik uključuje nitrite, nitrate i amonijak. Za određivanje ukupnog dušika najčešće se koristi Kjeldahlova metoda u kojoj se određuje ukupni organski i amonijačni dušik u vodama (APHA, 1995).

2.4.5. Ukupni fosfor u otpadnoj vodi

Ukupni fosfor u vodi se određuje pomoću volfram-molibdenova reagensa, s kojim daje modro obojenje (APHA, 1995).

Fosfor se u vodi pojavljuje u obliku ortofosfata, polifosfata i organskog fosfatnog estera. Koncentracije fosfora veće od dopuštenih pogoduju prekomjernom razvoju algi, a time i smanjenju koncentracije kisika u vodi. Biološka obrada otpadne vode je najčešća i najpogodnija obrada pri uklanjanju fosfora iz vode, čija je učinkovitost do 45 %. Naime, mikroorganizmi, odnosno bakterije koriste jedino ortofosfate, time je nužna promjena svih ostalih oblika u ortofosfate kako bi se fosfor uklonio biološkom obradom.

Također, pri uklanjanju fosfora iz vode koristi se i postupak kemijske precipitacije ili taloženja uz dodatak željeznih, kalijevih i aluminijevih soli, čija je učinkovitost uklanjanja do 94 % (Tutić, 2021).

2.5. Uređaji za pročišćavanje

Uređaji za pročišćavanje (pročistači) su vodne građevine s postrojenjima kojima se pročišćavaju otpadne vode iz sustava javne odvodnje prije njihova ispuštanja u prirodni prijemnik.

Procesi pročišćavanja otpadne vode odvijaju se obzirom na tvari koje se treba ukloniti iz vode, a to su:

- grube nečistoće, krupno plivajuće i lebdeće tvari se uklanjaju mehaničkim procesima (rešetke, sita...),
- suspendirane tvari se uklanjaju fizikalnim procesima (taloženje, isplivavanje, cijeđenje...),
- koloidne tvari se uklanjaju kemijskim procesima (koagulacija, adsorpcija, neutralizacija),
- otopljene anorganske tvari u obliku iona i molekula se uklanjaju fizikalno-kemijskim procesima (ionska izmjena, adsorpcija),
- otopljene organske tvari se uklanjaju pomoću bioloških procesa, ali i fizikalno kemijskim procesima.

2.5.1. Postupci uklanjanja suspendiranih tvari

Suspendirane tvari se određuju procesom filtracije kroz membranski filter, čija je veličina pora 0,7 μm . Uklanjaju se procesima prvog stupnja pročišćavanja. Taloženje ili sedimentacija je uklanjanje krutih tvari iz tekućina. To je tehnologija pročišćavanja zasnovana pod utjecajem gravitacije. Taloženje se odvija u taložnicima. Taloženje u prethodnim taložnicima je tip taloženja u kojem se fizikalnim postupcima uklanjaju plivajuće i taložive tvari, te se otpadna voda odvodi na biološku obradu pročišćavanja, dok je taloženje u naknadnim taložnicima tip taloženja u kojem se izdvaja preostali aktivni mulj iz otpadne vode (Tedeschi, 1997).

2.5.2. Postupci uklanjanja koloidnih tvari

Koagulacija ili zgrušavanje je proces u kojem se prati ravnoteža koloidnih otopina nastalih ionizacijom, pri čemu nastaju veće pahuljice koje su nastale reakcijom kemijskih reagensa čiji ioni reagiraju se električki nabijenim koloidima. Takve pahuljice se mogu lakše izdvojiti taloženjem ili cijeđenjem.

Adsorpcija je proces u kojemu se tijekom filtracije otopljene i koloidne tvari vezuju na površinu krutine kroz sloj zrnatog materijala. Površina krutine na kojoj se to događa naziva se adsorbent, a tvar koja se uklanja naziva se adsorbat (Tedeschi, 1997).

2.6. Pročišćavanje otpadnih voda

Standardi/norme kakvoće kojima moraju udovoljavati otpadne vode koje se ispuštaju u prijemnik (minimalni stupanj obrade) propisani su propisima Republike Hrvatske - Pravilnikom o граниčnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/2020) i Direktivom Europske unije (91/271/EEC).

