

ISBN: 978-99976-764-3-6

ISSN 2637-2274 (Online)

11. Naučno-stručna konferencija  
**Studenti u susret nauci – StES 2018**

**ZBORNIK RADOVA**

**Inženjerstvo i tehnologija**

11<sup>th</sup> scientific conference  
**Students encountering science – StES 2018**

**PROCEEDINGS**

**Engineering and technology**

Banja Luka  
2018.

Izdavač:  
Univerzitet u Banjoj Luci

Za izdavača:  
prof. dr Goran Latinović

Urednici:

Lektor za srpski jezik:  
Aleksandra Savić

Lektor za engleski jezik:  
Milica Guzijan

Štampa:  
Komesgrafika, doo. Banja Luka

Tiraž:  
50

Naučno-programski odbor i recenzenti:

Prof. dr Valentina Golubović Bugarski  
Prof. dr Rada Petrović  
Prof. dr Dragana Grujić  
Prof. dr Ljiljana Vukić  
Doc. dr Goran Vučić  
Prof. dr Pero Dugić  
Mr Darko Bodiroža

## Sadržaj:

Ivana Saradžić, Sanja Prodanović PROIZVODNJA BIOETANOLA OD RIŽE	5
Stefan Vranješ, Duško Zorić ISPITIVANJE EFIKASNOSTI INHIBITORA KOROZIJE NA NERĐAJUĆEM ČELIKU SIMULIRANOJ KOROZIVNOJ SREDINI	15
Miralem Mehanović UTJECAJ ANTROPOMETRIJSKIH PARAMETARA NA PRITISKE PRI SJEDENJU UČENIKA NA ŠKOLSKIM DRVENIM STOLICAMA	26
Slavica Grbić, Sanda Pilipović, Dajana Markuljević, Aleksandra Šinik ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE FOSFATA U PRAŠKASTIM DETERĐENTIMA	35
Maја Михајловић ВИРТУЕЛНА РЕАЛНОСТ И КУЛТУРНО НАСЉЕЂЕ	48
Milica Batar UTICAJ TRETMANA VODONIK-PEROKSIDOM NA PREKIDNU JAČINU HIRURŠKOG KONCA	58



## PROIZVODNJA BIOETANOLA OD RIŽE

Ivana Saradžić, Sanja Prodanović

*Tehnološki fakultet  
Univerzitet u Banjoj Luci  
ivana.saradzic@hotmail.rs*

### Sažetak

Proizvodnja bioetanola od hidrolizata skroba se svake godine povećava. Da bi se bioetanol mogao proizvesti, potrebno je odabrati pogodnu sirovinu i provesti hidrolizu i fermentaciju na adekvatan način. Cilj ovog rada je ispitivanje uticaja tipa procesa (klasični postupak i postupak Simultane saharifikacije i fermentacije – SSF) na dobijanje bioetanola od „glutinous” riže u laboratorijskim uslovima. Poredeći vrijednosti promjene masa i brzine fermentacije između eksperimenata, može se primijetiti da su veće promjene ostvarene u toku klasičnog postupka (izuzetak je uzorak B<sub>1-3</sub>). Nakon predtretmana ultrazvukom, bolji rezultati su dobijeni korištenjem SSF postupka u odnosu na klasični postupak, ali su dobijene vrijednosti niže u odnosu na vrijednosti dobijene pri postupcima bez upotrebe ultrazvuka (B<sub>1-3</sub> i A<sub>1-3</sub>).

***Cljučne riječi:*** riža, hidroliza, fermentacija, bioetanol

### Uvod

Riža (pirinač) (*Oryza sativa*) je jednogodišnja biljka iz porodice trava, porijeklom iz jugoistočne Azije. Osnovni sastojci zrna riže su: ugljeni hidrati (70–85%), voda (13%), bjelancevine (5–10%), masti (1–2,5%). Uz to, bogata je i vitaminima (E, B1, B2 i B6) i mineralnim materijama. Riža sadrži najviše skroba (oko 75%), ali ga je najteže izolovati, jer su zrna jako sitna i slijepljena (Boškov, 1979). Postoji nekoliko hiljada sorti riže koje se međusobno razlikuju po boji, aromi i veličini zrna, a glavna razlika između pojedinih vrsta riže je u veličini zrna, to jest, zrno može

biti dugo, srednje i kratko (FAO, 1999).

„Glutinous” riža (*Oryza sativa* var. *glutinosa*) je vrsta riže koja uglavnom raste u jugoistočnoj i istočnoj Aziji, ima vrlo nizak sadržaj amiloze (<5%) ili je uopšte nema, ali sadrži visoki sadržaj amilopektina i veoma se mnogo sljepljuje prilikom kuvanja (Chung i saradnici, 2011). Zove se „glutinous” zato što nakon kuvanja liči na ljepljivu zbijenu masu, ali ne sadrži gluten. Za proizvodnju bioetanola od riže najčešće se koriste oljuštena zrna riže, uključujući cijela ili lomljena zrna, „glutinous” riža i ljubičasta „glutinous” riža, a u zadnje vrijeme se sve više koristi lignocelulozni otpad nastao preradom riže (slama i ljuska).

Riža se prvo natopi radi hidratacije i omekšavanje granula skroba prije želatinizacije ili se pari kuvanjem, što čini skrob dostupnijim enzimskoj hidrolizi (Snow i Dea, 1981). Nakon toga slijede dvije najbitnije faze u proizvodnji bioetanola: saharifikacija skroba i alkoholna fermentacija (Suresh i saradnici, 1999). Enzimi poznati pod zajedničkim imenom amilaze, koji spadaju u grupu hidrolaza, katalizuju hidrolitičku razgradnju skroba i veoma su široko raspostranjeni u prirodi.

Alkoholna fermentacija se može provesti pomoću slobodnih ili imobilizovanih ćelija mikroorganizama. Imobilizacija predstavlja postupak kojim ćelije mikroorganizama, fizičkim ili hemijskim putem, bivaju pričvršćene za površinu ili smještene unutar strukture određenog nosača, pri čemu ne dolazi do gubitka njihove vijabilnosti i katalitičke aktivnosti (Mojović, 2006). Ca-alginat je najčešće korišćeni nosač za imobilizaciju ćelija. Ovaj nosač ispoljava zadovoljavajuću stabilnost pri dužem korištenju u toku kontinualnih fermentacija, a kvasac imobilisan u alginatu obezbjeđuje visoke prinose etanola (Banat i saradnici, 1998; Kourkoutas i saradnici, 2004).

Najznačajnija svojstva Ca-alginatnih mikročestica su netoksičnost, biokompatibilnost i biodegradabilnost, a mogu se dobiti relativno jednostavnim postupcima inkapsulacije, bez primjene visokih temperatura, toksičnih i reaktivnih agenasa. Vjerovatno najvažniji nedostatak koji se javlja prilikom rada sa imobilizovanim ćelijama je curenje ćelijskog materijala u radni medijum, do koga najvjerovatnije dolazi u toku pojačane proizvodnje gasovitog CO<sub>2</sub> koji formira pukotine unutar polimernog matriksa (Bezbradica i saradnici, 2007). Drugi razlog može biti prisustvo većih koncentracija helatnih agenasa koji oštećuju polimerni matrikst (Tataridis i saradnici, 2005). Ovo curenje se može svesti na minimum formiranjem dvostrukog sloja alginat-hitozan (Liouni i saradnici, 2008).

Jedna od novijih tehnika u procesima pripreme materijala za proizvod-

nju bioetanola je ultrazvuk niske frekvencije od 16–100 kHz (ultrazvuk velike snage). Primjena ultrazvuka kao predtretmana za dobijanje hidrolizata može dovesti do smanjenja veličine zrna skroba u biljnom materijalu i oslobađanja skroba vezanog za lipide (amiloza-lipidni kompleks) usljed akustične kavitacije. Khanal i saradnici (2007) su ispitivali uticaj ultrazvuka kao predtretmana u proizvodnji etanola iz kukuruza i utvrdili su da djelovanjem ultrazvuka dolazi do dezintegracije ćelija, razbijanja ćelijskog zida, stvaranja mikrospora i dobijanja fragmetisanog ćelijskog materijala, kao i do smanjenja veličine zrna skroba i do 20 puta.

S obzirom na to da se primjenom ultrazvuka poboljšava razgradnja skroba i kompletna konverzija skroba do glukoze, ujedno se dobija i hidrolizat koji pokazuje dobre filtracione osobine, odnosno značajno se smanjuje viskozitet suspenzije. Međutim, kako predtretman ultrazvukom zahtijeva i veliku potrošnju energije, potrebno je u što kraćem vremenu sonikacije postići zadovoljavajući stepen razgradnje molekula skroba (Shewale i Pandit, 2009).

Cilj ovog rada je ispitivanje uticaja tipa procesa (klasičnog i SSF) na dobijanje bioetanola od „glutinous” riže u laboratorijskim uslovima.

## **Materijal i metode**

U cilju provođenja procesa proizvodnje bioetanola postavljeno je nekoliko eksperimenata sa oznakama A1-9 , B1-9, C1-3 i D1-3. Za eksperimente je korištena „glutinous” riža (CJ Foods, USA).

Proces proizvodnje bioetanola obavljen je u nekoliko faza:

- dobijanje rižinog brašna (za sve eksperimente);
- hidroliza skroba, filtracija i fermentacija dobijenih hidrolizata;
- analiza bioetanola.

### **Dobijanje rižinog brašna**

Nakon mljevenja riže dobijeno je rižino brašno. Sadržaj proteina u brašnu iznosio je 6.77 %, a sadržaj skroba 82,2%. Mjerenje sadržaja proteina vršeno je metodom po Kjeldahl-u (AOAC, 2000), a sadržaj skroba metodom po Ewers-u (ISO, 1997).

### **Hidroliza skroba, filtracija i fermentacija dobijenih hidrolizata**

U cilju dobijanja rižinih hidrolizata upotrebljeni su komercijalni enzimski preparati termostabilna bakterijska  $\alpha$ -amilaza Termamyl 120L i glukoamilaza Dextrozyme GA (Novozymes, Denmark) u količinama

preporučenim od strane proizvođača. Pripremljena su 2 hidrolizata: A i B.

Priprema hidrolizata A (za klasični postupak odvojene hidrolize i fermentacije)

Rižina suspenzija pripremljena je tako što su rižino brašno i destilovana voda pomiješani u odnosu 1:4. U suspenziju je dodano 60 ppm  $\text{Ca}^{2+}$  u obliku  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , korigovana joj je pH vrijednosti do pH=6 sa 1M HCl i dodan je Termamyl 120L. Nakon dodavanja enzimskog preparata, vršeno je kuvanje suspenzije u autoklavu 15–20 minuta. Poslije završetka kuvanja, skrobna suspenzija je ohlađena do temperature 60–65 °C, korigovana je pH vrijednosti na 4,3 – 4,8, dodan je Dextrozyme GA i vršeno je kuvanje na ovoj temperaturi do ošećerenja skroba. Suva materija izmjerena nakon ošećerenja (mjerena refraktometrom) bila je 19,3%. Dobijeni hidrolizat je ohlađen i podvrgnut cijedenju.

#### **Priprema hidrolizata B (za SSF)**

Rižina suspenzija je pripremljena tako što su rižino brašno i destilovana voda pomiješani u odnosu 1:4. U suspenziju je dodano 60 ppm  $\text{Ca}^{2+}$  u obliku  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , korigovana joj je pH vrijednosti do pH=6 sa 1M HCl i dodan je Termamyl 120L. Nakon dodavanja enzimskog preparata, vršeno je kuvanje suspenzije na temperaturi od 90 do 95 °C oko 1 sat, do postizanja sadržaja suve materije (izmjerene refraktometrom) 18%. Dobijeni hidrolizat je ohlađen i podvrgnut cijedenju.

Metodom cijedenja ili filtracije izvršeno je odvajanje čvrstog dijela (tropa) od tečnog dijela (hidrolizata). Prije dodatka kvasca, hidrolizati su obogaćeni faktorima rasta: 0,4 g/l  $\text{MgSO}_4$ , 2,0 g/l  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  i 4,0 g/l  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  i korigovana je pH vrijednost na 5. Na ovaj način pripremljeni hidrolizati A su sipani u boce za fermentaciju sa vrenjačama, u količini od 150 ml po boci. U hidrolizatima B je prije sipanja u boce podešena pH vrijednost na 5 i dodan je Dextrozyme GA. Ostatak eksperimenta je isti kao i kod hidrolizata A. U svaku bocu je potom dodano po 15 ml, prethodno rehidriranog i aktiviranog kvasca Fermol Accesoies (AEB, Italy) u slobodnom i imobilizovanom obliku, uz testiranje u tri ponavljanja. Boce sa vrenjačama su stavljene u termostat na temperaturu od 30 °C. Fermentacija je praćena 96h, pri čemu je mjerena promjena mase boca sa vrenjačama.

#### **Postupak imobilizacije kvasca**

Za potrebe rada izvršena je imobilizacija kvasca u alginatnom gelu i alginat-hitozanskom gelu po postupku opisanom u radu Duarte i saradnici (2013).



Predtretman ultrazvukom (samo za slobodni kvasac)

Rižina suspenzija pripremljena miješanjem rižinog brašna i destilovane vode u odnosu 1:4, podvrgnuta je dejstvu ultrazvuka u trajanju od 5 minuta na 60°C (Nikolić i saradnici, 2010). Za ultrazvučni predtretman korištena je ultrazvučna kada WUC-A03H (Daihan, Korea). Nakon ovog tretmana obavljen je isti proces hidrolize i fermentacije opisan pod a) i b), s tim da je fermentacija obavljena samo sa slobodnim kvascem.

Nakon završene fermentacije, sadržaj boca, koje predstavljaju isti uzorak, spojen je, analiziran i rezultat je predstavljen kao srednja vrijednost.

## Rezultati i diskusija

Tabela 1. Oznake pripremljenih hidrolizata

Table 1. Labels of prepared hydrolysates

<b>Klasični postupak Standard procedure</b>		<b>Simultana saharifikacija i fermentacija (SSF) Simultaneous saccharification and fermentation (SSF)</b>	
<b>A<sub>1-3</sub></b>	<b>slobodni kvasac free yeast cells</b>	<b>B<sub>1-3</sub></b>	<b>slobodni kvasac free yeast cells</b>
<b>A<sub>4-6</sub></b>	<b>Alginate Alginate</b>	<b>B<sub>4-6</sub></b>	<b>Alginate Alginate</b>
<b>A<sub>7-9</sub></b>	<b>Alginat + hitozan Alginate + chitosan</b>	<b>B<sub>7-9</sub></b>	<b>Alginat + hitozan Alginate + chitosan</b>
<b>D<sub>1-3</sub></b>	<b>Ultrazvuk Ultrasound</b>	<b>C<sub>1-3</sub></b>	<b>Ultrazvuk Ultrasound</b>

Tabela 2. Promjena mase boca (uzorci A)  
 Table 2. The change of bottles mass (samples A)

Vrijeme ferm./uzorak Fermentation time/ sample	0h	24h	96h	$\Delta m$ (g)	$\Delta m_{sr}$ (g) $\Delta m_{av}$ (g)	ferm. (dana) Ferm. (days)	g/dan g/day
A1	592.7	591.84	579.61	13.09	12.85	4	3.213
A2	598.3	596.89	585.2	13.10			
A3	593.95	592.4	581.59	12.36			
A4	613.09	612.31	598.52	14.57	13.81	4	3.425
A5	605.74	605.06	591.82	13.92			
A6	606.03	605.4	593.09	12.94			
A7	601.21	600.51	589.13	12.08	10.93	4	2.73
A8	596.73	596.1	586.72	10.01			
A9	602.56	601.91	591.86	10.70			

Tabela 3. Promjena mase boca (uzorci B)  
 Table 3. The change of bottles mass (samples B)

Vrijeme ferm./ uzorak Fermentation time/ sample	0h	24h	96h	$\Delta m$ (g)	$\Delta m_{sr}$ (g) $\Delta m_{av}$ (g)	Ferm. (dana) Ferm. (days)	g/dan g/day
B1	590.52	587.72	576.75	13.77	13.83	4	3.458
B2	595.58	592.12	581.65	13.93			
B3	592.19	587.6	578.39	13.80			
B4	605.38	602.23	601.6	3.78	3.13	4	0.783
B5	604.28	601.12	600.65	3.63			
B6	594.91	591.82	591.28	3.63			
B7	601.98	600.26	599.58	2.40	2.23	4	0.5575
B8	513.87	511.85	511.34	2.53			
B9	609.11	607.93	607.35	1.76			

Tabela 4. Pomjena mase boca (uzorci C i D)

Table 4. The change ob bottles mass (samples C and D)

Vrijeme ferm./ uzorak Fermentation time/ sample	0h	24h	96h	$\Delta m$ (g)	$\Delta m_{st}$ (g) $\Delta m_{av}$ (g)	Ferm. (dana) Ferm. (days)	g/dan g/day
C1	563.82	563.05	552.75	11.07	11.237	4	2.809
C2	572.04	571.25	560.05	11.99			
C3	554.11	553.43	543.46	10.65			
D1	577.67	577.07	570.19	7.48	7.66	4	1.915
D2	575.23	574.58	567.55	7.68			
D3	573.15	572.29	565.33	7.82			

U tabelama 2–4 prikazana je promjena mase hidrolizata u toku fermentacije. Kada se uporede uzorci A i B, može se primijetiti da su veće promjene mase ostvarene kod uzoraka A. Najveće promjene mase ostvarene su kod uzoraka B1-3 (3,458 g/dan) i A4-6 (3,425 g/dan), dok je najmanja promjena ostvarena kod uzorka B10-12 (0,575 g/dan). Takođe, može se primijetiti da su najmanje promjene masa ostvarene kod uzoraka sa hidrolizatom B u kojima je korišten imobilizovani kvasac, što najvjerovatnije može biti posljedica dugog vremena prilagođavanja ovako pripremljenog kvasca na uslove koji su prisutni u toku SSF postupka. Unutar postupaka A i B primjetno je da su najslabiji rezultati ostvareni sa kvascem imobilizovanim u smjesi alginat-hitozan, što je posebno izraženo kod SSF postupka.

