

ISSN 2637-2266 (Print)  
ISSN 2637-2274 (Online)

16. Naučno-stručni skup  
**Studenti u susret nauci – StES 2023**

**ZBORNIK RADOVA**

**Inženjerstvo i tehnologija**

---

16<sup>th</sup> scientific conference  
**Students encountering science – StES 2023**

**PROCEEDINGS**

**Engineering and Technology**

Banja Luka  
2023.

Izdavači:  
Univerzitet u Banjoj Luci,  
Studentski parlament Univerziteta u Banjoj Luci

Za izdavača:  
Prof. dr Aleksandar Ostojić  
Andrej Ševa

Urednik:  
Dragan Milivojša

Lektor za srpski jezik:  
Aleksandra Savić

Lektor za engleski jezik:  
Milica Guzijan

Štampa:  
Mikro print s. p. Banja Luka

Tiraž: 25

Naučni odbor:  
Prof. dr Aleksandar Ostojić, prof. dr Milica Balaban, prof. dr Đorđe Savić,  
prof. dr Dragan Gligorić, prof. dr Zorana Kovačević, prof. dr Milenko Krajišnik,  
prof. dr Pero Sailović, prof. dr Vlade Simović, prof. dr Nenad Ponorac,  
prof. dr Aleksandra Petrašević, prof. dr Srđan Dušanić.

Recenzenti:  
Prof. dr Milenko Stanković, redovni profesor; prof. dr Saša Čvoro, vanredni profesor;  
prof. dr Rada Petrović, redovni profesor; doc. dr Draženka Bjelić,  
prof. dr Pero Dugić, redovni profesor; doc. dr Pero Sailović,  
prof. dr Ljiljana Topalić Trivunović, redovni profesor;  
prof. dr Aleksandar Savić, vanredni profesor;  
doc. dr Andelko Cumbo

## SADRŽAJ

### RADOVI:

|   |    |
|---|----|
| DOROTEA VUČIĆ, POVEZANOST DEMOGRAFSKIH I EKONOMSKIH OSOBINA<br>GRADOVA SA TRENDOM GRADNJE NEBODERA .....                        | 7  |
| ĐORĐE SAMARDŽIĆ, Neven Janjić, REGENERACIJA NIKLA IZ OTPADNIH VODA<br>ŠTEDNOG ISPIRANJA U PROCESU NIKLOVANJA.....               | 21 |
| EHSAN KIANA, EVALUATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF<br>LIGHTWEIGHT CONCRETE FOR A HYDROELECTRIC POWER STATION..... | 33 |

### APSTRAKTI:

|   |    |
|---|----|
| AJLA MANDALOVIĆ, MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA MAŠINSKOG UČENJA U HE-<br>MIJSKOM INŽENJERSTVU.....  | 41 |
| MEDINA HERAK, Asja Muharemović, BIOINFORMATIKA I KOMPJUTERSKI ALATI<br>ZA PROUČAVANJE RAZGRADNJE PLASTIKE OD STRANE MIKROORGANIZAMA ..... | 43 |



RADOVI



## POVEZANOST DEMOGRAFSKIH I EKONOMSKIH OSOBINA GRADOVA SA TRENDOM GRADNJE NEBODERA

**Autor:** DOROTEA VUČIĆ

**e-mail:** dorotea.vucic@student.aggf.unibl.org

**Mentor:** Prof. dr Snježana Maksimović

Katedra za geotehniku, saobraćajnice, organizaciju i tehnologiju građenja  
Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

**Uvod:** U ovom radu prikupljeni su podaci za 62 grada o broju zgrada viših od 150 metara i 300 metara, te podaci o broju stanovnika i gustini naseljenosti gradova, BDP-u, PPP-u, i indeksu demokratije države. Zgrade više od 150 m nazivaju se neboderima, a više od 300 m smatraju se supervisokim neboderima. Pretpostavka ispitivanja je da veće stanovništvo, veća gustina naseljenosti, veći BDP i PPP po glavi stanovnika pozitivno utiču na gradnju visokih zgrada.

**Cilj:** Istraživanje nastoji da se analizom sakupljenih podataka dobije jasnija slika o osobinama gradova u kojima je prisutan trend izgradnje nebodera, te ispita koji su elementi i u kojoj mjeri povezani sa rastom broja visokih zgrada.

**Materijal i metode:** Svi podaci obrađivani su u programu *IBM SPSS Statistics*. Deskriptivnom statistikom opisane su vrijednosti varijabli, dvovarijantnom korelacijom i linearном regresijom ispitana je njihova povezanost, a One-way ANOVA testom i Fišerovim LSD testom ispitano je postoji li statistički značajna razlika između kontinenata.

**Rezultati:** Pokazano je da postoji statistički značajna razlika između broja nebodera na različitim kontinentima, i da najviše odstupaju Sjeverna Amerika i Azija. Ispitivanje bivarijantne korelacije pokazalo je statistički značajnu pozitivnu korelaciju između broja zgrada viših od 150 m i broja stanovnika, BDP-a i PPP-a, između broja zgrada viših od 300 m i BDP-a te statistički značajnu negativnu korelaciju između zgrada viših od 300 m i indeksa demokratije.

**Zaključak:** Sa rastom BDP-a može se očekivati porast trenda gradnje nebodera i težnja ka izgradnji supervisokog nebodera. Rast broja stanovnika može biti znak za rast trenda gradnje nebodera ali ne i za izgradnju supervisokog nebodera. Nije pokazano da rast gustine naseljenosti utiče na rast gradnje nebodera. Gradnja supervisokih nebodera popularnija je u državama sa lošijim kvalitetom demokratije. Trend gradnje nebodera nije isti na svim kontinentima.

**Ključne riječi:** Neboderi; gradnja; gradovi; IBM SPSS.

### Uvod

Iako su se prvi neboderi počeli graditi tek početkom 20. vijeka u Sjevernoj Americi, danas su oni upečatljivi elementi horizonta mnogih gradova širom svijeta. Nakon Drugog svjetskog rata gradnja nebodera značajno raste u Sjevernoj Americi, a sedamdesetih i osamdesetih godina sustizuje gradovi u Aziji. Ovaj period obilježava napredak tehnologije građenja, ali i ekonomske i demografske promjene u urbanim sredinama. One su ujedno i fokus ovog rada. Ovaj rad bavi se statističkom analizom podataka o broju zgrada iznad određene visine, u izabranim gradovima na svim naseljenim kontinentima, kao i analizom njihove povezanosti sa različitim demografskim i ekonomskim elementima tih gradova. Prikupljeni su, za 62 grada (Prilog 1: Lista gradova) podaci o broju zgrada viših od 150 metara i 300 metara, te podaci o broju stanovnika i gustini naseljenosti gradova,

bruto domaćem proizvodu države (BDP) u kojoj se grad nalazi, paritetu kupovne moći po stanovniku (PPP), i indeksu demokratije države (ID). Zgrade više od 150 m nazivaju se neboderima, a zgrade više od 300 m smatraju se supervisokim zgradama ili supervisokim neboderima [1] [2].

## Prilog 1

Lista gradova analiziranih u ispitivanju:

Hong Kong, Šenzen, Njujork, Dubai, Šangaj, Guangdžou, Tokio, Kuala Lampur, Čikago, Bangkok, Mumbai, Seul, Toronto, Nanking, Melburn, Panama Siti, Peking, Majami, Istanbul, Doha, Moskva, Abu Dabi, Sidni, Hjuston, Makau, London, Meksiko Siti, Rijad, Pariz, Ho Ši Min Siti, Nju Delhi, Frankfurt, Sao Paulo, Hanoi, Buenos Aires, Bogota, Varšava, Kolkata, Manila, Astana, Karači, Monterej, Madrid, Johanesburg, Čangdžou, Nairobi, Rio de Žaneiro, Dar es Salam, Daka, Barselona, Santijago de Čile, Sankt Petersburg, Lagos, Kazablanka, Kairo, Tihuana, Kinšasa, Lima, Luanda, Belo Horizonte, Aleksandrija, Rim.

Gradovi u uzorku birani su zbog značajnog broja visokih zgrada, ili zbog značajne veličine gradske populacije na osnovu koje bi se očekivao veći broj visokih zgrada. Većina podataka je prikupljena sa veb-sajta „Skyscraper center” nevladine organizacije Savjet za Visoke Zgrade i Urbana Staništa (CTBUH – *Council on Tall Buildings and Urban Habitat*) [3]. Istraživanje prati dvije varijable koje posebno opisuju broj zgrada visine preko 150 i 300 metara, kako bi rezultati bili precizniji, ne zaviseći samo od broja zgrada, nego i od samih visina koje zgrade dostižu. Kreirana je i varijabla koja gradove dijeli po kontinentima, bilježeći za svaki grad numeričku vrijednost od 1 do 6, od kojih vrijednost 1 predstavlja Aziju, 2 Evropu, 3 Sjevernu Ameriku, 4 Južnu i Centralnu Ameriku, 5 Afriku, i 6 Australiju.

Varijable za broj stanovnika i gustinu naseljenosti [ $\text{st}/\text{km}^2$ ] imaju drugačije podatke u zavisnosti od načina mjerena broja stanovnika. Postoje tri načina za mjerjenje broja stanovnika u većim gradovima: „Pravo gradsko stanovništvo” ili „*City proper*”, urbano stanovništvo i metro stanovništvo. U različitim gradovima ova tri načina mjerjenja mogu značiti različite stvari. U većini gradova pravo gradsko stanovništvo izostavlja stanovništvo u predgrađima, dok ga urbano uključuje. Metro stanovništvo može uključivati i stanovnike okolnih opština. U ovom radu za broj stanovnika uzet je broj urbanog stanovništva, jer se smatra da ono najbolje opisuje koncentraciju gradske aktivnosti, zbog toga što, iako stanovništvo iz predgrađa ne stanuje u samom gradu, ono svaki dan migrira u grad i zauzima gradski prostor. Ako je u nekom gradu zabilježena veća urbana populacija od metro populacije, kao podatak u radu zabilježen je broj metro populacije. Ova fleksibilnost u prikupljanju podataka posljedica je nedosljednosti definicije urbanog stanovništva. Podaci o gustinama naseljenosti takođe opisuju gustinu naseljenosti stanovništva na urbanom području. Pretpostavka je da veće stanovništvo i veća gustina naseljenosti pozitivno utiču na gradnju visokih zgrada, zbog prilagođavanja manjem prostoru [4].

Varijable koje opisuju ekonomsko stanje gradova su BDP države kojoj grad pripada, izražen u bilionima dolara, i PPP izražen u dolarima. Očekivano je da su države sa boljim ekonomskim stanjem u većoj mogućnosti da izdvoje novac za izgradnju nebodera, ili svojim tržistem privuku privatne investitore. Posljednja varijabla koja je mjerena je ID države kojoj pripada grad. Kao što su se dešavale promjene u demografiji i ekonomiji, tako su se u многим državama dešavale promjene u politici i načinu vladavine, pa se u ovom radu ispitivalo da li postoji povezanost između toga i trenda gradnje nebodera. Indeks demokratije izabran je kao mjerilo vrijednosti za ovu varijablu, jer se centralno bavi poli-

tičkim institucijama i slobodama. Indeks demokratije je indeks koji je sastavio istraživački odsjek kompanije koja izdaje nedeljne novine *The Economist*. Zasniva se na 60 indikatora koji mjere građanske slobode i političku kulturu u državama. Pored numeričke ocjene i rangiranja, indeks kategorise svaku zemlju u jedan od četiri tipa režima: pune demokratije (8,01 – 10,00), demokratije sa nedostatkom (6,01 – 8,00), hibridni režimi (4,01 – 6,00) i autoritarni režimi (0,00 – 4,00) [5].

Cilj istraživanja je da se statističkom analizom sakupljenih podataka dobije jasnija slika o osobinama gradova u kojima je prisutan trend izgradnje visokih nebodera, te ispitaju koji elementi i u kojoj mjeri su povezani sa rastom broja visokih zgrada.