Prema Državnom planu za zaštitu voda (NN 8/1999) pri planiranju uređaja za pročišćavanje, potrebno je provjeriti i odrediti osjetljivost područja prijemnika, te se razlikuju:

- manje osjetljiva područja u koja se, uz odgovarajući stupanj pročišćavanja, smiju ispuštati otpadne vode,
- osjetljiva područja u koja se smiju ispuštati otpadne vode uz treći stupanj pročišćavanja,
- vrlo osjetljiva područja u koja je bez obzira na stupanj pročišćavanja i zagađenost sustava javne odvodnje, zabranjeno ispuštati otpadne vode.

Stupnjevi pročišćavanja dijele se na:

- prethodni stupanj pročišćavanja,
- I. stupanj pročišćavanja,
- II. stupanj pročišćavanja,
- III. stupanj pročišćavanja (Državni plan za zaštitu voda, NN 8/99).

2.6.1. Primarna obrada

U Prethodni stupanj spadaju procesi vode kojom se uklanjaju krupne i plutajuće otpadne tvari (masti i pijesak) iz otpadnih voda u svrhu zaštite crpki i svih dijelova pročistača u skladu sa zahtjevima za ispuštanje otpadnih voda u sustav javne odvodnje. Najčešće se uklanjaju procesima filtracije vode pomoću rešetki i sita (Vuković, 1994).

2.6.2. Prvi stupanj

Prvi stupanj pročišćavanja je obrada komunalnih otpadnih voda koje obuhvaćaju obradu fizikalnim ili kemijskim postupkom u kojima se BPK5 ulaznih otpadnih voda smanji za najmanje 20 % prije otpuštanja, a ukupne suspendirane tvari ulaznih otpadnih voda za 50 % (Pravilnik o граниčnim vrijednostima emisija otpadnih voda, NN 26/2020).

I. stupanj obuhvaća tri faze:

- rešetanje i/ili usitnjavanje,
- taloženje i isplivavanje,
- izjednačavanje i/ili neutralizaciju.

Rešetanje i taloženje se najčešće upotrebljavaju kod pročišćavanja kućanskih otpadnih voda, a izjednačavanje i neutralizacija kod pročišćavanja industrijskih otpadnih voda. Rešetanjem se uklanjaju krupne tvari (komadi plastike, drveta, stakla, lišće i sl.) iz otpadnih voda radi zaštite crpke i ostalih dijelova pročistača (Vuković, 1994.).

Rešetanje se odvija na rešetkama, a rešetke obzirom na konstrukciju dijele se na ravne i lučne, a obzirom na slobodni otvor dijele se na:

- grube (50-100 mm),
- srednje (10-25 mm),
- fine (3-10 mm) (Vuković, 1994).

Brzina vode u kanalu se kreće od 1,0 do 1,5 m/s, brzina ne bi smjela biti manja od 0,6 m/s da ne bi došlo do taloženja organske tvari.

Usitnjavanje je postupak u kojem se krupne otpadne tvari usitne na veličinu od 3-8 mm, te se odvođe na daljnje pročišćavanje. Proces usitnjavanja se odvija na usitnjivačima, najčešće se upotrebljavaju usitnjivači sa slobodnim prolazom vode.

Taloženje je proces koji se provodi u svrhu zaštite rotora crpke i cjevovoda od abrazije. Svrha taloženja je izdvajanje pijeska i krupnih tvari mineralnog podrijetla, a cijeli proces se odvija u pjeskolovima koji se postavljaju kod mješovitih kanalskih sustava, te na oborinskoj kanalizaciji. Pjeskolovi rade na principu spremnika u kojem se smanjuje brzina protoka vode i time se omogućuje taloženje otpadnih čestica (Vuković, 1994).

Isplivavanje ili flotacija je postupak u kojemu se tvari odvajaju iz tekućine izdizanjem na površinu, s koje se zatim uklone. Isplivavanje ili flotacija se provodi na osnovu razlike u gustoći. Razlikuje se:

- prirodno isplivavanje je proces u kojem čestice imaju manju gustoću od gustoće vode. Da bi prirodno isplivavanje bilo uspješno, potrebno je duže zadržavanje otpadne vode u spremniku.
- stimulirano isplivavanje je proces u kojem se u sitne mjehuriće se upuhuje komprimirani zrak pomoću niskotlačnih kompresora. Mjehurići se lijepe za tvari koje imaju veću gustoću od gustoće vode, na taj način se izdižu na površinu i uklanjaju (Vuković, 1994).