Poredeći rezultate dobijene nakon predtretmana ultrazvukom, možemo primijetiti da su mnogo bolji rezultati dobijeni korištenjem SSF postupka (2,809 g/dan) u odnosu na klasični postupak (1,915 g/dan). Takođe, dobijene vrijednosti su niže u odnosu na vrijednosti dobijene pri postupcima bez upotrebe ultrazvuka (B1-3 i A1-3), što nam ukazuje na to da odabrani režim ultrazvučnog dejstva možda nije bio optimalno podešen. Nikolić i saradnici (2010) su testirali dejstvo različitih temperatura i dužina trajanja ultrazvučnog dejstva na dobijanje bioetanolu iz kukuruza, pri čemu su ustanovili da ultrazvučno dejstvo ima pozitivan uticaj na fermentaciju ali da se moraju tražiti optimalni uslovi, jer su pri različitim varijacijama dobijali i različite rezultate.

## Zaključak

Izbor odgovarajućih enzimskih preparata i uslova za provođenje hidrolize skroba imaju veliki uticaj na dužinu trajanja hidrolize i sastav hidrolizata.

Poredeći dobijene vrijednosti promjene masa i brzine fermentacije između eksperimenata može se primijetiti da su veće promjene ostvarene u toku klasičnog postupka (izuzetak je uzorak B1-3).

Poredeći rezultate dobijene nakon predtretmana ultrazvukom možemo primijetiti da su mnogo bolji rezultati dobijeni korištenjem SSF postupka u odnosu na klasični postupak. Takođe, dobijene vrijednosti su niže u odnosu na vrijednosti dobijene pri postupcima bez upotrebe ultrazvuka (B1-3 i A1-3), što ukazuje na to da odabrani režim ultrazvučnog dejstva nije bio optimalno podešen.

## Literatura

- AOAC Official Method 928.08. (2000). Nitrogen in meat.
- Banat, M., Nigam, P., Singh, D., Marchant, R., & McHale, A. P. (1998). Review: Ethanol production at elevated temperatures and alcohol concentrations: Part I-Yeasts in general, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 14, 809-821. doi.org/10.1023/A:1008802704374.
- Bezbradica, D., Obradović, B., Leskošek-Čukalović, I., Bugarski, B., & Nedović, V. (2007). Immobilization of yeast cells in PVA particles for beer fermentation, *Process Biochemistry*, 42, 1338-1351. doi.org/10.1016/j.procbio.2007.04.009.
- Boškov, Ž. (1979). *Osnovi tehnologije skroba*, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Chung, H.J., Liu, Q., Lee, L., & D. Wei. (2011). Relationship between the structure, physicochemical properties and in vitro digestibility of rice starches with different amylose contents. *Food Hydrocoll*, 25, 968–975. doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.09.011.
- Duarte J.C., Augusto, J., Rodrigues, R., Moran, P. J. S, Valença, G.P., & Nu, J. R. (2013). Effect of immobilized cells in calcium alginate beads in alcoholic fermentation, *AMB Express*, 3:31,3-4. doi.org/10.1186/2191-0855-3 –31.
- FAO AGRICULTURAL SERVICES BULLETIN No. 138. (1999). Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.

- International standard: ISO 10520. (1997). Determination of starch content - Ewers polarimetric method.
- Khanal, S. Montalbo, K. M., van Leeuwen, J., Srinivasan, G., & Grewell, D. (2007). Ultrasound enhanced glucose release from corn in ethanol plants, *Biotechnology and Bioengineering*, 98, 978-985. doi.org/10.1002/bit.21497.
- Kourkoutas, Y., Bekatorou, A., Banat, I. M., Marchant, R., & Koutinas, A. A. (2004). Immobilization technologies and support materials suitable in alcohol beverages production: a review, *Food Microbiology*, 21, 377-397. doi.org/10.1016/j.fm.2003.10.005.
- Liouni, M., Drichoutis, P., & Nerantiz, E.T. (2008). Studies of the mechanical properties and the fermentation behaviour of double-layer alginate-chitosan beads, using *Saccharomyces cerevisiae* entrapped cells. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 24, 281-288. doi.org/10.1007/s11274-007-9467-7.
- Mojović, Lj. (2006). *Biohemijsko inženjerstvo, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.*
- Nikolić, S., Mojović, Lj., Rakin, M., Pejin, D., & Pejin, J. (2010). Ultrasound-assisted production of bioethanol by simultaneous saccharification and fermentation of corn meal, *Food Chemistry*, 122, 216-222. doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.063.
- Shewale, S. D., & Pandit, A. B. (2009). Enzymatic production of glucose from different qualities of grain sorghum and application of ultrasound to enhance the yield, *Carbohydrate Research*, 344, 52-60. doi.org/10.1016/j.carres.2008.10.006.
- Snow, P., & O'Dea, K. (1981). Factors affecting the rate of hydrolysis of starch in food. *Am J Clin Nutr*, 34, 2721-2727. doi.org/ 10.1093/ajcn/34.12.2721.
- Suresh, K., Kiransree, N., & Venkateshwar Rao, L. (1999). Utilization of damaged sorghum and rice grains for ethanol production by simultaneous saccharification and fermentation. *Bioresour. Technol*, 68 (3), 301-304. doi.org/10.1016/S0960-8524(98)00135-7.
- Tataridis, P., Ntagas, P., Voulgaris, I., & Nerantzis, E.T. (2005). Production of sparkling wine with immobilized yeast fermentation. *Electron J.Sci.Technol*. 1, 1-21.

# PRODUCTION OF BIOETHANOL FROM RICE

Ivana Saradžić, Sanja Prodanović

*Faculty of Technology, Banja Luka  
University of Banja Luka  
ivana.saradzic@hotmail.rs*

## Abstract

Production of bioethanol from starch hydrolysates increases every year. In order to produce bioethanol, it is necessary to select a suitable raw material and to perform hydrolysis and fermentation in an adequate manner. The aim of this paper is to examine the influence of the type of process (classical and SSF) on the production of bioethanol from "glutinous" rice in laboratory conditions. Comparing the values of mass change and the rate of fermentation between experiments, it can be noticed that major changes have been made during the classical procedure (the exception is the sample B1-3). After ultrasound pretreatment, better results were obtained using the SSF method compared to the classical procedure, but the values obtained were lower than the values obtained in the procedures without the use of ultrasound (B1-3 and A1-3).

**Key words:** rice, hydrolysis, fermentation, bioethanol

## **ISPITIVANJE EFIKASNOSTI INHIBITORA KOROZIJE NA NERĐAJUĆEM ČELIKU SIMULIRANOJ KOROZIVNOJ SREDINI**

Stefan Vranješ, Duško Zorić

*Tehnološki fakultet  
Univerzitet u Banjoj Luci  
stefan.vranjes1992@gmail.com*

### **Apstrakt**

U ovom radu ispitana je efikasnost tri vrste industrijskih inhibitora korozije na nerđajućem čeliku metodom promjene mase. Sva tri ispitana inhibitora su na bazi fosfata (Inhibitor 1, Inhibitor 2 i Inhibitor 3). Određivanje efikasnosti inhibitora korozije vršeno je uranjanjem korozivnih kupona od čelika u rastvore različitih koncentracija hlorida, kao aktivatora korozije (1%, 2%, 3% i 5%) u vremenu od 72 časa, nakon čega je mjerena promjena mase kupona. Određivanjem negativnih masenih pokazatelja i dubinskih pokazatelja korozije utvrđena je postojanost čelika u simuliranoj korozivnoj sredini. Na osnovu dubinskog pokazatelja korozije čije se vrijednosti nalaze u opsegu od 0,00001 – 0,00595 mm/god, moguće je zaključiti da su čelični kuponi u svim rastvorima hlorida veoma postojani. Odnosno, najveću sposobnost inhibicije korozije u svim ispitanim koncentracijama hlorida pokazuje Inhibitor 2, dok najmanju sposobnost pokazuje Inhibitor 3.

**Ključne riječi:** korozija čelika, korozivni kuponi, inhibitori

## Uvod

Metali se u prirodi rijetko mogu naći u svom elementarnom stanju. Najčešći oblik u kojem se metali u prirodi mogu pronaći je u obliku rude. U rudama su metali vezani za druge elemente, te ih je prije upotrebe potrebno obraditi tehnološkim postupcima, čime se uklanjanju neželjene primjese drugih elemenata (Mondolfo i Zmeskal, 1955, str.12). Zbog svojih dobrih fizičkih i hemijskih karakteristika, metali se upotrebljavaju u mnogim industrijama za izradu mašina i postrojenja u procesu proizvodnje raznih proizvoda. Metali koji su obradom prevedeni iz oblika rude u čistiji oblik, nalaze se u stanju sa višom energijom. Kao takvi, metali teže da reaguju hemijski ili elektrohemijski, ako je prisutan elektrolit, sa supstancama iz svoje okoline, da oslobode energiju i pređu u niže energetske stanje. Ova interakcija između metala i supstanci iz okoline ima za posljedicu narušavanje fizičkih i hemijskih osobina metala i naziva se korozija (Mladenović, 1978, str. 3). Korozija predstavlja fizičko-hemijsko međudjelovanje metala i njegove okoline koje uzrokuje promjene upotrebničkih osobina metala, te može dovesti do oštećenja funkcije metala, okoline ili tehničkog sistema koji čine (EN-ISO 8044:2015(E/F), str.1). Korozija metala se javlja u više oblika, a započinje na njegovoj površini i širi se dalje u dubinu. Brzina kojom će se korozija širiti u metalu zavisi od osobina tog metala. Da bi se usporio proces korozije metala, oni se obrađuju hemijskim postupcima kombinujući ih sa drugim metalima otpornijim na koroziju. Ovim postupcima se dobijaju legure tog metala čiji je osnovni cilj da imaju bolje fizičke ili hemijske osobine od čistog metala. Jedna vrsta legura koja se koristi u mnogim industrijama je nerđajući čelik, koji ima odlične mehaničke osobine i otporniji je na koroziju od čistog željeza, Nerđajući čelik se dobija legiranjem najčešće sa hromom ili niklom, zbog njihovih dobrih osobina da sporo korodiraju. Iako je veoma postojan u korozivnoj sredini, nerđajući čelik je ipak sklon koroziji. Da bi se proces korozije još više usporio koriste se inhibitori korozije. Inhibitori korozije su supstance koje dodane u manjim količinama mogu da zaštite metal u velikoj mjeri. Njihova osnovna uloga je da “koče” anodne odnosno katodne reakcije, zavisno od njihove prirode i tako uspori koroziju metala. Na osnovu toga se mogu podijeliti na anodne, katodne i mješovite inhibitore. Koncentracija anodnih inhibitora je još jedan veoma važan parameter koji ima ogroman značaj na brzinu korozije. Pogrešna koncentracija inhibitora može da ima neželjeno dejstvo na metal i ubrza proces korozije, te treba voditi računa o koncentraciji inhibitora koji se dodaje da bi se usporio proces korozije.



## Materijali i metode

Materijal na kojem se ispitivala brzine korozije u ovom radu su kuponi izrađeni od nerđajućeg čelika EN 1.4301 (Slika 1). U radu su korištena tri komercijalno dostupna inhibitora korozije na bazi fosfata (Inhibitor 1, Inhibitor 2 i Inhibitor 3). Hemijski sastav korozionih inhibitora koji su navedeni u njihovim pripadajućim bezbjednosno-tehničkim listovima prikazani su u sledećim tabelama:

Tabela 1. Hemijski sastav inhibitora 1

Naziv jedinjenja	%
cink hlorid	5-10
sumporna kiselina (96-98 %)	5-10
2 –fosfonobutan-1,2,4 –trikarboksilna kiselina	1-5
1-hidroksietilidin 1,1 difosforna kiselina	1-5

Tabela 2. Hemijski sastav inhibitora 2

Naziv jedinjenja	%
cink hlorid	10-15
Hlorovodonična kiselina	1-10
2 –fosfonobutan-1,2,4 –trikarboksilna kiselina	10-15
Benzotriazol	< 3

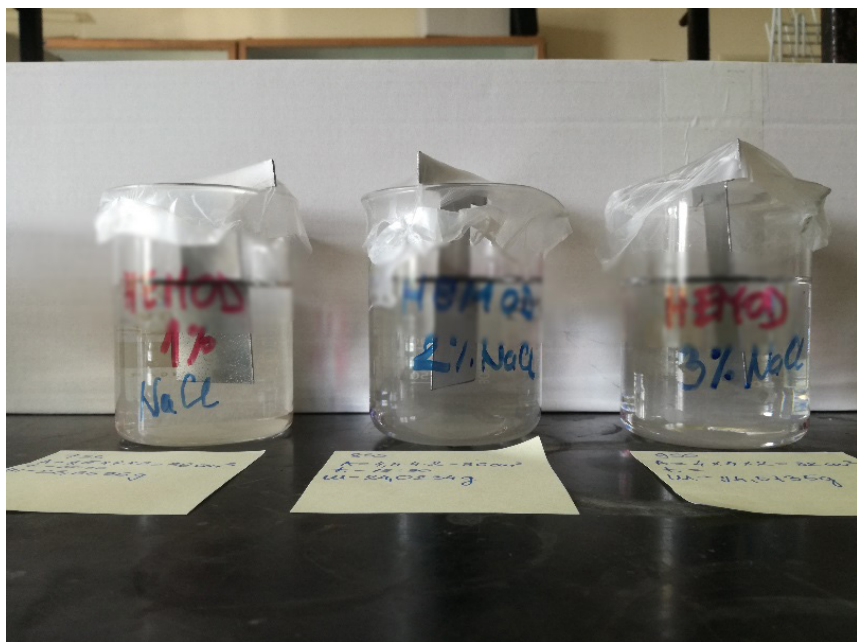
Tabela 3. Hemijski sastav inhibitora 3

Naziv jedinjenja	%
natrijum hidroksid	10-15
2 –fosfonobutan-1,2,4 –trikarboksilna kiselina	20-25



Slika 1. – Izgled kupona od nerđajućeg čelika EN-1.4301

Efikasnost navedenih inhibitora korozije određivala se metodom gubitka mase u simuliranoj korozivnoj sredini (vodeni rastvor NaCl) različitih koncentracija hloriga (1,2,3 i 5%), kao aktivatora korozije. pH vrijednost simulirane korozivne sredine kretala se u intervalu 8,8 – 9,2. Podešavanje pH vrijednosti je vršeno sa 5 %-tnim rastvorom  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Kako u toku eksperimenta ne bi došlo do izdvajanja amonijaka, čaše u kojima su vršeni eksperimenti su bile zatvorene sa parafilmom. Vrijeme izlaganja korozivnih kupona u simuliranoj korozivnoj sredini je 72h ( Slika 2).



