

Darinka  
**FAKIN**

Selestina  
**GORGIEVA**

Alenka  
**OJSTRŠEK**

# EKOLOGIJA PLEMENITILNIH PROCESOV



Univerzitetna založba  
Univerze v Mariboru





Univerza v Mariboru

---

Fakulteta za strojništvo

# Ekologija plemenitilnih procesov

Navodila za vaje

Avtorice

**Darinka Fakin**

**Selestina Gorgieva**

**Alenka Ojstršek**

November 2022

<b>Naslov</b> <i>Title</i>	<b>Ekologija plemenitilnih procesov</b> <i>Ecology of Finishing Processes</i>
<b>Podnaslov</b> <i>Subtitle</i>	<b>Navodila za vaje</b> <i>Exercise Instructions</i>
<b>Avtorice</b> <i>Authors</i>	Darinka Fakin (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)  Selestina Gorgieva (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)  Alenka Ojstršek (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)
<b>Recenzija</b> <i>Review</i>	Julija Volmajer Valh (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)
<b>Jezikovni pregled</b> <i>Language editing</i>	Silva Hajšek
<b>Tehnični urednik</b> <i>Technical editor</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)
<b>Oblikovanje ovitka</b> <i>Cover designer</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)
<b>Grafike na ovitku</b> <i>Cover graphics</i>	Voda, foto: ThisisEngineering RAEng, Unsplash.com, CC0, 2022
<b>Grafične priloge</b> <i>Graphic material</i>	Fakin, Gregieva, Ojstršek, 2022

**Založnik**  
*Published by* **Univerza v Mariboru**  
**Univerzitetna založba**  
Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija  
<https://press.um.si>, [zalozba@um.si](mailto:zalozba@um.si)

**Izdajatelj**  
*Issued by* **Univerza v Mariboru**  
**Fakulteta za strojništvo**  
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija  
<https://www.fs.um.si>, [fs@um.si](mailto:fs@um.si)

**Izdaja**  
*Edition* Prva izdaja

**Izdano**  
*Published at* Maribor, november 2022

**Vrsta publikacije**  
*Publication type* E-knjiga

**Dostopno na**  
*Available at* <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/732>

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Univerzitetna knjižnica Maribor

676.08(076)(0.034.2)

FAKIN, Darinka  
Ekologija plemenitilnih procesov  
[Elektronski vir] : navodila za vaje /  
avtorice Darinka Fakin, Selestina Gorgieva,  
Alenka Ojstršek. - 1. izd. - E-učbenik. -  
Maribor : Univerza v Mariboru, Univerzitetna  
založba, 2022

Način dostopa (URL):  
[https://press.um.si/index.php/ump/catalog/  
book/732](https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/732)  
ISBN 978-961-286-662-4  
COBISS.SI-ID 129338371



© Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba  
/ University of Maribor, University Press

**Besedilo** / *Text* © Fakin, Gregieva, Ojstršek, 2022

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav 4.0 Mednarodna. / *This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0 International License.*

Uporabnikom je dovoljeno reproduciranje brez predelave avtorskega dela, distribuiranje, dajanje v najem in priobčitev javnosti samega izvirnega avtorskega dela, in sicer pod pogojem, da navedejo avtorja in da ne gre za komercialno uporabo.

Vsa gradiva tretjih oseb v tej knjigi so objavljena pod licenco Creative Commons, razen če to ni navedeno drugače. Če želite ponovno uporabiti gradivo tretjih oseb, ki ni zajeto v licenci Creative Commons, boste morali pridobiti dovoljenje neposredno od imetnika avtorskih pravic.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**ISBN** 978-961-286-662-4 (pdf)

**DOI** <https://doi.org/10.18690/um.fs.7.2022>

**Cena**  
*Price* Brezplačni izvod

**Odgovorna oseba založnika**  
*For publisher* prof. dr. Zdravko Kačič,  
rektor Univerze v Mariboru

**Citiranje**  
*Attribution* Fakin, D., Gregieva, S., Ojstršek, A. 2022 (2022). *Ekologija plemenitilnih procesov: Navodila za vaje*. Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba. doi: 10.18690/um.fs.7.2022

# Kazalo

<b>Uvod</b>	<b>3</b>
<b>Vaja 1: ANALIZA ODPADNE PLEMITILNE KOPELI IN NJENO ČIŠČENJE</b>	<b>5</b>
1.1 Priprava plemenitilne kopeli.....	7
1.2 Izbira adsorbenta za čiščenje plemenitilne kopeli.....	9
1.3 Postopek čiščenja.....	10
1.4 Določanje osnovnih parametrov sistema nosilcev .....	11
1.4.1 Poroznost.....	11
1.4.2 Zadrževalni časi.....	13
1.5 Analze plemenitilne kopeli pred in po čiščenju.....	14
1.5.1 Postopek izvedbe UV/VIS spektroskopije za določitev koncentracije barvila.....	14
1.5.2 Postopek določitve obarvanosti in SAK vrednosti .....	17
1.5.3 Merjenje pH.....	19
1.5.4 Merjenje oksidacijsko redukcijskega potenciala (ORP).....	20
1.5.5 Električna prevodnost (EC - Electrical conductivity) .....	22
1.5.6 Celotni organsko vezan ogljik (TOC – total organic carbon) .....	23
1.5.7 Kemijska potreba po kisiku (KPK).....	25
<b>Vaja 2: ANALIZA VOD S ČEBULNIM TESTOM</b>	<b>29</b>
2.1 Čebulni test.....	31
2.2 Postopek izvedbe.....	31
2.3 Rezultati .....	32
2.3.1 Čebulni test.....	32
2.3.2 Meritve pH .....	33
2.3.3 Merjenje oksidacijsko redukcijskega potenciala (ORP).....	34
2.3.4 Celotni organsko vezan ogljik (TOC – total organic carbon) .....	34
2.3.5 Kemijska potreba po kisiku (KPK).....	35
<b>Vaja 3: RAZBARVANJE ODPADNE VODE</b>	<b>37</b>
3.1 Oksidativno razbarvanje s H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV .....	39
3.2 Postopek izvedbe.....	40
3.3 Rezultati .....	40
3.3.1 Določitev obarvanosti in izračun SAK vrednosti.....	40
3.3.3 Merjenje oksidacijsko redukcijskega potenciala (ORP).....	43
3.3.4 Celotni organsko vezan ogljik (TOC – total organic carbon) .....	44
3.3.5 Kemijska potreba po kisiku (KPK).....	45
3.4 Analiza in diskusija rezultatov Vaje 3 .....	46
<b>Priporočena literatura</b>	<b>47</b>





Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

# Ekologija plemenitilnih procesov

Vaje

---

ime in priimek

---

Študijsko leto

---

predavatelj

---

asistent

---

ocena

---

datum





## Uvod

Poseben problem odpadkov v tekstilni industriji predstavljajo odpadne tehnološke vode, predvsem tiste, ki nastajajo pri plemenitjenju tekstilij. Te odpadne vode so močno obremenjene, vsebujejo različne kemikalije in tekstilna pomožna sredstva, imajo ekstremne pH-vrednosti in visoke KPK in BPK vrednosti, različne tipe organskih barvil, kar povzroča obarvanost, vsebujejo fosfate, sulfate in ostale soli, tenzide, maščobe in olja ter različne tipe težkih kovin.

Predpisi o vsebnosti nevarnih in škodljivih substanc v industrijskih odpadnih vodah postajajo vse strožji, zato je pomembno, da natančno poznamo celoten tehnološki proces, saj ga lahko le na ta način optimiramo, in s tem zmanjšujemo negativne vplive na okolje.

Tekstilne odpadne vode so zelo heterogene po sestavi, zato je čiščenje takšnih voda kompleksna naloga, za katero ni idealne in v naprej izdelane metode. Glede na proizvodni proces je potrebno izbrati fleksibilno in ekonomsko upravičeno tehnologijo čiščenja. Pri izbiri tehnologije čiščenja odpadnih voda moramo upoštevati njihovo količino in kakovost, ki jo ovrednotimo s specifičnimi in sumarnimi ekološkimi parametri. Številni avtorji predlagajo razne načine čiščenja tekstilnih odpadnih vod, ki vključujejo fizikalne procese, kot je membranska separacija in flotacija; kemijske, kot sta elektrooksidacija in elektroredukcija; fizikalnokemijske, kot so koagulacija, obarvanje, adsorpcija; napredne oksidacijske procese, fotokatalitske, kot je ultravijolično obsevanje v kombinaciji z vodikovim peroksidom in biološke, ki so lahko aerobne, anaerobne, anoksične.

Za odstranjevanje specifičnih nečistoč iz odpadne vode se uporabljajo tudi različni adsorbenti, kot so aktivno oglje, aktivni aluminij, glina in organski polimeri. Kot potencialni adsorbenti za odpadne kopeli se lahko uporabljajo različni cenovno sprejemljivi in okolju prijazni materiali, kot so razne zemljine in glineni materiali, zeoliti, pepel, odpadni poljedelski produkti (koruzni storži, pšenični in riževi otrobi), odpadni produkti prehranske industrije, žagovina ...

