

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

49. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda

VODA 2020

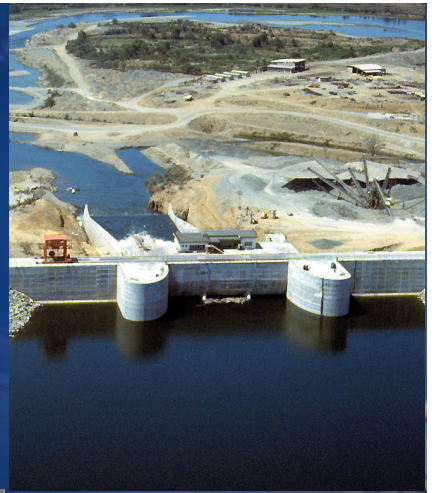
The 49th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society

WATER 2020

Conference Proceedings



Trebinje, 19. – 20. novembar 2020.

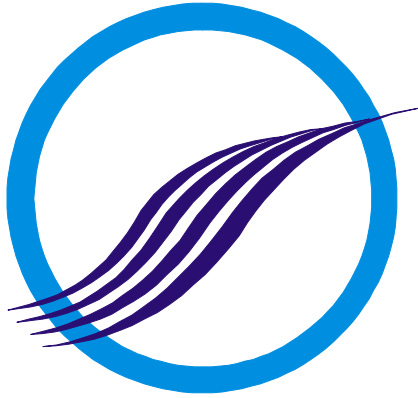


ENERGOPROJEKT
NISKOGRADNJA a.d.



Bulevar Mihaila Pupina 12,
11070 Beograd, Srbija
Tel: +381 11 214 64 24
Faks: +381 11 311 24 93

www.energoprojekt-ng.rs
www.energoprojekt.rs



www.sdzv.org.rs

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY

II

IZDAVAČ (PUBLISHER):

Srpsko društvo za zaštitu voda, Kneza Miloša 9/1, Beograd, Srbija,
Tel/Faks: (011) 32 31 630

PROGRAMSKI ODBOR (PROGRAMME COMMITTEE):

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Prof. dr Božo DALMACIJA, dipl.hem., Novi Sad
Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Dr. Bela CSÁNYI, dipl.biol., Budimšešta-Mađarska
Prof. dr Peter KALINKOV, dipl.inž.građ., Sofija-Bugarska
Prof. dr Valentina SLAVEVSKA STAMENKOVIĆ, dipl.biol., Skoplje-R.Makedonija
Prof. Dr. Goran SEKULIĆ, dipl.inž.građ, Podgorica-Crna Gora
Prof. dr Violeta CIBULIĆ, dipl.hem., Beograd
Prof. dr Slavka STANKOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd
Prof. dr Zorana NAUNOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd
Dr Aleksandar JOKSIMOVIĆ, dipl.biol., Kotor-Crna Gora
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd
Dr Božica VASILJEVIĆ, dipl.biol., Beograd

UREDNIK (EDITOR): Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ.

Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, urednika ili programskog odbora.

TIRAŽ (CIRCULATION): 200 primeraka

ŠTAMPA: "Akademska izdanja", Zemun, 2020

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд
502.51(082)
556.11(082)
628.3(082)
628.1(082)

ГОДИШЊА конференција о актуелним проблемима коришћења и заштите вода (49 ; 2020 ; Требиње)
Voda 2020 : zbornik radova 49. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda =
Water 2020 : conference proceedings 49th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control
Society, Trebinje, 19-20. novembar 2020. / [organizatori] Srpsko društvo za zaštitu voda [u saradnji sa
"Hidroelektrane na Trebišnjici" a.d., Trebinje i Mješoviti Holding "Elektroprivreda Republike Srpske",
Matično preduzeće a.d. Trebinje]; [urednik, editor Aleksandar Đukić]. - Beograd : Srpsko društvo za zaštitu
voda, 2020 (Zemun : Akademska izdanja). - XII, [512] str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst ćir. i lat. - Tiraž 200. - Str. XII: Predgovor / Aleksandar Đukić. -
Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-916753-7-0

a) Воде -- Зборници б) Отпадне воде -- Зборници в) Снабдевање водом -- Зборници
COBISS.SR-ID 25307657

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

ZBORNİK RADOVA

**49. GODIŠNJE KONFERENCIJE O AKTUELNIM TEMAMA
KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA**

VODA 2020

*49TH ANNUAL CONFERENCE OF THE
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY
"WATER 2020"
CONFERENCE PROCEEDINGS*

Trebinje, 19. - 20. novembar 2020.