Na učinak flotacije utječe:

- gustoća čestica,
- vrijeme zadržavanja vode u spremniku,
- brzina protjecanja i temperatura vode,
- veličina i maseni protok čestica.

Isplivavanje se provodi u flotatorima; to su komorni spremnici koji ispred odvoda imaju pregradu za sakupljanje plutajućih tvari. Areirani flotator posjeduje sustav za upuhivanje komprimiranog zraka pod tlakom od 0,6 bara. Izjednačavanje je postupak zadržavanja otpadnih voda u spremniku u svrhu izjednačavanja fizikalnih i kemijskih svojstava vode.

Neutralizacija je postupak u kojem dolazi do promjene pH vrijednosti u industrijskim otpadnim vodama. Neke industrijske vode zbog upotrebljavanja kemikalija sadržavaju kisele i lužnate sastojke u količinama većim od dopuštenih, te nije dozvoljeno ispuštanje takvih voda u prirodne vodne sustave. Dozvoljeno je ispuštanje voda čiji pH raspon je od 6 do 9. Najjednostavniji

način provedbe neutralizacije je miješanje dvaju različitih pogona industrijskih otpadnih voda miješanjem kiselih i bazičnih voda. Neutralizacija se može provoditi i uz dodatak reagensa.

Postupak neutralizacije ovisi o:

- sastavu i količini otpadnih voda,
- o prijemniku otpadnih voda,
- cijeni sredstava za neutralizaciju (Vuković, 1994).

2.6.3. Sekundarna obrada

Drugi stupanj pročišćavanja obuhvaća uklanjanje biorazgradive tvari postupcima biološke obrade sa sekundarnim taloženjem i druge postupke prema zahtjevima granične vrijednosti emisija komunalnih otpadnih voda pročišćenih na uređajima drugog stupnja pročišćavanja (Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, NN 26/2020).

Biološko pročišćavanje obuhvaća sljedeće faze:

- rešetanje ili usitnjavanje,
- taloženje i/ili isplivavanje,
- izjednačavanje i/ili neutralizaciju,
- taloženje u prethodnim taložnicima i isplivavanje,
- biološke procese,
- taloženje u naknadnim taložnicima, isplivavanje i procjeđivanje,
- dezinfekcija (Vuković, 1994).

2.6.4. Tercijarna obrada

Treći stupanj je obrada komunalnih otpadnih voda kojim se uz fizikalno-kemijske, biološke i druge procese uklanjaju postojeće organske tvari, teški metali i otopljene anorganske tvari, te se postižu vrijednosti prema zahtjevima za fosfor i/ili dušik i/ili mikrobiološke pokazatelje i/ili druge onečišćujuće tvari u cilju zaštite voda (Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, NN 26/2020).

Tercijarna obrada obuhvaća faze:

- rešetanje, taloženje, isplivavanje, neutralizacija (primarna obrada),
- zgrušnjavanje, pahuljičenje i kemijsko obaranje,
- taloženje, isplivavanje i procjeđivanje,
- adsorpciju, ionsku izmjenu i membranske procese,
- Dezinfekciju (Vuković, 1994).

Tablica 1. Granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari (Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda NN 26/20)

| Pokazatelji | Izraženi kao | Jedinica | Površinske vode | Sustav javne odvodnje |
|---|-----------------|----------|-----------------|-------------------------------------|
| FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI | | | | |
| 1.temperatura | | °C | 30 | 40 |
| 2. pH-vrijednost | | | 6,5-9,0 | 6,5-9,5 |
| 3. Suspendirane tvari | | mg/l | 35 | - |
| 4. taložive tvari | | ml/lh | 0,3 | 20 |
| ORGANSKI POKAZATELJI | | | | |
| 5. BPK ₅ | O ₂ | mg/l | 25 | Sukladno članku 5. ovoga Pravilnika |
| 6. KPK _{Cr} | O ₂ | mg/l | 125 | Sukladno članku 5. ovoga pravilnika |
| 7. Teškohlapljive lipofilne tvari (ukupna ulja I masti) | | mg/l | 20 | 100 |
| 8.Adsorbilni organski halogeni (AOX) | Cl | mg/l | 0,1 | 0,5 |
| ANORGANSKI POKAZATELJI | | | | |
| 9. ukupni klor | Cl ₂ | mg/l | 0,4 | 0,4 |
| 10. ukupni dušik | N | mg/l | 15 | Sukladno članku 5. ovoga Pravilnika |
| 11. amonij | N | mg/l | 10 | - |
| 12. ukupni fosfor | P | mg/l | 2 (1 jezera) | Sukladno članku 5. ovoga Pravilnika |