Vaje dopuščajo študentom izbiro analizirane plemenitilne kopeli kakor tudi izbor adsorbenta za čiščenje odpadne vode, s čimer lahko tudi sami vplivajo na potek in razumevanje vaj.



## VAJA 1

# ANALIZA ODPADNE PLEMENITILNE KOPELI IN NJENO ČIŠČENJE



## 1.1 Priprava plemenitilne kopeli

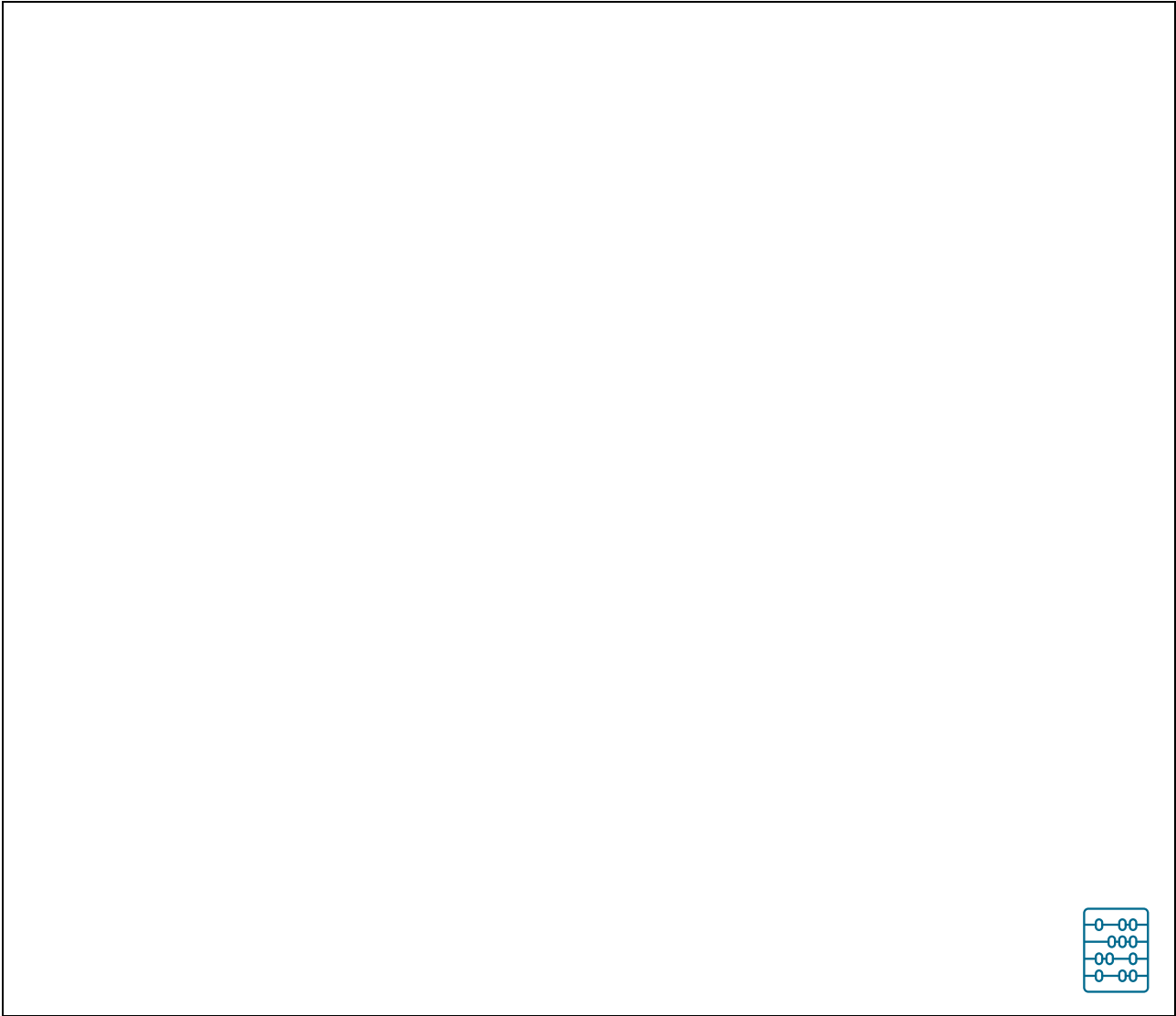
Za analizo lahko izberete poljubno plemenitilno kopel. Da zajamemo čim širši krog vplivov na čiščenje odpadnih kopeli, je priporočljivo, da izberemo kompleksno kopel, ki vsebuje zraven elektrolitov in tekstilnih pomožnih sredstev (TPS) tudi barvila. Predlagana receptura je sledeča:

- **0,03 g/L reaktivnega barvila (Bezema AG),**
- 8 g/L natrijevega sulfata(VI) dehidrata -  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,
- 0,3 g/L omakalnega sredstva na primer-SUBITOL RNC (Bezema AG),
- destilirana voda,
- pH uravnajte na 10 z dodajanjem NaOH,  $w(\text{NaOH}) = 32,5\%$ .

Pripravite 1 liter kopeli.

**Izračuni:**





---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 1.2 Izbira adsorbenta za čiščenje plemenitilne kopeli

Za odstranjevanje različnih nečistoč iz odpadne vode se uporabljajo različne adsorpcijske tehnike. Za odstranjevanje barvil in TPS iz odpadne vode je učinkovita kombinacija biološkega čiščenja in adsorpcije na aktivno oglje, vendar je aktivno oglje precej drago. Izvedenih je bilo mnogo uspešnih raziskav tudi z naravnimi in umetnimi zeoliti ter z alternativnimi nekonvencionalnimi in okolju prijaznimi adsorbenti.

**Zeoliti** so lahko naravni ali sintetični in so natrijevi, kalcijevi ali kalijeви alumosilikati s porozno tridimenzionalno skeletno strukturo, ki je sestavljena iz med seboj povezanih kanalčkov in votlinic, vzdolž katerih se vršijo procesi ionske izmenjave, adsorpcije in hidratizacije [1]. Sestavljeni so iz več kot 60 % zeolitnih mineralov, kot so klinoptiolit, heulandit in mordenit, s kemijsko sestavo 62,95 % SiO<sub>2</sub>, 15 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3,10 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3,81 % CaO, 1,31 % MgO, 4,67 % Na<sub>2</sub>O, 4,67 % K<sub>2</sub>O, 0,03 % SO<sub>3</sub>. Na<sup>+</sup> je dominantni kation [2]. V kamenini so prisotni še kremen, plagioklaz in muskovit [3].

Z odstranitvijo vode iz strukture zeolita nastanejo prosta mesta, ki jih lahko zasedejo drugi kationi ali molekule z ustreznim premerom. Ker pa se ti ne vežejo v strukturo, jih lahko nemoteno izmenjujemo. Naravni zeoliti imajo sposobnost izmenjave ionov in molekul, kot so amonijevi ioni in kovinski ioni (Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>) iz odpadne vode, lahko zmanjšajo neprijeten vonj in zbistrijo odpadno vodo. Različni zeoliti imajo različne sorpcijske sposobnosti in selektivnost za različne kovine [7].

Z razvojem sintetičnih zeolitov so se odprle široke možnosti njihove uporabe tudi na področju katalizatorjev, molekularnih sit, adsorbentov raznih plinov in zlasti vodnih plinov. Zeoliti kot ionski izmenjevalci so se začeli uporabljati že po letu 1968 [4].

**Aktivno oglje** je sestavljeno iz ogljika in drugih primesi. Kot adsorbent se je začelo uporabljati že v 18. stoletju. Je porozen material, kateremu se lahko specifična površina z aktivacijo poveča do 1000 m<sup>2</sup>/g. Zaradi te lastnosti ima visoko adsorpcijsko moč [5].

Poznamo dve vrsti aktivnega oglja, in sicer prašnato aktivno oglje PAC (Powered Activated Carbon) s premerom delcev, manjšim od 0,074 mm, in granulirano aktivno oglje GAC (Granulated Activated Carbon) s premerom delcev, večjim od 0,1 mm [6].