ORGANIZATORI KONFERENCIJE (*CONFERENCE ORGANISERS*):

Srpsko društvo za zaštitu voda (Beograd),
u saradnji sa
"Hidroelektrane na Trebišnjici" a.d., Trebinje i
Mješoviti Holding „Elektroprivreda Republike Srpske“, Matično preduzeće a.d.
Trebinje

ORGANIZACIONI ODBOR KONFERENCIJE (*ORGANIZING COMMITTEE*):

PREDSEDNIK: Dragoslav BANJAK, Trebinje

KOPREDSEDNIK: Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd

SEKRETAR: Milena MILORADOV, SDZV, Beograd

ČLANOVI:

Nataša MILIĆ, Beograd
Dr Nebojša VELJKOVIĆ, Beograd
Mr Dragan Đorđević, Beograd
Milutin IGNJATOVIĆ, Beograd
Borislav GRUBAČ, Trebinje
Aleksandar VUJIĆ, Trebinje
Dr Momir PAUNOVIĆ, Beograd
Dr Aleksandar ĐUKIĆ, Beograd
Duško VUJOVIĆ, Trebinje
Sanja ČUČKOVIĆ, Trebinje
Adriana VUČUREVIĆ, Trebinje
Spaso RADOVIĆ, Trebinje
Mr Olivera DOKLESTIĆ, Herceg Novi
Milica ŽIVKOVIĆ, Novi Sad
Dr Milenko SAVIĆ, Bijeljina

Slika na koricama: Trebinje i reka Tebišnjica

METODE ODREĐIVANJA SPECIFIČNIH PARAMETARA KVALITETA OTPADNIH VODA

Sonja Ketin¹, Mitar Lutovac², Sanja Jevtić³, Rade Biocanin⁴

1 - Visoka brodarska škola akademskih studija Beograd, Srbija

2 - Fakultet za menadžment, Njegoševa 1a, Sremski karlovci, Srbija

3 - Visoka železnička škola strukovnih studija Beograd, Srbija

4 - Internacionalni Univerzitet Travnik, Travnik, Bosna i Hercegovina

REZIME

U radu je prikazano određivanje specifičnih parametara BPK₅ (biohemijska potrošnja kiseonika) metodama razblaženja, manometrijskom i kulometrijskom metodom; HPK (hemijska potrošnja kiseonika) metodama otvorena titrimetrijska refluks metoda, zatvorena titrimetrijska refluks metoda i zatvorena spektrofotometrijska refluks metoda; UOU (ukupni organski ugljenik) metodom utoška kalijumpermanganata u prirodnim i otpadnim vodama. Prikazana je i metoda za određivanje specifičnih parametara u otpadnim vodama koristeći besplatne satelitske vrednosti (električna provodljivost vode, mutnoća...).

KLJUCNE RECI: metode, kvalitet, otpadne vode, specifični parametri

METHODS OF DETERMINATION OF SPECIFIC WASTEWATER QUALITY PARAMETERS

ABSTRACT

The paper presents the determination of specific parameters of BOD₅ (biochemical oxygen demand) by dilution methods, manometric and coulometric methods; COD (chemical oxygen demand) methods open titrimetric reflux method, closed titrimetric reflux method and closed spectrophotometric reflux method; TOC (total organic carbon) by the method of potassium permanganate influx in natural and waste waters. The method for determining specific parameters in wastewater using free satellite data (electrical conductivity of water, turbidity ...) is also presented.

KEY WORDS: methods, quality, wastewater, specific parameters

UVOD

Ukupni sadržaj organskih materija se može odrediti:

1. preko potrošnje oksidacionog sredstva (npr. kiseonika, kalijumdihromata):
 - Biohemijska potrošnja kiseonika, BPK (BOD – Biochemical Oxygen Demand),
 - Hemijska potrošnja kiseonika, HPK (COD – Chemical Oxygen Demand),
2. direktnim mjerenjem organskog ugljenika:
 - Ukupni organski ugljenik, UOU (TOC - Total Organic Carbon)

Za određivanje organskih materija u vodi oksidometrijski, veoma dugo se koristi i utrošak oksidacionog sredstva, koji služi kao mera sadržaja organskih materija. Najstarija metoda je *utrošak $KMnO_4$* , iako oksidacija ne teče kvantitativno, posebno kod veštačkih organskih materija (takođe mogu se oksidovati i neke neorganske materije kao Fe^{2+} , H_2S , sulfiti, nitriti) (Biocanin i sar., 2015). Isti slučaj je i sa Na-hipohloritom (Hawkins, 1988).

Praktično potpuna oksidacija skoro svih organskih materija rastvorenih u vodi, a takođe i mnogih nerastvorenih dešava se primenom kalijumdihromata u jako kiseloj sredini u prisustvu Ag-sulfata kao katalizatora i Hg(II)sulfata za maskiranje hloridnog jona. Iz potrošnje dihhromata izračunava se potreba kiseonika za oksidaciju organskih materija do CO_2 i H_2O . Azot pri tim oksidacijama prelazi u amonijumsulfat. Većina gore navedenih metoda ne pokazuju da li su prisutne organske materije mikrobiološki degradabilne u prirodnim uslovima, čemu jedino služi BPK metoda (Gary, 1986).