## Materijali i metode

Svi podaci obrađeni su u programu *IBM SPSS Statistics*. Deskriptivnom statistikom opisane su vrijednosti varijabli, dvovarijantnom korelacijom i linearnom regresijom ispitana je njihova povezanost, a *One-way ANOVA* (Analiza varianse) testom ispitano je da li postoji statistički značajna razlika između srednjih vrijednosti više od dva uzorka.

Korelacija se odnosi na statističko merenje koje određuje odnos između dve varijable. Ona prikazuje stepen do kojeg su varijable povezane – da li promjena vrijednosti jedne varijable utiče na promjenu vrijednosti druge. Analiza korelacije između dvije varijable uzorka kao rezultat daje vrijednost između -1 i 1. Ako je vrijednost manja od 0, povezanost je negativna, što znači da je sa većom vrijednošću jedne varijable vrijednost druge manja [6].

Linearna regresija u ovom radu predstavljena je grafikom *Simple Scatter with Fit Line Plot*. Jednostavna linearna regresija za bivarijantan uzorak ( $x, y$ ) pretpostavlja da je vrijednost  $x$  slučajna i da je vrijednost  $y$  realizacija slučajne promjenljive  $x$ . *Scatter* dijagram pokazuje da li vrijednost varijable  $y$  zavisi od vrijednosti nezavisne varijable  $x$ . Razlika između korelacije i linearne regresije je to što korelacija vraća numeričku vrijednost koja prikazuje odnos između postojećih promjenljivih, a linearna regresija nastoji da predviđa vrijednost slučajne promjenljive u zavisnosti od vrijednosti fiksne promjenljive [6] [7].

*One-way ANOVA* test analizom varijansi između varijabli dva ili više uzorka, pokazuje da li postoji statistički značajna razlika između testiranih varijabli u populaciji. Test kojim se mogu porebiti srednje vrijednosti dva uzorka da bi se otkrilo da li postoji statistički značajna razlika između njihovih populacija je popularan T-test, međutim za poređenje više od dva uzorka pouzdaniji je ANOVA test, zbog čega je izabran u ovom istraživanju. ANOVA test upoređuje srednje vrijednosti u uzorku, i testira da li su razlike između srednjih vrijednosti slučajna karakteristika uzorka, ili će razlike između srednjih vrijednosti biti slične i izborom drugog uzorka, odnosno da li dobro opisuju čitavu populaciju. *One-way* se takođe naziva jednofaktorska analiza varianse jer postoji samo jedna nezavisna varijabla ili faktor. ANOVA kao rezultat daje vrijednost  $p$  koja ima raspon od 0 do 1. Ako je dobijena vrijednost manja 0,05, postoji značajna statistička razlika između nekih od analiziranih uzorka. U tom slučaju, vrši se jedan od testova višestrukih upoređenja, Fišerov test najmanje značajne razlike (*LSD – Least Significant Difference*), koji pokazuje specifično između kojih uzoraka je došlo do značajne statističke razlike [8].

U ispitivanju analiziran je uzorak od 62 grada, sa 6 kontinenata. Zbog mnogoljudnosti Azije izabran je veći broj gradova sa tog kontinenta u odnosu na ostale. Pomoću deskriptivne statistike mјeren je broj gradova u uzorku koji pripada svakom kontinentu, odnosno koliki procenat uzorka pripada svakom od 6 kontinenata. Pomoću grafikona *Pie-Chart*, to jeste „kolačića”, dobijen je prikaz kom kontinentu pripada ukupno koliko zgrada određene visine iz uzorka. U ispitivanju je putem ANOVA testa izvršeno poređenje uzoraka gradova sa 6 kontinenata, prema prosječnom broju zgrada viših od 150 i 300 metara. Prepostavka

ANOVA testa nisu jednake veličine uzoraka, ali svakako treba uzeti u obzir da su zbog nejednakosti u veličinama uzoraka rezultati manje precizni.

Opcijom *Visual Binning* raspoređene su vrijednosti varijabli za broj zgrada viših od 150 m i broj zgrada viših od 300 m u razrede. Broj zgrada preko 150 m raspoređen je u 8 grupa, s lijeva zatvorenih intervala; u prvu grupu spadaju gradovi koji imaju između 0 i 5 zgrada viših od 150 m, a u drugi između 5 i 20; interval broja zgrada u svakoj grupi naveden je kao naziv grupe. Na isti način podijeljene su frekvencije varijable broja zgrada viših od 300 m u 6 grupa. Grafikonom *Line-Chart* vizuelno su prikazani procenti frekvencija. Pomoću grafikona *Bar-Chart* upoređene se prosječne vrijednosti indeksa demokratije sa frekvencijama podijeljenim u razrede. Ovaj grafikon na x-osi prikazuje podijeljene frekvencije jedne varijable, a na y-osi prikazuje brojeve koji odgovaraju prosječnim vrijednostima jedne ili više varijabli u okviru grupisanih frekvencija na x-osi.

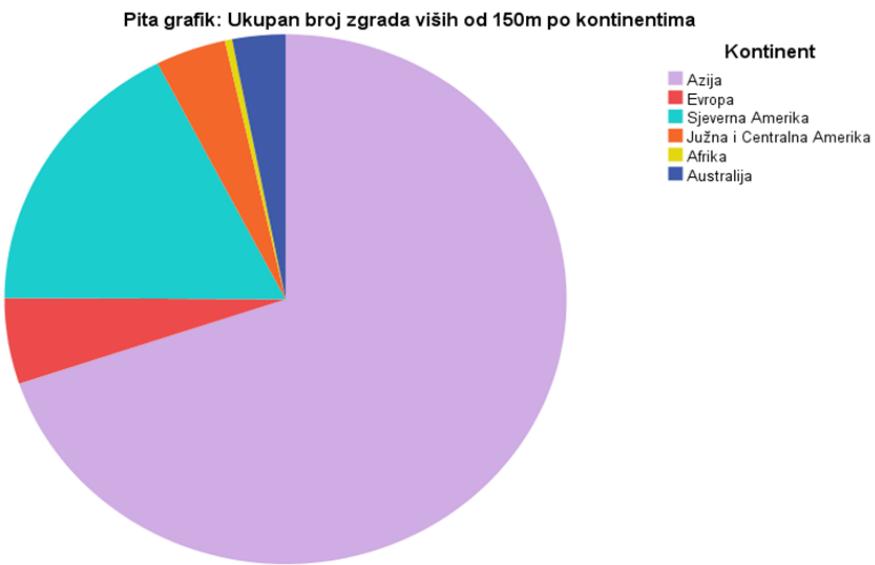
Bivarijantnom korelacijom ispitana je povezanost između broja nebodera i superviso-kih nebodera sa brojem stanovnika, gustinom naseljenosti, BDP-om, PPP-om i ID-om. Izvršena je linearna regresija sa gustinom naseljenosti kao nezavisnom varijablom i brojem nebodera kao zavisnom varijablom za dva uzorka: uzorak svih gradova, i uzorak gradova koji imaju barem jednu zgradu višu od 300 m.

## Rezultati

Broj gradova koji pripadaju svakom kontinentu, kao i procenat koji svaki kontinent zauzima u uzorku, prikazan je u tabeli 1, a vizuelna reprezentacija ovog podatka prikazana je grafikonom 1 i grafikonom 2.

Tabela 1. Kontinenti i pripadajući broj gradova u uzorku

|       | Frequency                 | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|---------------------------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | Azija                     | 25      | 40,3          | 40,3               |
|       | Evropa                    | 10      | 16,1          | 56,5               |
|       | Sjeverna Amerika          | 5       | 8,1           | 64,5               |
|       | Južna i Centralna Amerika | 11      | 17,7          | 82,3               |
|       | Afrika                    | 9       | 14,5          | 96,8               |
|       | Australija                | 2       | 3,2           | 100,0              |
|       | Total                     | 62      | 100,0         | 100,0              |



Grafik 1. Ukupan broj zgrada viših od 150 m po kontinentima

Za preciznije poređenje kontinenata po broju nebodera izvršen je *One-way ANOVA* test. U tabeli 2 zbog p vrijednosti od 0,013 može se vidjeti da postoji statistički značajna razlika između kontinenata prema broju zgrada viših od 150 metara. Naknadnim Fišerovim LSD testom pokazano je da statistički značajna razlika postoji između:

Azije i Južne i Centralne Amerike ( $p = 0,011$ ),

Azije i Afrike ( $p = 0,007$ ),

Azije i Evrope ( $p = 0,020$ ),

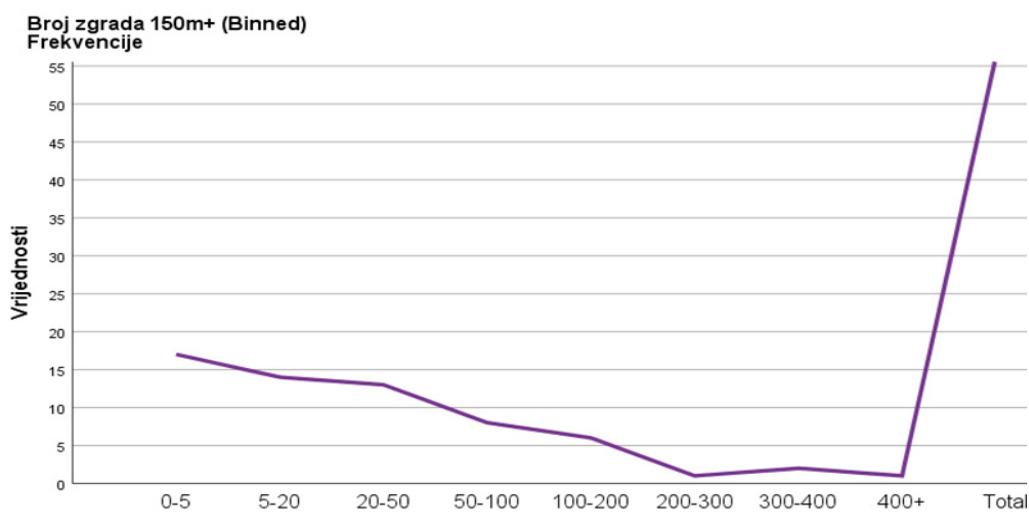
Evrope i Sjeverne Amerike ( $p = 0,038$ )

Sjeverne Amerike i Južne i Centralne Amerike ( $p = 0,027$ )

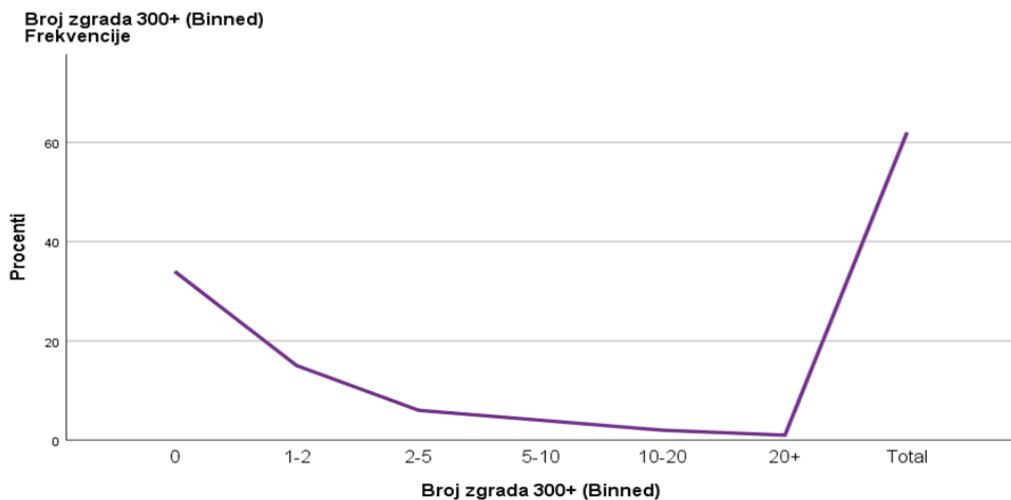
Sjeverne Amerike i Afrike ( $p = 0,019$ )