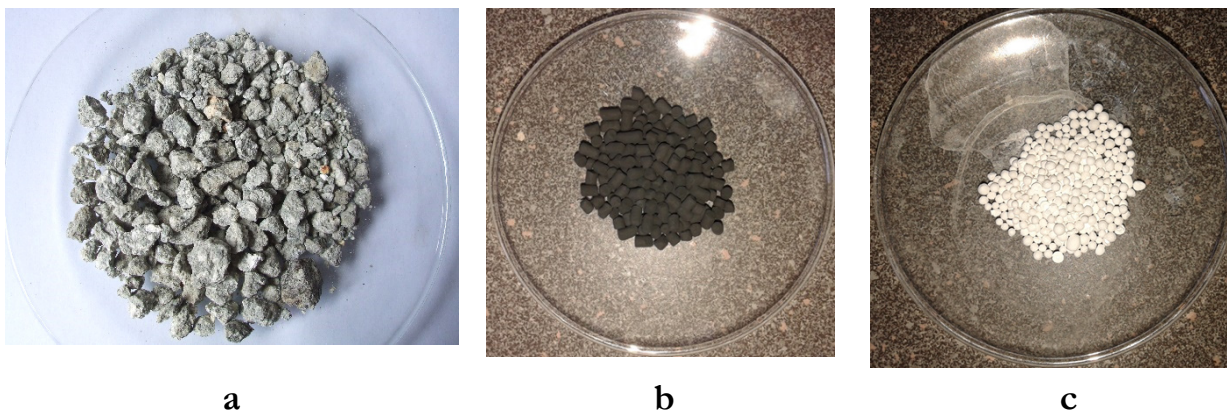
V preglednici 1.1 so prikazane lastnosti granuliranega aktivnega oglja, ki ga bomo uporabili pri vaji.

**Preglednica 1.1: Lastnosti granuliranega aktivnega oglja [5]**

Parameter	Enota	Vrednost
Celotna površina	m <sup>2</sup> /g	700-1300
Specifična gostota	kg/m <sup>3</sup>	400-500
Gostota delcev, ovlaženih z vodo	kg/L	1,0-1,5
Velikost delcev	mm	0,1-2,36
Efektivna velikost	mm	0,6-0,9
Srednji premer por	nm	1,6-3,0

V sistemu čiščenja odpadne vode uporabite tudi naravni material kot nosilec biomase, in sicer zeolit Zaloške gorice, granuliran zeolit ZAG (zeolit aktiviran granuliran) in aktivno oglje. Z izbranimi nosilci biomase raziščite učinkovitost in možnosti uporabe le-teh pri čiščenju odpadne vode, ki vsebuje barvila, kemikalije in (TPS).

Slika 1.1 prikazuje primere adsorbentov, ki jih uporabite pri vaji.



**Slika 1.1: Zeolit Zaloške gorice (a), aktivno oglje PAC (b), zeolit ZAG granuliran**

Vir: lasten.

### 1.3 Postopek čiščenja

Za postopek adsorpcije uporabite 30 g posameznega zeolita in 15 g granuliranega aktivnega oglja.

#### Postopek čiščenja

V pripravljene čaše s tremi različnimi adsorbenti z merilnim valjem odmerite 200 mL plemenitilne kopeli.



Vse pripravljene čaše postavite na stresalnik in jih stresajte 6 ur na 100 obratih na minuto. Pred tem jih zatesnite s parafinsko folijo in s tem onemogočite izhlapevanje vode ter dostop raznim nečistočam.



Slika 1.2: Laboratorijski stresalnik

Vir: lasten.

## 1.4 Določanje osnovnih parametrov sistema nosilcev

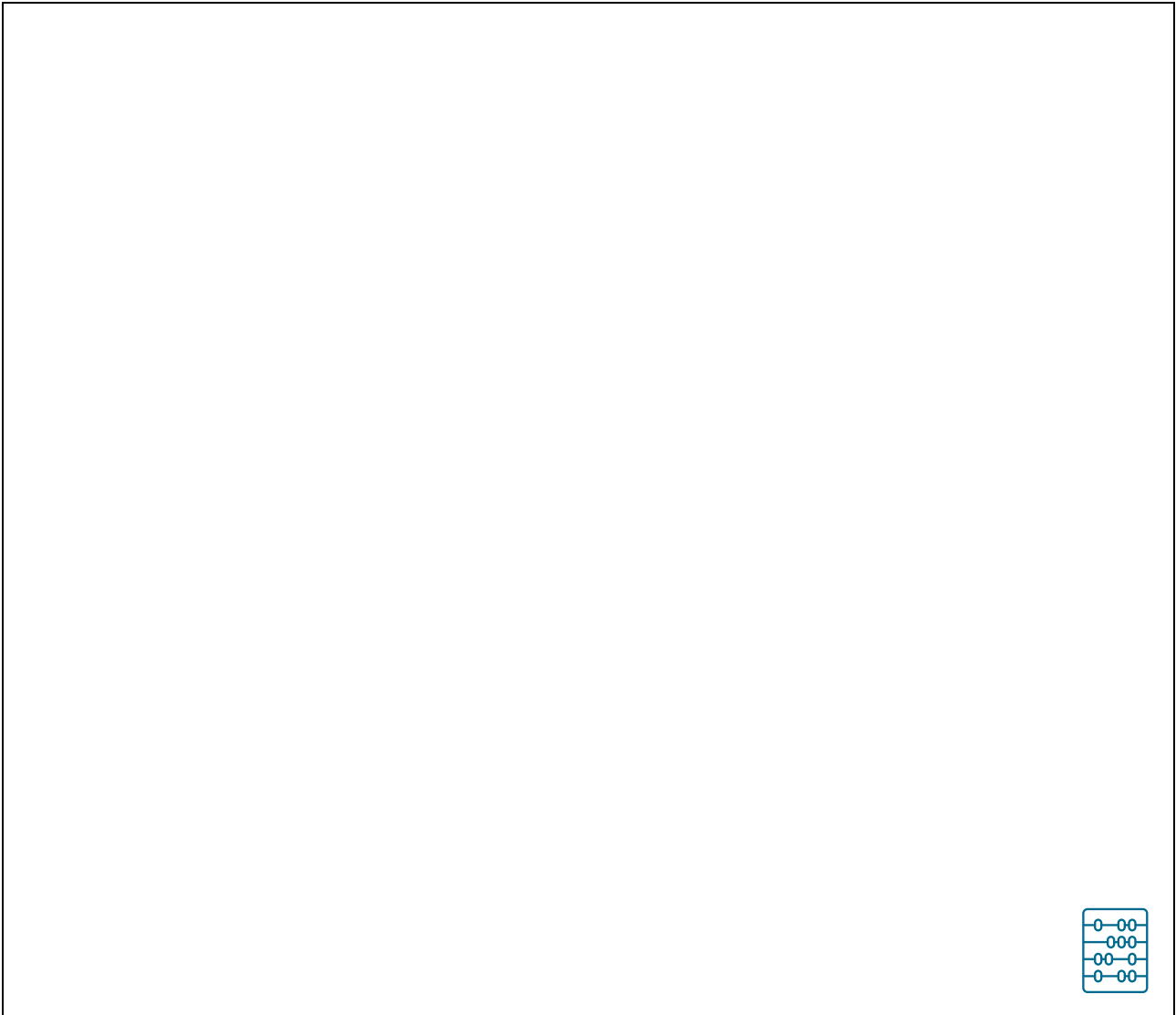
### 1.4.1 Poroznost

Poroznost nosilcev je težko določljiva. Poroznost čistega peska je med 30 % in 45 %, vendar se po določenem času obratovanja sistema poroznost zmanjša zaradi kopičenja organskih in mineralnih snovi v procesu čiščenja. Različne metode za določanje poroznosti imajo vrsto pomanjkljivosti, npr. določitev na podlagi količine iztočene vode je pomankljiva zaradi rezidualne vode, ki ostane v sistemu, medtem ko meritve s polnjenjem še niso dovolj preskušene.

### Postopek izvedbe določanja poroznosti sistema

Na enem izmed adsorbentov določite poroznost na osnovi polnjenja, in sicer tako, da čašo (200 mL) napolnite z nosilcem in do vrha nosilca napolnite z destilirano vodo. Pri tem odčitajte, koliko vode pri tem porabite, da je nosilec prekrit. Po 30 minutah mirovanja odlijte vso vodo in z merilnim valjem odmerite količino iztečene vode. Poskus z nosilcem ponovite še 2 krat. Poroznost sistema oz. nosilca biomase (v %) določite iz razmerja volumnov destilirane vode, porabljene za polnjenje kolone, in iztečene vode iz kolone (cca 200 mL).

**Izračuni:**



---

---

---

---

---

---

---

---

**Rezultat:**

Poroznost sistema je:

1. polnjenje \_\_\_\_\_ %

2. polnjenje \_\_\_\_\_ %

3. polnjenje \_\_\_\_\_ %

Povprečna poroznost na podlagi treh polnjenj \_\_\_\_\_ %

**1.4.2 Zadrževalni časi**

Dolžino zadrževalnega časa določite skladno s potekom vaj in je lahko 1 dan ali več.

Uporabljen zadrževalni čas: \_\_\_\_\_ ur

**Komentar:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 1.5 Analze plemenitilne kopeli pred in po čiščenju

### 1.5.1 Postopek izvedbe UV/VIS spektroskopije za določitev koncentracije barvila

UV/VIS spektroskopijo uporabimo za analizo raztopin barvil, pomožnih sredstev in kemikalij, analizo izlužkov nosilca biomase, analizo obarvanih odpadnih vod pred in po čiščenju.