METODE I MATERIJAL

Biohemijska potrošnja kiseonika (BPK)

BPK je količina kiseonika koja je potrebna mikroorganizmima uzorka vode (ili zasejanoj mikroflori) da u aerobnim uslovima na temperaturi od $20\text{ }^{\circ}C$, u određenom vremenu inkubacije, oksiduju organske materije u vodi (Snoeyink, 1988).

Analitički, BPK je masena koncentracija rastvorenog O_2 , koja je pod određenim uslovima utrošena za biološku (biohemijsku) oksidaciju organskih i dijela neorganskih materija u vodi. Standardna metoda definiše vrijeme inkubacije od 5 dana, čime se određuje tzv. BPK_5 (Tolulope, 2019).

Određivanjem BPK, određuje se zagađenost otpadnih voda i provjerava efikasnost postrojenja za prečišćavanje (Elezovic i sar., 2018).

U svetu je prihvaćeno da se najčešće određuje BPK_5 , tj. potrošnja O_2 za 5 dana, iako u tom periodu nisu sve organske materije oksidovane (Ketin i sar., 2015).

Smetnje koje se mogu javiti pri određivanju BPK:

- pojava nitrifikacije: otklanja se dodatkom u vodu etilen- ili alil-tiokarbamida
- nitriti: otklanjaju se razaranjem, dodatkom sulfaminske kiseline ili Na-azida
- prisustvo toksičnih komponenti: otklanja se adaptacijom m.o. i razblaženjem

Postoje tri metode koje se koriste za određivanje BPK_5 (Greenberg, 1989):

- *metoda razblaženja,*
- *manometrijska metoda,*
- *kulometrijska metoda.*

1. Metoda razblaženja

Uzorcima vode se dodaje tolika količina čiste vode zasićene sa O₂ i sa hranljivim solima da se i nakon 5 dana u njima može sa sigurnošću dokazati kiseonik Winkler metodom.

Voda zasićena kiseonikom na 20°C sadrži 9.2 mg O₂/L rastvorenog kiseonika. Pošto se za oksidaciju organskih supstanci u zagađenoj vodi potroši u toku 5 dana više od ove količine kiseonika, uzorak se mora *razblažiti* potrebnom količinom destilovane vode koja je prethodno zasićena kiseonikom i kojoj su dodane hranljive soli (dodaje se fosfatni pufer, rastvori MgSO₄, CaCl₂ i FeCl₃).

Ako otpadna voda sadrži malo mikroorganizama zbog hlorisanja, visoke temperature ili nepovoljne pH- vrednosti, ona se mora nakon prethodne pripreme zasijati sa: mikroorganizmima iz kanalskog sadržaja; ili mikroorganizmima adaptiranim na sastav analizirane vode; ili nizvodno iz reke gdje se ulivaju otpadne vode (ovdje su mikroorganizmi već adaptirani zbog dugotrajne izloženosti istih toksičnim materijama) Dodaje se 1-2 mL materijala za zasijavanje.

Prethodna priprema vode:

- otpadne vode koje sadrže kiseline ili baze prethodno se neutrališu na pH 7;
- ako je otpadna voda obrađivana hlorom, potrebno je višak hlora ukloniti npr. Na-sulfitom;
- ako voda sadrži suspendovane čestice potrebno ju je prethodno homogenizovati;
- ako voda sadrži nitrite nakon tretmana, razaraju se sulfaminskom kiselinom.

Razblaživanje se orijentaciono određuje na osnovu utroška KMnO₄ (permanganatnog broja). Poželjno je postaviti više razblaženja za istu otpadnu vodu.

Tabela 1. Stepen razblaženja analizirane otpadne vode preko permanganatnog broja

Permanganatni broj (mg KMnO ₄ /L)	Očekivana vrijednost BPK ₅ (mgO ₂ /L)	Zapremina otp. vode razblažene vodom za razblaženje do 1000 mL
do 15	do 10	250 i 150
15-40	10-30	100 i 75
40-60	20-50	50 i 40
60-120	40-100	30 i 20
120-240	80-200	15 i 10
240-360	160-300	10

Provera tačnosti razblaživanja:

- na kraju perioda inkubacije koncentracija kiseonika u vodi mora biti najmanje 3 mg/L;
- potrošnja kiseonika za sve vreme inkubacije mora takođe biti najmanje 3 mg/L.