Grafik 2. Ukupan broj zgrada viših od 300 m po kontinentima



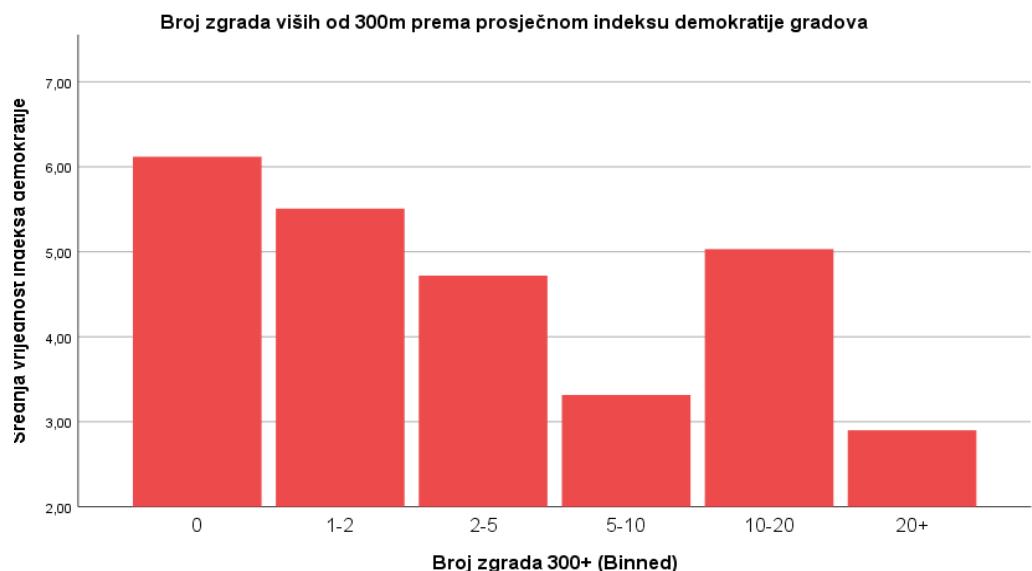
Grafik 3. Procenti gradova po broju zgrada viših od 150 m



Grafik 4. Procenti gradova po broju zgrada viših od 300 m



Grafik 5. Vrijednosti ID prema broju zgrada viših od 150 m



Grafik 6. Vrijednosti ID prema broju zgrada viših od 300 m

Tabela 2. Rezultati ANOVA testa prema broju zgrada viših od 150 m

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| Between Groups | 131625,323     | 5  | 26325,065   | 3,190 | ,013 |
| Within Groups  | 462093,596     | 56 | 8251,671    |       |      |
| Total          | 593718,919     | 61 |             |       |      |

Nije pronađena statistički značajna razlika između Australije i bilo kog drugog kontinenta, što možemo pripisati veoma malom uzorku gradova iz Australije.

Rezultati iz tabele 3 govore da nema statistički značajne razlike u broju zgrada viših od 300 metara između kontinenata. Međutim, Fišerov LSD test pokazao je da postoji statistički značajna razlika između Azije i Afrike ( $p = 0,037$ ) i Južne i Centralne Amerike i Azije ( $p = 0,033$ ).

Tabela 3. Rezultati ANOVA testa prema broju zgrada viših od 300 m

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| Between Groups | 195,413        | 5  | 39,083      | 1,908 | ,107 |
| Within Groups  | 1146,796       | 56 | 20,479      |       |      |
| Total          | 1342,210       | 61 |             |       |      |

Posmatrajući čitav uzorak kao cjelinu, bez podjele na kontinente, na grafikonima 3 i 4 prikazani su procenti uzorka prema broju nebodera. Na oba grafika se procenat uzorka smanjuje sa većim brojem nebodera. Preko 30% gradova u uzorku nema nijednu zgradu visine veće od 300 m.

Grafikoni 5 i 6 putem *Bar-Chart* vizuelno pokazuju prosječan indeks demokratije za gradove raspodijeljene u razrede prema broju nebodera. Indeks demokratije, kad je u pitanju podjela gradova po broju zgrada viših od 150 m, nalazi se između 5,00 i 6,00 za većinu razreda. Za vrijednosti između 200 i 300 zgrada dolazi do naglog pada, do ispod indeksa od 3,00. Ovo se može pripisati tome što u ovu grupu frekvencija spada samo Dubai, sa indeksom demokratije od 2,90. Kada je u pitanju broj zgrada viših od 300 m, najveći indeks demokratije imaju gradovi koji nemaju ni jednu zgradu sa visinom preko 300 m, i sa porastom broja zgrada indeks opada. Skok ponovo vidimo u jednoj grupi – u grupi frekvencija između 10 i 20. Razlog do kog dolazi od ovog skoka ponovo je Njujork, kom pripada indeks demokratije od 7,85.

Rezultati bivarijantne korelacijske analize između broja nebodera i supervisokih nebodera i broja stanovnika dati su u tabelama 4 i 5. Vrijednost  $p = 0,050$  iz tabele 4 govori o tome da postoji statistički značajna korelacija između broja nebodera i broja stanovnika, međutim isto ne važi za broj supervisokih nebodera, što se može zaključiti iz vrijednosti  $p = 0,119$  iz tabele 5.

Tabela 4. Korelacija između broja zgrada viših od 150 m i broja stanovnika

|                   |                      | Broj zgrada 150m+ | Broj stanovnika |
|-------------------|----------------------|-------------------|-----------------|
| Broj zgrada 150m+ | Pearson Correlation. | 1                 | ,251*           |
|                   | Sig. (2-tailed)      |                   | ,050            |
|                   | N                    | 62                | 62              |
| Broj stanovnika   | Pearson Correlation  | ,251*             | 1               |
|                   | Sig. (2-tailed)      | ,050              |                 |
|                   | N                    | 62                | 62              |

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Tabela 5. Korelacija između broja zgrada viših od 300 m i broja stanovnika

|                  |                     | Broj zgrada 300+ | Broj stanovnika |
|------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| Broj zgrada 300+ | Pearson Correlation | 1                | ,200            |
|                  | Sig. (2-tailed)     |                  | ,119            |
|                  | N                   | 62               | 62              |
| Broj stanovnika  | Pearson Correlation | ,200             | 1               |
|                  | Sig. (2-tailed)     | ,119             |                 |
|                  | N                   | 62               | 62              |

Rezultati korelacije sa gustinom naseljenosti dati su u tabelama 6 i 7, čije p-vrijednosti iznose  $p = 0,709$  i  $p = 0,590$ , tim redom. Interesantno je da su Pirsonovi koeficijenti korelacije negativni, ali svakako zbog p-vrijednosti statistički neznačajni.

Tabela 6. Korelacija između broja zgrada viših od 150 m i gustine naseljenosti

|                               | Broj zgrada<br>150m+ | Gustina naseljenosti<br>[st/km2] |
|-------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| Broj zgrada 150m+             | Pearson Correlation  | 1                                |
|                               | Sig. (2-tailed)      | ,709                             |
|                               | N                    | 62                               |
| Gustina naseljenosti [st/km2] | Pearson Correlation  | -,048                            |
|                               | Sig. (2-tailed)      | ,709                             |
|                               | N                    | 62                               |

Tabela 7. Korelacija između broja zgrada viših od 300 m i gustine naseljenosti

|                               | Broj zgrada<br>300+ | Gustina naseljenosti<br>[st/km2] |
|-------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Broj zgrada 300+              | Pearson Correlation | 1                                |
|                               | Sig. (2-tailed)     | ,590                             |
|                               | N                   | 62                               |
| Gustina naseljenosti [st/km2] | Pearson Correlation | -,070                            |
|                               | Sig. (2-tailed)     | ,590                             |
|                               | N                   | 62                               |

Rezultati korelacije između broja zgrada viših od 150 m sa BDP-om države i PPP-om po glavi stanovnika pokazali su se statistički značajnim, sa pozitivnim Pirsonovim koeficijentom korelacije. Rezultati su prikazani u tabelama 8 i 10. U tabeli 9 prikazani su rezultati za korelaciju između BDP-a i broja zgrada viših od 300 m, koji pokazuju vrijednost  $p = 0,005$  i vrijednost Pirsonovog koeficijenta korelacije od 0,349, koji u ovom ispitivanju predstavlja najviše statistički značajan rezultat. Povezanost sa PPP-om, međutim, nije statistički značajna, što vidimo iz tabele 11.

Korelacija između vrijednosti indeksa demokratije i broja nebodera pokazala se statistički značajnom samo za broj supervisokih nebodera, sa negativnim Pirsonovim koeficijentom korelacije koji se može vidjeti u tabeli 12. Ovo znači da se gradovi sa većim brojem supervisokih nebodera češće nalaze u državama sa nižom vrijednosti indeksa demokratije.

Tabela 8. Korelacija između broja zgrada viših od 150 m i BDP-a

|                   |                     | Broj zgrada 150m+ | BDP (bilioni) |
|-------------------|---------------------|-------------------|---------------|
| Broj zgrada 150m+ | Pearson Correlation | 1                 | ,362**        |
|                   | Sig. (2-tailed)     |                   | ,004          |
|                   | N                   | 62                | 62            |
| BDP (bilioni)     | Pearson Correlation | ,362**            | 1             |
|                   | Sig. (2-tailed)     | ,004              |               |
|                   | N                   | 62                | 62            |

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabela 9. Korelacija između broja zgrada viših od 300 m i BDP-a

|                  |                     | BDP (bilioni) | Broj zgrada<br>300+ |
|------------------|---------------------|---------------|---------------------|
| BDP (bilioni)    | Pearson Correlation | 1             | ,349**              |
|                  | Sig. (2-tailed)     |               | ,005                |
|                  | N                   | 62            | 62                  |
| Broj zgrada 300+ | Pearson Correlation | ,349**        | 1                   |
|                  | Sig. (2-tailed)     | ,005          |                     |
|                  | N                   | 62            | 62                  |

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabela 10. Korelacija između broja zgrada viših od 150 m i PPP-a

|                         |                     | Broj zgrada<br>150m+ | PPP po glavi<br>stanovnika |
|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------------|
| Broj zgrada 150m+       | Pearson Correlation | 1                    | ,279*                      |
|                         | Sig. (2-tailed)     |                      | ,028                       |
|                         | N                   | 62                   | 62                         |
| PPP po glavi stanovnika | Pearson Correlation | ,279*                | 1                          |
|                         | Sig. (2-tailed)     | ,028                 |                            |
|                         | N                   | 62                   | 62                         |

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Tabela 11. Korelacija između broja zgrada viših od 300 m i PPP-a

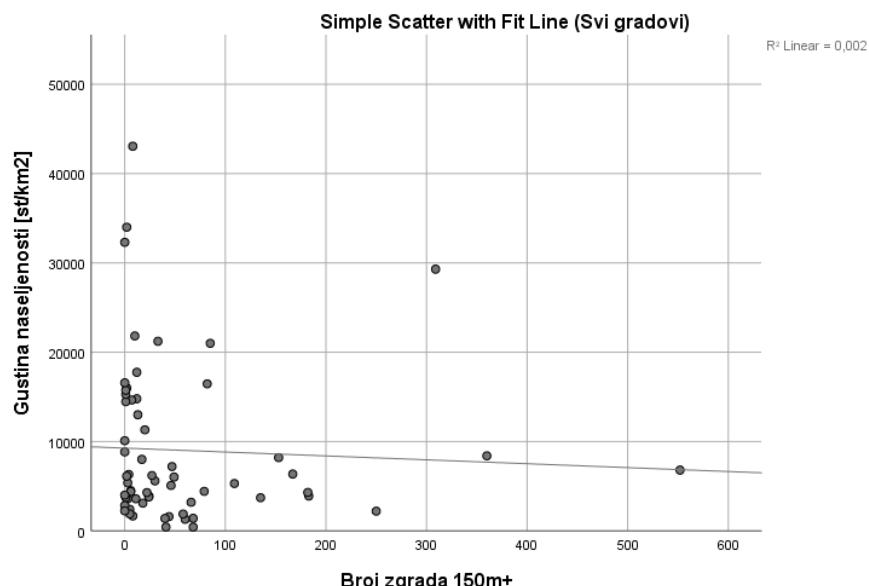
|                         |                     | Broj zgrada<br>300+ | PPP po glavi<br>stanovnika |
|-------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|
| Broj zgrada 300+        | Pearson Correlation | 1                   | ,247                       |
|                         | Sig. (2-tailed)     |                     | ,053                       |
|                         | N                   | 62                  | 62                         |
| PPP po glavi stanovnika | Pearson Correlation | ,247                | 1                          |
|                         | Sig. (2-tailed)     | ,053                |                            |
|                         | N                   | 62                  | 62                         |