Za izvedbo UV/VIS spektroskopije uporabite »Metodo določanja absorbance« SIST EN ISO 105-Z10 (Preskušanje barvne obstojnosti – Del Z10: Ugotavljanje relativne intenzivnosti barv raztopin) [8]. Za izvedbo uporabite aparat Carry 50 spektrofotometer (Varian), ki ima naslednje karakteristike:

- spektralno območje: 190 do 1100 nm,
- korak merjenja: 0,01 nm,
- merilno območje: do 200 % transmisije in 3,3 absorbance,
- dvožarkovni princip merjenja,
- dolžina optične poti: 2 mm in 10 mm.

Za izbrano barvilo določite valovno dolžino, pri kateri ima absorpcijski maksimum, in izdelajte umiritveno krivuljo iz meritev absorbanc pri valovni dolžini absorpcijskega maksimuma v raztopinah z znanimi koncentracijami. Na podlagi umeritvene krivulje (znanega absorpcijskega koeficienta) izračunajte koncentracije barvila v odvzetih vzorcih plemenitilnih kopeli po čiščenju. Absorpcijski koeficient (pri znanih koncentracijah) in koncentracije barvila v vzorcih izračunate po Beer-Lambert-ovem zakonu:

$$A_{\lambda \max} = c_v \cdot l \cdot k_{\lambda \max}$$

kjer je:

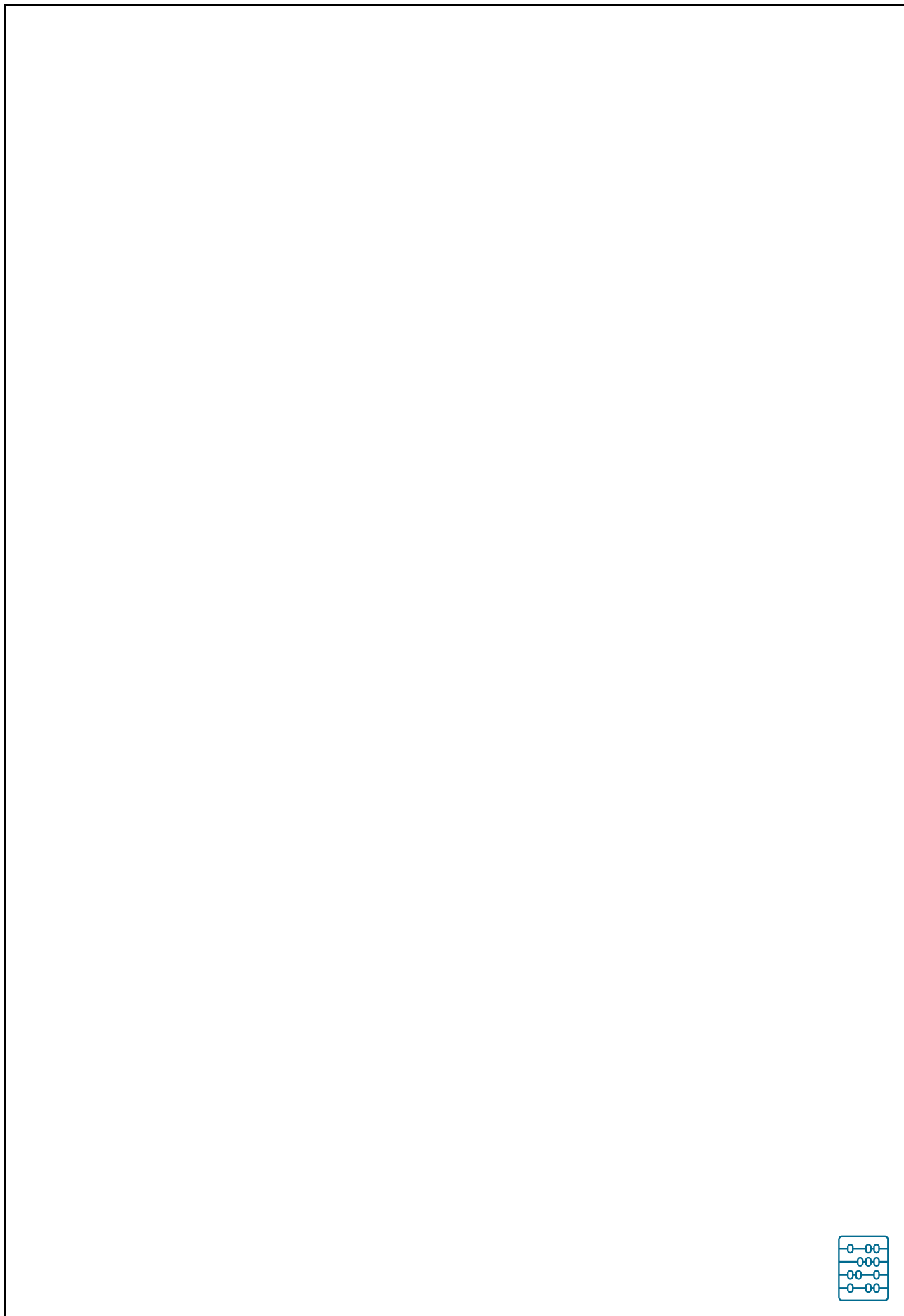
$A_{(\lambda \max)}$  – absorbanca (pri valovni dolžini absorpcijskega maksimuma),

$c_v$  – koncentracija barvila vzorca [g/L],

$l$  – optična pot [cm],

$k_{(\lambda \max)}$  – absorpcijski koeficient [L/g·cm].

**Izračuni:**





### 1.5.2 Postopek določitve obarvanosti in SAK vrednosti

Obarvanost določite vizualno in fotometrično. Fotometrično vzorcem določite obarvanost na podlagi merjenja absorbanca pri treh zakonsko določenih valovnih dolžinah (pri 436 nm, pri 525 nm in pri 620 nm). Metodo določa standard SIST EN ISO 7887 in se izvede na aparatu Carry 50 spektrofotometer (Varian) [9].

Na osnovi izmerjenih absorbanca izračunajte spektralne absorpcijske koeficiente v skladu z enačbo:

$$\alpha(\lambda) = \frac{A}{d} \cdot f$$

pri čemer je:

$\alpha(\lambda)$  – spektralni absorpcijski koeficient pri določeni valovni dolžini (SAK)[1/m],

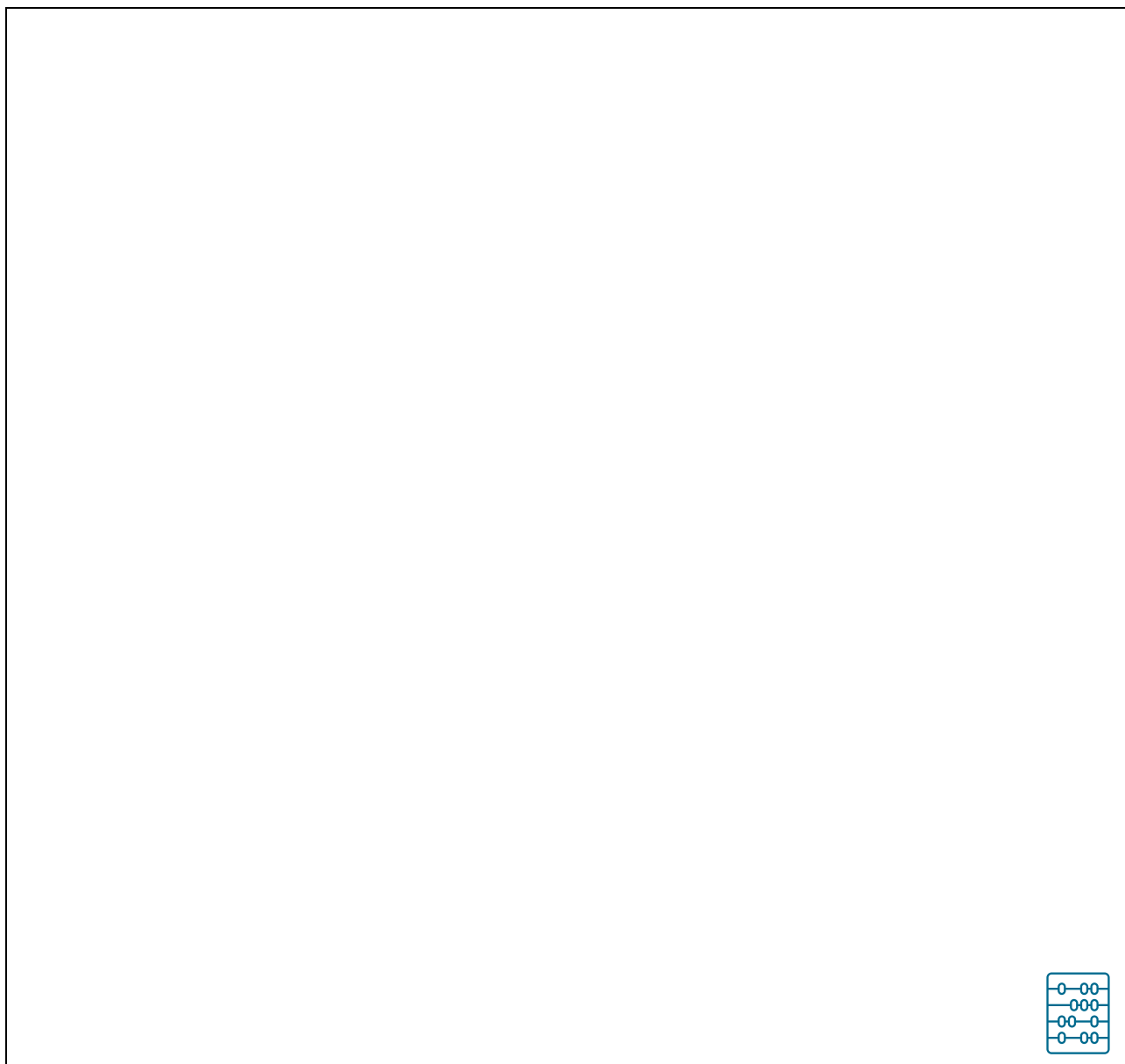
A – absorbanca vzorca kopeli pri določeni valovni dolžini  $\lambda$ ,

d – optična pot kivete [mm],

f – konverzijski faktor za pretvorbo enot v 1/m (f = 1000).