BPK₅ se određuje po izrazu:

$$\text{BPK}_5 \text{ (mg O}_2\text{/L)} = \left[(C_1 - C_2) - \frac{V_t - V_e}{V_t} (C_3 - C_4) \right] \frac{V_t}{V_e}$$

Gdje je C₁ = konc. rastvorenog O₂ u razrjeđenom uzorku odmah [mg O₂/L]

C_2 = konc. rastvorenog O_2 u razrijeđenom uzorku nakon 5 dana [mg O_2/L]

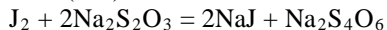
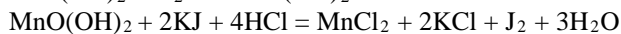
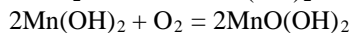
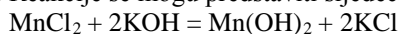
C_3 = konc. rastvorenog O_2 u vodi za razrjeđenje odmah [mg O_2/L]

C_4 = konc. rastvorenog O_2 u vodi za razrjeđenje nakon 5 dana [mg O_2/L]

V_e = zapremina uzorka otpadne vode u mL

V_t = ukupna zapremina smjese (otpadna voda + voda za razrjeđenje) [mL]

Winkler metoda za određivanje rastvorenog kiseonika. Princip metode je u sledećem: rastvoreni kiseonik oksidiše u alkalnoj sredini mangan(II)-hidroksid u mangan(IV)-hidroksid. Kada se rastvor zakiseli u prisustvu kalijum-jodida, oslobađa se elementarni jod u količini ekvivalentnoj kiseoniku. On se zatim titrira rastvorom natrijumsulfata u prisustvu škroba kao indikatora. Reakcije se mogu predstaviti sljedećim jednačinama:



Proračun:
$$\text{Rastvoreni } O_2 \text{ (mg/L)} = \frac{mL \times c \times 8 \times 1000}{100 - V_r}$$

$$c = 0,01 \times F(Na_2S_2O_3)$$

V_r – zapremina dodanih reagensa preračunatih na 100mL uzorka

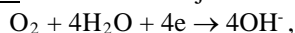
Elektrohemijska metoda određivanja rastvorenog kiseonika se provodi pomoću kiseonik-osetljive membranske elektrode polarografskog ili galvanškog tipa. Primena membranskih elektroda je prikladna metoda za terensko određivanje rastvorenog kiseonika, za jako zagađene i obojene vode. Metoda je posebno pogodna za vode koje sadrže željezo i supstance koje vezuju jod, pošto iste mogu da smetaju kod primjene jodometrijske Winkler metode. Kiseonik-osjetljiva membranska elektroda predstavlja sistem od dve čvrste metalne elektrode, koje su u kontaktu sa pomoćnim elektrolitom, odvojenim od uzorka selektivnom membranom. Membrana je napravljena od polietilena ili flourokarbona (teflon) i praktično je nepropustljiva za vodu i jonske materije, ali je propustljiva za molekule kiseonika i izvestan broj drugih gasova.

Dok je kod elektroda galvanškog tipa elektrodna reakcija spontana, kod elektroda polarografskog tipa potrebno je indikatorsku elektrodu priključiti na izvor struje da bi se polarizovala.

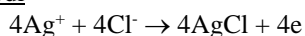
Usled razlike potencijala između elektroda, izazvane galvanškim procesom ili spoljašnjim naponom (polarografski sistem), kiseonik koji prolazi kroz membranu redukuje se na katodi, dok joni metala prelaze u rastvor na anodi. Difuziona struja koja se stvara, direktno je proporcionalna brzini transporta kiseonika kroz membranu i sloj elektrolita, a stoga i parcijalnom pritisku kiseonika u uzorku na datoj temperaturi, odnosno koncentraciji molekulskog kiseonika.

Kod membranske elektrode polarografskog tipa, katoda je od Au, anoda od Ag, a pomoćni elektrolit je KCl.

Na katodi dolazi do reakcije:



a na anodi



Nedostaci metode razblaženja

Razblaženjem otpadne vode raste BPK kod voda koje sadrže jedinjenja koja inhibiraju rast m.o.

2. Manometrijska metoda

Prati se smanjenje pritiska u zatvorenom sudu, koje je povezano sa utroškom O_2 iz gasne faze za biohemijski proces razgradnje organskih materija u izmerenoj zapremini otpadne vode. Mikroorganizmi troše kiseonik za oksidaciju organskih materija i nastaje CO_2 , koji se apsorbuje u NaOH stvarajući vakum koji se instrumentalno očitava kao $mg\ BPK_5$ (mgO_2/L). Gasometrijske metode mere promenu koncentracije gasa u skladu sa zakonom o idealnom gasu $pV=nRT$.

Može se meriti:

- promena pritiska pri konstantnoj zapremini ili
- promena zapremine pri konstantnom pritisku

Rezultati određivanja BPK *metodom razblaživanja i manometrijskom metodom* za prirodne i otpadne vode, koje sadrže lako biološki razgradljiva zagađenja su prilično podudarni. Međutim, kod analiza industrijskih otpadnih voda mogu se dobiti odstupanja, jer metodom razblaženja se razblažuju toksične komponente ili inhibitori mikrobiološkog rasta, usljed čega se dobije BPK vrednost, koja je viša od stvarne.