Tabela 12. Korelacija između broja zgrada viših od 300 m i ID-a

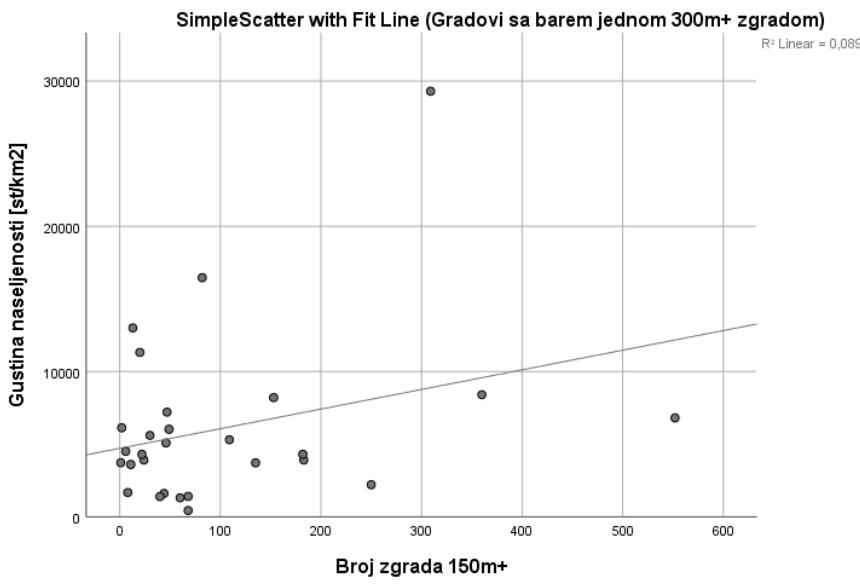
|                           | Broj zgrada<br>300+ (Binned) | Indeks demokratije |
|---------------------------|------------------------------|--------------------|
| Broj zgrada 300+ (Binned) | Pearson Correlation          | 1                  |
|                           | Sig. (2-tailed)              | ,008               |
|                           | N                            | 62                 |
| Indeks demokratije        | Pearson Correlation          | -,339**            |
|                           | Sig. (2-tailed)              | ,008               |
|                           | N                            | 61                 |

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Dobijeni rezultati na grafikonima 7 i 8 pokazuju da postoji razlika između veze broja nebodera sa gustinom naseljenosti u zavisnosti da li grad već ima jedan supervisoki neboder. Ovi rezultati nisu statistički značajni te se broj nebodera ne može predvidjeti rastom gustine naseljenosti, međutim pokazuju da to što rast gustine naseljenosti nije povezan sa rastom broja nebodera u čitavom uzorku ne znači da ne bi bio povezan da su ekonomski uslovi svih gradova jednaki i povoljni. Ovo ispitivanje nije pokazalo da je rast gustine naseljenosti značajan za trend gradnje nebodera.



Grafik 7. Linearna regresija gustine naseljenosti i broja nebodera za sve gradove



Grafik 8. Linearna regresija gustine naseljenosti i broja nebodera za gradove sa najmanje jednom zgradom visine preko 300 m

### Diskusija

Iz grafikona 1 i 2 vidimo da Aziji pripada ukupno najviše zgrada, što je i skladno broju gradova koji pripadaju Aziji. Međutim, vidimo da Afrika, iako iz uzorka ima 9 gradova, što je stavlja na 4. mjesto po broju gradova u uzorku, ima najmanje zgrada visine preko 150 metara, i čak nijednu zgradu višu od 300 metara. S druge strane vidimo da Australija, sa samo 2 grada u uzorku, po broju zgrada visine preko 150 metara parira Južnoj Americi, sa 11 gradova. Iz ovoga već možemo vidjeti da trend gradnje nebodera nije jednako prisutan na svim kontinentima. ANOVA testom ovo je potvrđeno i Fišerovim LSD testom pokazano da Azija i Sjeverna Amerika imaju najviše razlika sa drugim kontinentima.

Iz grafikona 4 može se zaključiti da gradovi koji imaju preko 100 zgrada viših od 150 metara pripadaju manjini uzorka.

Najinteresantnija je korelacija između zgrada visine preko 300 m i ID-a. U ispitivanju nije dobijena značajna korelacija između zgrada viših od 150 m i ID-a. Ipak koeficijenti korelacije jesu negativni. Uzimajući u obzir koeficijent korelacije sa zgradama preko 300 m, može se zaključiti da veza ID-a i visine zgrada postoji – države sa lošijim kvalitetom demokratije grade više visokih nebodera. Ovakvom rezultatu najviše doprinosi Dubai, sa velikim brojem nebodera, a ID-om od 2,90 i kineski gradovi sa ID-om od 2,21.

Najznačajnija pozitivna korelacija dobijena je između broja zgrada i ekonomskih elemenata, što je bilo u skladu sa očekivanjima istraživanja. Očekivanja ispitivanja bila su da gradnja nebodera prati rast broja stanovnika, međutim, to se nije pokazalo kao tačno za broj supervisokih nebodera. Linearna regresija je ispitana za dva uzorka iz razloga što svi gradovi nemaju ekonomsku mogućnost da grade nebodere. Zbog pozitivne povezanosti između broja supervisokih nebodera i ekonomskog položaja grada, postojanje najmanje jednog supervisokog nebodera izabrano je kao filter da bi se vidjelo da li se ista veza između gustine naseljenosti i broja nebodera nastavlja i kada u gradu sigurno postoji ekomska mogućnost gradnje nebodera.

## Zaključak

Ovo ispitivanje analiziralo je povezanost broja nebodera u velikim urbanim sredinama sa nekoliko ekonomskih i demografskih osobina tih sredina u cilju predviđanja trenda gradnje nebodera. Ustanovljena je jaka povezanost između broja nebodera i povoljnih ekonomskih faktora države zbog koje se sa rastom BDP-a može očekivati porast trenda gradnje nebodera i težnja ka izgradnji supervisokog nebodera. Ispitivanje je pokazalo da rast broja stanovnika može biti znak za rast trenda gradnje nebodera, ali ne i za izgradnju supervisokog nebodera. Međutim, nije pokazalo kako rast gustine naseljenosti utiče na broj nebodera. Pokazalo se da je gradnja supervisokih nebodera više popularna u državama sa lošijim kvalitetom demokratije. Pokazano je da trend gradnje nebodera nije isti na svim kontinentima, i da po broju nebodera značajno prednjači Azija.

## Literatura

- [1] <https://www.theb1m.com/video/what-is-a-skyscraper>, posjećeno 25.7. 2023.
- [2] <https://www.ctbuh.org/resource/height> , posjećeno 25.7.2023.
- [3] <https://www.skyscrapercenter.com/cities> , posjećeno 29. 2. 2023.
- [4] <https://education.nationalgeographic.org/resource/urban-area/> , posjećeno 27. 7. 2023.
- [5] Economist Intelligence, "Democracy Index 2022: Frontline democracy and the battle for Ukraine" Available: <https://pages.eiu.com/rs/753-RIQ-438/images/DI-final-version-report.pdf>
- [6] <https://keydifferences.com/difference-between-correlation-and-regression.html> , posjećeno 27. 7. 2023.
- [7] S. Maksimović, S. Jakšić (2020): Vjerovatnoća i statistika: teorijske osnove i rešeni primeri. Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet. Banja Luka.
- [8] G. A. Morgan, N. L. Leech, G. W. Gloeckner, K. C. Barrett (2011): IBM SPSS for Introductory Statistics: Use and Interpretation. Četvrto izdanje. Colorado State University.

# RELATIONSHIP BETWEEN ECONOMIC AND DEMOGRAPHIC FACTORS OF CITIES AND TREND OF SKYSCRAPER CONSTRUCTION

**Author:** DOROTEA VUČIĆ

**e-mail:** dorotea.vucic@student.aggf.unibl.org

**Mentor:** Full Prof. Snježana Maksimović

Department of Geotechnics, Roads, Organization, and Construction Technology

Faculty of Architecture, Geodesy, and Civil Engineering, University of Banja Luka

**Introduction:** In this paper, data was collected for 62 cities on the number of buildings taller than 150 meters and 300 meters, as well as the data on the number of inhabitants and population density of cities, GDP, PPP, and the country's democracy index. Buildings taller than 150 m are called skyscrapers, and buildings taller than 300 m are called super-tall skyscrapers. The assumption of the study is that higher population, higher population density, and higher GDP and PPP per capita have a positive effect on the construction of high-rise buildings.

**Aim:** The research aims to analyze the collected data to get a clearer picture of the characteristics of cities where there is a trend of building skyscrapers and to examine which elements, and to what extent, are associated with the growth of the number of high-rise buildings.

**Materials and Methods:** All data were processed in the IBM SPSS Statistics program. Descriptive statistics was used to describe the values of the variables; bivariate correlation and linear regression were used to examine their connection; and one-way ANOVA test and Fisher's LSD test were used to examine whether there is a statistically significant difference between the continents.

**Results:** It was shown that there is a statistically significant difference between the number of skyscrapers on different continents and that North America and Asia differ the most. The bivariate correlation test showed a statistically significant positive correlation between the number of buildings taller than 150 m and the number of inhabitants, GDP, and PPP and between the number of buildings taller than 300 m and GDP. It also showed a statistically significant negative correlation between buildings taller than 300 m and the democracy index.

**Conclusion:** With the growth of GDP, we can expect an increase in the trend of building skyscrapers and the tendency to build super-tall skyscrapers. The growth of the population may be a sign of the growth of the trend of skyscraper construction, but not for the construction of super-tall skyscrapers. It has not been shown that an increase in population density affects the increase in the construction of skyscrapers. The construction of super-tall skyscrapers is more popular in countries with a lower quality of democracy. The trend of building skyscrapers is not the same on all continents.

**Keywords:** skyscrapers; construction; cities; IBM SPS

# REGENERACIJA NIKLA IZ OTPADNIH VODA ŠTEDNOG ISPIRANJA U PROCESU NIKLOVANJA

**Autor:** ĐORĐE SAMARDŽIĆ, Neven Janjić

**e-mail:** djordjesamardzic@student.tf.unibl.org

**Mentor:** Asis. ma Tijana Đuričić, prof. dr Borislav Malinović

Katedra za hemijsko inženjerstvo

Tehnološki fakultet Univerziteta u Banjoj Luci

**Uvod:** Otpadne vode iz procesa galvanizacije mogu da sadrže teške metale i njihovo ispuštanje u okolinu može da ima posljedice po zdravlje ljudi i životnu sredinu. Ukoliko su koncentracije metala u otpadnoj vodi visoke, postoji mogućnost njegove regeneracije i ponovne upotrebe. U ovom istraživanju nikl je regenerisan postupkom elektrodepozicije (ED) iz otpadnih voda štednog ispiranja (VŠI) iz procesa niklovanja.

**Cilj:** Ispitati mogućnost regeneracije nikla iz VŠI i procesne parametre koji utiču na prinos regenerisanog nikla.

**Materijal i metode:** Hulova čelija je korišćena za određivanje optimalne gustine struje u procesu ED na različitim temperaturama. Eksperimenti su rađeni u šaržnom elektrohemijijskom reaktoru, koji sadrži tri anode i dvije katode. Korišćene su katode od mesinga (CuZn37) i anode od nerđajućeg čelika (EN 1.4301/AISI 304). Efikasnost ED nikla praćena je prirastom mase na katodi, te izračunavanjem iskorišćenja struje ( $\eta I$ ) i specifičnog utroška električne energije ( $W_{sp}$ ). Morfologija površina regenerisanog nikla analizirana je skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM), a hemijski sastav energetskom disperzionom X-ray analizom (EDX).