Slika 2. – Proces izlaganja korozivnih kupona simuliranoj korozivnoj sredini

Metoda gubitka mase zasnovana je na mjerenju mase korozionog kupona prije i nakon izlaganja kupona u simuliranoj korozivnoj sredini. Na osnovu metode mjerenja gubitka mase, brzinu korozije je moguće predstaviti preko negativnog masenog pokazatelja i dubinskog pokazatelja korozije. Negativni maseni pokazatelj korozije prikazuje gubitak mase materijala na jedinici površine u toku vremena izlaganja korozivnoj sredini (Pavlović i saradnici, 2013, str. 12)

$$K_m^- = \frac{m_0 - m_1}{S_0 \cdot \tau} \text{ (g/m}^2\text{h)}$$

$m_0$  – masa korozionog kupona prije korozije (g),

$m_1$  – masa uzorka poslije korozije, po uklanjanju produkata korozije (g),

$S_0$  – površina uzorka ( $m^2$ )

$\tau$  – vrijeme izlaganja korozivnoj sredini (h)

Na osnovu negativnog masenog pokazatelja korozije moguće je izračunati dubinski pokazatelj korozije koji predstavlja linearno smanjenje

debljine metala u jedinici vremena i služi za izračunavanje brzine korozije. Na osnovu vrijednosti za dubinski pokazatelj korozije, moguće je zaključiti da li je neki materijal postojan u korozivnoj sredini kao i da li je upotrebljiv nakon određenog vremena provedenog u njoj ( Pavlović i saradnici, 2013, str.13) (Tabela 4).

$$\pi = \frac{K_m \cdot 8,76}{d_{Me}} \quad (\text{mm/god})$$

$\pi$  – debljina (dužina) kanala koji nastaje usljed korozije (mm/god),

$K_m$  – negativni maseni pokazatelj korozije (g/m<sup>2</sup>h) i

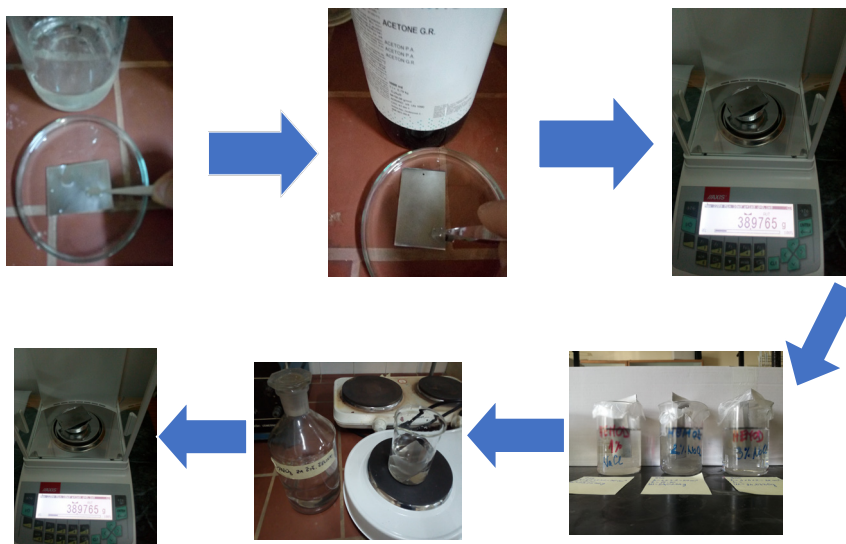
$d_{Me}$  – gustina metala.

8.7 – konstanta

Tabela 4. – Postojanost materijala na osnovu vrijednosti dubinskog pokazatelja korozije

Postojanost materijala	Upotrebljivost materijala	$\pi$ (mm/god)
potpuno postojan	vrlo upotrebljiv	< 0,001
vrlo postojan	uglavnom upotrebljiv	0,001-0,01
Postojan	obično upotrebljiv	0,01-0,1
smanjeno postojan	ponekad upotrebljiv	0,1-1
slabo postojan	rijetko upotrebljiv	1-10
Nepostojan	neupotrebljiv	>10

Korozione kupone prije izlaganja korozivnoj sredini potrebno je očistiti i odmastiti od neželjenih nečistoća fizičkim i hemijskim metodama. Kuponi se prvo čiste mehaničkim postupcima, i peru deterdžentom, a zatim se hemijski čiste u vodenom rastvoru HCl (1:1), te odmaste u acetonu. Između svakog koraka je potrebno kupone isprati destilovanom vodom. Kupone je poslije čišćenja potrebno osušiti do konstantne mase i izvagati.

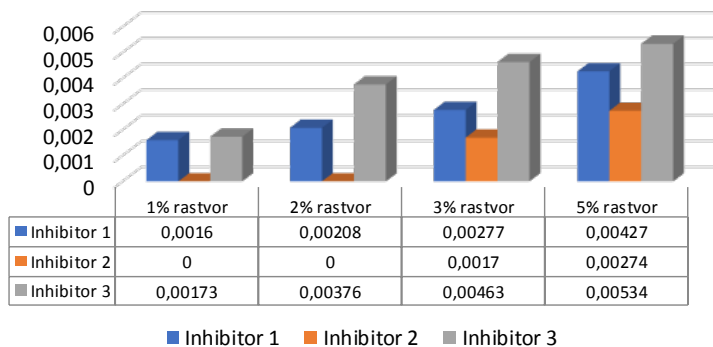


Slika 3. – Postupak čišćenja kupona prije i nakon izlaganja korozivnoj sredini

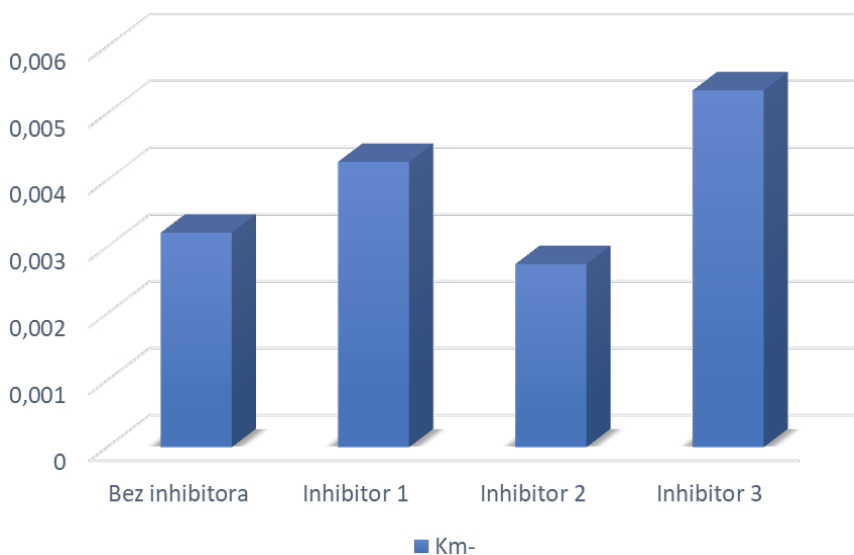
Nakon izlaganja korozivnoj sredini, kupone je potrebno očistiti od produkata korozije (Slika 3). Metoda čišćenja kupona od nerđajućeg čelika opisana je u standardu (ASTM G1 – 90(1999)e1, str.5). Kupon od nerđajućeg čelika se uroni u vodeni rastvor 2M HNO<sub>3</sub> koji je prethodno zagrijan na 60 °C i ostavi narednih 20–30 minuta, uz povremeno zagrijavanje do 60 °C.

### Rezultati i diskusija

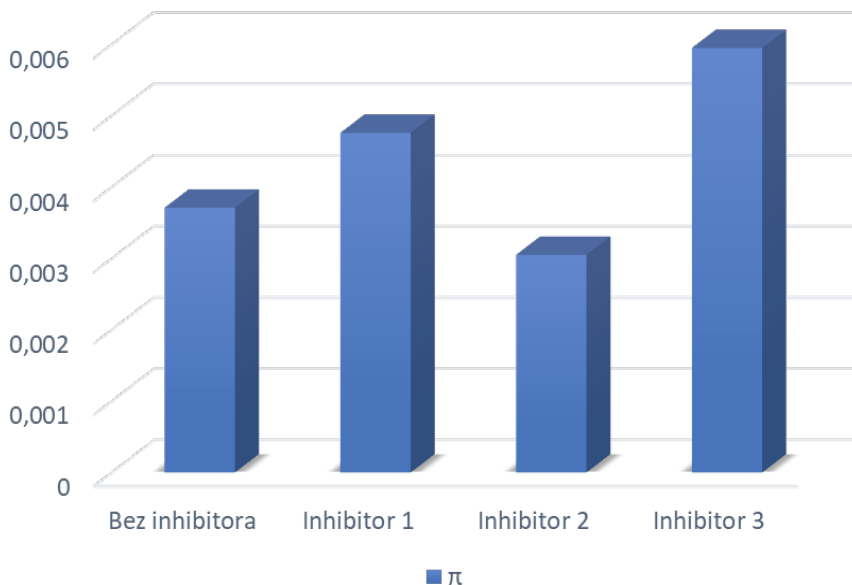
Na sledećim graficima su predstavljeni negativni maseni i dubinski pokazatelji korozije za sva tri inhibitora u različitim koncentracijama hlorida nakon 72 časa.



Slika 4. - Grafički prikaz negativnog masenog pokazatelja korozije sva tri inhibitora u rastvorima različiti koncentracija hlorida



Slika 5. – Grafički prikaz negativnog masenog pokazatelja korozije za 5%-tni rastvor hlorida sva tri inhibitora i rastvora bez inhibitora



Slika 7. – Grafički prikaz dubinskog pokazatelja korozije za 5%-tni rastvor hlorida sa tri inhibitora i rastvora bez inhibitora

Kod svih rastvora hlorida sa inhibitorima, povećanjem koncentracije hlorida u simuliranoj korozivnoj sredini oba pokazatelja brzine korozije se povećavaju. Inhibitor 2 pokazuje najveću, a inhibitor 3 najmanju efikasnost inhibicije korozije u svim rastvorima hlorida. Dodavanjem inhibitora 2 u 5%-tni rastvor hlorida, brzina korozije se smanjila za 0,00066 mm/god u odnosu na 5%-tni rastvor bez inhibitora, dok se sa dodatkom inhibitora 1 i 3, brzina korozije povećala za 0,00105 mm/god i 0,00224 mm/god.

### Zaključak

Svi kuponi izrađeni od nerđajućeg čelika koji su ispitani u ovom radu su veoma postojani u svim rastvorima hlorida korištenim u eksperimentu. Najveću sposobnost inhibicije korozije u svim ispitanim koncentracijama hlorida pokazuje Inhibitor 2, dok najmanju sposobnost pokazuje Inhibitor 3. Inhibitori 1 i 3 imaju negativno djelovanje na kupone korištene u eksperimentu jer povećavaju brzinu korozije u odnosu na rastvor hlorida bez inhibitora.

## Literatura

- ASTM G1-90(1999)e1: Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- BWT France (2016): Safety data sheet Inhibitor II, Saint Deins Cedex.
- EN-ISO 8044:2015(E/F): Corrosion of metals and alloys – Basic terms and definitions.
- Kurita Europe GmbH (2013): Safety Data Sheet Inhibitor I, Viersen.
- Mladenović S. (1978): Korozija materijala. Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Beograd.
- Mondolfo L.F., Zmeskal O. (1955): Engineering metalurgy. McGraw-Hill Book Company, Inc. SAD.
- Patenting d.o.o. Beograd (2013): Bezbedonosni list Inhibitor III, Beograd.
- Pavlović M., Tomić M., Malinović B. (2013): Zbirka zadataka iz korozije i zaštite. Tehnološki fakultet Zvornik Univerziteta u Istočnom Sarajevu. Zvornik.



# EXAMINATION EFFICIENCY OF CORROSION INHIBITORS ON STAINLESS STEEL IN SIMULATED CORROSIVE ENVIRONMENT

Stefan Vranješ, Duško Zorić

*Faculty of Technology  
University of Banja Luka  
stefan.vranjes1992@gmail.com*

## Abstract

In this paper was investigated the efficiency of three types of the industrial corrosion inhibitors on stainless steel by mass loss method. All inhibitors are on the base of phosphates (Inhibitor 1, Inhibitor 2, Inhibitor 3). Determination of efficiency for these corrosion inhibitors was made by immersion corrosion coupons of stainless steel in chloride solution various concentration, as corrosion activator (1%, 2%, 3%, 5%) for 72 hours, after which was measured mass loss of stainless steel coupons. After calculation of corrosion rate, it was determined stability of stainless steel coupons in simulated corrosion medium. Based on corrosion rate values, which are in range of 0,00001 – 0,00595 mm/year, it can be conclude that stainless steel is very stable in all examined chloride solutions. Highest ability in inhibition of corrosion in all chloride solutions that were examined shows Inhibitor 2, and the lowest ability shows Inhibitor 3.

**Key words:** stainless steel corrosion, corrosion coupons, inhibitors

## UTJECAJ ANTROPOMETRIJSKIH PARAMETARA NA PRITISKE PRI SJEDENJU UČENIKA NA ŠKOLSKIM DRVENIM STOLICAMA

Miralem Mehanović

*Tehnički fakultet Bihać  
Univerzitet u Bihaću  
mmiralem@bih.net.ba*

### Apstrakt

U savremeni obrazovni sistem ugrađene su dinamičke promjene i zahtjevi za prilagođavanjem kako učenika i nastavnika, tako i pratećih elemenata okruženja samom školskom sistemu. Osnovne i srednje škole nisu opremljene odgovarajućim radnim namještajem, pa učenici ne sjede udobno i trpe velika opterećenja na kralježnicu zbog nepravilnog položaja sjedenja. Unutrašnji pritisak na intervertebralne diskove između kralježaka L4 i L5 u lumbalnoj regiji kralježnice značajno se povećava u neodgovarajućem sjedećem položaju i u direktnoj je funkciji antropometrijskih karakteristika učenika, njihove visine i tjelesne mase. Razmatrat ćemo tri slučaja koji se mogu uzeti kao predstavnici školske populacije, jednog učenika normalne tjelesne mase i visine (75 kg, 175 cm), pretilog učenika (95 kg, 180 cm) i učenika sa problemom neuhranjenosti (55 kg, 170 cm), a prilikom softverskog modeliranja ispitanik će zauzimati pet položaja zakretanjem drvenog sjedišta stolice od 0° do maksimalno 15°.

Ključne riječi: biomehanika, školski namještaj, ergonomija, antropometrijske veličine, zdravlje učenika

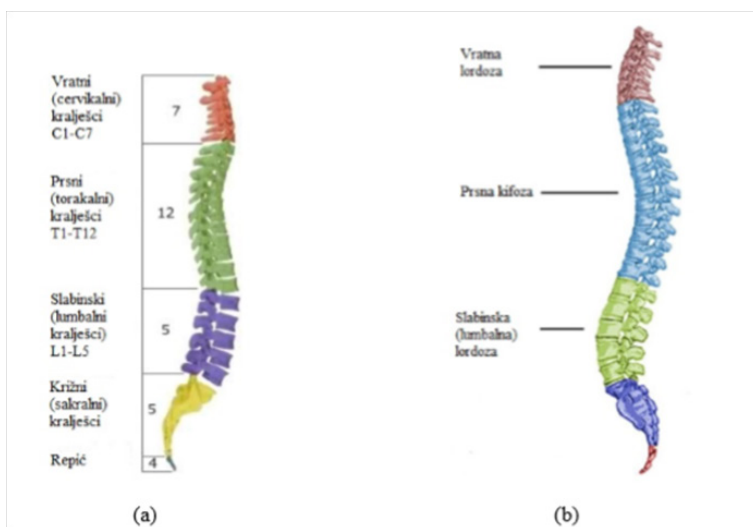
### UVOD

Oblikovanje i konstruisanje školskog radnog namještaja je složen zadatak jer treba sagledati sve uvjete školskog radnog okruženja u kojem učenik provodi najviše svog vremena. Tokom rasta i redovnog školovanja učenik provede minimalno dvanaest godina pri školovanju u odgojno-obrazovnim ustanovama. Kako se nastava iz predmeta „Tjelesni i zdravstveni odgoj“ odvija u prosjeku dva puta sedmično po jedan školski čas, znači da učenici

najviše vremena provode sjedeći na školskim stolicama u razredu. Imajući u vidu činjenicu da u rasponu od 6 do 18 godina dolazi do značajnog tjelesnog razvoja, možemo zaključiti da školski namještaj igra veliku ulogu u pravilnom tjelesnom razvoju učenika. Najvažnija za istraživanje je svakako školska radna stolica s kojom učenici imaju najviše kontakta pri sjedenju zbog pritiska koji se javljaju u lumbalnoj regiji kralježnice i to na L4/L5. Nakon mnogih istraživanja o pravilnom načinu sjedenja, došlo se do zaključka da ni jedan položaj sjedenja učenika na školskoj radnoj stolici nije pravilan ukoliko se dugo zadržava (Domljan D.; Grbac I.; Bogner A., 2004., str. 78). Prilikom sjedenja učenika, njegova ukupna tjelesna masa se oslanja na površinu cca 26 cm<sup>2</sup>. karličnih kostiju, zbog čega se javljaju relativno visoki pritisci u toj zoni pa nam dobro kontruisano i dizajnirano sjedište stolice treba omogućiti promjenu položaja pri sjedenju kod osjećaja zamora (Lapaine B., 1998., str. 54). Zbog toga se uvodi pojam dinamičko sjedenje koje prepoznaje stil sjedenja u kojem je aktivno više skupina mišića naizmjenično.