**Izračuni:**





**Rezultat:**

PARAMETRI	Izgled	SAK (1/m)		
		436 nm	525 nm	620 nm
<b>Mejna vrednost</b>		<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
Osnovna kopel				
Očiščena kopel - naravni zeolit				
Očiščena kopel - ZAG zeolit				
Očiščena kopel - aktivno oglje				



**Komentar:**

---

---

---

---

---

---

---

---

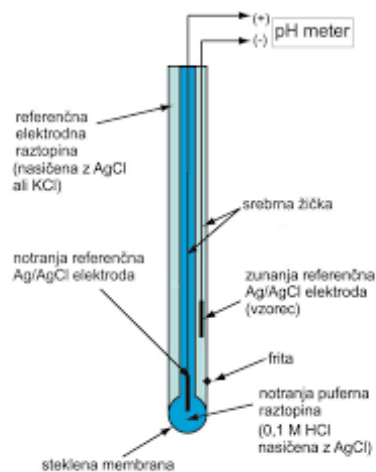
---

---

**1.5.3 Merjenje pH**

Izmerjena vrednost pH se nanaša na temperaturo 25 °C. Če je vrednost pH izmerjena pri drugi temperaturi, je potrebno to posebej podati.

Vrednost pH je merilo za kislost oz. bazičnost raztopin ali prisotnost vodikovih oz. hidroksilnih ionov. Vrednost pH določamo elektrokemično (primerjava med stekleno in referenčno elektrodo) ali kolorimetrično z indikatorji, ki spreminjajo barvo v odvisnosti od pH za manj zahtevne analize (terenske teste). Na sliki 1.3 lahko vidimo elektrokemični princip merjenja pH [11].



Slika 1.3: Princip merjenja pH vrednosti [17]

## Postopek merjenja pH vrednosti

Odvzetim vzorcem izmerite pH po metodi določanja pH – SIST ISO 10523 na aparatu MA 235 pH/ion Analyzer (Mettler Toledo).

### Rezultati:

PARAMETRI	pH vrednost
Osnovna kopel	
Očiščena kopel - naravni zeolit	
Očiščena kopel - ZAG zeolit	
Očiščena kopel - aktivno oglje	

### Komentar:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 1.5.4 Merjenje oksidacijsko redukcijskega potenciala (ORP)

Oksidacijsko redukcijski potencial določamo z merjenjem potenciala elektronske aktivnosti (intenzitete) z inertno indikatorsko elektrodo in primerno referenčno elektrodo. Indikatorska elektroda služi kot elektron donator ali kot akceptor, odvisno od tega ali je v raztopini prisoten elektro aktivni oksidant (visoke vrednosti ORP) ali reducent (nizke

vrednosti ORP). Pri redoks ravnotežju je potencialna razlika med indikatorsko in referenčno elektrodo enaka redukcijskemu potencialu sistema.

Pri visokih vrednostih ORP so v raztopini prisotni ioni, kot npr.:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  (njihove reducirane oblike so  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ). Če iz odpadne vode s kemijskimi ali biološkimi reakcijami odstranimo kisik, se razmere v vodi spremenijo iz aerobnega okolja v anoksično okolje (okolje brez prisotnega kisika). Mnogo organizmov je sposobnih uporabiti  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ione ali ostale oksidirane spojine kot elektron akceptorje, pri tem se le ti porabijo, v vodi prevladujejo reducirane spojine in anaerobne razmere. V anaerobnih reaktorjih so ORP vrednosti med -300 mV in -400 mV.

### Postopek merjenja ORP

ORP odvzetim vzorcem izmerite na primer na aparatu MA 235 pH/ion Analyzer (Mettler Toledo). Elektrodo za merjenje ORP vstavite v raztopino in ob stalnem mešanju na aparatu odčitajte vrednost v mV.

### Rezultati:

PARAMETRI	ORP (mV)
Osnovna kopel	
Očiščena kopel - naravni zeolit	
Očiščena kopel - ZAG zeolit	
Očiščena kopel - aktivno oglje	

### Komentar:

---

---

---

---

### **1.5.5 Električna prevodnost (EC - Electrical conductivity)**

Električna prevodnost vode je lastnost vode, da prevaja električni tok in spada med indikatorske parametre vode. Odvisna je od prisotnih ionov v vodi, od njihove koncentracije, gibljivosti in naboja ter temperature vode ob merjenju. Raztopine anorganskih snovi so večinoma dobri prevodniki, molekule organskih snovi, ki ne disociirajo, v vodi pa prevajajo električni tok slabo ali ga sploh ne. Na električno prevodnost vode običajno vplivajo koncentracije kalcijevih, magnezijevih, natrijevih, kalijevih, hidrogenkarbonatnih, sulfatnih in kloridnih ionov. Tako ima na primer morska voda električno prevodnost približno 50.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , deževnica pa 5 - 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Enota za električno prevodnost je mikro Siemens na cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

#### **Postopek izvedbe merjenja električne prevodnosti**

Električno prevodnost vzorcem izmerite po metodi SIST ISO 11265 [10] na primer na aparatu WTW MultiLab P5 (Wissenschaftlich Technische Werkstätten). Elektrodo merilnika prevodnosti potopite v vzorec tako, da okoli elektrode ni mehurčkov. Ko se vrednost na ekranu umiri, odčitajte vrednost v primernem merilnem območju mS/cm ali  $\mu\text{S}/\text{cm}$  [10].

**Rezultati:**

PARAMETRI	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )
Osnovna kopel	
Očiščena kopel - naravni zeolit	
Očiščena kopel - ZAG zeolit	
Očiščena kopel - aktivno oglje	

**Komentar:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

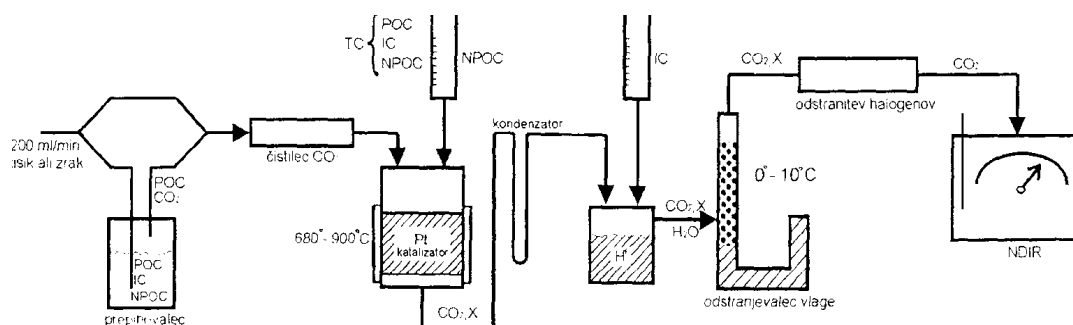
---

**1.5.6 Celotni organsko vezan ogljik (TOC – total organic carbon)****Opomba: Lahko uporabite hitre teste!**

Celotni organski ogljik TOC je množina ogljika, prisotnega v vodi, v kateri so raztopljene ali suspendirane organske snovi. Je torej merilo za vsebnost raztopljenih in/ali suspendiranih organskih snovi.

Osnova vseh postopkov za merjenje organsko vezanega ogljika v vodah je oksidacija ogljika, prisotnega v organskih spojinah, v ogljikov dioksid. Običajno koncentracije celotnega organskega ogljika TOC določamo s pomočjo TOC analizatorja (slika 1.4) kot razliko med vsebnostjo celotnega ogljika in vsebnostjo anorganskega ogljika [12].

$$\text{TOC (celotni organski ogljik)} = \text{TC (skupni ogljik)} - \text{IC (anorganski ogljik)} \text{ [mg C/L]}$$



Slika 1.4: Shematski prikaz delovanja aparata za določanje celotnega organskega ogljika TOC

Vir: lasten.