Osnovne prednosti manometrijske metode su:

- jednostavnost analize, smanjenje troškova analize,
- mogućnost praćenja brzine potrošnje kiseonika,
- lakše je detektovanje prisustva toksičnih komponenata (jer nema razblaženja),
- eliminiše se ometanje određivanja O_2 , kao što je formiranje mulja na elektrodi,
- lakše upravljanje biološkim procesima prečišćavanja otpadnih voda.

Dobijene vrijednosti pretvoriti u BPK_5 ($mg\ O_2/L$) tako što se očitana vrednost pomnoži sa faktorom iz priložene tabele.

$$BPK_5 (mg\ O_2/L) = F \times \text{očitana vrijednost}$$

Za uzorke koji su zagađeni toksičnim materijama potrebna je prethodna priprema uzorka prema uputstvu.

3. Kulometrijska metoda

Kiseonik koji se utroši na oksidaciju organske materije u uzorku vode, nadoknađuje se elektrolizom. Količina potrošenog kiseonika je proporcionalna količini kiseonika proizvedenog elektrolizom, tj. količini utrošene struje.

Ocjena kvaliteta površinske vode na osnovu BPK_5

- I klasa < 2 mg/L
- II klasa < 4 mg/L
- III klasa < 7 mg/L
- IV klasa < 20 mg/L .

Hemijska potrošnja kiseonika (HPK)

HPK je količina O₂ ekvivalentna potrošenom dihromatu za oksidaciju organskih materija i oksidabilnog dijela neorganskih materija u određenoj zapremini površinske ili otpadne vode koja se ispituje

HPK se može smatrati kao aproksimativna mjera teoretske potrošnje kiseonika, tj. kao količina O₂ koja se potroši pri potpunoj oksidaciji organskih komponenti u neorganske proizvode.

Značaj vrednosti HPK zavisi od sastava vode; za gradske otpadne vode je HPK realna mera teoretske potrošnje kiseonika jer se veliki broj prisutnih jedinjenja oksidiše (90-100%), dok za vode onečišćene materijama koje se teško oksidišu pod datim uslovima, HPK vrednost je nepouzdana mera teoretske potrošnje kiseonika (Srbinoski i sar., 2019).

Metode za određivanje HPK:

1. *Otvorena titrimetrijska refluks metoda*
2. *Zatvorena titrimetrijska refluks metoda*
3. *Zatvorena spektrofotometrijska refluks metoda*

Princip za 1. i 2. metodu je isti: otpadna voda se refluksira sa jakim oksidacionim sredstvom K₂Cr₂O₇ u 50%-tnoj H₂SO₄ i nakon 2 sata, titracijom sa standardnim rastvorom feroamonijum- sulfata se određuje višak neizreagovanog dihromata. Kod 2. metode u reakciju oksidacije ulaze i eventualno prisutne isparljive komponente. Kod 3. metode se razlikuje samo korak određivanja neizreagovanog dihromata (ili pak nastalog Cr³⁺ jona) čija se koncentracija određuje spektrofotometrijski.

Dihromat se redukuje prema jednačini: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6\text{e} \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$.

Kao katalizator se koristi Ag₂SO₄, za oksidaciju teško oksidabilnih jedinjenja. Dodatak HgSO₄ sprečava oksidaciju hloridnog jona u hlor.

1. *Otvorena titrimetrijska refluks metoda*

Deo uzorka vode se refluksira na 148°C u prisustvu HgSO₄, sa poznatom količinom K₂Cr₂O₇ i katalizatorom Ag₂SO₄ u jakoj H₂SO₄ u toku određenog perioda u kome se dio dihromata redukuje prisutnim oksidabilnim materijama. Preostali dihromat se nakon hlađenja titriše amonijum- ferosulfatom uz feroin kao indikator. Paralelno se uradi slepa proba, u kojoj je uzorak ispitivane vode zamijenjen destilovanom vodom. Izračunava se HPK vrednost iz količine redukovanog dihromata (1 mol dihromata je ekvivalentan 1.5 mola kiseonika).

$$\text{Proračun: HPK (mg/L)} = \frac{(a-b)M \times 8000}{V}$$

gde su:

a i b - zapremine utrošenog feroamonijum-sulfata za titraciju slijepe probe i probe sa uzorkom, mL,

M - molaritet feroamonijum-sulfata,

V - zapremina uzorka korištena u probi, mL.

Smetnje pri određivanju HPK su:

- neki neorganski joni se takođe mogu oksidovati, kao nitriti, sulfidi, sulfiti, Fe²⁺
- ne oksiduju se sva organska zagađenja potpuno.