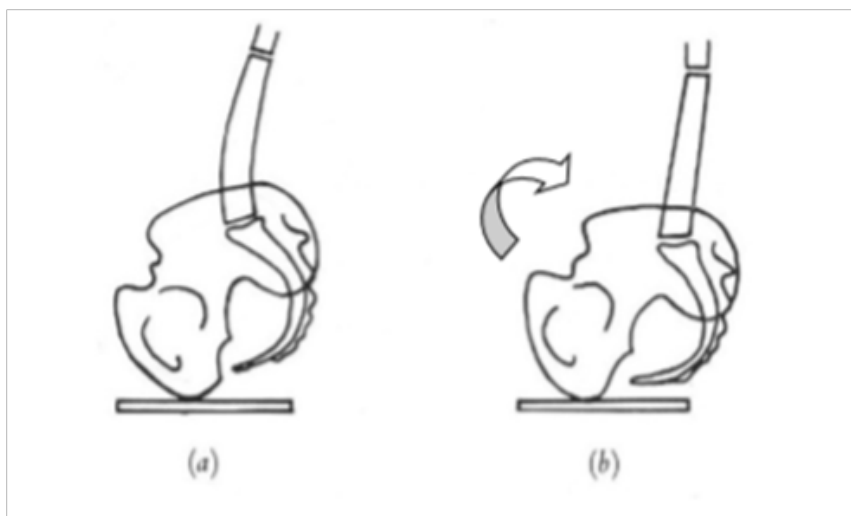
## MATERIJAL I METODE

Da bi se moglo pravilno pristupiti oblikovanju školske radne drvene stolice radi smanjenja pritiska u lumbalnoj regiji kralježnice, potrebno je razumjeti anatomiju kralježnice [Slika 1.] i biomehaniku sjedenja [Anatomija kralježnice, [www.poliklinika-mester.hr/anatomija-kraljeznice-2,](http://www.poliklinika-mester.hr/anatomija-kraljeznice-2)



Slika 1. Dijelovi kralježnice [1]

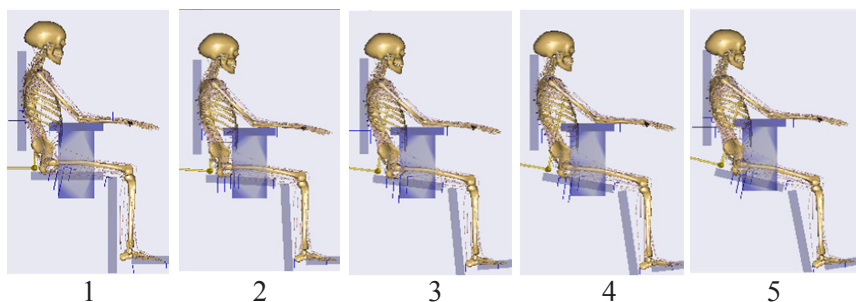
Lumbalni kralješci sastoje se od pet kralježaka i nose oznaku L, a između njih se nalaze intervertebralni diskovi a najopterećeniji su u segmentu L4/L5 koji se nalaze na samom dnu kralježnice iznad zdjelice. Centralni dio zdjelice zove se sakrum (lat. Sacrum), a to je ustvari dio kralježnice sastavljen od nekoliko kralježaka spojenih u jedinstvenu kost. Ovi diskovi imaju ulogu čvrstih jastuka koji amortizuju udarce, ali omogućuju i određenu pokretljivost između kralježaka. Ovisno o obliku stolice i njenom sjedištu i tjelesnom stavu učenika, dio težine tijela prenosi se na radnu podlogu, naslon za leđa i rukonaslone stolice. Kako je sakrum čvrsto vezan za zdjelicu, rotacija zdjelice mijenja ugao između gornje površine sakruma i horizontale, a tako se onda mijenja i oblik lumbalne kralježnice [Slika 2.]. Rotacija zdjelice prema naprijed izaziva povećanje konkavnosti kralježnice, a rotacija zdjelice unatrag izaziva izravnavanje lumbalne kralježnice i moguću konveksnost. Kod sjedenja, zdjelica rotira unatrag te dolazi do izravnavanja lumbalne kralježnice [Andersson, G.B.J.; Corlett, N.; Wilson, J.; Manenica, I.; Taylor & Francis, 1986., str. 309–318].



Slika 2. Izravnavanje kralježnice iz stojećeg stava (a) u sjedeći stav (b) [2]

Softverski paket koji se koristi u dobivanju proračuna opterećenja segmenata i modeliranju položaja sjedenja je AnyBody Modeling. U fokusu analize je sjedenje ispitanika na školskoj drvenoj stolici. Dosađajna klasična slika tog školskog namještaja je da je stolica konstruisana od drveta bez posebno prilagođene površine za posebne regije tijela, a

nasloni za leđa su pod uglom od  $90^\circ$  ili nešto iznad  $90^\circ$  do  $95^\circ$ . Ispitanik – subjekt je postavljen u sjedeći položaj, glutalna regija i leđa su oslonjeni na sjedište, odnosno na naslon stolice, a noge su oslonjene na pod kad se ruke nalaze na školskoj klupi [Mehanović M., 2011. str. 149.]. Oslonac za glavu nije uzet u razmatranje, a umjesto karakterističnog oslonca za ruke – rukonaslona koristit će se radna površina školske klupe. Gornji dio tijela je uspravan i ravan, ugao koji karlica zaklapa sa vertikalnom ravni je  $0,05^\circ$ , butne kosti su u horizontalnom položaju, a stopala su ravno oslonjena na pod. Razmatrat ćemo pet položaja kod pomjeranja drvenog sjedišta stolice [Mehanović M., 2011. str. 151], a tretirat ćemo tri slučaja koji se mogu uzeti kao predstavnici školske populacije i to subjekte normalne tjelesne mase i visine (75 kg, 175 cm) [Tabela 2.], pretilog subjekta (95 kg, 180 cm) [Tabela 3.] i predstavnike populacije sa problemom neuhranjenosti (55 kg, visine 170 cm) [Tabela 1.]. Kako u ovom dijelu tražimo opterećenja koja vladaju u tijelu ispitanika u zavisnosti od njegovih antropometrijskih karakteristika i od položaja sjedenja, obratit ćemo pozornost samo na mišićno-koštani model ispitanika [Slika 3.].



Slika 3. Shematski prikaz položaja (1-5) sa promjenom nagiba sjedišta stolice [5]

Glavni determinirajući faktor u položaju sjedenja ispitanika je svakako opterećenost na kralješke na L4/L5 u lumbalnoj regiji. Na ovim segmentima javljaju se pojedinačne sile i momenti kao rezultat različitog položaja tijela i različitih antropometrijskih karakteristika ispitanika [Mehanović M., 2011. str. 155,156.]. Najznačajnije opterećenje je od strane proximo-distal sile, a anteroposterior sila relativno malo ima utjecaja na cjelokupno opterećenje L4/L5, dok mediolateral silu gotovo u potpunosti možemo zanemariti jer ona tokom cijele simulacije ima vrijednosti izrazito blizu nule. Proksimodistal sila djeluje od centra prema najudaljenijim krajevima i završecima segmenata. Utjecaj antropometrijskih parametara (tjelesne

Tabela 1. Tabela pregled djelovanja sila na L4 i L5 kod neuhranjenog subjekta-ispitanika u zavisnosti od položaja sjedenja (1–5) [5]

		Položaji sjedenja učenika				
		1	2	3	4	5
moment	visina masa	Anteroposterior				
		[N]				
8 [Nm]	170 [cm] 55 [kg]	21.8	21.4	21.4	21.4	21.4
		Pritisak na L4L5				
		MedioLateral [N]				
		0.0005	0.0003	0.0002	0.0001	0.0003
		ProximoDistal [N]				
		207.4	210.3	214.7	214.7	207.4

Tabela 2. Tabela pregled djelovanja sila na L4 i L5 kod normalnog subjekta-ispitanika u zavisnosti od položaja sjedenja (1–5) [5]

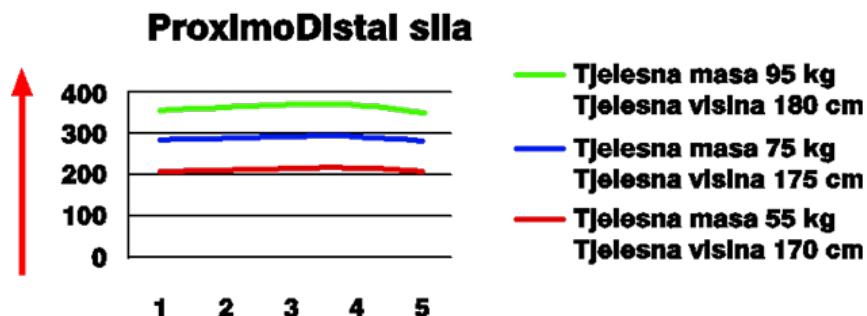
		Položaji sjedenja učenika				
		1	2	3	4	5
moment	visina masa	Anteroposterior				
		[N]				
10 [Nm]	175 [cm] 75 [kg]	30.4	29.8	29.9	29.8	29.8
		Pritisak na L4L5				
		MedioLateral [N]				
		0.0007	0.0005	0.0003	0.0003	0.0003
		ProximoDistal [N]				
		283	287	293	293	283

mase i tjelesne visine) ispitanika pri sjedenju prikazan je kroz intenzitet tri vrste opterećenja na segmente L4/L5, što je dato u sljedećim tabelama.

Tabela 3. Tabela pregled djelovanja sile na L4 i L5 kod pretilog subjekta-ispitanika u zavisnosti od položaja sjedenja (1–5) [5]

moment	visina	Masa	Pritisak na L4L5	Položaji sjedenja učenika				
				1	2	3	4	5
12 [Nm]	180 [cm]	95 [kg]	Anteroposterior [N]	35.0	34.3	34.4	34.3	34.3
			MedioLateral [N]	- 0.0009	- 0.0007	- 0.0005	- 0.0003	- 0.0005
			ProximoDistal [N]	358.6	363.7	371.3	371.3	358.6

Na grafikonu 1. prikazana je promjena intenziteta proksimodistal sile u odnosu na promjenu antropometrijskih parametara ispitanika i njihovog položaja sjedenja. Na ordinati je prikazana proksimodistal sila izražena u [N], dok se na apcisi nalaze definisani položaji tijela ispitanika (1–5).



Grafikon 1. Zavisnost intenziteta proximodistal sile u odnosu na tjelesnu masu i visinu korisnika kao i položaj sjedenja [Mehanović M., 2011. str. 157.]

## REZULTATI I DISKUSIJA

Školski radni namještaj, a pogotovo školska drvena stolica, nije usklađen sa antropometrijskim karakteristikama današnjih generacija učenika osnovnih i srednjih škola, što bitno povećava opterećenost lumbalne regije kralježnice učenika i dovodi do narušavanja zdravlja učenika kroz oboljenja kralježnice. Školska drvena stolica treba da obezbijedi rasterećenost tijela u pogledu napona mišićne mase i u pogledu opterećenja na lumbalnim segmentima L4/L5. Kao posljedica rasterećenja tijela učenika očekivano će biti povećanje koncentracije učenika tokom nastavnih aktivnosti. Učenik gotovo dvije trećine svog dnevnog aktivnog vremena provede u sjedenju tako da je neophodno uraditi sve da bi mu olakšali sticanje novih znanja i iskustava. Ono što je evidentno iz trenutnog stanja je da na gotovo svim školskim drvenim stolicama nedostaju promjene u funkciji ergonomske okruženja, a sprovedena analiza upućuje na blisku vezu između opterećenja tijela i ugla položaja nogu.



## ZAKLJUČAK

1. Analiziranjem biomehanike sjedenja utvrđeni su najbitniji faktori za izbor optimalnog položaja tijela prilikom sjedenja

2. Prikazani su rezultati ispitivanja – simulacije koji pokazuju utjecaj antropometrijskih karakteristika na sile opterećenja u lumbalnoj regiji kralježnice L4/L5 i nužnost primjene dinamičkog sjedenja

3. Oblikovno-konstruktivna rješenja školske radne drvene stolice nisu u skladu sa suvremenim potrebama nastavnog procesa

4. Uvesti sistemsku obavezu primjene školskih drvenih stolica u tri visinske klase koje će biti u funkciji različitih antropometrijskih karakteristika učenika

5. Naslon školske drvene stolice bi trebao pratiti dinamiku kretanja leđa korisnika

6. Školska drvena stolica treba imati potporu za lumbalni dio kralježnice

## LITERATURA

- [1] Anatomija kralježnice, [www.poliklinika-mester.hr/anatomija-kraljeznice-2](http://www.poliklinika-mester.hr/anatomija-kraljeznice-2), (18.6.2014.)
- [2] Andersson, G.B.J.: Loads on the Spine during Sitting. u: Corlett, N., Wilson, J., Manenica, I. (ed.), *The Ergonomics of Working Postures*. Taylor & Francis, London, 1986, str. 309–318.
- [3] Domljan, D. ; Grbac, I.; Bogner, A. 2004: Uloga dizajna u procesu razvoja školskog namještaja. *Drvena industrija* 55(2) str. 78.
- [4] Lapaine, B. 1998. : Stolica kao rješenje problema sjedenja, Sveučilište u Zagrebu, Arhitektonski fakultet, Studij dizajna, Zagreb, str. 54.
- [5] Mehanović, M., 2011.: Utjecaj antropometrijskih parametara u konačnom oblikovanju namještaja, Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet, Sarajevo, magistarski rad, str. 149, 151, 155, 156, 157.

# THE IMPACT OF ANTHROPOMETRIC PARAMETERS ON THE SPINAL LOAD DUE TO IMPROPER SITTING OF THE STUDENTS ON SCHOOL CHAIRS MADE OF WOOD

Miralem Mehanović

*Technical Faculty Bihać  
University in Bihać  
mmiralem@bih.net.ba*

## Abstract

The modern education system incorporates dynamic changes and requirements for adapting both students and teachers, as well as accompanying environment elements to the school system itself. Primary and secondary schools are not equipped with adequate work furniture, so students do not sit comfortably and suffer from large spinal load due to improper sitting. The internal pressure on the intervertebral discs between the vertebrae L4 and L5 in the skull region of the spine is significantly increasing in an inappropriate sitting position and is directly in function of anthropometric characteristics of the student, his height and body mass. We will consider three cases that can be taken as representatives of the school population, a student with a normal body mass and height (75 kg, 175 cm), an obese one (95 kg, 180 cm) and a student with a malnutrition problem (55 kg, 170 cm). During software modeling the data subject will occupy five positions by rotating the wood chair seat from  $0^\circ$  up to a maximum of  $15^\circ$ .

**Key words:** biomechanics, school furniture, ergonomics, anthropometric sizes, student health

## ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE FOSFATA U PRAŠKASTIM DETERDŽENTIMA

Slavica Grbić, Sanda Pilipović, Dajana Markuljević,  
Aleksandra Šinik

*Tehnološki fakultet  
Univerzitet u Banjoj Luci  
grbic.slavica93@gmail.com, sandapilipovic@yahoo.com*

### Apstrakt

U mnogim pogledima fosfati koji su sastavni dio praškastih deterdženata mogu imati štetan uticaj na životnu sredinu, a samim tim i na ljude. Njihovo prisustvo u površinskim vodama dovodi do bujanja algi i na taj način ugrožava opstanak flore i faune u njima, a putem neraskidive veze biljnog i životinjskog svijeta sa čovjekom, fosfati vrše indirektan uticaj na ljude. Nije zanemarljiv ni direktan uticaj jer fosfati mogu da izazovu dijareju, mučninu i brojne iritacije na koži. Zbog navedenog je u Republici Srpskoj maksimalna dopuštena koncentracija fosfata u praškastim deterdžentima, prema zakonskom aktu koji je stupio na snagu 2015. godine 0,5 g po preporučnoj dozi. U ovom radu je vršeno određivanje sadržaja fosfata u četiri uzorka praškastih deterdženata koji se nalaze na tržištu Republike Srpske. Koncentracija fosfata određena je vanado-molibdatnom metodom. Rezultati su pokazali da koncentracija fosfata u pojedinih praškastim deterdžentima prelazi dozvoljene vrijednosti definisane Pravilnikom.

**Ključne riječi:** deterdženti, fosfati, vanado-molibdatna metoda

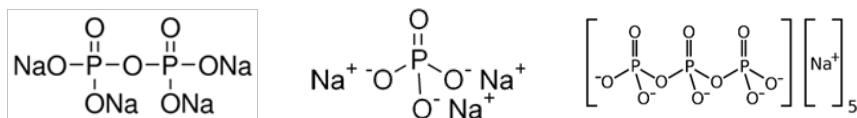
## UVOD

Sredstva za pranje na bazi sintetskih površinski aktivnih supstanci poznata su danas na tržištu pod nazivom deterdženti. Deterdženti ustvari predstavljaju smjesu površinski aktivne supstance i više dodataka, kao što su: Na-sulfat, Na-perborat, Na-silikat, fosfati, karboksimetilceluloza, optička bjelila, mirisi, itd. Iako navedeni dodaci ne pokazuju praktično nikakve sposobnosti pranja, oni poboljšavaju osobine površinski aktivnih supstanci.