3. MATERIJALI I METODE

Za određivanje fizikalnih i kemijskih parametara uzorkovano je 10 uzoraka otpadne vode kroz 5 mjeseci (od siječnja do svibnja 2021.). 5 uzoraka vode na ulazu i 5 uzoraka na izlazu iz mehaničkog pužnog pročistača koji se sastoji od cjelina:

- dovodni kolektor,
- gruba rešetka i rasteretna građevina,
- crpna stanica sa dvije pužne crpke,
- mjerni kanal,
- automatske fine rešetke s kompaktorom,
- aerirani pjeskolov,
- sito,
- bazen za plutajuće tvari,
- upravna zgrada i strojarnica.

Uzorci otpadne vode pročišćeni su I. stupnjem obrade, odnosno mehaničkim pročišćavanjem.

Uzorci su uzimani pomoću automatskog uzorkivača, u jutarnjim satima i sunčanim vremenskim prilikama. Analize su provedene u laboratoriju Zavoda za javno zdravstvo, odjel za zdravstvenu ekologiju. Prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20), rezultati na izlazu s pročistača moraju odgovarati najmanje 50 % smanjenog opterećenja u odnosu na ulaz.

3.1. Uzorkovanje otpadne vode

Za uzimanje uzoraka otpadnih voda upotrebljava se automatski uzorkivač, fiksni ili prijenosni. Najpravilniji reprezentativan uzorak se dobije uzimanjem uzorka na mjestu gdje je protok vode najjači.

Automatski uzorkivači rade samostalno, bez ljudske nazočnosti, uz odabir režima uzorkovanja. Uređaj sadrži peristaltičnu crpku koja usisnom košarom u vodi usiše određenu količinu uzorka vode u bocu.

O svakom uzetom uzorku se vodi evidencija, koja se sastoji od:

- vrste i svrhe zahtijevane analize,
- vrste vode,
- oznaka mjesta uzimanja uzorka,
- datum i sat uzorkovanja,
- oznaka uzorka,
- temperatura zraka, temperatura vode,
- način uzorkovanja i uvjeti pri uzorkovanju,
- boja, miris i izgled vode,
- način konzerviranja uzorka,
- količina uzetog uzorka,
- ime i potpis osobe koja je uzela uzorak.

Prikupljene uzorke je potrebno što brže otpremiti u analitički laboratorij i obraditi u roku od nekoliko sati.

3.2. Određivanje ukupne suspendirane tvari

Određivanje suspendirane tvari u uzorku otpadne vode se obavlja tehnikom gravimetrije. Postupak: izvaže se petrijeva zdjelica, te se upiše broj sa 5 decimalnih mjesta. Uzme se sterilni filter papir, te se namoči destiliranom vodom, te se ostavi u sušionik na sušenje na 105 °C, 1h. Nakon sat vremena filter papir iz sušionika se prebaci se kratko u eksikator da se temperira. Temperirani uzorak se izvaže. Na podložak lijevka na uređaju za membransku filtraciju se stavlja osušeni filter papir, te se u lijevak doda određena količina uzorka (za rang od 10 - 100 mg/l, stavlja se 100 ml uzorka). Uzorak se profiltrira kroz filter papir pomoću membranske filtracije. Takav filter papir stavlja se ponovno u sušionik na 105 °C minimalno 1h, a najviše 14 – 16 h. Kad se filter papir u potpunosti osušio, izvadi se i izvaže se. Nakon filtracije, korišteni lijevci se poperu sterilnom vodom. Rezultati se izražavaju u mg/l s dvije značajne znamenke.

Ukupne suspendirane tvari određuju se prema normi: HRN EN 872:2008 (HZN, url).