2. Zatvorena spektrofotometrijska refluks metoda

Princip

Metoda se zasniva na mjerenju optičke propustljivosti uzorka, koji sadrži nastali Cr^{3+} jon ili neizreagovani dihromatni jon. Najčešće se određuje nastali Cr^{3+} , spektrofotometrijski na 620nm.

Ako se BPK₅ i HPK jako razlikuju, tj. BPK₅/HPK teži nuli, to znači da je teško mikrobiološki razgradljivo zagađenje otpadnih voda, a ako taj odnos teži 1 onda se radi o lako mikrobiološki razgradljivom zagađenju.

Određivanje ukupnog sadržaja organskih materija (Utrošak KMnO_4)

Ukupne organske materije u vodi određuju se oksidacijom pomoću KMnO_4 u jako kiseloj sredini. Sadržaj ukupnih organskih materija izražava se kao mg KMnO_4 koji se utroše za oksidaciju istih, prisutnih u jednom litru vode (Ketin i sar., 2020).

Proračun: Org. materije (mg KMnO_4 /L) = mL x c x 158,03

$$c = 0,002 \times F_{\text{KMnO}_4}$$

Ukupna suva materija

Ukupna suva materija predstavlja ukupan sadržaj čvrste materije u uzorku vode, bilo da je prisutna u suspendovanom, koloidnom ili rastvorenom obliku. Definiše se kao ostatak nakon sušenja uzorka na 103 – 105 °C.

Ukupna suva materija ima svoje frakcije: suspendovane materije, tložive materije, gubitak žarenjem i žareni ostatak

Suspendovane materije se određuju tako da se određena zapremina uzorka vode filtrira kroz membranu određenog poroziteta ($d = 0,45 \mu\text{m}$). Ostatak na membrani (filter papiru) se suši na 103-105 °C do konstantne mase.

Taložive materije po Imhoff-u

Taložive materije su čestice u suspenziji, koje će se istaložiti pod dejstvom sile gravitacije u toku određenog vremenskog perioda (Biocanin i sar., 2015). Određuju se u taložnicima po Imhoff-u.

Žareni ostatak i gubitak žarenjem

Žareni ostatak predstavlja ukupnu čvrstu materiju nakon spaljivanja u mufolnoj peći u toku određenog vremena (1 sat) na temperaturi 550 ± 50 °C. Gubitak mase nakon spaljivanja predstavlja gubitak žarenjem i uslovno se može reći da čini organsku frakciju ukupne suve mase.

Mutnoća vode (Turbiditet)

Mutnoću vode čine suspendovane i koloidne čestice, poput gline, mulja, fino dispergovanih organskih i neorganskih materija, emulgovanih materija, planktona i drugih mikroskopskih organizama. Mjerenje turbiditeta nije vezano samo za određivanje sitnih čestica u vodi, već i za činjenicu da ove čestice štite patogene organizme od dejstava dezinfekcije, posebno ako su organske prirode.

Mutnoća izražava osobinu suspendovanih i koloidnih čestica da rasipaju i apsorbuju svetlost. Postoje dve metode za merenje mutnoće: *turbidimetrijska* i *nefelometrijska*

Turbidimetrijsko određivanje mutnoće sa silikatnom zemljom zasniva se na upoređivanju uzorka vode sa serijom standarnih suspenzija silikatne zemlje, koje se drže u bocama od

bezbojnog stakla. Upoređivanje se vrši bez upotrebe optičkih instrumenata. Jedinica za iskazivanje mutnoće, mjerene ovom metodom, je mgSiO_2/L .

Nefelometrijska metoda se zasniva na efektu disperzije svjetlosti, koja nastaje pri prolasku svjetlosti kroz uzorak koji sadrži čestice u koloidnom, suspendovanom i emulgovanom obliku. Jačina dispergovane svjetlosti upravo je proporcionalna mutnoći vode. Mjerenje se vrši turbidimetrom, upoređujući jačinu dispergovane svjetlosti pri prolasku kroz uzorak, sa jačinom dispergovane svjetlosti pri prolasku kroz standardnu suspenziju. Kao standardna suspenzija koristi se formazinov polimer, a koncentracija osnovne suspenzije je 40 NTU. Mutnoća se izražava u nefelometrijskim jedinicama NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

$$1 \text{ NTU} = 0,13 \text{ mgSiO}_2/\text{L}$$

Turbidimetar :

Instrument radi tako što se snop zraka infracrvene svetlosti propušta kroz kivetu sa uzorkom. Izvor svetlosti je "high emission infrared LED" sa maksimalnom talasnom dužinom 890 nm, koja minimizira interferencije kod obojenih uzoraka. Senzor se nalazi pod uglom od 90° u odnosu na smjer svjetlosti i detektuje količinu svjetlosti dispergovane od strane nerastvorenih čestica u uzorku. Mikroprocesor te vrijednosti konvertuje u FTU jedinice.