Od deterdženata se zahtijeva da „riješé” problem pranja u tvrdoj vodi, jer to i jesu najčešći radni uslovi, naročito u domaćinstvima. Kao što je poznato, u tvrdoj vodi su prisutni joni  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  koji će doći u kontakt sa površinski aktivnom supstancom. Kalcijumove soli mnogih površinski aktivnih jedinjenja teško se rastvaraju u vodi, te će se površinski aktivne supstance u tvrdoj vodi u najboljem slučaju rastvoriti samo djelimično, što će umanjiti efekat pranja. Osim toga, joni iz tvrde vode povećavaju koncentraciju elektrolita, što smanjuje potrebno uzajamno odbijanje dvostrukih električnih slojeva.

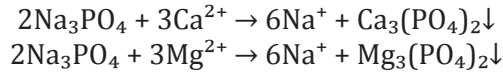
Iz tih razloga, dobro sredstvo za pranje mora efikasno da uklanja jone  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  iz rastvora. S tim ciljem u sastav kompozita za pranje ulaze tzv. aktivni dodaci koji će ili izolovati jone tvrdoće ili će ih istaložiti. Tipični primjeri takvih dodataka su: etilendiaminotetrasirćetna kiselina, poliakrilat natrijuma, polifosfati. (Ilišković, 1992, str. 444.)

Najveću primjenu u te svrhe imaju polifosfati. Najčešći oblici fosfata koji se koriste kao neorganski dodaci u deterdžentima su: tetrasoda-pirofosfat (TSPP), trinatrijum fosfat ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), tripolifosfat natrijuma ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ), pirofosfati natrijuma ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) čije su hemijske strukture prikazane na Slici 1.



Slika 1. Strukture jedinjenja: Na-pirofosfata, tetrasoda-pirofosfata i tripolifosfata natrijuma

Mehanizam djelovanja najčešćeg oblika fosfata u deterdžentima je sljedeći:



Međutim, fosfati negativno utiču na okolinu. Teško ih je prečistiti iz vode pa često završe u rijekama i jezerima. Kada stignu u površinske vode, fosfati podstiču bujanje algi (proces eutrofikacije) koje ugrožavaju opstanak flore i faune.

Eutrofikacija (slika 2) je povećanje primarne proizvodnje organskih materija u vodenom ekosistemu zbog stalnog vanjskog unosa hranjivih soli (nitrata i fosfata). Uz višak ovih soli, biljke, posebno alge, često počinju da bujaju. U tom slučaju se povećava i broj uginulih algi, koje tada razlažu saprofiti i troše kiseonik. Koncentracija kiseonika u vodi se smanjuje pa dolazi do gušenja i masovnog pomora vodenih organizama koji kiseonik troše u procesu disanja. U uslovima smanjene koncentracije kiseonika ili čak anaerobnim uslovima (kada kiseonika nema uopšte) i samo razlaganje neće biti potpuno, pa se stvaraju proizvodi razlaganja koji vodi daju loš ukus, neprijatan miris i uopšte lošiji kvalitet. Takva prirodna voda ne može da se koristi za pripremu vode za piće i može uzrokovati uginuće stoke ako se koristi kao pojiilo (Nakić, 2016, str. 11.).

Novembra 2014. godine donesen je Pravilnik o kriterijumima za stavljanje deterdženata na tržište, po kojem se deterdžent ne smije staviti na tržište Republike Srpske ukoliko je ukupni sadržaj fosfora jednak ili veći od 0,5 g u preporučenoj dozi deterdženta koji se koristi u glavnom ciklusu pranja za standardno punjenje mašine.



Slika 2. Eutrofikacija rijeke

Za ispitivanje sadržaja fosfata u praškastim deterdžentima postoje tri grupe metoda: klasične analitičke, gravimetrijske i instrumentalne. Najčešće primjenjivane su instrumentalne metode zasnovane na spektrofotometrijskom mjerenju. Dvije najpoznatije spektrofotometrijske metode za određivanje koncentracije fosfata u deterdžentima su vanado-molibdatna metoda (žuta) i metoda molibdenskog plavila. U radu je korišćena vanado-molibdatna metoda.

## MATERIJALI I METODE

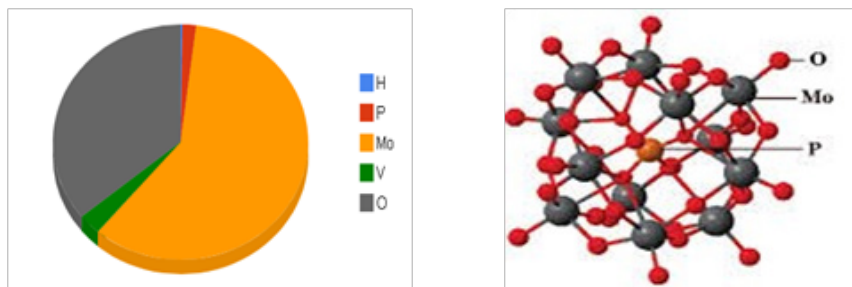
Eksperimentalni dio rada je rađen u Laboratoriji za organsku i neorgansku hemijsku tehnologiju na Tehnološkom fakultetu u Banjoj Luci.

Ovaj eksperimentalni rad se sastoji od određivanja sadržaja fosfata u praškastim deterdžentima. Koncentracija fosfata je određena u četiri uzorka praškastih deterdženata. Sva četiri tipa praškastih deterdženata se nalaze na tržištu Bosne i Hercegovine, od kojih je samo jedan proizveden u BiH a ostali u zemljama Evropske unije. Hemijski sastav svakog deterdženta se nalazi otisnut na poleđini a prikazan u Tabeli 1.

Tabela 1. Hemijski sastav deterdženata

Porijeklo	Oznaka deterdženta	Hemijski sastav sa deklaracije
Zemlje Evropske unije	EU 1	5% anjonskih i nejonskih tenzida, silikati, optički izbjeljivači, izbjeljivači na bazi kiseonika, enzimi, regulatori pjene, mirisi
	EU2	<5% anjonaktivnih supstanci, nejonskih aktivnih supstanci, sapuna i izbjeljivača na bazi kiseonika. Sadrži: enzime, optički izbjeljivač, parfem, „phosphate free”
	EU 3	5–15% anjonskih tenzida, <5% izbjeljivači na bazi kiseonika fosfati. Sadrži: optičke izbjeljivače, limonene
BiH	BiH	5% anjonskih tenzida, nejonski tenzidi, polikarboksilat, fosfonat, sapun, 5–15% izbjeljivača na bazi kiseonika. Sadrži: enzime, miris, heksil cinamal, citronelol, butilfenil metilpropional, optički izbjeljivač

Korišćena metoda se zasniva na mjerenju intenziteta obojenja kompleksa koji grade rastvoreni fosfati iz deterdženta, čiji rastvor nema obojenje, sa amonijum-vanadomolibdatom, koji služi kao glavni reagens. Nastali kompleks, vanadomolibdofosforna kiselina, ima žutu boju, te se spektrofotometrijsko mjerenje apsorbancije rastvora vrši na talasnoj dužini od 420 nm. Treba naglasiti da se, u zavisnosti od opsega sadržaja fosfata, mjerenja mogu provoditi i na talasnim dužinama od 400 i 470 nm. Intenzitet obojenja nastalog kompleksa, odnosno vanadomolibdofosforne kiseline empirijske formule  $H_4PMo_{11}VO_{40}$ , direktno je proporcionalan koncentraciji fosfatnih jona, što predstavlja i osnovu određivanja. Struktura jona vanadomolibdofosforne kiseline  $[PMo_{11}VO_{40}]^{4-}$  prikazana je na Slici 3., a predstavljeni jon je jednak jonu Keggin-ove strukture koja se upotrebljava kao jedan od najpoznatijih katalizatora današnjice (Lingaih i Mohan Reddy, 2008, str. 2.). Na Slici 3. dat je grafički prikaz odnosa masa elemenata koji čine strukturu VMPPA (eng. VanadoMolybdoPhosphoric Acid), tj. spomenute vanadomolibdofosforne kiseline.



Slika 3. Prikaz odnosa masa elemenata VMPPA i prikaz strukture jona VMPPA (Lingaih i Mohan Reddy, 2008, str. 2.)

Određivanje sadržaja fosfata je obuhvatilo nekoliko eksperimentalnih faza:

- Pripremu reagensa: amonijum-vanadomolibdata
- Pripremu standardnih rastvora  $KH_2PO_4$  i izradu kalibracione krive
- Pripremu uzoraka praškastih deterdženata
- Spektrofotometrijsko mjerenje
- Proračun

## Priprema reagensa

Kao glavni reagens u radu je korišten amonijum-vanadomolibdat koji se dobija miješanjem amonijum-vanadata  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  i amonijum-molibdata tetrahidrata  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Rastvor je pripremljen na sljedeći način. Odvagane su količine od 1 g amonijum-vanadata i 20 g amonijum-molibdata tetrahidrata i pojedinačno rastvorene u destilovanoj vodi. Nakon rastvaranja, oba rastvora prelijeta su u odmjernu tikvicu od 1 dm<sup>3</sup> nakon čega je iz birete lagano dodato 140 cm<sup>3</sup> koncentrovane azotne kiseline. Odmjerna tikvica je nakon toga dopunjena destilovanom vodom do oznake.

## Priprema standardnih rastvora i izrada kalibracione krive

Ulogu standardnog rastvora pri određivanju imao je rastvor kalijum-dihydrogenfosfata  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , a priprema ovog rastvora tekla je kroz faze pripreme osnovnog rastvora, radnog rastvora i konačno niza standardnih rastvora. Tačnom odvagom od 1,9173 g soli  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , koja je prethodno sušena na 105 °C, i njenim rastvaranjem u destilovanoj vodi u mjernoj boci od 1 dm<sup>3</sup> dobiven je osnovni rastvor fosfata (R). 50 cm<sup>3</sup> ovog rastvora otpipetirano je trbušastom pipetom, preneseno u odmjernu bocu od 250 cm<sup>3</sup>, a boca je dopunjena do marke destilovanom vodom. Na ovaj način dobiven je radni rastvor (R1) sa koncentracijom fosfora u obliku  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,2 mg/ml. Razblaženjem određenih zapremina radnog rastvora pripremljen je niz standardnih rastvora korištenih za postupak kalibracije. Zapremine koje su uzimate za pripremu 100 cm<sup>3</sup> svakog od pet standardnih rastvora prikazane su u Tabeli 2., a proračun se svodio na korišćenje formule za razblaženje rastvora:

$$c_1V_1 = c_2V_2$$

gdje je:

- $c_1$  – početna koncentracija rastvora u mg  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{cm}^3$
- $V_1$  – potrebna zapremina radnog rastvora u cm<sup>3</sup>
- $c_2$  – željena koncentracija standardnog rastvora u mg  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{dm}^3$
- $V_2$  – konačna zapremina standardnog rastvora: 100 cm<sup>3</sup>

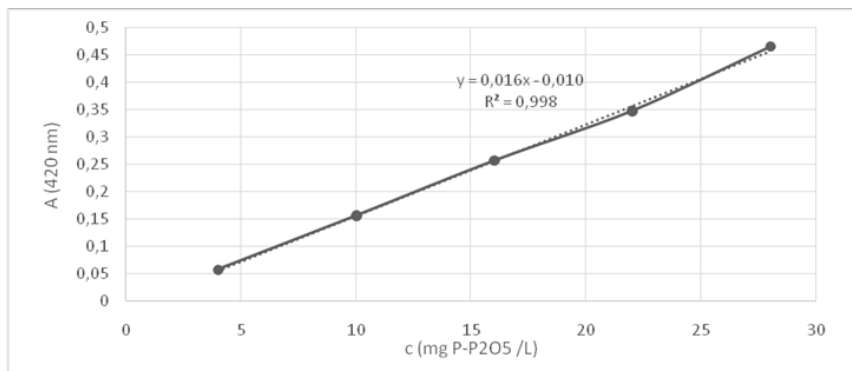


Tabla 2. Priprema standardnih rastvora fosfata

Standardni rastvor	V1 (cm <sup>3</sup> R1)	c2 (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / dm <sup>3</sup> )	Apsorbancija (420 nm)
Standard 1	2,00	4,0000	0,0586
Standard 2	5,00	10,0000	0,1567
Standard 3	8,00	16,0000	0,2572
Standard 4	11,00	22,0000	0,3482
Standard 5	14,00	28,0000	0,4653

Slijepa proba korišćena pri mjerenju pripremljena je od 10,00 cm<sup>3</sup> destilovane vode i 5,00 cm<sup>3</sup> rastvora amonijum-vanadomolibdata. Što se tiče standardnih rastvora, od svakog je otpipetirano po 10 cm<sup>3</sup> u suve čaše i dodato po 5 cm<sup>3</sup> rastvora amonijum-vanadomolibdata. Pripremljeni uzorci za mjerenje ostavljeni su da stoje 10 minuta, a nakon toga je izvršeno mjerenje apsorbancije svakog od standardnih rastvora u odnosu na slijepu probu. Mjerenja su vršena na 420 nm. Izmjerene vrijednosti apsorbancije date su u Tabeli 2.

Na osnovu dobivenih podataka, u Excel-u je nacrtana kalibraciona kriva, čiji su izgled, jednačina i koeficijent pravca, prikazani na Slici 4.



Slika 4. Kalibraciona kriva

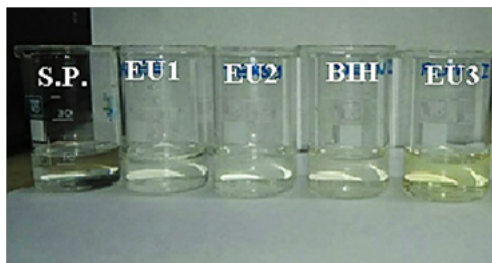
## Priprema uzoraka praškastih deterdženata

Svaki uzorak se priprema na isti način. Odvaje se 1,0000 g deterdženta i prenese u Erlenmajer tikvicu, u koju se dodaje nekoliko staklenih perli i 25 cm<sup>3</sup> prethodno pripremljenog 15% rastvora sulfatne kiseline da bi se obezbijedilo kiselo područje koje je potrebno za određivanje fosfata. Ovako pripremljena tikvica postavlja se na gnijezdo sa povratnim hladnjakom uz vodeno hlađenje. Zagrijavanje se vrši do ključanja, a nakon toga se produži na jednakoj temperaturi u periodu od 30 minuta. U tom vremenskom periodu dolazi do prelaska polifosfatnih jona u fosfatne. Rastvor iz tikvice potrebno je ohladiti na sobnu temperaturu i profiltrirati kroz bijelu traku u mjernu bocu od 250 cm<sup>3</sup>. Mjerna boca se dopuni do marke destilovanom vodom a zatim se rastvor homogenizuje. Od dobivenog rastvora potrebno je otpipetirati 5 cm<sup>3</sup>, zatim se prenosi u čistu odmjernu bocu od 250 cm<sup>3</sup>, koja je takođe dopunjena do marke. 10 cm<sup>3</sup> ovako pripremljenog rastvora prenosi se u čistu čašu u koju je potrebno dodati i 5 cm<sup>3</sup> amonijum-vanadomolibdata. Nakon 10 minuta, tokom kojih se obrazuje pomenuti kompleks, uzorak je pripremljen za spektrofotometrijsko mjerenje. Proces pripremanja uzoraka prikazan je na Slikama 5 i 6.

Mjerenja vrijednosti apsorbancija su izvođena spektrofotometrom Lambda 25, proizvođača Perkin Elmer. Ovo je vrsta dvoznačnog UV/VIS spektrofotometra čije je radno područje u rasponu od 190 do 1100 nm. Ovaj spektrofotometar može da mjeri transparentciju, apsorbanciju i koncentraciju u: ppm, mg/L, g/L i mol/L. Izgled spektrofotometra prikazan je na Slici 7.



Slika 5. Proces razaranja deterdženta



Slika 6. Uzorci pripremljeni za spektrofotometrijsko mjerenje



Slika 7. UV/VIS spektrofotometar Lambda 25

Mjerenjem apsorbancije na 420 nm te uvrštavanjem u jednačinu pravca kalibracione krive dobija se podatak o koncentraciji fosfora u obliku P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u mg/L, a njihove vrijednosti date su u Tabeli 3.

### Proračun

Uzimajući u obzir razblaženja koja su vršena pri pripremi uzoraka i dobivene vrijednosti ostvarene spektrofotometrijskim mjerenjem, izvršen je proračun na:

- Ukupni sadržaj fosfora u postocima, računat preko formule

$$P(\%) = \frac{1,25 \times c \times 0,4365}{a}$$

gdje je:

- c – koncentracija fosfora dobivena spektrofotometrijskim mjerenjem u mg/L
- a – tačno odvagana masa uzorka praškastog deterdženta u g.

Brojne vrijednosti u formuli dobivene su na osnovu stehiometrijskog odnosa fosfora i fosfor (V) oksida P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

- Sadržaj fosfora u g po preporučenoj dozi deterdženta, računat na osnovu proporcije.