**Rezultati:** Rezultati su pokazali da je optimalna gustina struje na temperaturi od 20°C bila u opsegu od 0,4 – 3 A/dm<sup>2</sup>, te da povećanje temperature nema značajan uticaj na povećanje prinosu regenerisanog nikla. Za 20 minuta ED tretmana na katodi je regenerisano 1,0021 g /L, a specifični utrošak električne energije iznosio je 5,41 kWh/kg pri gustini struje od 2,7 A/dm<sup>2</sup>. SEM i EDX analize su pokazale da čistoća regenerisanog nikla opada sa produženjem vremena tretmana, te da nije moguća višestruka upotreba anode od nerđajućeg čelika zbog njene korozije i uticaja na kvalitet regenerisanog nikla.

**Zaključak:** Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je moguća regeneracija nikla iz VŠI, koje sadrže visoke koncentracije jona nikla, postupkom ED, te da na prinos i kvalitet regenerisanog nikla najveći uticaj imaju gustina struje i odabir odgovarajućeg elektrodnog materijala.

**Ključne riječi:** Elektrodepozicija; gustina struje; SEM; EDX.

## Uvod

Prevlake nikla imaju veoma široku primjenu u praksi. Razlog tome je osobina nikl prevlaka, a koje mogu biti od crnih, mat, polusjajnih pa do ogledalo sjajnih prevlaka. Najčešće se koriste u svrhu ukrašavanja, ali i za zaštitu od korozije. Prevlake nikla su manje ili više porozne i njihova poroznost zavisi od debljine prevlaka i uslova taloženja. Prevlake debljine od 1 do 3 µm su veoma porozne, a tek debljina od 30 µm i više čini ove prevlake neporoznim. Nikl se često primjenjuje kao međufaza u procesu dekorativnog hromiranja. Za niklovanje se upotrebljavaju kisela ili slabokisela kupatila, kao što je nikl najčešće se koristi nikl(II) hlorid. Osim soli nikla, koja daje jon nikla, kupatilo sadrži i razne dodatke.

Temperatura kupatila za niklovanje se kreće uglavnom preko 30°C, gustina struje od 1 do 10 A/dm<sup>2</sup>, a pH-vrijednost, ovisno o sastavu kupatila, između 3, 5 i 6. Vrijeme procesa taloženja zavisi od debljine prevlake koja se želi dobiti [1].

Otpadne vode iz procesa galvanizacije mogu sadržati visoke koncentracije teških metala i, ukoliko se ispuste u prirodu, mogu prouzrokovati ozbiljne posledice po životnu sredinu i ljudsko zdravlje, zbog svoje toksičnosti i biološke akumulacije. Tokom procesa niklovanja, velike količine Ni<sup>2+</sup> jona tokom procesa štednog ispiranja završe u otpadnoj vodi. Regeneracija nikla iz takvih voda je poželjna kako sa ekonomski, tako i sa ekološke tačke gledišta [2].

Nikl gradi stabilne komplekse i anjonskog i katjonskog tipa sa neorganskim ligandima gradeći halide, sulfate, fosfate, karbonate, a za organske materije se vezuje preko kiseonika, azota i sumpora. Huminske kiseline imaju veoma veliki afinitet za nikl i sa njim grade veoma stabilne komplekse. Može biti vezan za okside Fe, Al i Mn, organsku materiju i glinu kada se nalazi u sistemu voda/sediment. Mobilnost nikla u sedimentu je u najvećoj mjeri zavisna od sadržaja sulfida i organske materije. Nikl gradi bisulfidne komplekse rastvorne u vodi, a prirodno prisutno u vodama Fe<sup>2+</sup> kompetituje sa Ni<sup>2+</sup> za vezivanje sa organskim materijama, što znači da je zaštitna uloga organskih materija prema bioti precenjena. Nikl je kancerogen i mutagen i ne podleže biomagnifikaciji [3].

Postoji više različitih metoda za uklanjanje teških metala iz otpadnih voda, kao što su: taloženje, adsorpcija, biosorpcija, jonska izmjena, membranska filtracija i elektrohemijeske metode [2].

Elektrohemijeske tehnologije prečišćavanja voda obuhvataju sledeće osnovne tehnike:

- elektrodepozicija (ED),
- elektrokoagulacija (EK),
- elektroflotacija (EF),
- elektrohemijeske oksidacije (EO) [4].

Elektrodepozicija predstavlja elektrohemiju regeneraciju metala, a koja se odavno praktikuje u elektrometalurgiji. Elektrohemijski mehanizam za regeneraciju metala je jednostavan. To je u stvari katodno taloženje, koje se odvija po jednačini:



Elektrodepozicija se odnosi na uklanjanje metala (taloženje) redukcijom, za razliku od elektroredukcije koja podrazumijeva redukciju zagađujućih supstanci u druge oblike. Depozicija metala na katodi zahtijeva veću specifičnu površinu katode, jer se na taj način povećava prinos mase metala po jedinici vremena u posmatranoj zapremini reaktora. Anode koje se primjenjuju u postupku prečišćavanja vode od metalnih jona sa ciljem recikliranja metala primjenom elektrodepozicije mogu biti izrađene od čelika ili u obliku dimenziono stabilne anode (DSA). DSA elektrode su napravljene od tankog sloja oksida plemenitih metala na titanskoj podlozi i često se koriste u elektrohemijskoj industriji [1].

Primjena elektrodepozicije je opravdana i korisna u svim oblastima u kojima se u otpadnim vodama ili drugim vrstama voda kao prisutni joni metala javljaju joni plemenitih (otpadne vode u rudarstvu, otpadne vode nastale u galvanskim postrojenjima koja kao završnu obradu imaju prevlake od plemenitih metala (zlato, srebro, rodijum, platina i sl.), a posebno u proizvodnji plemenitih metala kao što je zlato [1].

Elektrohemijski postupak sastoji se od dva koraka, tj. depozicije i odvajanja istaloženih metala. Metalni prah ili prevlaka koja se formira na katodi se efikasno može otkloniti fizičkom separacijom. Danas se metalni prah formira na površini katode ugljenika. Dobijeni metal je često visoke čistoće. Na efikasnost procesa elektrodepozicije utiče elektrodnji materijal, gustina struje, pH-vrijednost, temperatura i prisustvo pomoćnog elektrolita koji

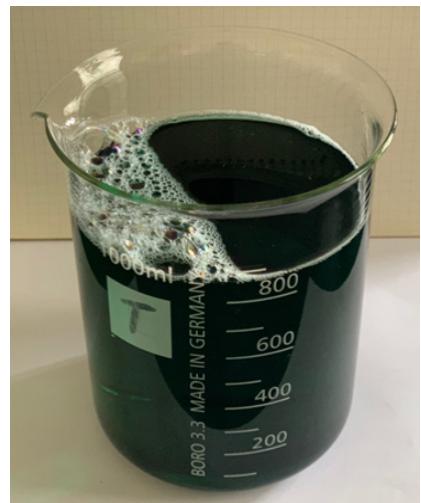
je neophodan ukoliko otpadna voda nema veliku provodljivost jer povećanjem provodljivosti smanjuje se i potrošnja električne energije [1].

## Materijal i metode

Istraživanje je sprovedeno na uzorku vode štednog ispiranja (VŠI) iz firme koja se bavi površinskom zaštitom materijala, iz Bosne i Hercegovine. U prvom dijelu istraživanja, Hulova ćelija je korišćena za određivanje optimalne gustine struje u procesu ED vizuelnom kontrolom. pH-vrijednost VŠI iznosila je 1.56, koncentracija nikla u VŠI iznosila je  $\gamma_{Ni} = 31.7 \text{ g/L}$  a provodljivost VŠI je iznosila  $\sigma = 60 \text{ mS/cm}$ . Na slikama broj 1. i 2. prikazana je VŠI iz procesa galvanizacije koja je korištena tokom eksperimenta.

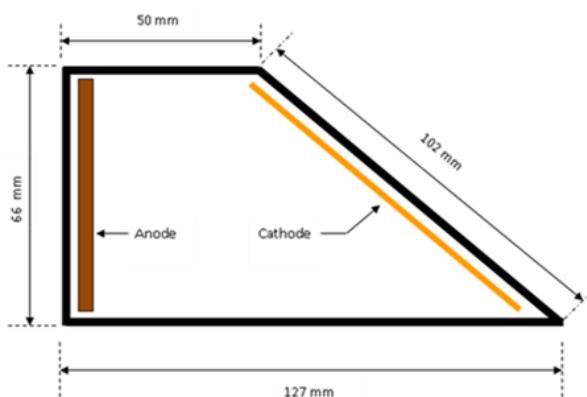


Slika 1. Kade za niklovanje i ispiranje

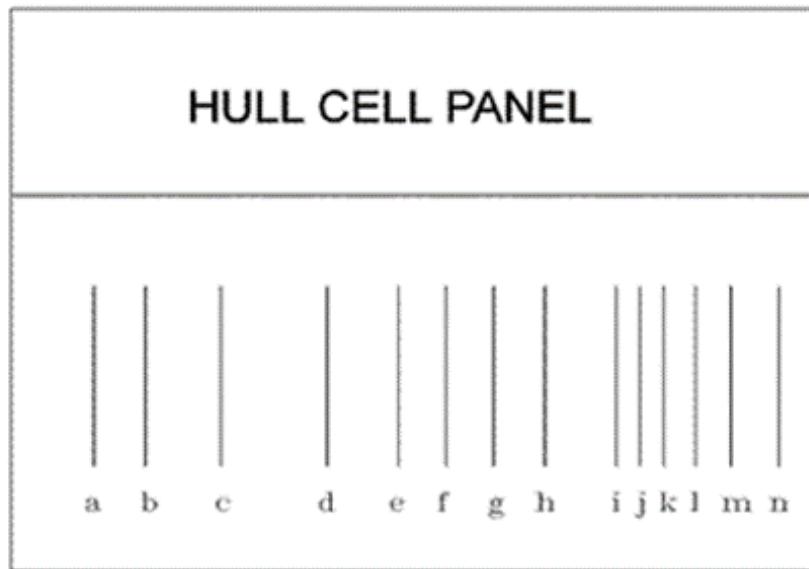


Slika 2. VŠI korištena za eksperimente

Hulova ćelija je mala, najčešće providna elektrolitička ćelija koja omogućava brzu vizuelnu kontrolu metalnih prevlaka za širok opseg gustina struje. Pomoću Hulove ćelije kontroliše se i uticaj specifičnih dodataka u kupatilu (elektrolit) na fizičke osobine prevlake, a može se i koristiti u cilju kontrole kupatila tokom njegovog prečišćavanja od neželjenih primjesa. Standardizovanih dimenzija, najčešće je u upotrebi ćelija zapremine 250 mL. Osnovna karakteristika Hulove ćelije je specifičan položaj katode u odnosu na anodu. Kosi položaj katode omogućava različite vrijednosti gustine struje po svojoj dužini, što znači da je najveća gustina struje na dijelovima katode koja je najbliža anodi, a najmanja gustina struje na udaljenijim dijelovima katode [1].