### Postopek merjenja TOC

Merjenje izvedite po metodi SIST ISO 8245 [12] na aparatu DC-190 (Dohrmann). Odvzete vzorce primerno redčite z destilirano vodo. Vzorce nalijte v posebne čašice za merjenje TOC in jih vstavite v aparat. Aparat najprej določi celotni ogljik, tako da prisotni ogljik pri sežigu v kisikovi atmosferi in pri visoki temperaturi (680 °C) popolnoma oksidira v CO<sub>2</sub>. Detekcija nastalega CO<sub>2</sub> poteka s pomočjo IR detektorja. Oksidacija anorganskih snovi pa poteka pri nižji temperaturi (150 °C), ta temelji na pretvorbi karbonatov in hidrogenkarbonatov v močno kislem mediju. Nastali CO<sub>2</sub> zopet zazna IR detektor. Detektor pošlje podatke do računalnika, ki nam poda vrednosti v ppm oz. mgC/L.

### Rezultati:

PARAMETRI	REDČENJE	TOC (mg C/L)
Osnovna kopel		
Očiščena kopel - naravni zeolit		
Očiščena kopel - ZAG zeolit		
Očiščena kopel - aktivno oglje		

**Komentar:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**1.5.7 Kemijska potreba po kisiku (KPK)****Opomba: Lahko uporabite hitre teste!**

KPK je množina kisika, ekvivalentna množini kalijevega dikromata, ki je potrebna za kemijsko oksidacijo organskih snovi, prisotnih v odpadni vodi. Je parameter, na podlagi katerega sklepamo o onesnaženosti odpadnih vod z organskimi snovmi.

Analizirani vzorec razklopimo s kalijevim dikromatom kot oksidacijskim sredstvom ob pomoči srebrovega sulfata kot katalizatorja v močno žveplovo kislem mediju pri  $148 \pm 3^\circ\text{C}$ .

Nezreagirane dikromatne ione določimo analitično z  $\text{Fe}^{2+}$  (titracija z železo-amonijevim sulfatom  $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  ob uporabi Ferroina kot redoks indikatorja). KPK se izračuna po formuli:

$$KPK = 8000 \cdot c_{FAS} \cdot (V_1 - V_2) / V_0$$

kjer je:

KPK – kemijska potreba po kisiku [ $\text{mg O}_2/\text{L}$ ],

$c_{FAS}$  - koncentracija  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  [ $\text{mol/L}$ ],

$V_0$  – volumen testne raztopine [ $\text{mL}$ ],

$V_1$  – volumen porabljenega železo-amonijevega sulfata za testno raztopino [ $\text{mL}$ ],

$V_2$  – volumen porabljenega železo-amonijevega sulfata za vzorec [ $\text{mL}$ ],

8000 – molarna masa  $\frac{1}{2} \text{O}_2$  [ $\text{mg/mol}$ ].

Koncentracija ( $c_{FAS}$ ) se izračuna po enačbi:

$$c_{FAS} = 6 \cdot c_{dikromata} \cdot \frac{5}{V_{FAS}}$$

kjer je:

$c_{FAS}$  - koncentracija  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  [ $\text{mol/L}$ ],

$c_{dikromata}$  - koncentracija kalijevega dikromata [ $\text{mg/L}$ ],

$V_{FAS}$  – volumen porabljenega  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  [ $\text{mL}$ ].

Stopnja oksidacije je 95% do 100% in je odvisna od vrste in koncentracije organskih snovi, koncentracije kalijevega dikromata in žveplove(VI) kisline, temperature in časa reakcije [13].

### Postopek izvedbe merjenja KPK

Za določanje KPK uporabite titracijsko metodo SIST ISO 6060 [13]. Metoda je primerna za analiziranje vzorcev z maksimalno koncentracijo KPK 900  $\text{mg/L}$ . Vzorce primerno redčite z destilirano vodo.



V reagenčni kivetki zmešate 2,5 mL vzorca, 1,5 mL pripravljenega reagenta  $K_2Cr_2O_2$  v raztopini 80 g/L  $HgSO_4$  in 3,5 mL katalizatorja srebrovega sulfata. Na enak način pripravite tudi slepi vzorec, le da namesto vzorca vzamete 2,5 mL destilirane vode. Pripravljene raztopine vzorcev segrevate 2 uri pri temperaturi 150 °C v aparaturi Termoprac TBGE.

V tem času se kalijev dikromat reducira, nezreagirane dikromatne ione pa določite s titracijo z  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  (FAS). Vzorcem, ki jih titirate, dodate 2 kapljici Ferriona (indikator). Barva pri titriranju se spremeni od začetne oranžne barve preko zelene do modre in na koncu do rdeče barve.

**Rezultati:**

PARAMETRI	REDČENJE	KPK ( $\mu mgO_2/L$ )
Osnovna kopel		
Očiščena kopel - naravni zeolit		
Očiščena kopel - ZAG zeolit		
Očiščena kopel - aktivno oglje		

**Komentar:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





VAJA 2

# ANALIZA VOD S ČEBULNIM TESTOM



## 2.1 Čebulni test

**Biološki test *ALLIUM*** ali **čebulni test** razkriva celosten vpliv na rast in razvoj živih celic ali organizmov ter zaznava prisotnost škodljivih snovi v koncentracijah, ki so bistveno nižje od mejnih sposobnosti analitskih metod. Od približno 700 prepoznavnih toksičnih in genotoksičnih snovi, ki se lahko znajdejo na primer v pitni vodi, jih z običajnimi fizikalno-kemijskimi analizami nadzorujemo le slabih 10 odstotkov.

S čebulnim testom se tako ugotavlja **splošna toksičnost** in **raven genotoksičnosti** v vodnih, kopenskih in zračnih ekosistemih, kjer dokazujemo potencialne genotoksične snovi. Test je kratkotrajen in pokaže vpliv onesnaževanja ter medsebojno delovanje med testno rastlino (*Allium cepa* L.) in potencialnimi genotoksiki.

Test poteka v dveh fazah in nam prikaže dve vrsti rezultatov. Prva faza temelji na opazovanju dolžine korenin testne rastline mlade čebule (*Allium cepa* L.) in nam podaja rezultate splošne toksičnosti. Čim daljše so korenine, manjša je splošna toksičnost in obratno – čim krajše so korenine testnih rastlin, večja je splošna toksičnost.

Druga faza čebulnega testa pa podaja raven genotoksičnosti, kjer v celicah rastnih vršičkov ugotavljamo morebitne poškodbe kromosomskih garnitur. Tako lahko izračunamo procentualno razmerje med vsemi metafaznimi celicami in celicami s poškodbami kromosomov [14]. V okviru vaj bomo izvedli prvo fazo.

## 2.2 Postopek izvedbe

Za vajo potrebujete šest epruvet in šest čebulic čebule, destilirano vodo, vodo iz pralnega procesa, vodo iz barvalnega procesa, eno vodo iz potoka in dve iz različnih vodnih omrežij ali ustekleničeno vodo.

V vsako epruveto čisto do vrha nalijete izbrano vodo, jo označite in postavite v stojalo. Na epruveto položite čebulo tako, da se bodo korenine razraščale v epruveto (slika 2.1 spodaj).

Poskus spremljajte en teden, pri čemer lahko rast korenin spremljate tako, da jih na enake časovne presledke fotografirate.



Slika 2.1: Primer nastavitve vode in čebulic [14]

Ustrezno opremljene epruvete postavite eno zraven druge, da imate vizualno primerjavo. V naslednjo preglednico vpišete vrsto uporabljene vode

Preglednica 2.1: Opis posameznih oznak vzorcev izbranih vod

## VZOREC

## VRSTA UPORABLJENE VODE

Vzorec vode 1 \_\_\_\_\_

Vzorec vode 2 \_\_\_\_\_

Vzorec vode 3 \_\_\_\_\_

Vzorec vode 4 \_\_\_\_\_

Vzorec vode 5 \_\_\_\_\_

Vzorec vode 6 \_\_\_\_\_

Uporabljenim vodam, ki jih izpostavite pogojem čebulnega testa izmerite pH, oksidacijsko redukcijski potencial, celotni organsko vezan ogljik in kemijsko potrebo po kisiku.

## 2.3 Rezultati

### 2.3.1 Čebulni test

Čebulni test izvedite po točno določenem programu in po končanem času enega tedna izmerite dolžino čebulnih korenin, koreninice tudi preštejte in jih stehtajte. V komentar zapišite tudi vaša opazovanja o rasti korenin in obnašanja čebulic v času izvajanja analize.

PARAMETRI	Vzorec vode 1	Vzorec vode 2	Vzorec vode 3	Vzorec vode 4	Vzorec vode 5	Vzorec vode 6
Število koreninic						
Dolžina koreninic						
Teža koreninic						

**Komentar:**

---



---



---



---



---



---

### 2.3.2 Meritve pH

Uporabljenim vzorcem vode izmerite pH po metodi določanja pH – SIST ISO 10523 na aparatu MA 235 pH/ion Analyzer (Mettler Toledo) [11].