$$1 \text{ FTU (Formazine Turbidity Unit)} = 1 \text{ NTU (Nephelometric Turbidity Unit)}$$

Električna provodljivost vode

Merenje provodljivosti se vrši da bi se odredio stepen mineralizacije vode i odredila rezidua filtracije (ukupne rastvorljive materije u uzorku vode). Provodljivost se numerički izražava kao sposobnost vode da provodi struju, Sposobnost zavisi od prisutnih jona, njihove koncentracije, pokretljivosti, valentnosti i temperature sistema. Internacionalni sistem jedinica (SI sistem) preporučuje jedinicu za merenje provodljivosti mS/m, pri čemu je $1 \text{ mS/m} = 10 \mu\text{S/cm}$.

Određivanje provodljivosti (mjeri se konduktometrom) je pogodna metoda za brzu detekciju mineralnog sadržaja u uzorku vode. Rastvori većine neorganskih kiselina, baza i soli su relativno dobri provodnici, nasuprot organskim molekulama, koje slabo disosuju u vodi, odnosno slabo ili nikako ne provode struju (Ketin i sar., 2017).

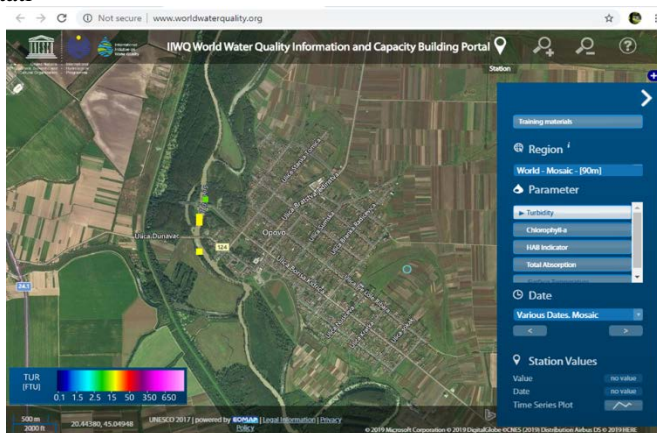
Kalibracija instrumenta se vrši prethodnim mjerenjem provodljivosti standardnog rastvora KCl

($c = 0,01 \text{ mol/L}$), koji na 25°C pokazuje provodljivost od $1413 \mu\text{S/cm}$. Elektoda instrumenta se čuva i ispire u destilovanoj vodi. Prije upotrebe elektroda se kalibriše tako što se uroni u već pomenuti standardni rastvor, izmjeri se temperatura uzorka i očitava provodljivost. Nakon toga se pristupa mjerenju provodljivosti u uzorku vode (Peric i sar., 2014).

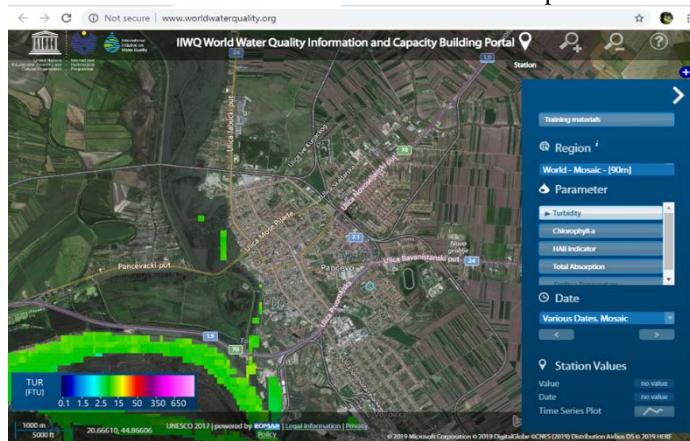
Satelitska metoda

Koristeći slobodne i besplatne programe za očitavanje kvaliteta vode reka koje je UNESCO organizacija obezbedila, možemo jasno sagledati stanje kvaliteta vode reka koje se kreću iz jedne zemlje u drugu. Link International Initiative of Water Quality IIWQ, UNESCO-IHP International Hydrological Programme (<http://www.worldwaterquality.org/>) omogućava brzo sagledavanje i reagovanje pri prekograničnom zagađenju voda (Ketin, 2019). Slike 1 i 2 prikazuju kako se prati i bojom određuje kvalitet voda, odnosno zagađenost reke Tamiš.

Rezultati



Slika 1. Kvalitet vode reke Tamiš kod Opova



Slika 2. Kvalitet vode reke Tamiš kod Pančeva

ZAKLJUČAK

Rad prikazuje određivanje specifičnih parametara u prirodnim i otpadnim vodama. Prezentirane metode vrlo su važne za praćenje kvaliteta otpadne vode tj. određivanje specifičnih parametara (BPK, HPK) na osnovu kojih se može veoma brzo i precizno odrediti prisutnost polutanata.