Rezultat se računa pomoću formule: $\rho = \frac{1000 * (b-a)}{V}$ (1)

ρ - suspendirana tvar, izražava se u mg/l

b - masa filter papira nakon filtracije, izražava se u mg

a - masa filter papira prije filtracije, izražava se u mg

V - Volumen uzorka, izražava se u mililitrima



Slika 1. Mikrofiltracija uzorka otpadne vode (Izvor: autor)



Slika 2. Izdvojena suspendirana tvar na filter papiru nakon mikrofiltracije (Izvor: autor)

3.3. Određivanje ukupnog dušika

Ukupni dušik se određuje pomoću kivetnog testa LCK 138, rang 1-16 mg/L TN_b, tehnikom spektrofotometrije. U epruvetu se dodaje 1,3 ml uzorka pomoću pipete, te se doda 1,3 ml otopine A i tableta B. Zatvori se epruveta i promućka i stavi u termoreaktor na: 15'/100°C. Završetkom zagrijavanja, epruvete s uzorcima se kratko temperiraju, te se otpipetira 0,5 ml uzorka iz epruvete u kivetni test i dodaje se 0,2 ml otopine D. Kiveta se zatvori, promućka, te nakon 15 minuta se očitavaju rezultati pomoću spektrofotometra. Rezultat se izražava u mg/l.

Za određivanje ukupnog dušika koristi se metoda: Hach lange kivetni test LCK 138 i LCK 338 (Hach, url).

Potrebni pribor, uređaji i kemikalije:

- kivetni test LCK 138 ili LCK 338 (Sadrži kivetu, otopinu A i D, te tabletu B),
- epruveta,
- automatska pipeta/staklena pipeta 1,3 ml,
- automatska pipeta/staklena pipeta 0,5 ml,
- automatska pipeta/staklena pipeta 0,2 ml,
- stalak za kivete,
- termoreaktor,
- spektrofotometar.

3.4. Određivanje ukupnog fosfora

Određuje se pomoću kivetnog testa LCK 349, rang: 0,15 – 4,50 mg/l PO₄ na sličan način kao i ukupan dušik. Skida se čep s kivetnog testa i odstrani se zaštitna folija s čepa. Otpipetira se 2 ml uzorka u kivetni test, te se kiveta zatvori onom stranom čepa u kojoj se nalazi reagens, potrebno je dobro promućkati i staviti u termoreaktor na 15'/100°C.

Izlaskom iz termoreaktora, kivete s uzorkom treba ostaviti kratko na temperiranju, te se zatim se doda 0,2 ml otopine B, te tableta C, zatvori se kiveta i promućka. Nakon 10 minuta se može započeti s očitavanjem pomoću spektrofotometra. Rezultat se izražava u mg/l.

Za određivanje ukupnog fosfora koristila se metoda: Hach lange kivetni test LCK 349 i LCK 350 (Hach, url).

Potrebni uređaji i pribor:

- kivetni test (sadrži kivetu sa reagensom, otopinu B i tabletu C),
- automatska pipeta/staklena pipeta 2 ml,
- automatska pipeta/staklena pipeta 0,2 ml,
- stalak za kivete,
- termoreaktor,
- spektrofotometar.



Slika 3. Zagrijavanje uzoraka u termoreaktoru (Izvor: autor)

3.5. Određivanje kemijske potrošnje kisika (KPK)

Kemijska potrošnja kisika jedan je od osnovnih parametara kojima se mjeri onečišćenje ili stupanj opterećenja otpadnih voda. KPK se određuje pomoću kivetnih testova, LCK 314, rang: 15-150 mg/l O₂. Kivetni test okrene par puta, kako bi se pomiješao talog sa suspenzijom skinu se čep i otpipetira 2 ml uzorka u kivetni test. Zatvori se kiveta, opet okrene par puta, te stavi na 170°C/15', jedan nasuprot drugog u termoreaktor (uvijek se radi test duplikat zbog sigurnosti u rezultat). Nakon završetka procesa u termoreaktoru, uzorak se ostavi kratko na temperiranje, te očita na spektrofotometru. Nakon očitavanja uzima se srednja vrijednost dvaju uzoraka, te se očekuje 80 % od te vrijednosti za BPK.

Za određivanje KPK koristila se metoda: HRN ISO 15705:2003 (HZN, url), te Hach Lange kivetni test LCK 314 (Hach, url)

Potrebni uređaji i pribor :

- Kivetni test LCK 314,
- Automatska pipeta/ staklena pipeta 2 ml,
- Stalak za kivete,
- Termoreaktor,
- Spektrofotometar.