**Rezultati:**

PARAMETRI	Vzorec vode 1	Vzorec vode 2	Vzorec vode 3	Vzorec vode 4	Vzorec vode 5	Vzorec vode 6
pH vrednost uporabljenih vod						

**Komentar:**

---



---

### 2.3.3 Merjenje oksidacijsko redukcijskega potenciala (ORP)

ORP vzorcem vode izmerite na aparatu MA 235 pH/ion Analyzer (Mettler Toledo). Elektrodo za merjenje ORP vstavite v raztopino in ob stalnem mešanju na aparatu odčitajte vrednost v mV.

#### Rezultati:

PARAMETRI	Vzorec vode 1	Vzorec vode 2	Vzorec vode 3	Vzorec vode 4	Vzorec vode 5	Vzorec vode 6
ORP vrednost uporabljenih vod (mV)						

#### Komentar:

### 2.3.4 Celotni organsko vezan ogljik (TOC – total organic carbon)

Merjenje izvedite po metodi SIST ISO 8245 na aparatu DC-190 (Dohrmann) ali s hitrimi testi. Vzorce (pranje, barvanje) po potrebi primerno redčite z destilirano vodo.



**Rezultati:**

PARAMETRI	Vzorec vode 1	Vzorec vode 2	Vzorec vode 3	Vzorec vode 4	Vzorec vode 5	Vzorec vode 6
TOC vrednost uporabljenih vod						

**Komentar:**

---

---

---

---

**2.3.5 Kemijska potreba po kisiku (KPK)**

Za določanje KPK uporabite titracijsko metodo SIST ISO 6060 ali hitre teste. Metoda je primerna za analiziranje vzorcev z maksimalno koncentracijo KPK 900 mg/L. Vzorce (pranje, barvanje) primerno redčite z destilirana vodo.

**Rezultati:**

PARAMETRI	Vzorec vode 1	Vzorec vode 2	Vzorec vode 3	Vzorec vode 4	Vzorec vode 5	Vzorec vode 6
KPK vrednost uporabljenih vod						

**Komentar:**

---

---

---

---





VAJA 3

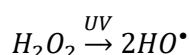
# RAZBARVANJE ODPADNE VODE



### 3.1 Oksidativno razbarvanje s H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV

Razbarvanje z metodo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV (kemijska oksidacija), je zelo obetaven proces razbarvanja, s katerim se izognemo številnim dodatnim problemom, kot je obremenitev odpadne vode z ozonom, nastajanje mulja, regeneracija blata in podobno [15].

UV žarki imajo v tem postopku ključno vlogo, saj aktivirajo vodikov peroksid, pri čemer le-ta absorbira UV žarke ter razpade na hidroksilne radikale, ki oksidirajo organske substance prisotne v odpadnih vodah tekstilne industrije.



Na razbarvanje po oksidacijskem postopku H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV vplivajo koncentracija vodikovega peroksida, moč UV sevanja, pH vrednost in kemijska struktura barvila. Velja, da je razbarvanje najbolj učinkovito, če poteka pri višji moči UV žarnice, pH pri vrednosti od 4 do 6 in pri optimalno določeni koncentraciji peroksida, ki je različna za različne vrste barvil. Če za razbarvanje uporabimo optimalno koncentracijo peroksida se izognemo nevšečnostim, saj se s premalo koncentracijo vodikovega peroksida tvori nezadostna koncentracija hidroksilnih radikalov in razbarvanje ni uspešno, na drugi strani pa previsoka koncentracija vodikovega peroksida lahko absorbira preveč UV žarkov in zmanjša reakcijsko stopnjo.

Za H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> postopek je značilno, da kombinacija UV žarkov in vodikovega peroksida odpadne substance razgradi oksidativno, kar pomeni, da se barvilo razgradi v produkte, ki niso več obarvani.

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV postopek je okolju prijazen postopek, saj uporabimo pri razbarvanju kot edino kemikalijo vodikov peroksid, ki pri razpadu tvori vodo in kisik, zaradi česar njegova prisotnost v naravnih vodah ni oporečna. Primeren je za razbarvanje kisljih, direktin, bazičnih, kovinsko-kompleksnih in reaktivnih barvil, medtem ko so reduktivna in disperzna barvila odporna proti tovrstni degradaciji. Neprimeren pa je tudi za razbarvanje pigmentnih barvil, saj se ustvari okrog UV žarnice film, ki se težko odstrani [16].

## 3.2 Postopek izvedbe

### Naloga:

Pripravite kopel, v katero dodate 0,002 g/L poljubnega reaktivnega barvila in uravnajte vrednost pH na 5 – 6. Postopek razbarvanja izvedite skladno z navodili v preglednici 3.1 in odzemeti ustrezne količine razbarvane kopeli po 10-ih, 20-tih in 30-tih minutah. Odzvetim vzorcem izmerite absorbanco, pH, oksidacijsko redukcijski potencial, celoten organsko vezan ogljik in kemijsko potrebo po kisiku.

### Izvedba:

Postopek H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV poteka na laboratorijski napravi (manjši ali večji). Ustrezno količino vode prenesite v rezervoar in dodajte vodikov peroksid. Za tem nastavite moč UV žarnice, ki ima območje od 400 do 2000 W. UV žarnica ima maksimalno sevanje pri valovni dolžini 254 nm. Po preteku ustreznega časa odzemeti vzorec kopeli in izmerite absorbanco ter izračunajte SAK vrednosti.

**Preglednica 3.1: Pogoji postopka razbarvanja**

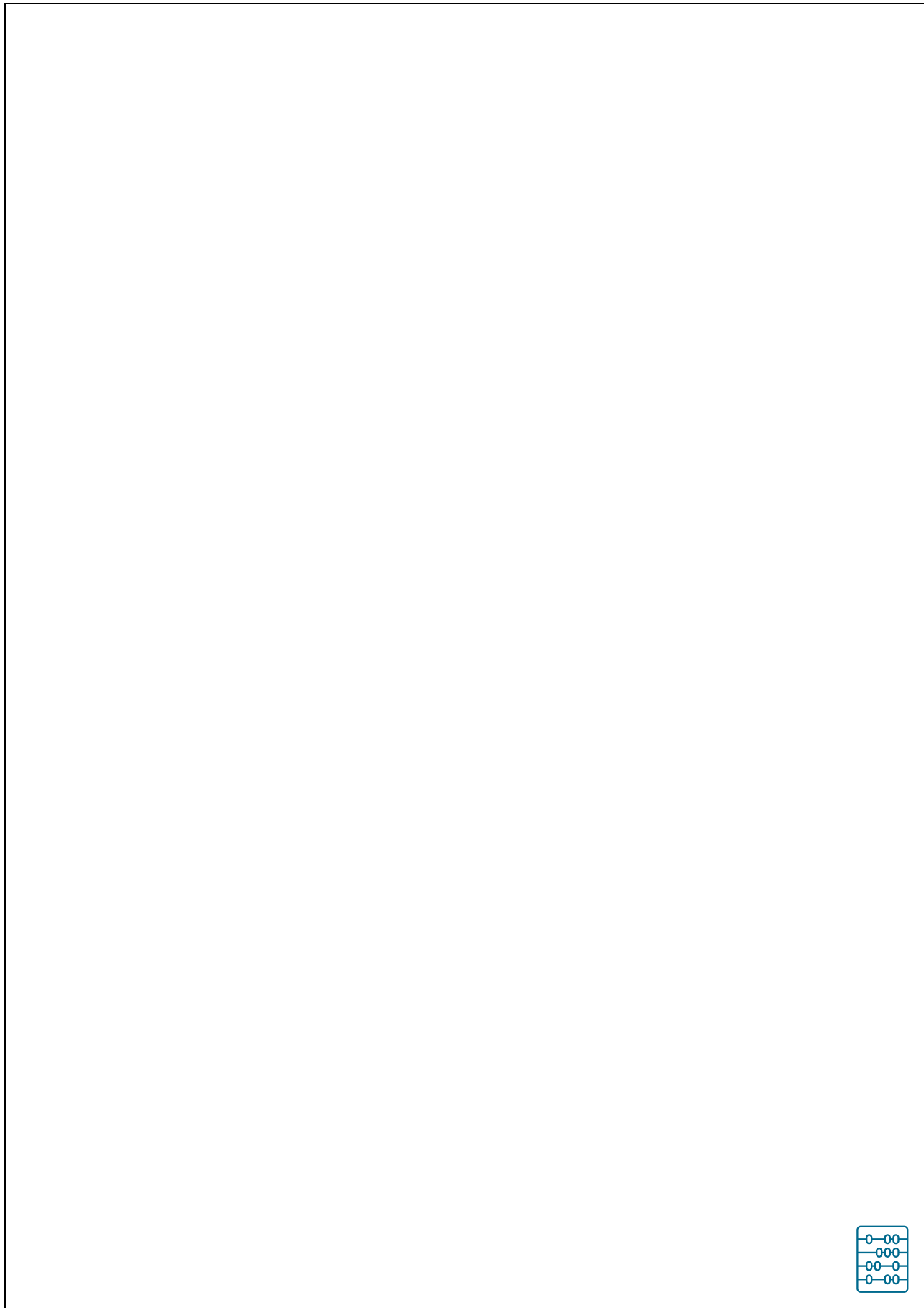
Po barvanju	Moč [W]	Čas [min]	Volumen H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> [mL/L]
<b>Reaktivna barvila</b>	1400	0	
		10	0,7
		20	
		30	

## 3.3 Rezultati

### 3.3.1 Določitve obarvanosti in izračun SAK vrednosti

Obarvanost določite vizualno in fotometrično. Fotometrično vzorcem določite obarvanost na podlagi merjenja absorbance pri določenih valovnih dolžinah (pri 436 nm, pri 525 nm in pri 620 nm). Metodo določa standard SIST EN ISO 7887 in se izvede na aparatu Carry 50 spektrofotometer (Varian). Celoten postopek je opisan pri vaji 1.