Dobiveni postotak fosfora po prikazanoj formuli jednak je gramima fosfora u 100 g praškastog deterdženta.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja fosfata u praškastim deterdžentima prikazani su u Tabelama 3. i 4. i grafički na Slici 8. Iz priloženog primjećujemo da se na tržištu Republike Srpske nalaze i praškasti deterdženti koji u svom sastavu sadrže količinu fosfata koja prelazi granicu od 0,5 g u preporučenoj dozi deterdženta koji se koristi u glavnom ciklusu pranja za standardno punjenje mašine.

Mjerenjem apsorbancije uzoraka na 420 nm te uvrštavanjem u jednačinu pravca kalibracione krive dobija se podatak o koncentraciji fosfora u obliku P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u mg/L, a njihove vrijednosti date su u Tabeli 3.

Tabela 3. Rezultati spektrofotometrijskog mjerenja

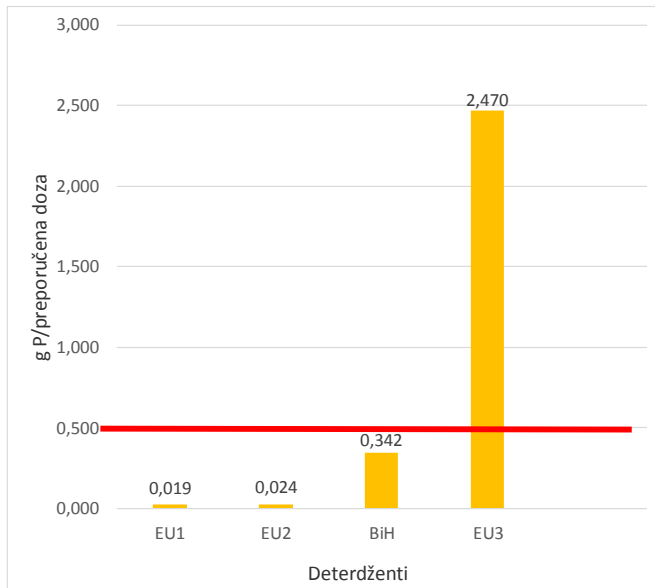
Uzorak	Odvagana masa uzorka (g)	A (na 420 nm)	cA (mg P-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /L) Jednačina kalibracione krive	cB (mg P-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /L) Očitani rezultati sa spektrofotometra
EU1	1,00000	0,0239	2,1188	2,0700
EU2	1,00335	0,0268	2,3000	2,2407
BiH	0,9975	0,3384	21,7750	20,8485
EU3	1,00045	0,0598	4,3625	4,2114

Na osnovu gore navedenog proračuna, dobijene su i vrijednosti sadržaja fosfora u postocima, kao i vrijednosti fosfora izražene u gramima po preporučenoj dozi u jednom ciklusu pranja. (Tabela 4.). Preporučena doza za svaki deterdžent preuzeta je iz deklaracije proizvođača.

Tabela 4. Rezultati sadržaja fosfata u ispitivanim uzorcima

Naziv deterdženta	P (%) Jedn. kal. krive	P (%) Spektrofot.	Preporučena doza (g)	P (cA) u preporučenoj dozi (g)	P (cB) u preporučenoj dozi (g)
EU1	0,023	0,023	83,33	0,019	0,019
EU2	0,025	0,024	100,00	0,024	0,025
BiH	0,357	0,228	150,00	0,342	0,357
EU3	2,557	2,298	107,50	2,470	2,557

Posebno treba izdvojiti uzorak deterdženta EU2, koji je prema svojoj deklaraciji označen kao „phosphate free“, ali uprkos tome daje rezultate koji pokazuju prisustvo fosfata u svom sastavu. Takođe se zapaža da svi ispitivani uzorci u svom sastavu sadrže fosfate, a posebno se izdvaja uzorak označen kao EU3 koji sadrži 2.470 g fosfora u preporučenoj dozi i uveliko prelazi dato ograničenje.



Slika 8. Grafički prikaz rezultata ispitivanja fosfata u praškastim deterdžentima dobijenih iz očitanih vrijednosti sa spektrofotometra

## ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja možemo zaključiti da su fosfati, iako negativno utiču na životnu sredinu, zastupljeni u svakodnevnoj upotrebi. Sve češće se kao zamjena za fosfate koriste zeoliti. Oni ispunjavaju sve potrebne uslove da adekvatno zamjene ulogu fosfata u deterdžentima.

U sva četiri ispitivana deterdženta dokazano je prisustvo fosfata. Najveća koncentracija fosfata pronađena je u uzorku EU3, koja uveliko prelazi vrijednosti definisane Pravilnikom.

Deterdžent označen kao EU2, iako u manjoj mjeri, ipak sadrži određenu količinu fosfata u svom sastavu.

Ispitivanjem se željela skrenuti pažnja na dati problem, o kome je i u prošlosti bilo dosta priče. Iako je dozvoljena koncentracija fosfata znatno smanjena u odnosu na dozvoljenu koncentraciju definisanu Pravilnikom koji je prethodno bio na snazi i iako je Uredba vezana za ograničenje fosfata relativno svježja, ipak i dalje treba težiti ka smanjenju njihovog sadržaja, koje bi dalje vodilo do „istrebljenja” fosfata i praktično njihove potpune zamjene zeolitima

## LITERATURA

- Ilišković, N. (1992): Ogranska hemijska tehnologija, „Svjetlost“, Sarajevo.
- Ilišković, N. (2000): Organska hemijska tehnologija – praktikum, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci.
- Nakić, M. (2016): Ispitivanje sadržaja fosfata u deterdžentima na tržištu BiH, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci.
- Pravilnik o kriterijumima za stavljanje detergenata na tržište (“Službeni glasnik Republike Srpske”, broj 104/14). <http://www.vladars.net/> (18.09.2018.)
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 4500-P Phosphorus. [http://edgeanalytical.com/wp-content/uploads/Inorganic\\_SM4500-P.pdf](http://edgeanalytical.com/wp-content/uploads/Inorganic_SM4500-P.pdf) (20.11.2018.)
- Lingaiyah, N., Mohan Reddy, K., Nagaraju, P., Sai Prasad, P. S., and Israel E. Wachs. Influence of Vanadium Location in Titania Supported Vanadomolybdophosphoric Acid Catalysts and Its Effect on the Oxidation and Ammoxidation Functionalities. <https://www.lehigh.edu/operando/Publications/2008%20TiO2%20supported%20vanadomolybdophosphoric%20acid.pdf> (22.09.2018.)
- Specifikacije Lambda 25, UV/VIS spektrofotometra. <https://www.artisan-g.com/> (24.09.2018.)

# DETERMINATION A CONCENTRATION OF PHOSPHATE IN POWDER DETERGENTS

*Slavica Grbić, Sanda Pilipović, Dajana Markuljević, Aleksandra Šinik*

*Faculty of Technology  
University of Banja Luka  
grbic.slavica93@gmail.com, sandapilipovic@yahoo.com*

## **Abstract**

In many ways phosphates, which are ingredient of the powder detergents, may have harmful influence on environment, and with that on people too. Their presence in surface water brings to algae breakdown and in that way it endangers existence of flora and fauna in it, and by unbreakable connection of plant and animal world with human, phosphates make indirect impact on human. It is not negligible the direct impact because phosphates may cause diarrhea, nausea and many irritations on the skin. Because of that in Republic of Srpska maximum allowed concentration of phosphates in powder detergents, by data from 2015<sup>th</sup>, is 0.5 g per recommended dose. In this paper, the phosphate content was tested in four samples of powder detergents on the Republic of Srpska market. The concentration of phosphate was determined by the vanadate-molybdate method. The results showed that the concentration of phosphate in some powder detergents exceeds the allowed values defined by the Regulation.

**Key words:** *detergents, phosphates, vanadate-molybdate method*

## ВИРТУЕЛНА РЕАЛНОСТ И КУЛТУРНО НАСЉЕЂЕ

Маја Михајловић

*Електротехнички факултет  
Универзитет у Бањој Луци  
maja.mihajlovic9@gmail.com*

### Сажетак

Циљ овог рада је да прикаже како је могуће дигитализовати културно наслеђе и да објасни значај дигитализације. Виртуелни музеји би требали да допуне стварни доживљај, омогућавајући корисницима да раде оно што у правим музејима не смију, као што је додиривање објеката или њихово мјерење. Такође, виртуелни музеј би требао да буде средство за интерактивно причање прича, како би тиме приближио историју посјетиоцима. У овом раду је објашњен појам виртуелне реалности, те начини на које се она може постићи. Помоћу неколико различитих метода показано је како на најједноставнији и најисплативији начин креирати 3D моделе. Као модели су кориштени реквизити Музеја Републике Српске. Поред тога, креирана је и виртуелна шетња кроз музеј. Виртуелна окружења, попут овог, доприносе естетском и едукативном доживљају, које би иначе било тешко постићи.

**Кључне ријечи:** виртуелна реалност, дигитализација, виртуелна шетња, 3D модел, културно наслеђе, структура из покрета



## УВОД

### Виртуелна реалност

Дефиниција виртуелне реалности произилази из дефиниција ријечи „виртуелно“ и „стварност“. Дефиниција ријечи виртуелно се може генерално превести као „близу“, док је реалност оно што осјећамо као људска бића. То значи да термин „виртуелна реалност“ значи „близу реалности“. Ово наравно може значити било шта, али се углавном мисли на специфичан начин опонашања стварности.<sup>1</sup>

Све што знамо о нашој реалности долази од информација које при-мамо преко наших чула. Другим ријечима, наш доживљај реалности је комбинација чулних информација и механизма које наш мозак користи како би те информације обрадио. Из овога можемо закључити да уколико представимо лажне информације нашем мозгу, наше поимање реалности биће другачије. На тај начин би добили реалност која заправо није ту, али са наше тачке гледишта би дјеловала стварно. Ову непостојећу реалност називамо „виртуелна реалност“.

Виртуелна реалност је појам који описује тродимензионално, рачунарски генерисано окружење које се може истраживати и са којим особа врши интеракцију. Та особа постаје дио виртуелног свијета, односно, удубљена је у то окружење док се налази ту, те може да манипулише објектима или извршава одређене акције.

### Начини имплементације виртуелне реалности

Данас се виртуелна реалност најчешће имплементира кориштењем рачунара. Постоји велики број уређаја, као што су слушалице, наочаре, кружне траке за трчање, те посебне рукавице, који нам служе да симулирају наша чула, како би нам заједно креирали илузију стварности.

Ово је заправо пуно теже постићи него што звучи, због тога што су наша чула и мозак тако развијени да нам нуде одлично синхронизоване податке, како би нам се реалност што боље представила. Уколико је било шта „ненаштимовано“, наш мозак ће то примјетити. Када се прича о овој теми, углавном се постављају питања „Да ли је довољно реално?“ и „Да ли је могуће уронити довољно дубоко у вјештачку реалност да разлика постане непримјетна?“ Развојем

<sup>1</sup> Virtual Reality. (2018). *What is Virtual Reality? - Virtual Reality* <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html> [6.10.2018].

технологије и бољим разумијевањем људске физиологије, разлике се сведе на минимум.

Зашто је разумијевање људске физиологије битно, можемо схватити на следећем примјеру. Видно поље људског бића не изгледа као видео оквир. Ми имамо, мање-више, видно поље од 180 степени, иако нисмо увијек свјесни периферног вида, уколико би он нестао, примијетили бисмо. Слично томе, уколико се очи и вестибуларни систем у ушима не слажу, долази до мучнине. То се дешава неким људима када су на бродовима, или када читају у покретном возилу. Уколико би имплементација вирутелне реалности могла да направи комбинацију хардвера, софтвера и синхронизације чула у баш савршеној мјери, дошло би до такозваног „осјећаја присутности“, гдје се особа осјећа као да је присутна у том окружењу.

Постоји више начина за креирање виртуелног садржаја. У овом раду биће приказан и објашњен начин скенирања, обраде и приказ тродимензионалних објеката. Кориштењем одговарајућих софтвера, ти модели се могу додавати у виртуелне реалности. Поред тога, биће приказане панораме и начин креирања виртуелних шетњи.

## МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

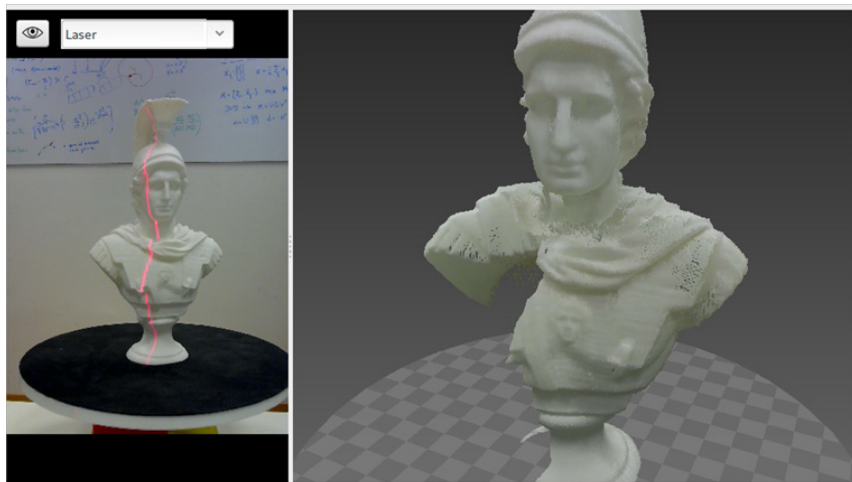
3D скенирање је поступак дигитализације реалних објеката ради контроле квалитета, реверзног инжењеринга и брзе израде дијелова. У зависности од врсте објекта и намјене 3D модела, бира се и начин 3D скенирања. Постоје три начина добијања 3D објекта:

- Скенирање линијским ласером
- Структурисано свјетло
- Структура из покрета

### Линијски ласер

Линијски ласери користе ласерску линију или ласерску тачку да би скенирали објекат. Сензор хвата свјетлост ласера која је одбијена од објекта и користећи тригонометријско триангулацијски систем рачуна удаљеност од објекта до скенера (слика 1). Удаљеност између извора и ласерског сензора је добро позната, као и угао између ласера и сензора. Када се свјетлост ласера одбије од скенираног објекта, систем детектује угао под којим се свјетлост враћа до сензора и с тим

рачуна удаљеност од извора ласерских зрака до површине објекта.



Слика 1. Скенирање објекта линијским ласером (<http://diwo.bq.com/en/presentation-ciclop-horus/>)

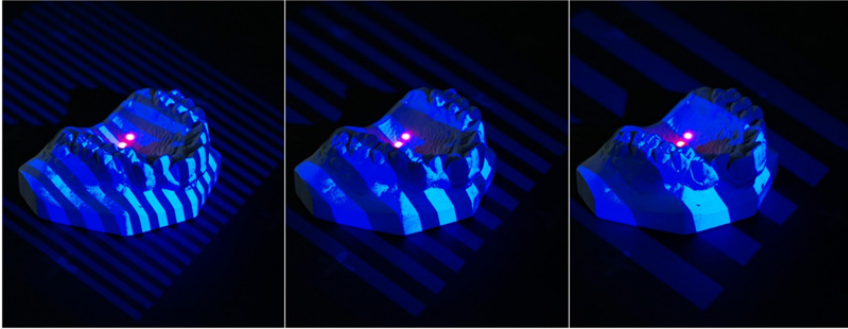
Да би се скенирао читав објекат, потребно га је полако окретати и снимати из много углова. Линијски ласери су мање прецизни, ниже резолуције, те обично праве превише буке.

### Структурисано свјетло

Дијелови система који су потребни да би се креирао троимензионални модел су:

- Пројектор – пројектује узорке на објекат
- Камера – помјерена у односу на пројектор посматра узорке на објекту
- Софтвер – на основу деформације узорака врши израчун тродимензионалног објекта

Систем је правио тродимензионалну преставу на основу само једног скенирања. Међутим, приказивао је само оно што је видљиво од стране пројектора и камере, па је било потребно извршити скенирање из више углова, како би се добио прецизнији модел.



Слика 2. Скенирање објекта структурисаним свјетлом

Скенери са структурисаним свјетлом узимају низ фотографија, са различитим обрасцима свјетлости пројектованих на објекат (као што се може видјети на слици 2), како би се добио потпуни 3D облак тачака стационарног објекта. Овакав скенер је погодан за релативно мање и лакше објекте, реда величине  $0.5 \times 0.5 \times 0.5\text{m}$  и до 10 килограма. Међутим, није погодан за снимање провидних објеката, огледала или високо сјајних објеката, јер не рефлектују свјетлост на пожељан начин. Један од начина рјешавања овог проблема јесте да се објекат прекрије лако уклоњивим талком, погодним за скенирање. И поред тога, није у могућности да скенира потпуно црне објекте. Још један недостатак овог скенера јесте што нема сачуване податке о боји.