3.6. Određivanje biokemijske potrebe kisika (BPK)

BPK se određuje tehnikom titrimetrije. Postupak: od rezultata KPK (očitanih u spektrofotometru) uzme se srednja vrijednost. Očekuje se da će BPK biti 80 % vrijednosti KPK, nakon što se izračuna vrijednost iz tablice se gleda i uzima raspon, odnosno potrebna količina uzorka. U boce se rasporede potrebna količina uzorka i dodaje se 10 kapi inhibitora za nitrifikaciju, stave se čepovi na boce, a s gornje strane čepa se stavi KOH koji služi kao katalizator. Katalizatori su spojevi koji ubrzavaju kemijske reakcije. Boce s uzorcima se nasade na magnetsku ploču, te stave u inkubator i oksidirekt za BPK.

Počevši sa slijedećim danom nakon nasadnje računa se 5 dana. Nakon 5 dana se očitava BPK vrijednost. Rezultat se izražava u mg O₂/l.

Za određivanje BPK₅ koristila se metoda: PL-310 ZJZ, PSZ (Zavod za javno zdravstvo, Požeško slavonske županije).

Potrebni uređaji, pribor i kemikalije:

- staklene boce za BPK,
- magnetska ploča,
- oksidirekt,
- inhibitor za nitrifikaciju - triklometil piridin,
- KOH – kalijev hidroksid.



Slika 5. Ulijevanje uzoraka otpadne vode u boce za određivanje BPK₅ (Izvor: autor)



Slika 6. Magnetska ploča za određivanje BPK (Izvor: autor)

4. REZULTATI I RASPRAVA

Tablica 2. Rezultati određivanja fizikalnih i kemijskih pokazatelja otpadne vode na ulazu na pročištač

| Naziv | U1 | U2 | U3 | U4 | U5 |
|---|-------|-------|-------|------|------|
| Temperatura zraka (°C) | 10,0 | 10,0 | 14,0 | 20,0 | 22,0 |
| Temperatura vode (°C) | 6,6 | 8,2 | 10,4 | 15,2 | 16,2 |
| Ukupna suspendirana tvar (mg/l) | 490,0 | 45,0 | 138,0 | 36,0 | 25,0 |
| KPK (mg O ₂ /l) | 94,5 | 156 | 123 | 44,0 | 34,0 |
| BPK ₅ (mg O ₂ /l) | 45,0 | 102,0 | 57,0 | 12,0 | 25,0 |
| Ukupni dušik (mg/l N) | 11,3 | 7,01 | 13,8 | 10,2 | 11 |
| Ukupni fosfor (mg/l P) | 1,60 | 1,11 | 1,91 | 0,90 | 0,90 |

Voda na ulazu na pročištač je žute boje, mutna i bez mirisa, sa vidljivom otpadnom tvari.

Tablica 3. Rezultati određivanja fizikalnih i kemijskih pokazatelja otpadne vode na izlazu sa pročištača

| Naziv | I1 | I2 | I3 | I4 | I5 | MDK |
|---|-------|--------|------|------|------|-----|
| Temperatura zraka (°C) | 10,0 | 10,0 | 14,0 | 20,0 | 22,0 | - |
| Temperatura vode (°C) | 6,5 | 7,9 | 5,0 | 13,8 | 13,6 | 40 |
| Ukupna suspendirana tvar (mg/l) | 113,0 | 15,0 | 52 | 15,0 | 8 | 35 |
| KPK (mg O ₂ /l) | 60,4 | 26,4 | 89,0 | 23,0 | 13 | 125 |
| BPK ₅ (mg O ₂ /l) | 23,0 | 8,0 | 38,0 | 7,0 | 6 | 25 |
| Ukupni dušik (mg/l N) | 7,76 | 6,70 | 9,79 | 8,6 | 7 | 15 |
| Ukupni fosfor (mg/l P) | 1,15 | 0,6313 | 0,84 | 0,69 | 0,63 | 2 |