**Izračuni:**



**Rezultat:**

PARAMETRI	Izgled	SAK (1/m)		
		436 nm,	525 nm	620 nm
Mejna vrednost				
Osnovna kopel				
Kopel 10 min				
Kopel 20 min				
Kopel 30 min				

**Komentar:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Meritve pH**

pH vzorcem vode izmerite po metodi določanja pH – SIST ISO 10523 na aparatu MA 235 pH/ion Analyzer (Mettler Toledo).



**Rezultati:**

PARAMETRI	Vzorec osnovna kopel	Vzorec kopel 10 min	Vzorec kopel 20 min	Vzorec kopel 30min
pH vrednost uporabljenih vod				

**Komentar:**


---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

**3.3.3 Merjenje oksidacijsko redukcijskega potenciala (ORP)**

ORP vzorcem vode izmerite na aparatu MA 235 pH/ion Analyzer (Mettler Toledo). Elektrodo za merjenje ORP vstavite v raztopino in ob stalnem mešanju na aparatu odčitajte vrednost v mV.

**Rezultati:**

PARAMETRI	Vzorec osnovna kopel	Vzorec kopel 10 min	Vzorec kopel 20 min	Vzorec kopel 30min
ORP vrednost uporabljenih kopeli v [mV]				

**Komentar:**


---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

**3.3.4 Celotni organsko vezan ogljik (TOC – total organic carbon)**

Merjenje izvedite po metodi SIST ISO 8245 na aparatu DC-190 (Dohrmann). Vzorce (pranje, barvanje) po potrebi primerno redčite z destilirano vodo.

**Rezultati:**

PARAMETRI	Vzorec osnovna kopel	Vzorec kopel 10 min	Vzorec kopel 20 min	Vzorec kopel 30min
TOC vrednost uporabljenih kopeli v [mgC/L]				

**Komentar:**


---



---



---

### 3.3.5 Kemijska potreba po kisiku (KPK)

#### *Postopek izvedbe merjenja KPK*

Za določanje KPK uporabite titracijsko metodo SIST ISO 6060. Metoda je primerna za analiziranje vzorcev z maksimalno koncentracijo KPK 900 mg/L.

#### Rezultati:

PARAMETRI	Vzorec osnovna kopel	Vzorec kopel 10 min	Vzorec kopel 20 min	Vzorec kopel 30min
KPK vrednost uporabljenih kopeli v [ $\mu\text{mgO}_2/\text{L}$ ]				

#### Komentar:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Priporočena literatura

- Obal, M., Rozman, S., Jager, R., Kolenc, M., Osojnik, A. Naravni zeoliti v procesih čiščenja odpadnih voda s povečano vsebnostjo ionov kovin. *Kovine, zlitine, tehnologije*, letnik 26, številka 1/2, str. 234-239, 1992. URN:NBN:SI:DOC-D1FBG1V1 from <http://www.dlib.si>
- Ouki, S.K., Cheeseman, C.R., Perry, R. Natural zeolite utilization in pollution control: a review of applications to metal's effluents. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, No. 59, p 121-126, 1994.
- Margeta, K., Zabukovec Logar, N., Šiljeg, M., Farkaš, M. Natural Zeolites in Water Treatment- How Effective is Their Use. *Water Treatment*, 2013. Dosegljivo na spletu: <http://www.intechopen.com/books/water-treatment/natural-zeolites-in-water-treatment-how-effective-is-their-use> [10. 4. 2015]
- Krečič, M.: *Uporaba naravnega zeolita klinoptilota in zeolita 4A za odstranjevanje bakerovih ionov iz vodnih raztopin: magistrsko delo*, Nova Gorica, 2010.
- Dobnik, L.: *Študija adsorpcije ionov svinca in kadmija na biooglje pridobljeno s hidrotermično karbonizacijo biomase : diplomsko delo*, Univerza v Mariboru: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo. Maribor, 2014.
- Roš, M., Zupančič, G., D.: *Čiščenje odpadnih voda*. Visoka šola za varstvo okolja, Velenje, 2010.
- Ziyath, A., M., Parvez, M., Goonetilleke, A., Adebajo, M., O., Kokot, S., Oloyede, A. Influence of Physical and Chemical Parameters on the Treatment of Heavy Metals in Polluted Stormwater Using Zeolite- A Review, *Journal of Water Resource and Protection*, No. 3, p 758-767, 2011.
- SIST EN ISO 105-Z10 (Preskušanje barvne obstojnosti – Del Z10: Ugotavljanje relativne intenzivnosti barv raztopin).
- SIST EN ISO 7887 Kakovost vode – Pregled in določanje barve (ISO 7887:2011)
- SIST ISO 11265 Kakovost tal – Ugotavljanje specifične električne prevodnosti
- SIST EN ISO 10523. Metoda določanja pH raztopine.
- SIST ISO 8245. Metoda določanja TOC.
- SISIT ISO 6060. Metoda določanja KPK.
- Šegula S.: Čebulni test <http://www.bc-naklo.si/index.php?id=1909> 18.3. 2022
- Deng, D.; Lamssali, M.; Aryal, N.; Ofori-Boadu, A.; Jha, M.K.; Samuel, R.E: Textiles wastewater treatment technology: A review. *Water Environ. Res.* 2020, 92, 1805-1810.

- Bilińska, L.; Gmurek, M.; Novel trends in AOPs for textile wastewater treatment. Enhanced dye by-products removal by catalytic and synergistic actions, *Water Resources and Industry* 26, 2021.
- Razboršek I. M.; Kolar, M.; *Analizna kemija II in industrijska analiza*; Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Mariboru, 2016

# EKOLOGIJA PLEMENITILNIH PROCESOV

DARINKA FAKIN, SELESTINA GORGIEVA, ALENKA OJSTRŠEK

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, Slovenija  
darinka.fakin@um.si, selestina.gorgieva@um.si, alenka.ojstrsek@um.si

**Povzetek** Poseben problem odpadkov v tekstilni industriji predstavljajo odpadne tehnološke vode, predvsem tiste, ki nastajajo pri plemenitjenju tekstilij. Te odpadne vode so močno obremenjene, vsebujejo različne kemikalije in tekstilna pomožna sredstva, imajo ekstremne pH-vrednosti in visoke KPK in BPK vrednosti, različne tipe organskih barvil, kar povzroča obarvanost, vsebujejo fosfate, sulfate in ostale soli, tenzide, maščobe in olja ter različne tipe težkih kovin. Tekstilne odpadne vode so zelo heterogene po sestavi, zato je čiščenje takšnih voda kompleksna naloga, za katero ni idealne in v naprej izdelane metode. Glede na proizvodni proces je potrebno izbrati fleksibilno in ekonomsko upravičeno tehnologijo čiščenja. Pri izbiri tehnologije čiščenja odpadnih voda moramo upoštevati njihovo količino in kakovost, ki jo ovrednotimo s specifičnimi in sumarnimi ekološkimi parametri.

**Ključne besede:**  
tekstilna odpadna  
voda,  
plemenjenje,  
čiščenje odpadnih  
vod,  
ekološki parametri,  
procesi

# ECOLOGY OF FINISHING PROCESSES

DARINKA FAKIN, SELESTINA GORGIEVA, ALENKA OJSTRŠEK

University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Maribor, Slovenia  
darinka.fakin@um.si, selestina.gorgieva@um.si, alenka.ojstrsek@um.si

**Abstract** A special problem of waste in the textile industry represents technological wastewaters, especially those generated during textile finishing. These wastewaters are heavily contaminated, contain various chemicals and textile auxiliaries, have extreme pH values and high COD and BOD values, contain various types of organic dyes that cause coloration, phosphates, sulphates and other salts, surfactants, fats and oils and different types of heavy metals. Textile wastewaters are very heterogeneous in composition; therefore, their treatment is very complex, and there are still no ideal and pre-designed method. Depending on the production process, it is necessary to choose a flexible and economically justified treatment technology. Herein, we must take into account wastewater' quantity and quality, which is evaluated by means of basic and specific ecological parameters.

**Keywords:**  
textile wastewater,  
finishing,  
wastewater  
treatment,  
ecological  
parameters,  
processes









Univerza v Mariboru

---

Fakulteta za strojništvo