### Структура из покрета

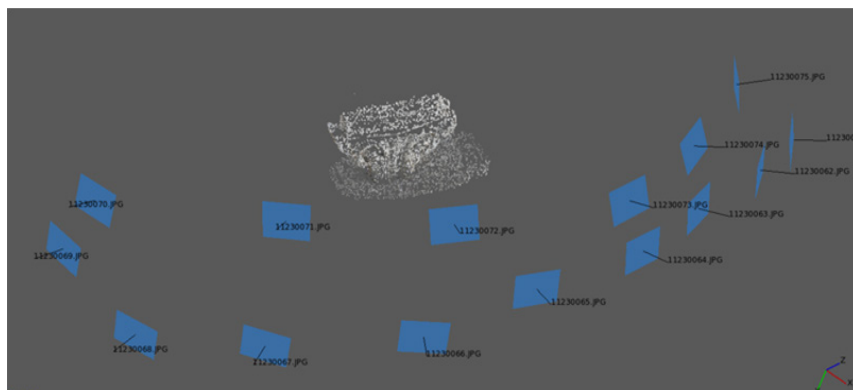
Структура из покрета је процес добијања 3D објекта из серије дводимензионалних фотографија. Овај приступ је најпогоднији за мноштво слика са великим степеном преклапања, које обухватају тродимензионалну структуру објекта посматрано из широког спектра позиција. На основу фотографија из различитих углова, софтвер је вршио реконструкцију 3D објекта. Постоји велики број софтвера који се могу користити у ове сврхе као што је Agisoft Photoscan, VisualSfM, 123D Catch, ...

Како би се добио што вјеродостојнији модел, било је потребно направити више фотографија жељеног објекта. На слици 3 се може видјети пар фотографија, снимљених из различитих углова, које су кориштене за реконструкцију објекта. Како изгледа поступак реконструкције, може се видјети на слици 4. За добијање 3D модела кориштењем

овог приступа, није потребна додатна опрема. Довољан је фотоапарат или телефон са камером високе резолуције (>12 мегапиксела) (M.J.Westoby, J.Brasington, N.F.Glasser, M.J. Hambrey, J.M.Reynolds, 2012).

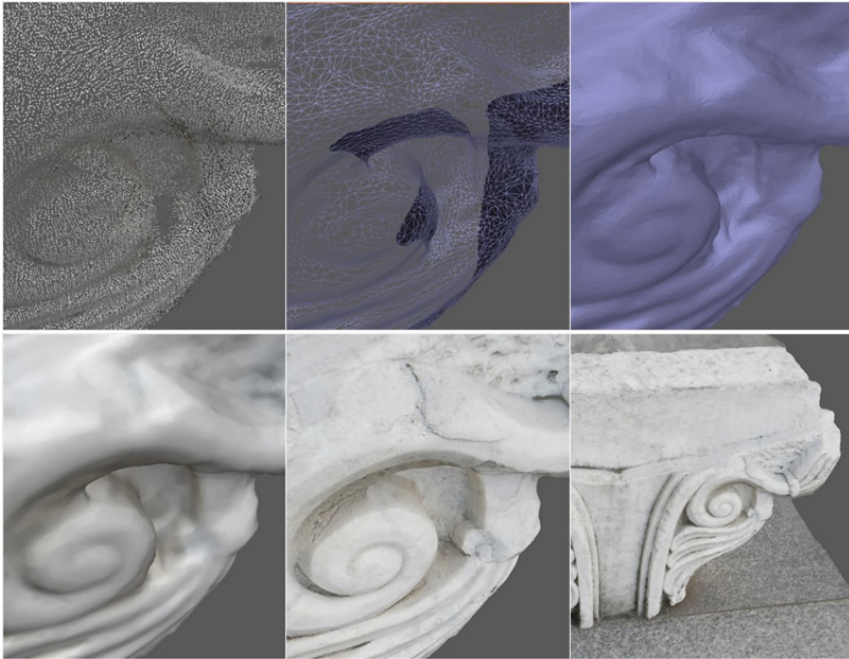


Слика 3. Улазне фотографије кориштене за реконструкцију



Слика 4. Приказ објекта из више углова у AgisoftPhotoscan софтверу

Иако није потребан посебан хардвер, потребно је доста стрпљења и прецизности. На овај начин могуће је сачувати и информације о боји, као и текстури објекта, што се може видјети на слици 5. За разлику од структурисаног свјетла и скенирања ласерском линијом, овај начин скенирања је погодан и за изузетно велике објекте, грађевине, споменике и сл.



Слика 5. Приказ добијања 3D објекта у AgisoftPhotoscan софтверу

Приликом фотографисања потребно је водити рачуна о освјетљењу објекта. Уколико је објекат у екстеријеру, идеално је фотографисати када је облачно, како би се избјегле сјене на сликама.

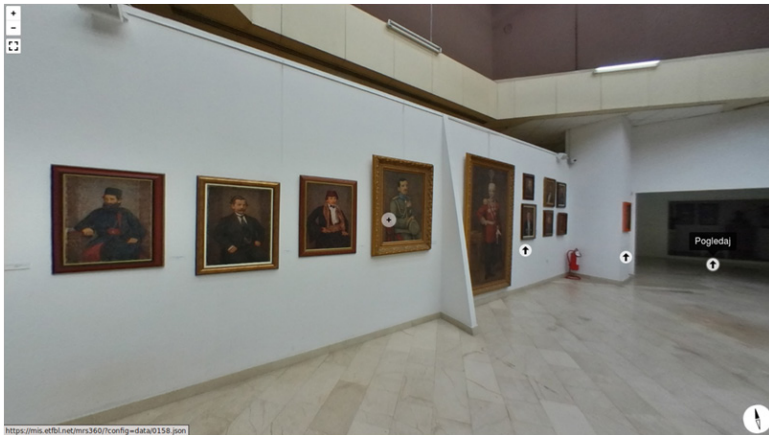
### Панораме и виртуелне шетње

Панорамске фотографије настају спајањем више фотографија истог мотива који са исте удаљености не би стао у исти кадар. Минимални однос ширине и висине панорамске фотографије је 1:2, док се све чешће користе односи 1:10 и већи. Панорамске фотографије се могу подијелити на хорзонталне, вертикалне и 360 VR интерактивну и сферну панораму.

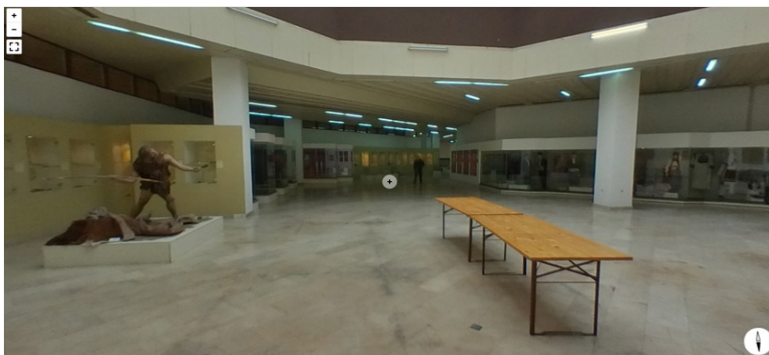
360VR панорама је сферична интерактивна панорамска фотографија, састављена од више појединачних фотографија на којој је презентован цјелокупан простор у кругу од 360 степени хоризонтално и 180 степени вертикално. Интерактивног је карактера, јер посматрач сам одређује жељени поглед на њу и стиче дојам визуелног простора. 360VR техника фотографисања подразумијева да смо појединачним

фотографијама забиљежили сав простор око нас, служећи се специјалном панорамском главом монтираном на статив. Тако добијене фотографије се спајају у једну панораму, у такозваној еквидистантној пројекцији.

За креирање вирuellних шетњи могу се користити 360 камере које су веома једноставне за кориштење, али квалитет фотографија тренутно није велики. За бољи квалитет могу се користити камере које прихватају “fisheye”<sup>2</sup> леће. Оваква лећа омогућавају снимање сфере са само 4–8 фотографија. На сликама 6 и 7 приказани су дијелови виртуелне шетње кроз Музеј Републике Српске.



Слика 6. Виртуелна шетња, Музеј Републике Српске



Слика 7. Виртуелна шетња, Музеј Републике Српске

<sup>2</sup> Објектив „Рибље око“ (Fisheye) – објектив екстремно мале жижне дужине и екстремно великог угла снимања (>180 °)(Cumhur Sahin, 2017).

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

3D модели објеката су креирани на три различита начина: линијским ласером, структурисаним свјетлом и структуром из покрета. Од свих наведених метода, структура из покрета показала се као најефикаснија. Уз минимална улагања могуће је дигитализовати велики број музејских објеката, при чему се чувају информације како о текстури, тако и о боји објекта. Недостатак овог метода јесте што прецизност и тачност нису на нивоу индустријских система, међутим како се модели користе само у сврху презентације корисницима, овај метод се показао као задовољавајући.

Поред 3D модела, креирана је и вирутелна шетња кроз Музеј Републике Српске кориштењем 360 панорамских фотографија. Приликом фотографисања, освјетљење није било идентично у свим дијеловима музеја, па је то стварало проблем. Међутим, разлике нису биле велике па су отклоњене кориштењем Photoshop-а, прије спајања у виртуелну шетњу. Креирање виртуелне шетње за веб-претраживаче је реализовано кориштењем рјешења отвореног кода, Pannellum.

## ЗАКЉУЧАК

Дигитализација и могућност онлајн приступа културном материјалу могу да олакшају и обогате учешће у културном животу великог дијела становништва. Могућност онлајн приступа фондovima библиотека, на примјер, значајно олакшава доступност књига, док посјећивање музејских интернет сајтова подстиче кориснике на посјету и учешће у културном животу. Стари циљеви културних политика постижу се новим активностима. Стога је од изузетног значаја рад на дигитализацији културног наслеђа. У овом раду су описане само неке од метода и начина дигитализације, које сваким даном са развојем технологије постају све једноставније и лакше за имплементацију.

Развој информационих технологија у свијету даје небројене могућности очувања и повећања јавне доступности културног наслеђа. Међутим, за то су потребна значајна средства. Постоје огромна средства у међународним пројектима за те намјене, а БиХ посједује довољно људских потенцијала и стручног знања за реализацију тих пројектата.



## ЛИТЕРАТУРА

- Arroyo, J. (2018). Presentation: Ciclop and Horus. <http://diwo.bq.com/en/presentation-ciclop-horus/> [ 11.10. 2018].
- Virtual Reality Society. (2018). How did virtual reality begin? -Virtual Reality Society <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html> [6.10.2018].
- M.J.Westoby, J.Brasington, N.F.Glassera, M.J.Hambreya, J.M.Reynoldsc (2012). ‘Structure-from-Motion’ photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, Volume 179, Elsevier, 300-314.
- Sahin C. (2017). The Geometry and Usage of the Supplementary Fisheye Lenses in Smartphones. <https://www.intechopen.com/books/smartphones-from-an-applied-research-perspective/the-geometry-and-usage-of-the-supplementary-fisheye-lenses-in-smartphones> (20.10.2018.)

## VIRTUAL REALITY AND CULTURAL HERITAGE

Maja Mihajlović

*Faculty of Electrical Engineering  
University of Banja Luka  
maja.mihajlovic9@gmail.com*

### Abstract

The main purpose of this paper is to show how it's possible to digitize cultural heritage and explain the significance of digitization. A virtual museum should complement the real one by giving users the ability to do things they cannot do in real museums, such as freely manipulating objects or measuring them. Also, the virtual museum should act as a medium for interactive story-telling, to provide more interesting ways of introducing history. This paper explains the term of virtual reality and how it can be achieved. Using several different methods it has been shown how in the simplest and most cost-effective way 3D models can be created using the props from the Museum of Republic of Srpska. Also, it has been created a virtual walk through the museum. Virtual environments, like this, contribute to aesthetic and educational experience, which would otherwise be difficult to achieve.

**Key words:** virtual reality, digitalization, virtual walk, 3D model, cultural heritage, structure from motion

## UTICAJ TRETMANA VODONIK-PEROKSIDOM NA PREKIDNU JAČINU HIRURŠKOG KONCA

Milica Batar

*Tehnološki fakultet  
Univerzitet u Banjoj Luci  
milica8258@gmail.com*

### Apstrakt

Hirurški konci imaju veliku primjenu u različitim oblastima hirurgije. Veoma važna karakteristika hirurških konaca je prekidna jačina koja može da bude smanjena zbog upotrebe različitih sredstava za njegu rane nakon ušivanja tkiva. Smanjenje prekidne jačine hirurških konaca može da ima negativan uticaj na brzinu zarastanja rane. Cilj ovog rada je bio da se utvrdi promjena prekidne jačine u čvoru i bez čvora uzoraka resorptivnog Polysorb™ i neresorptivnog Ethilon\* hirurškog konca nakon tretmana 3% vodonik-peroksidom, koji se u medicini često koristi kao antiseptik. Rezultati su pokazali da tretman vodonik-peroksidom dovodi do blagog smanjenja prekidne jačine ispitivanih uzoraka, pri čemu je pad jačine više izražen kod uzorka resorptivnog hirurškog konca. Međutim, dobijene vrijednosti prekidne jačine zadovoljavaju zahtjeve iz Evropske farmakopeje 8.0.

***Ključne riječi:*** *hirurški konac, vodonik-peroksid, prekidna jačina*

### Uvod

Hirurški šivaći materijali, u užem smislu hirurški konac, označava materijal koji se koristi za rekonstrukciju tkiva, podvezivanje krvnih sudova, postavljanje raznih implantata i transplantata (Kreszinger, 2008). Hirurški konac spada u grupu medicinskog implantabilnog tekstila. Dobro je poznato da su sve hirurške intervencije praćene rizikom od nastanka infekcije koja nekad može ugroziti i život pacijenta, dok najčešće u blažim slučajevima dovodi do kompromitovanja i produžetka perioda zarastanja.

Kao i svi drugi materijali koji se postavljaju u tkivo, konci predstavljaju strano tijelo i faktor rizika za nastanak infekcije usljed prijemčivosti za bakterije (Dragović, 2018).

Hirurški konac je linearna tvorevina čija je širina zanemarljiva u odnosu na dužinu, što nije jedina karakteristika hirurških konaca koja je važna pri njihovom izboru. Postoje različite vrste i kriterijumi za podjelu hirurških konaca. Hirurški konci se na osnovu porijekla mogu podijeliti na konce prirodnog i sintetičkog porijekla. Kao posebna grupa se izdvaja konac neorganskog porijekla dobijen od metalnih legura (žica). Ova vrsta konca ne izaziva nikakvu reakciju tkiva, ne podržava razvoj infekcije, a zatezna jačina mu je stalna. Najviše se koristi za ušivanje trbušnog zida. Prema strukturi, konci se mogu podijeliti na: monofilamentne (jedna nit) i multifilamentne (više niti). Posebna vrsta konaca s obzirom na strukturu su pseudomonofilamentni konci. To su multifilamentni konci koji su obloženi glatkom oblogom.

Idealan hirurški konac bi se mogao koristiti u svim okolnostima i kod različitih vrsta intervencija. Iako se i danas smatra da ne postoji idealan hirurški konac koji bi uspio da ispuni sve zahtjeve koji se očekuju od šavnog materijala, postoje neke karakteristike koje su se u praksi pokazale i izdvojile kao vrlo važne za hirurške konce. Idealni šavni materijal bi trebalo da posjeduje odgovarajuću jačinu (čvrstoću) koja treba da podnese sile zatezanja i spriječi razdvajanje ivica rane (Fossum, 2013). Takođe, poželjno je da konac ima što manju debljinu i da se lagano rukuje njim, što implicira da je konac dovoljno savitljiv tj. da se nit sa lakoćom savija pri njenom vođenju i da pri prolazu kroz tkivo ne izaziva trenje i ne inicira stvaranje traume tkiva. Hirurški konac treba da ima izražen elasticitet, ali da nema izraženu „memoriju“, odnosno da su čvorovi sigurni i ne teže vraćanju u stanje prije čvoranja tj. razvezivanju. Pored toga, konac ne smije da izaziva kancerogenu, inflamatornu i alergijsku reakciju tkiva, ne bi trebalo da na svojoj površini zadržava i podržava rast mikroorganizama, niti da ima izraženo svojstvo apsorpcije i kapilarnosti. Takođe, idealan konac se lako sterilise i mora da bude jeftin.

S obzirom na to da je jačina veoma važna karakteristika hirurškog konca na čije smanjenje može da utiče upotreba sredstava za čišćenje i tretman rane, cilj ovog rada je bio da se ispita promjena prekidne jačine hirurškog konca tretiranog vodonik-peroksidom, koji se zbog svojih antibakterijskih i antiseptičkih svojstava veoma često koristi za tretman rane.