Najmanja koncentracija suspendirane tvari na ulazu u pročištač zabilježena je u uzorku 5, odnosno mjesecu svibnju (25 mg/l), a najveća koncentracija je zabilježena u uzorku 1, odnosno u siječnju (490 mg/l), te ga slijedi mjesec ožujak (138 mg/l). S obzirom da je riječ o pročištaču u koji se slijevaju oborinske, komunalne kao i industrijske vode, navedeno se može objasniti prvenstveno razlikom u vremenskim prilikama između zimskih i proljetnih mjeseci (svibanj 2021. godine bio je znatno kišoviti od zimskih mjeseci), ali mora se uzeti u obzir i druge faktore ovisno o industrijskom opterećenju koje gravitira navedenom pročištaču. Količina komunalnih voda iz kućanstava uglavnom nije toliko podložna sezonskim promjenama. Uzorci 1 i 3 na izlazu iz pročištača sadrže ukupnu suspendiranu tvar u koncentraciji većoj od MDK vrijednosti koja je 35 mg/l (113 mg/l u siječnju, te 52 mg/l u ožujku). Međutim, Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20) navodi kako prvi stupanj pročišćavanja smanjuje vrijednosti ukupne suspendirane tvari ulaznih otpadnih voda za najmanje 50 %, navedena učinkovitost pročištača se smatraju zadovoljavajućom. Ipak, navedeni parametar potrebno je sa posebnom pozornošću motriti i ukoliko se povišene vrijednosti pojavljuju kontinuirano, sa uzorcima koji nisu

u skladu s MDK vrijednosti postupa se sukladno operativnom planu mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda za cjelokupni sustav javne odvodnje.

Najmanja koncentracija KPK na ulazu na pročištač je zabilježena u svibnju, kao i u slučaju suspendirane tvari, a najveća u veljači. Veljača je bila veoma topla i sušna, što je neuobičajeno za veljaču, ožujak je bio također sušniji, dok je svibanj imao veliku količinu oborina. Dakle, u mjesecima sa sušnijim razdobljem koncentracija KPK je bila veća. Svi uzorci zadovoljavaju MDK vrijednost za KPK i time su u skladu s Vodopravnom dozvolom koju izdaju Hrvatske vode i Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20).

Vrijednosti za BPK₅ su također varirale, te je najmanja koncentracija na ulazu na pročištač bila u travnju, a najveća u veljači. Na izlazu iz pročištača svi uzorci, osim uzorka 3, zadovoljavaju propisanu MDK vrijednost. Uzorak 3 na ulazu na pročištač imao je BPK₅ je u koncentraciji od 57 mg O₂/l, a na izlazu 38 mg O₂/l, te je prolaskom kroz pročištač uklonjeno 33 % opterećenja navedenim parametrom. Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20) navodi kako prvi stupanj pročišćavanja BPK₅ ulaznih otpadnih voda smanjuje za najmanje 20 % prije ispuštanja, što je u ovom slučaju zadovoljeno.

Svi uzorci zadovoljavaju MDK vrijednost za ukupni dušik i ukupni fosfor na izlazu iz pročištača i time su u skladu s Vodopravnom dozvolom i Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20). Dušik i fosfor se inače koriste kao gnojivo, odnosno prihrana za zemlju na kojoj se uzgajaju biljke, te na takav način dospijevaju i u vodu.

Temperature zraka i vode su u skladu s Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 26/20). Maksimalna dopuštena temperatura za površinske otpadne vode je 30 °C, dok je za sustav javne odvodnje maksimalna dopuštena temperatura 40 °C ovisno o razdoblju u godini, temperature su blago varirale u porastu.

5. ZAKLJUČAK

Na temelju provedene analize i ispitivanja kanalizacijske otpadne vode u Požeško slavonskoj županiji, zaključeno je:

- voda na izlazu s pročistača nije značajno promijenila boju i miris,
- utvrđena je veća količina suspendirane tvari u otpadnoj vodi na ulazu u pročistač kroz sušnije razdoblje, u mjesecu siječnju i ožujku,
- u navedenim mjesecima pročistač je uklonio više od 50 % opterećenja suspendiranom tvari iako MDK vrijednosti na izlazu nisu bile u skladnosti sa zadanim vrijednostima Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda za dva uzorka,
- koncentracije KPK I BPK₅ također su veće pri sušnijem razdoblju na ulazu u pročistač,
- postotak uklanjanja ulaznog opterećenja KPK i BPK₅ je zadovoljavajući za sve uzorke, dok jedan uzorak (ožujak) ima veću vrijednost od MDK vrijednosti propisane Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda ,
- određivanjem dušika i fosfora u vodi nisu utvrđene veće oscilacije u rezultatima uzoraka kroz mjesece, te rezultati u skladu s Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, te u skladu s Vodopravnom dozvolom koju izdaju Hrvatske vode,
- temperatura vode varira kroz mjesece, ovisno o vremenskim prilikama, pročišćavanjem otpadne vode dolazi do smanjenja temperature uzorka vode.