Slika 3. Šematski prikaz Hulove ćelije sa dimenzijama, Schloetter Surface Technology. „Hull Cells & Plating Test Equipment”. Accessed April 10, 2023. <https://www.schloetter.co.uk/hullcellsplating.htm>

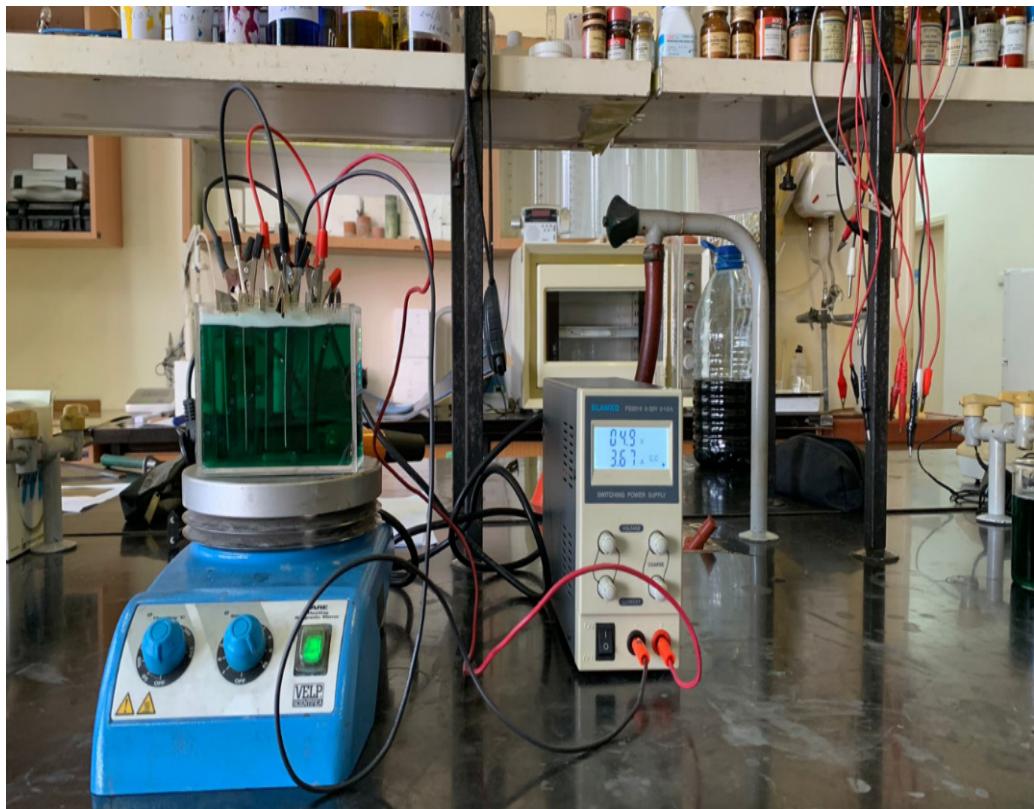


Slika 4. Prikaz gustine struje na katodi Hulove čelije na rastojanjima (a–n), Schloetter Surface Technology. „Hull Cells & Plating Test Equipment” Accessed April 10, 2023. <https://www.schloetter.co.uk/hullcellsplatingt.htm>



Slika 5. Hulova čelija – postavka eksperimenta

U drugom dijelu istraživanja, vršena je regeneracija nikla procesom ED. Eksperiment je izvršen u laboratorijskom šaržnom elektrohemiskom reaktoru od polipropilena, zapremine  $500\text{ cm}^3$ . Površina katoda iznosila je  $0,69$  i  $0,74\text{ dm}^2$ , a površina anoda je iznosila  $0,544\text{ dm}^2$ . Elektrode su postavljene na međusobnom rastojanju od  $1,6\text{ cm}$  i povezane na digitalni električni izvor jednosmjerne struje (Atten, APS3005SI;  $30\text{V}, 5\text{A}$ ).



Slika 6. Postavka eksperimenta – ED proces

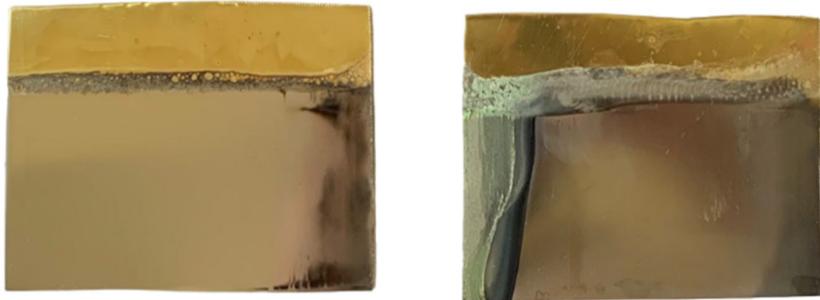
Korišćene su katode od mesinga (CuZn37; max. 64% Cu, ostatak Zn) i anode od nerđajućeg čelika s(EN 1.4301/AISI 304; max. 0,07% C, 18,1% Cr, 8,2% Ni). Za čišćenje i odmašćivanje elektroda je korišten komercijalno dostupni 35% rastvor HCl i acetona (Lachner, Češka). Prinos regenerisanog nikla na katodi je izmјeren gravimetrijski na analitičkoj vagi sa preciznošću na četiri decimale (Axis, Poljska). Morfologija površina regenerisanog nikla analizirana je skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM), a hemijski sastav energetskom disperzionom X-ray analizom (EDX) (TESCAN VEGA 3).

## Rezultati

Rezultati testa Hulove ćelije su korišteni da bi se odredila optimalna gustina struje za proces ED nikla iz VŠI vizuelnom kontrolom. Proces je izvođen 20 minuta jačinom struje od  $1\text{A}$  na sobnoj temperaturi i na temperaturi od  $55^\circ\text{C}$ . Rezultati su pokazali da je optimalna gustina struje na  $55^\circ\text{C}$  u opsegu od  $0,75$  –  $5\text{ A/dm}^2$ . Pri gustini struje manjoj od  $0,75\text{ A/dm}^2$  dobije se neujednačeno istaložen nikl.

U slučaju eksperimenta sa Hulovom ćelijom bez zagrijavanja ( $\approx 20^\circ\text{C}$ ) optimalna gustina struje je bila u opsegu od  $0,4$  –  $3\text{ A/dm}^2$ . Za gustine struje ispod  $0,4\text{ A/dm}^2$  dobije se neu-

niforman nikl, a gustine struje iznad  $3 \text{ A/dm}^2$  dobije se vizuelno izgorenja tekstura, kao što se može vidjeti na slici broj 7.



Slika 7. Rezultati testa Hulove ćelije na  $55^\circ\text{C}$  (lijevo) i  $20^\circ\text{C}$  (desno)

Nakon određivanja optimalne gustine struje, ispitani su sledeći parametri koji utiču na efikasnost procesa elektrodepozicije i prinos nikla, a to su:

- Uticaj miješanja
- Uticaj zagrijavanja
- Uticaj vremena
- Uticaj dizajna reaktora

Efikasnost procesa elektrodepozicije nikla na katodu određena je na osnovu mase nikla koja se istaložila na katodu (prinos nikla), iskorištenja električne struje ( $\eta_i$ ) i specifičnog utroška energije ( $W_{sp}$ ).

Iskorištenje struje ( $\eta_i$ ) se računa na osnovu sledećeg izraza:

$$\eta_i = \frac{m}{m_{teorijski}} \cdot 100\% \quad [1]$$

gdje je  $\eta_i$  – iskorištenje struje izraženo u procentima (%),  $m$  – masa nikla koja je istaložila na katodi tokom eksperimenta a  $m_{teorijski}$  predstavlja masu nikla koja se teorijski trebala istaložiti na katodi u skladu sa Faradejevim zakonom i koja se računa prema sledećem izrazu:

$$m_{teorijski} = \frac{A}{zF} It \quad [2]$$

gdje je  $A$  – atomska masa nikla ( $\text{g/mol}$ );  $z$  – je valentni broj metala;  $F$  – je Faradejeva konstanta (iznosi  $26.8 \text{ Ah/mol}$ ),  $I$  – je jačina električne struje tokom postupka elektrodepozicije,  $t(h)$  – je vrijeme trajanje elektrodepozicije.

Specifični utrošak energije se računa po izrazu:

$$W_{sp} = \frac{Ult}{m} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right] \quad [3]$$

gdje je  $U$  – napon na elektrohemijском reaktoru ( $\text{V}$ ),  $I$ ,  $t$ ,  $m$  su objašnjeni u pojašnjenju jednačine 1 [2].

Ispitan je uticaj miješanja na prinos regenerisanog nikla na katodi. Provedena su dva eksperimenta u trajanju od 20 minuta pri čemu su brzine miješanja iznosile 50 i 200 o/min, pri gustini struje od  $j = 2,5 \text{ A/dm}^2$ , te su dobijeni sledeći rezultati:

Tabela 1. Gustine struje na katodi Hulove ćelije na različitim rastojanjima

| Jačina električne struje | Različite udaljenosti na katodi Hulove ćelije |    |   |   |     |      |   |      |     |     |     |     |     |      |
|--------------------------|---|----|---|---|-----|------|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|                          | Gustina struje [A/dm <sup>2</sup> ]           |    |   |   |     |      |   |      |     |     |     |     |     |      |
| Amperi                   | a   | b  | c | d | e   | f    | g | H    | i   | j   | k   | l   | m   | n    |
| 1                        | 5   | 4  | 3 | 2 | 1,5 | 1,25 | 1 | 0,75 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,05 |
| 2                        | 10  | 8  | 6 | 4 | 3   | 2,5  | 2 | 1,5  | 1   | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,1  |
| 3                        | 15  | 12 | 9 | 6 | 4,5 | 3,75 | 3 | 2,25 | 1,5 | 1,2 | 0,9 | 0,6 | 0,3 | 0,15 |

(Tabela 1). Uticaj miješanja ( $j = 2,5 \text{ A/dm}^2$ )

| Miješanje (o/min) | t (h) | m (g)  | $\eta_i$ (%) | $W_{sp}$ (kWh/kg) |
|-------------------|-------|--------|--------------|-------------------|
| 50                | 0,33  | 1,0021 | 75,57        | 3,63              |
| 200               | 0,33  | 1,4658 | 110,50       | 5,40              |

Nakon toga, ispitan je **uticaj zagrijavanja** na prinos regenerisanog nikla. Vršen je proces elektrodepozicije 20 minuta na sobnoj temperaturi ( $T \approx 20^\circ\text{C}$ ), a potom isti proces ponovljen na temperaturi od  $55^\circ\text{C}$ . Oba eksperimenta su vršena pri istoj gustini struje od  $j = 2,5 \text{ A/dm}^2$  i pri 50 o/min, te su dobijeni sledeći rezultati:

(Tabela 2). Uticaj zagrijavanja (50 o/min,  $j = 2,5 \text{ A/dm}^2$ )

| T (°C) | t (h) | m (g)  | $\eta_i$ (%) | $W_{sp}$ (kWh/kg) |
|--------|-------|--------|--------------|-------------------|
| 20     | 0,33  | 1,0021 | 75,57        | 5,40              |
| 55     | 0,33  | 0,9750 | 79,37        | 2,81              |

**Uticaj vremena** je sledeći parametar čiji je uticaj ispitan na proces regeneracije nikla. U sklopu ispitivanja uticaja ovoga parametra provedena su četiri eksperimenta različitog vremena trajanja, pri gustini struje  $j = 2,5 \text{ A/dm}^2$  i pri od 50 o/min, te su dobijeni sledeći rezultati:

(Tabela 3). Uticaj vremena (50 o/min,  $j = 2,5 \text{ A/dm}^2 T = 20^\circ\text{C}$ )

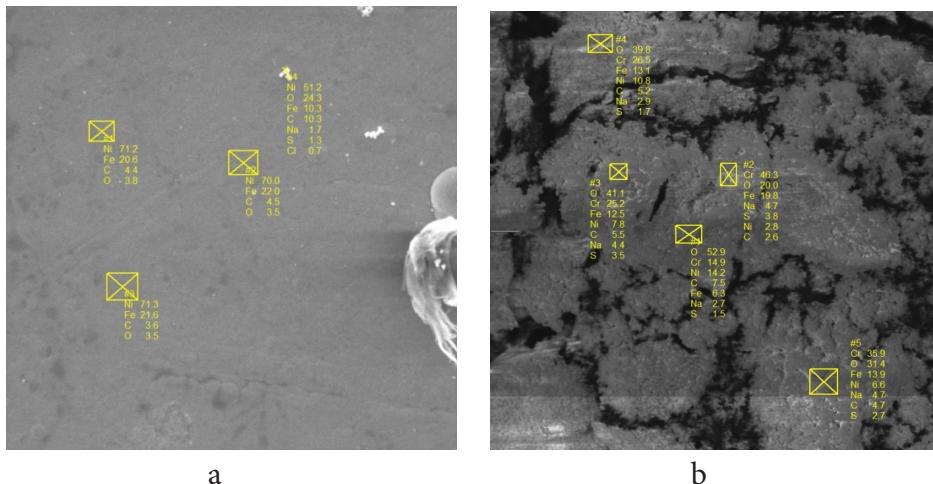
| t (h) | $\eta_i$ (%) | m (g)   | $W_{sp}$ (kWh/kg) |
|-------|--------------|---------|-------------------|
| 0,33  | 75,57        | 1,0021  | 5,40              |
| 1     | 68,6         | 2,7571  | 4,37              |
| 2     | 58,79        | 4,3778  | 6,17              |
| 3     | 90,22        | 10,0767 | 3,10              |

**Uticaj dizajna reaktora** je takođe veoma važan faktor koji utiče na prinos nikla u procesu regeneracije. U cilju ispitivanja uticaja dizajna reaktora, ispitano je u kojoj mjeri broj elektroda utiče na efikasnost procesa, te su rezultati poređeni sa prethodnim istraživanjem na istoj VŠI [2]. Reaktor u tom istraživanju sastojao se od jedne katode i dvije anode (koje su identičnog materijala i sastava kao i one koje su korištene u eksperimentima u ovom istraživanju, kao i na istom međusobnom rastojanju).