## Materijali i metode

### Materijali

U ovom radu su ispitivane dvije vrste hirurškog konca: resorptivni hirurški konac komercijalnog naziva Polysorb™, čiji je proizvođač firma Covidien™ i neresorptivni hirurški konac komercijalnog naziva Ethilon\*, čiji je proizvođač firma Ethicon\*. Oznake i osnovni podaci o ispitivanim uzorcima hirurškog konca su prikazani u Tabeli 1.

Uzorci hirurškog konca su tretirani rastvorom 3% vodonik-peroksida ( $H_2O_2$ ) koji je komercijalno dostupan u apotekama.



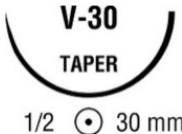

### Metode

Simulacija uslova primjene konca provedena je na taj način što su uzorci jednom dnevno u isto vrijeme potapani u rastvor 3% vodonik-peroksida. Nakon 5 minuta uzorci su vađeni iz rastvora i ostavljeni na sobnoj temperaturi do narednog dana. Jedna grupa uzoraka je tretirana na prethodno opisani način uzastopno 3 dana, druga 5 i treća 7 dana. Nakon toga, ispitani su prekidna jačina i izduženje bez čvora i u čvoru na uzorcima koji nisu tretirani i uzorcima koji su tretirani uzastopno 3, 5 i 7 dana.

Za ispitivanje prekidne jačine i izduženja korišćen je dinamometar SHIMADZU Autograph AGS-X sa vertikalnim položajem klema, Slika 1. Ispitivanje je provedeno prema postupku koji je opisan u Evropskoj farmakopeji 8.0. Razmak između klema na dinamometru je iznosio 10 cm kod ispitivanja uzoraka konca bez čvora i 12,5 cm kod ispitivanja uzoraka konca u čvoru. Prilikom rada na dinamometru potrebno je voditi računa da se prekid ne desi u klemi ili njenoj neposrednoj blizini. Podaci za prekidnu jačinu i izduženje predstavljaju srednju vrijednost tri mjerenja za svaki ispitivani uzorak.

Snimci izgleda konca prije i nakon kidanja na dinamometru dobijeni su korišćenjem digitalne mikroskopske kamere DigiMicro Profi, proizvođača DNT (Njemačka).

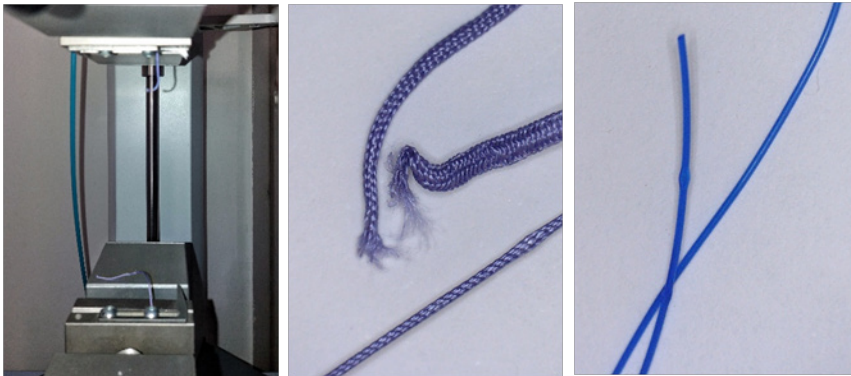
Tabela 1. Oznake i osnovne karakteristike ispitivanih hirurških konaca

Naziv hirurškog konca	Polysorb™	Ethilon*
Izgled pakovanja		
Oznaka	R	N
Vrsta	Resorptivni	Neresorptivni
Struktura	Pseudomonofilament, upleten	Monofilament
Sirovinski sastav	Poliester (obloženi glikolid/laktid kopolimer)	Poliamid 6
Boja	Ljubičasta	Plava
Oznaka debljine (USP)	2-0	2-0
Vrijeme resorpcije	Resorpcija počinje gubitkom zatezne čvrstoće bez znatnog gubitka mase, a potpuna resorpcija se događa između 56-og i 70-og dana	Neresorptivni
Prekidna jačina	Izgube približno 20% zatezne jačine nakon dvije sedmice, a nakon treće i do 70%	Postepeni gubitak zatezne jačine u toku dužeg perioda, približno 20% po godini
Oznaka i izgled igle		
Upotreba	Za meka tkiva i u oftalmološkoj hirurgiji	Za meka tkiva i kardiovaskularne, oftalmološke i neurološke procedure

## Rezultati i diskusija

Izgled ispitivanih konaca prije i nakon kidanja na dinamometru prikazan je na Slici 1. Različita struktura ispitivanih konaca je naročito lako uočljiva nakon prekida izazvanog djelovanjem sile zatezanja, pri čemu se jasno može vidjeti razlika između multifilamenta i monofilamenta.

Debljina ispitivanih konaca je označena prema američkoj farmakopeji (USP) koja kao oznaku koristi različit broj nula. Što je promjer konca manji, u oznaci se navodi veći broj nula. Ova oznaka se može konvertovati u prečnik izražen u mm, pri čemu se on razlikuje u zavisnosti od toga da li su u pitanju konci od sintetičkog ili prirodnog materijala (Matičić i Vnuk, 2010, European Pharmacopoeia 8.0). Oba ispitivana uzorka hirurškog konca su imala oznaku 2-0, a s obzirom na to da su oba konca sintetički materijali, to znači da im se prečnik kreće u granicama 0,3 – 0,349 mm.

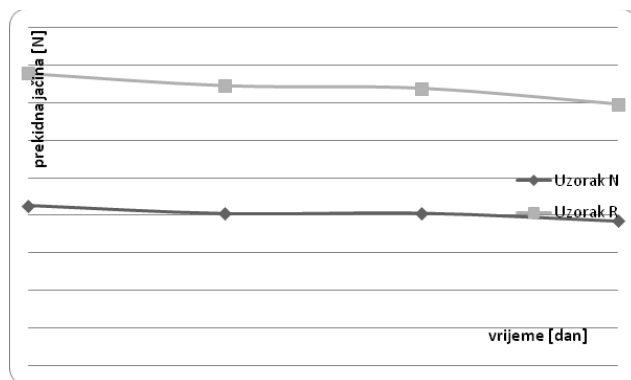


Slika 1. Dinamometar sa vertikalnim položajem klema i izgled ispitivanih konaca

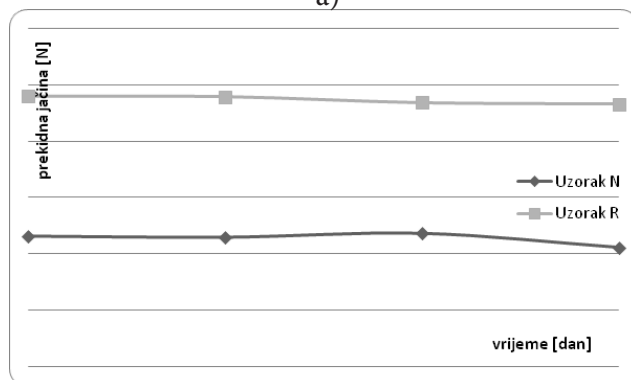
Rezultati ispitivanja zatezne jačine uzoraka resorptivnog i neresorptivnog hirurškog konca bez čvora i u čvoru prikazani su u Tabeli 2. i na Slici 2. Zatezna jačina (čvrstoća) konca govori kolika je minimalna sila zatezanja potrebna da bi došlo do prekida niti. Pri tome se razlikuje linearna zatezna čvrstoća konca i čvrstoća konca u čvoru (Ačanski, 2016).

Tabela 2. Rezultati ispitivanja prekidne jačine ispitivanih hirurških konaca

Oznaka uzorka	Prekidna jačina bez čvora [N]				Prekidna jačina u čvoru [N]			
	Netretiran	Nakon 3 dana	Nakon 5 dana	Nakon 7 dana	Netretiran	Nakon 3 dana	Nakon 5 dana	Nakon 7 dana
Uzorak N	42,6	40,5	40,6	38,6	23,1	22,9	23,6	21,1
Uzorak R	77,8	74,5	73,9	69,6	48,0	47,9	46,8	46,6



a)



b)

Slika 2. Grafički prikaz zavisnosti prekidne jačine hirurškog konca od vremena odnosno broja tretmana vodonik-peroksidom: a) bez čvora, b) u čvoru

Na osnovu rezultata prikazanih u Tabeli 2. i na Slici 2. vidljivo je da je linearna prekidna jačina konca, odnosno jačina bez čvora veća u odnosu na jačinu konca u čvoru za obe vrste ispitivanih konaca, zbog toga što je konac u čvoru pored sile zatezanja izložen i drugim vrstama sila kao što su sile savijanja, uvijanje i sl. Prekidna jačina u čvoru je jako važna i obavezno se ispituje kod hirurških konaca jer se prilikom šivenja tkiva i drugih hirurških intervencija formira čvor, koji treba da je siguran i da zadrži jačinu u toku određenog vremena.

Prekidna jačina netretiranog uzorka neresorptivnog konca (uzorak N) u čvoru iznosi 23,1 N, što je približno 54% jačine istog konca bez čvora (42,6 N), dok prekidna jačina netretiranog uzorka resorptivnog konca (uzorak R) u čvoru iznosi 48,0 N, što je približno 62% jačine istog konca bez čvora (77,8 N). Nakon 7 dana tretmana vodonik-peroksidom dolazi do blagog pada prekidne jačine ispitivanih hirurških konaca, ali su svi dobijeni rezultati zadovoljavajući, odnosno veći od minimalnih vrijednosti propisanih Evropskom farmakopejom 8.0.

Prikazani rezultati pokazuju da je prekidna jačina resorptivnog hirurškog konca (uzorak R) značajno veća (približno 80 – 84% bez čvora i 98 – 120% u čvoru) u odnosu na neresorptivni (uzorak N) zbog toga što tokom vremena jačina neresorptivnog konca praktično ostaje nepromijenjena, dok je jedna od osnovnih karakteristika resorptivnog konca brza ili spora resorpcija praćena smanjenjem jačine. Dobijeni rezultati, takođe, ukazuju da se radi o spororesorptivnom hirurškom koncu čija resorpcija se dešava sporo uz postepeni pad jačine. Ovo je veoma bitno za kritični period zarastanja rane kada šav treba da pruži podršku zarastanju i spriječi razdvajanje ivica rane.

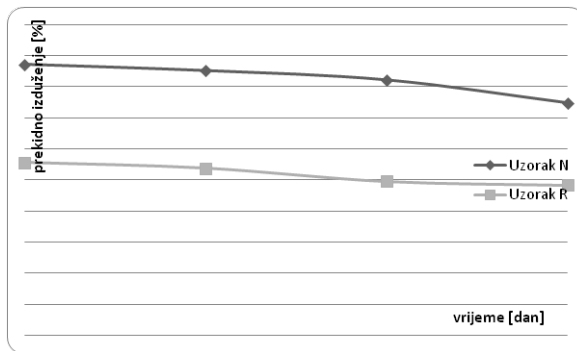
Rezultati ispitivanja prekidnog izduženja uzoraka resorptivnog i neresorptivnog hirurškog konca bez čvora i u čvoru prikazani su u Tabeli 3. i na Slici 3.

Prekidno izduženje bez čvora je veće u odnosu na prekidno izduženje u čvoru za obe vrste konaca jer čvor na određeni način stabilizuje strukturu konca i utiče na smanjenje stepena izduženja prilikom djelovanja sile zatezanja. Takođe, prekidno izduženje neresorptivnog konca bez čvora i u čvoru je veće u odnosu na resorptivni konac. Prekidno izduženje pokazuje neznatan pad nakon tretmana vodonik-peroksidom, izuzev uzorka neresorptivnog konca u čvoru kod koga se prekidno izduženje blago povećava, što može biti povezano sa vezanjem čvora, odnosno „klizanjem“ niti, budući da se radi o monofilamentu.

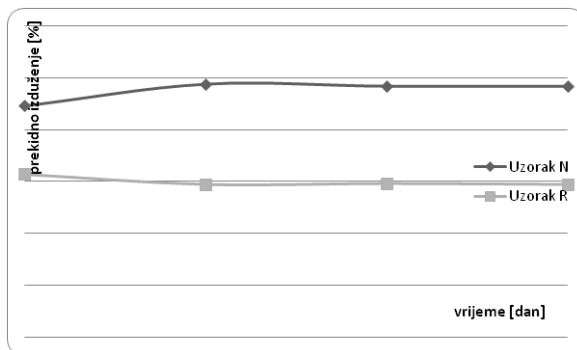


Tabela 3. Rezultati ispitivanja prekidnog izduženja ispitivanih hirurških konaca

Oznaka uzorka	Prekidno izduženje bez čvora [%]				Prekidno izduženje u čvoru [%]			
	Netretiran	Nakon 3 dana	Nakon 5 dana	Nakon 7 dana	Netretiran	Nakon 3 dana	Nakon 5 dana	Nakon 7 dana
Uzorak N	43,6	42,6	41,1	37,4	22,4	24,4	24,2	24,2
Uzorak R	27,8	26,9	24,8	24,2	15,7	14,7	14,9	14,7



a)



b)

Slika 3. Grafički prikaz zavisnosti prekidnog izduženja ispitivanog hirurškog konca od vremena odnosno broja tretmana vodonik- peroksidom: a) bez čvora, b) u čvoru

## Zaključak

Rezultati su pokazali da tretman vodonik-peroksidom jednom dnevno u toku 7 dana ne dovodi do značajnog smanjenja prekidne jačine ispitivanih uzoraka resorptivnog Polysorb<sup>TM</sup> i neresorptivnog Ethilon\* hirurškog konca. Izmjerene vrijednosti prekidne jačine obe vrste konaca ispunjavaju zahtjeve propisane Evropskom farmakopejom 8.0. Međutim, prilikom tretmana rane različitim sredstvima potrebno je imati na umu da ona istovremeno mogu da utiču na smanjenje prekidne jačine hirurškog konca i oslabe ga tokom kritičnog perioda zarastanja rane, što može da ima negativan uticaj na brzinu zarastanja rane.

## Literatura

- Ačanski, A.(2016): *Vučna čvrstoća različitih šivaćih materijala aplikovanih u zid želudca-in vitro*, Diplomski-master rad, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu. Novi Sad.
- Dragović M. (2018): *Uticaj različitih vrsta hirurških konaca i stepena njihove kolonizacije mikroorganizama na zarastanje hirurških rana u usnoj duplji*, Doktorska disertacija, Stomatološki fakultet Univerziteta u Beogradu. Beograd.
- European Pharmacopoeia 8.0*; Sutures, sterile synthetic absorbable braided; Sutures, sterile non-absorbable.
- Fossum, T. (2013): *Small animal surgery*, 4<sup>th</sup> edition, Mosby, Elsevier.
- Kreszinger, M. (2008): *Materijali za šivanje*, Veterinarski fakultet Univerziteta u Zagrebu, Zagreb.
- Matičić, D., i Vnuk, D. (2010): *Veterinarska kirurgija i anesteziologija*, Medicinska naklada, Zagreb.
- Paunović, M. (2013): *Uticaj primenjene tehnike i vrste šavnog materijala na nastanak dehiscencije laparotomije*, Doktorska disertacija, Medicinski fakultet Univerziteta u Nišu, Niš.

# INFLUENCE OF HYDROGEN PEROXIDE TREATMENT ON TENSILE STRENGTH OF SURGICAL SUTURE

Milica Batar

*Faculty of Technology  
University of Banja Luka  
milica8258@gmail.com*

## Abstract

Surgical sutures are widely used in different fields of surgery. A very important characteristic of surgical sutures is tensile strength which can be reduced due to the use of various wound care products after tissue suturing. Decrease in tensile strength of surgical sutures can have a negative impact on the rate of wound healing. The aim of this paper was to determine the change in tensile strength of absorbable Polysorb™ and non-absorbable Ethilon\* surgical suture in cases with and without a knot, after the treatment with a 3% hydrogen peroxide, which is often used as an antiseptic in medicine. The results showed that hydrogen peroxide treatment leads to a slight decrease in tensile strength of the tested samples, which is more apparent in samples of the resorptive surgical suture. However, the obtained breaking strength values satisfy the requirements of European Pharmacopoeia 8.0.

***Key words:*** *surgical suture, hydrogen peroxide, tensile strength*

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна и универзитетска библиотека  
Републике Српске, Бања Лука

62(082)

66(082)

НАУЧНО-стручна конференција Студенти у сусрет науци (11 ; 2018 ;  
Бања Лука)

Inženjerstvo i tehnologija : zbornik radova / 11. Naučno-stručna  
konferencija Studenti u susret nauci - StES 2018, Banja Luka 2018. =  
Engineering and technology : Proceedings / 11th scientific conference  
Students encountering science - StES 2018 ; [urednici Marko Koprena,  
Vladimir Mlinarević]. - Banja Luka : Univerzitet u Banjoj Luci, 2018  
(Banja Luka : Komesgrafika). - 67 str. : ilustr. ; 21 cm

Tekst ćir. i lat. - Tiraž 50. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-99976-764-3-6

COBISS.RS-ID 7965720