Savremeni trendovi idu ka korišćenju podataka sa satelita, ali su metode određene u laboratoriji tj na licu mesta u prednosti. Specifični parametri dolaze do posebnog izražaja kada pratimo prekogranično kretanje toksičnog polutanta u vodi. Veoma brza i precizna metoda specifičnih parametara se može dopuniti kao dodatak tj provera podataka sa satelita (Ketin, 2019).

Ovaj način merenja u kombinaciji sa satelitskim rezultatom merenja značajno menja pristup rešavanja problema na lokacijama koje su daleko i vreme značajno može promeniti rezultat.

Rad ima značaj jer je prikazana tehnika kojom se mogu detektovati i prikupiti dokazi kada dođe do zagađenja. Često smo svedoci prekograničnog zagađenja ali nam nedostaje tehnika koja može obezbediti dokaz da se prekogranično zagađenje zaista i dogodilo.

Sprečavanja, kontrola i smanjenje zagađenja prekograničnih vodotoka je najznačajniji cilj u unapređivanju međunarodne saradnje u oblasti zaštite i korišćenja prekograničnih vodotoka. Uspostavljanje monitoringa kvaliteta voda je stratezijski najznačajnija mera u sprečavanju zagađivanja voda i bilo kakvog prekograničnog uticaja.

LITERATURA

- The Danube River and the Danube Strategy, 01/12, 2012, Republic of Serbia
- Denic, Lj. (2015) Water surface status, Ministry of Agriculture and Environmental Protection, Environmental Protection Agency
- Test results quality of surface and groundwater for 2013, Ministry of Agriculture and Environmental Protection, Environmental Protection Agency
- Gary D. Christian, Analytical Chemistry, forth ed., John Wiley&Sons, New York, 1986.
- Greenberg, A.E., Trussell, R.R., Clesceri, L.S., and Franson, M.A.H., eds. (1985) Standard methods for the examination of water and wastewater, 16th ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- Hawkins, M.D. (1988) Safety and laboratory practice, 3rd ed. Cassell Publishers Ltd., London (U.K.).
- Snoeyink, V.L., and D.Jenkins, Water Chemistry, second ed., John Wiley&Sons, New York, 1988.
- Wastewater Engineering – Treatment, Disposal and Reuse, third edition, McGraw-Hill Companies, 1991.
- Tolulope E. Aniyikaiye, Temilola Oluseyi, John O. Odiyo, Joshua N. Edokpayi (2019) Physico-Chemical Analysis of Wastewater Discharge from Selected Paint Industries in Lagos, Nigeria, Int J Environ Res Public Health. 2019 Apr; 16(7): 1235.
- Ketin S, Chrestomathy of Environmental Sceince (2019)
- Ketin S (2019) Monitoring of transboundary water pollution, Book XXVIII, CESNA B, p.149-153
- Elezovic, N., Ilic Komatina, D., Dervisevic, I., Ketin, S., Dasic, P. (2018) Analysis od SWQI index of the River Ibar (Serbia), Fresenius Environmetal Bulletin, Vol. 27, No. 4/2018 p.2502-251
- Ketin, S. Dasic P, Vukanic V, Jaksic, T, Vasic P, (2017) A Contribution to Chemical Contamination of Groundwater, Fresenius Environmental Bulletin, vol. 26 No. 10, p. 6104-6111
- Ketin S, Biocanin R (2015) Solidification sludge processing technology in a petrochemical plant ,Water 2015, Conference Proceedings 44th Annual Conference of the Serbain Water Polution Control Society, Kopaonik, p.349-354
- Peric V, Jaric D, Ketrin S, Konisanin A. Biocanin R (2014) Quality of control of clinical-Biochemical Laboratories – Serbian case. Macedonian Journal of Medical Sciences 7, p.219-223.
- Srbinoski, S., Tomic, S., Bulajic, S., Lutovac, M., Lutovac, B., Ketin, S. (2019) Results and experience the new test working of the station for the purification the fecal waste water in Volkovo, Fresen. Environ. Bull. , 28, No. 12A/2019 p. 9724-9730
- Ketin, S., Antanaskovic, D., Jovanovic, Z., Lukic, V., Andrejic, M. (2020) Technologies collecting free oil and its derivatives in the Sea. Fresen. Environ. Bull., Vol 29, No.9 /2020 p.7432-7439
- Biocanin, R., Sacirovic, S., Ketin, S., Canak, S., Vignjevic Djordjevic, N., Plojovic, S., Neskovic, S. (2015) Chemical process decontamination in the treatment of hazardous substances. Polish Journal of Environmental Studies. 24(1), 427-432.
- <https://en.unesco.org/waterquality-iiwq>