(Tabela br 4). Uticaj dizajna reaktora ( $50 \text{ o/min}$ ,  $j = 2,5 \text{ A/dm}^2$ ,  $T = 20^\circ\text{C}$ )

| Broj katoda | $t (\text{h})$ | $\eta_i (\%)$ | $W_{sp} (\text{kWh/kg})$ |
|-------------|----------------|---------------|--------------------------|
| 1           | 0,33           | 63,48         | 4,79                     |
| 2           | 0,33           | 75,57         | 5,40                     |

Rezultati SEM i EDX analize prikazani su na slici broj 8.



Slika 8. SEM-EDX analiza regenerisanog nikla nakon 20 minuta (a) i 180 minuta (b)

### Diskusija

Rezultati dobijeni ispitivanjem **uticaja miješanja** pokazuju da je veće iskorištenje struje u eksperimentu pri 200 o/min za razliku od eksperimenta pri 50 o/min (provedeni pri istim uslovima). Međutim, važno je primijetiti da je kvalitet dobijenog nikla pri 200 o/min loš, jer regenerisani nikl ima spaljenu teksturu te je takav neupotrebljiv, pa u nastavku istraživanja se eksperimenti provode sa 50 o/min.



Slika 9. Uticaj miješanja na kvalitet regenerisanog nikla pri 50 o/min (lijevo) i 200 o/min (desno) ( $j = 2,5 \text{ A/dm}^2$ ,  $T = 20^\circ\text{C}$ )

Važno je primijetiti da je u slučaju sa 200 o/min iskorištenje struje ( $\eta$ ) = 110.5%, što predstavlja fenomen Super Faradejevog efekta. Super Faradejev efekat se javlja pri optimalnim uslovima miješanja i provodljivosti, te je zahvaljujući optimalnim uslovima difuziona prenepetost prilikom procesa taloženja jako mala, što potpomaže proces taloženja i povećava efikasnost samog procesa [6].

Što se tiče **uticaja zagrijavanja** na proces vidi se da je iskorištenje struje u eksperimentu u kome se zagrijavala VŠI na  $T = 55^{\circ}\text{C}$  nešto veće, u odnosu na eksperiment koji je proveden na  $T = 20^{\circ}\text{C}$ , pri istim uslovima. Ukoliko se uzme u obzir da se nastoji proces regeneracije učiniti jednostavnim, bez niza dodatnih operacija koje je potrebno izvršiti i ukoliko se na to doda i energija koja se dovodi za zagrijavanje VŠI, može se zaključiti da ne postoji značajna razlika u efikasnosti procesa. Kako ni u kvalitetu nanesene prevlake ne postoji značajna razlika, što se može vidjeti na slikama broj 10 i 11, dalje ispitivanje je nastavljeno bez zagrijavanja VŠI ( $T = 20^{\circ}\text{C}$ ).



Slika 10. Uticaj zagrijavanja ( $j = 2,5 \text{ A}/\text{dm}^2$ , 50 o/min,  $T = 20^{\circ}\text{C}$ )

Slika 11. Uticaj zagrijavanja ( $j = 2,5 \text{ A}/\text{dm}^2$ , 50 o/min,  $T = 55^{\circ}\text{C}$ )

**Uticaj vremena** na prinos nikla istaloženog procesom elektrodepozicije posmatran je kroz eksperimente vršene pri istim uslovima u različitom vremenu trajanja. Na osnovu dobijenih rezultata, vidi se da sa povećanjem vremena trajanja eksperimenta raste prinos mase istaloženog nikla.

**Uticaj dizajna reaktora** na prinos nikla prilikom njegove regeneracije je jasan i nedvosmislen. Sa povećanjem broja elektroda raste prinos istaloženog nikla kao i iskorištenje električne struje, pri istim uslovima taloženja.

Na osnovu rezultata dobijenih SEM i EDX analizom može se vidjeti da porast vremena trajanja procesa ED uzrokuje smanjenje kvaliteta regenerisanog nikla, odnosno sadržaj nikla opada, a povećava se sadržaj Cr, Fe, O. Ova analiza je pokazala da dužim vremenom tretmana dolazi do narušavanja zaštitnog (pasivizirajućeg) sloja anode od nerđajućeg čelika, što uzrokuje njen elektroličko rastvaranje i taloženje na katodu.

### Zaključak

Iz navedenih rezultata istraživanja vidi se da je regeneraciju nikla procesom elektrodepozicije iz otpadnih voda štednog ispiranja moguće izvesti, te da zavisi od brojnih procesnih parametara.

Zagrijavanje VŠI nema značajan uticaj na efikasnost elektrodepozicije, što je poželjno kako zbog pojednostavljenja procesa tako i sa ekonomskog aspekta jer se smanjuje utrošak energije potrebne za zagrijavanje VŠI.

Prilikom procesa elektrodepozicije neophodno je da bude prisutno miješanje, zbog smanjenja koncentracione i difuzione prenepetosti prilikom procesa taloženja, što pozitivno utiče na proces taloženja nikla.

Povećanjem vremena trajanja procesa regeneracije, kao i povećanjem broja elektroda u šaržnom elektrohemiskom reaktoru, raste prinos regenerisanog nikla, ali EDX analiza je pokazala da je pri svakom novom procesu elektrodepozicije potrebno koristiti nove anode, ukoliko se koriste od nerđajućeg čelika. Preporuka je da se za ovaj proces koriste elektrolitički nerastvorne i koroziono otporne anode.

Rezultati eksperimentalnog istraživanja pokazuju da je proces regeneracije nikla iz VŠI efikasan i ekonomski opravdan uz podešavanje par parametara ključnih za njegovo odvijanje, te da proces može da pronađe svoju primjenu i u industrijskim kapacitetima, naročito u industrijskim postrojenjima za površinsku zaštitu metala, gdje su otpadne vode jako bogate teškim i plemenitim metalima.

## Literatura

- [1] Malinović, N. Borislav. (2019): Eksperimentalno elektrohemisko inženjerstvo. I izdanje. Univerzitet u Banja Luci. Banja Luka
- [2] Malinović B.N., Bojić A., Bijelić D., Đurić T.: Nickel recovery from static rinsing in the electroplating process, 5<sup>th</sup> Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe 2023 – Trebinje, BIH, 2023
- [3] Poguberović S.: Uklanjanje metala iz vode primjenom stabilisanog i „zelenom“ sintezom produkovanog nano gvožđa (0), doktorska disertacija, Novi Sad, 2016
- [4] Sonal R., Manish V., Vikas K. S. Review on the treatment of electroplating industry wastewater by electrochemical methods, Materials Today: Proceedings, (2021), <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.165>
- [5] Schloetter Surface Technology. “Hull Cells & Plating Test Equipment”. Accessed April 10, 2023. <https://www.schloetter.co.uk/hullcellsplatingt.htm>
- [6] Mechelhoff M., Geoff H.K., Graham D.N., Super-faradaic charge yields for aluminium dissolution in neutral aqueous solutions, Chemical Engineering Science, (2013), <https://doi.org/10.1016/j.ces.2013.03.016>
- [7] Collivignarelli M., Abbà A., Bestetti M., Crotti, B., & Miino M., Electrolytic Recovery of Nickel and Copper from Acid Pickling Solutions Used to Treat Metal Surfaces, Water Air Soil Pollut., (2019) 230:101.
- [8] Li T., Xiao K., Yang B., Peng G., Liu F., Tao L., & Chen S., Recovery of Ni(II) from real electroplating wastewater using fixed-bed resin adsorption and subsequent electrodeposition. Front. Environ. Sci. Eng., (2019) 13(6):91.

# NICKEL RECOVERY FROM STATIC RINSING WASTEWATER IN NICKEL PLATING PROCESS

**Author:** ĐORĐE SAMARDŽIĆ, Neven Janjić

**e-mail:** djordjesamardzic@student.tf.unibl.org

**Mentor:** TA Tijana Đuričić, Assoc. Prof. Borislav Malinović

Electrochemical Engineering Department

Faculty of Technology, University of Banja Luka

**Introduction:** Wastewater from the electroplating process can contain heavy metals, and their release into the environment can cause serious consequences for human health and the environment. If the concentrations of metals in wastewater are high, there is a possibility of their recovery and reuse. In this research, nickel was recovered by the electrodeposition (ED) process from the wastewater of static rinsing (SRW) from the nickel plating process.

**Aim:** Examination of the possibility of nickel recovery from SRW and process parameters that affect the yield of regenerated nickel.

**Materials and Methods:** The Hull cell was used to determine the optimal current density in the ED process at different temperatures. The experiments were performed in a batch electrochemical reactor, which contains three anodes and two cathodes. Brass cathodes (CuZn37) and stainless steel anodes (EN 1.4301/AISI 304) were used. The efficiency of nickel electrodeposition is monitored by the mass yield on the cathode and by calculating the current efficiency ( $\eta_i$ ) and the specific energy consumption ( $W_{sp}$ ). The morphology of the recovered nickel surface was analyzed by scanning electron microscopy (SEM), and the chemical composition by energy dispersive X-ray analysis (EDX).

**Results:** The results showed that the optimal current density at a temperature of 20°C was in the range of 0.4 to 3 A/dm<sup>2</sup> and that increasing the temperature does not have a significant impact on the increase of regenerated nickel yield. In 20 minutes of the ED treatment, 1.0021 g of nickel per liter of wastewater was recovered on the cathode, with a specific energy consumption of 5.41 kWh/kg at a current density of 2.7 A/dm<sup>2</sup>. SEM and EDX analyses showed that the purity of the regenerated nickel decreases with the extension of treatment time and that the stainless steel anode cannot be used repeatedly due to its corrosion and its impact on the quality of the regenerated nickel.

**Conclusion:** Based on the obtained results, it can be concluded that it is possible to recover nickel from SRW, which contains high concentrations of nickel ions, by the ED process and that the yield and quality of recovered nickel are most influenced by the current density and the selection of the appropriate electrode material.

**Keywords:** electrodeposition; current density; SEM; EDX



## EVALUATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CONCRETE FOR A HYDROELECTRIC POWER STATION

**Author:** EHSAN KIANA

**e-mail:** Kiana.ehsan@gmail.com

**Mentor:** Assoc. Prof. Aleksandar Savić

Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade

Assoc. Prof. Gordana Broćeta

Faculty of Architecture, Civil Engineering, and Geodesy, University of Banja Luka

**Introduction:** Renewable electrical energy is a cleaner technology compared to other sources. It reduces global warming, and it can be used again and again. It can be renewed at the same rate that it is consumed. Water is the most efficient renewable energy source in hydroelectric power stations to generate electricity. When humans use natural waterfalls or a river current, the force of the water moves a generator that produces electricity for everyone to use. In this process, water does not run out. It is not polluted, and the river continues its natural cycle after passing through the power station. This paper introduces a novel lightweight concrete made with Liapor to construct dams.

**Aim:** Civil engineers try to create this kind of construction with novel technology to help produce this type of clean energy, besides structures that are compatible with the environment. One of these materials which can be used in a dam is lightweight concrete. Rotterdam Water Bridge in the Netherlands used this kind of concrete with lower cement content than ordinary concrete.

**Materials and Methods:** Four types of finished plate samples were used for the research, and the samples differed in the amount of cement applied and the pigments. Gray, brown, red, and green pigments were used.