6. LITERATURA

1. Đikić, D. et al. (2001) *Ekološki leksikon*. Zagreb: Barbat.
2. Mayer, D.: (2004) *Voda od nastanka do upotrebe*. Zagreb: Prosvjeta.
3. Narodne novine (1999) *Državni plan za zaštitu voda*. Zagreb: Narodne novine d.d., 8/1999.
4. Narodne novine (2019) *Zakon o vodama*. Zagreb: Narodne novine d.d., 66/19.
5. Narodne novine (2020) *Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda*. Zagreb: Narodne novine d.d., 26/2020.
6. Šimunić, I. (2013) *Uređenje voda*. Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada.
7. Tedeschi, S. (1997) *Zaštita voda.*, Zagreb: HDGI.
8. Tušar, B. (2004) *Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode*. Zagreb: Croatia knjiga.
9. Tušar, B. (2001) *Kućna kanalizacija*. Zagreb: Građevinski fakultet.
10. Tutić, A., Zeko-Pivač, A., Dragičević, L. (2021) Uklanjanje i uporaba fosfora iz otpadnih voda. *Hrvatske vode*, 29 (115), str. 33-38.
11. Vijeće europskih zajednica (1991) *Direktiva EU 91/271/EEC*. Bruxelles: Službeni list Europske unije.
12. Vuković Ž. (1994) *Osnove hidrotehnike*. Prvi dio, Druga knjiga. Zagreb: Aquamarin.

Mrežne stranice

1. Određivanje suspendiranih tvari (HRN EN 872, 2008), URL: [Katalog hrvatskih norma](#) [Pristup: 25.6.2021.]
2. HACH LCK cuvette test, URL: [Working Procedure: LCK 138 LATON, 1–16 mg/L Total Nitrogen, TNb](#); [Working Procedure: LCK 338 LATON, 20–100 mg/L Total Nitrogen, TNb](#) [Pristup: 25.6.2021.]
3. HACH LCK cuvette test, URL: [Working procedure: LCK349 Phosphate](#); [Working procedure: LCK350 Phosphate](#) [Pristup: 25.6.2021.]
4. Određivanje indeksa kemijske potrošnje kisika (KPK) - Metoda s malim zatvorenim epruvetama (ISO 15705, 2002), URL: [Katalog hrvatskih norma](#) [Pristup: 25.6.2021.]
5. HACH LCK cuvette test, URL: [Working procedure: LCK314 COD Chemical Oxygen Demand](#)

Popis slika i tablica:

Slika 1. Mikrofiltracija otpadne vode (Izvor: autor)

Slika 2. Određivanje suspendirane tvari u uzorku otpadne vode (Izvor: autor)

Slika 3. Zagrijavanje uzoraka u termoreaktoru (Izvor: autor)

Slika 4. Određivanje BPK u uzorku (Izvor: autor)

Slika 5. Magnetska ploča za određivanje BPK (Izvor: autor)

Tablica 1. Granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari (Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda NN 26/20).

Tablica 2. Rezultati određivanja fizikalno-kemijskih, organskih i anorganskih pokazatelja otpadne vode na ulazu na pročištač (Izvor: autor)

Tablica 3. Rezultati određivanja fizikalno-kemijskih, organskih i anorganskih pokazatelja otpadne vode na izlazu sa pročištača (Izvor: autor)

Popis kratica

ISO - međunarodna organizacija za standardizaciju

NN - Narodne novine

HRN - Hrvatska norma

KPK - kemijska potrošnja kisika

BPK5 - biokemijska potrošnja kisika kroz 5 dana

URL - Uniform Resource Locator, online adresa web stranice

MDK - maksimalna dopuštena koncentracija

ZJZ PSZ - Zavod za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije

mg – miligram

l – litra

ml – mililitar

μm – mikrometar

Popis formula:

(1) Formula za određivanje suspendirane tvari u otpadnoj vodi

IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja, **Ivana Berić**, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog/diplomskog rada pod naslovom **Određivanje fizikalno-kemijskih parametara onečišćenja otpadnih voda na mehaničkom pročištaču** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, 1. Srpnja 2021.

Ivana Berić

Veleučilište u Požegi

Završni rad iz kolegija: Kemija hrane

Naslov završnog rada: Određivanje fizikalno kemijskih parametara onečišćenja otpadnih voda na mehaničkom pročistaču

Mentor: Valentina Obradović

Student: Ivana Berić

Matični broj studenta: 1666/18