**Results:** Gray and brown samples are the best design, according to all results.

**Conclusion:** The gray sample is the best. The only drawback of this sample is that it requires a lot of cement. On the other hand, the green sample recorded the worst results.

**Keywords:** renewable energy; hydroelectric power station; lightweight concrete; Liapor

### INTRODUCTION

Renewable energy is generated from sources that naturally replenish themselves and never run out. The most common sources are solar, wind, hydro, geothermal, and biomass. Over 80 percent of the total energy consumed by humans is derived from fossil fuels. However, renewables are the fastest-growing source of energy in the world [1]. Renewable energy has many benefits. First, it can combat climate change because it creates no direct greenhouse gas emissions. The only emissions it produces are indirect, meaning those that result from manufacturing parts for installation, operation, and maintenance, but even those are minimal. Second, renewable energy can decrease pollution and reduce health threats. Wind, solar, and hydroelectric systems create minimal air pollution emissions. Third, renewable energy is a reliable source of power because renewable energy sources are renewable; they will never run out [2].

Lightweight concrete is a type of concrete that weighs one and a half times less per cubic meter than ordinary concrete [3]. To be more precise, it is better to say that ordinary concrete weighs  $2400 \text{ kg/m}^3$ , which is a hefty weight, while light concrete weighs about 1000

$\text{kg/m}^3$  [3]. Now, with a general comparison, it can be concluded that light concrete is much lighter than ordinary concrete because the presence of materials differs from what is used in ordinary concrete [4].

Lightweight concretes are divided into three categories based on their weight [5]:

- Low-density non-structural light concrete

This type of non-structural concrete is the lightest concrete in this classification and is used as a light separator. Perlite and vermiculite are aggregates used to make this type of concrete. It has a specific mass of less than  $800 \text{ kg/m}^3$ , and its compressive strength is between 0.35 and 7 MPa. It should be noted that this concrete is excellent thermal insulation and, therefore, is used for appropriate purposes.

- Light concrete with medium strength and density

This type of concrete is something between light structural concrete and non-structural concrete. The average mass of light concrete with an average strength is between 800 and  $1400 \text{ kg/m}^3$ , and its compressive strength is estimated to be between 7 and 17 MPa.

- Light structural or structural concrete

This type of concrete is mainly used to construct various types of buildings because it is used to build structural members. The compressive strength of this type of light concrete is at least 17 MPa. The specific gravity of light structural concrete is estimated at 1400 to  $1900 \text{ kg/m}^3$ .

It should be noted that the history of the use of lightweight concrete dates back to ancient Rome [8]. Colosseum Stadium, Pantheon Temple Italy, Rome (Figure 1), Brantford Three-Story Building, Plaza Hotel in St. Louis, Bell Telephone Office Building in Kansas City, Azadi Tower in Iran, Tehran, Norwegian Church, Dallas Airport in Washington, TWA Terminal in New York, Rotterdam Water Bridge in the Netherlands, among other buildings and essential projects are made of lightweight concrete (Figure 2).

Rotterdam Water Bridge in the Netherlands is a navigable aqueduct used as a transport link for small boats only. Its aqueduct is an impressive architecture and engineering work located in the eastern Netherlands. It is 25 meters in length by 19 meters in width. The construction started in 1998, and the engineering of this project lasted for about four years. An anchored steel sheet piling was used to hold back the sediment from the roadway and let it dip below the water gun. This is the same process used to construct temporary cofferdams for underwater construction projects, but in this case, the sheet pile ring is permanent (Figure 3). After that, the roadway was constructed, and the bridge deck and frame were poured with light concrete.

## MATERIALS AND METHODS

This article discussed the possibility of using this type of concrete in hydroelectric power stations (dams).

The subject of this research is the type of lightweight concrete–porous concrete, and particular emphasis is placed on the analysis of the essential physical-mechanical properties of hardened plates of these concretes. Liapor was used as an aggregate. The influence of the amount of cement in porous concrete was analyzed. Four types of finished plate samples were used for the research, and the samples differed in the amount of cement applied and



Figure 1. Image of Pantheon Temple, Italy[6].



Figure 2. Image of Azadi Tower, Iran[7].



Figure 3. Rotterdam Water Bridge in the Netherlands.

the pigments. Gray, brown, red, and green pigments were used, as given in Figure 4. For gray samples, 400 kg/m<sup>3</sup>, brown 360 kg/m<sup>3</sup>, red 320 kg/m<sup>3</sup>, and green 280 kg/m<sup>3</sup> of cement were used. From an ecological aspect, the test aimed to consider the properties of these plates when reducing the amount of cement to reduce the negative impact on the environment since cement production significantly contributes to the increase of CO<sub>2</sub> emissions. The cement was then replaced with an inert mineral filer of similar particle size. Physical and mechanical properties tested included density in the hardened state, water absorption, compressive and bending strength, flex tens strength, the resistance of frost and salts, wear resistance, ultrasonic pulse velocity, and the pull-off test.

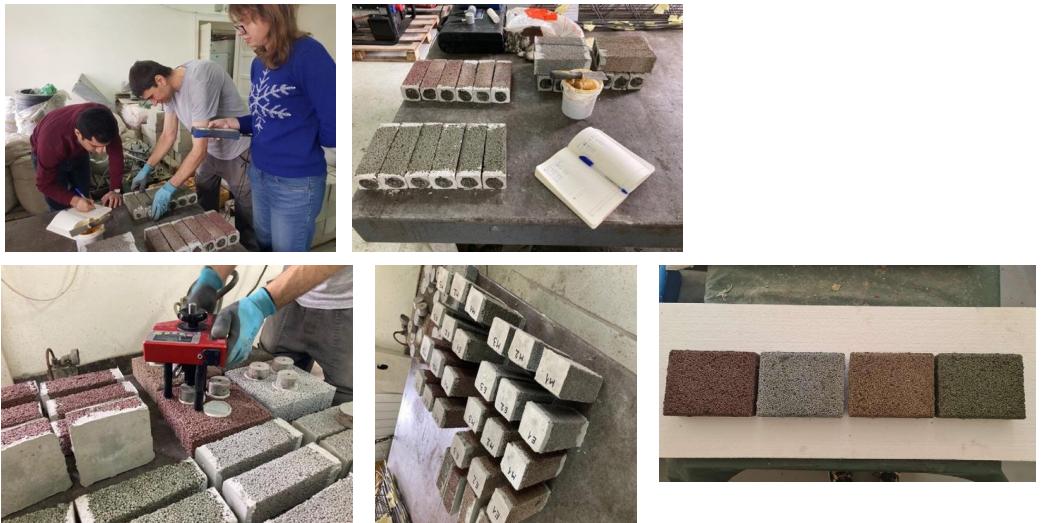


Figure 4. Photographs of porous concrete plate samples.

## RESULTS



Figure 5. Results of physical and mechanical properties of light concrete

## CONCLUSION

There is no doubt that light concrete, in terms of performance and benefits, can be an excellent alternative to ordinary concrete. By replacing ordinary concrete with light 100%, we will see more significant progress in construction because this concrete is better than heavy concrete in every way. Therefore, all construction industry engineers should be able to acquire all the knowledge and technology related to these necessary materials to give more beautiful, lighter, safer, and more comfortable buildings to human society.

According to Figure 4 and the complete evaluation of this porous concrete's physical and mechanical properties, the gray sample is the best. The only drawback of this sample is that it requires a lot of cement. On the other hand, the green sample recorded the worst results. Nevertheless, the brown and red samples yielded different results. Some brown sample results are better than red samples and vice versa. For example, the brown sample absorbed less water than the red sample, which has higher compressive strength, tensile flexural strength, resistance to the simultaneous action of frost and salts, and a higher tensile test.

Future research suggests thoroughly evaluating this concrete with changes in the red concrete mixing design. Because firstly, this concrete consumes little cement, which can help the environment a lot, and secondly, the results of this concrete are not much different from brown concrete, and at least brown concrete results can be obtained.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I cannot express enough thanks to my committee for their continued support and encouragement:

Dr. Dimitrije M. Zakić, Dr. Aleksandar V. Radović, and Dr. Marina M. Aškrabić. I offer my sincere appreciation for the learning opportunities provided by my committee. My completion of this project could not have been accomplished without the support of Sepideh Niknekhad Kazempour.

## REFERENCES

1. Demirbaş, Ayhan. "Global renewable energy resources." *Energy sources* 28, no. 8 (2006): 779-792.
2. Mohtasham, Javid. "Renewable energies." *Energy Procedia* 74 (2015): 1289-1297.
3. Ramamurthy, K., E.K. Nambiar, and G.I.S. Ranjani, A classification of studies on properties of foam concrete. *Cement and concrete composites*, 2009. 31(6): p. 388-396.
4. Phan, Long Thanh, and L. T. Phan. *Fire performance of high-strength concrete: a report of the state-of-the-art*. Vol. 105. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 1996.
5. Ollgaard, J. G., R. G. Slutter, and J. W. Fisher. "Shear strength of stud connectors in lightweight and normal weight concrete, AISC Eng'g Jr., April 1971 (71-10)." *AISC Engineering journal* (1971): 55-34.
6. Creator: nejdetduzen, Credit: Getty Images/iStockphoto Copyright: nejdetduzen, <https://www.istockphoto.com/photos/pantheon-rome>
7. Azadi Tower, Ancient Architecture of Iran - Travel to Iran <http://goingiran.com/azadi-tower/> (2017)
8. Brinson, H.F. and L.C. Brinson, *Polymer engineering science and viscoelasticity. An introduction*, 2008.



# APSTRAKTI



## МОГУЋНОСТИ КОРИШТЕЊА МАŠИНСКОГ УЧЕЊА У ХЕМИЈСКОМ ИНŽЕНЈЕРСТВУ

**Autor:** AJLA MANDALOVIĆ

**e-mail:** ajla.mandalovic@gmail.com

**Mentor:** Red. prof. dr sc. Elvis Ahmetović

Katedra za hemijsko inženjerstvo

Tehnološki fakultet Univerziteta u Tuzli

**Uvod:** Modeli mašinskog učenja su statistički i matematički modeli koji mogu da uče iz iskustva i da otkriju uzorke u podacima tako da nije potrebno eksplisitno programiranje. Postoji značajan interes i za korištenje mašinskog učenja u hemijskom inženjerstvu. Moguće je uvidjeti primjenu mašinskog učenja u hemijskom inženjerstvu na konkretnim primjerima u hemijskim procesima proizvodnje metanola iz sinteznog gasa i hidrogenacijom ugljen-dioksida.

**Cilj:** Mogućnosti korištenja mašinskog učenja u hemijskom inženjerstvu su predstavljene u svrhu ilustracije potencijala iskorištenja multidisciplinarnih tehnika u razvoju pouzdane predikcije parametara u sintezi i optimizaciji tehnoloških procesa.

**Materijal i metode:** Umjetna neuronska mreža (ANN) je dizajnirana u obliku višeslojne perceptronske mreže. U treniranju ili učenju neuronske mreže korišten je Levenberg-Marquardt algoritam. Skup podataka je generisan na osnovu rezultata simulacija odraćenih u programu DWSIM® za procese sinteze metanola iz sinteznog gasa i hidrogenacijom ugljen-dioksida. Rezultati simulacije su provjereni poređenjem sa postojećom literaturom. 70% podataka je izabrano za dizajn i treniranje mreže, dok je 30% podataka korišteno u provjeri i testiranju. Korelacijska analiza ulazno-izlaznih varijabli je urađena u programu IBM® SPSS® Statistics 27. Validnost neuronske mreže je provjerena analizom varijance (ANOVA) u kombinaciji sa funkcijom srednje kvadratne greške (RMSE).

**Rezultati:** U procesu proizvodnje metanola iz sinteznog gasa uz upotrebu neuronskih mreža pronađena je zavisnost izlazne varijable od temperature i pritiska u reaktoru. Moguće je precizno predviđjeti maseni protok metanola u sintezi iz ugljen-dioksida i vodika, u zavisnosti od pritiska i temperature na izlazu iz reaktora i masenog protoka ulaznih sirovina. Primjena neuronskih mreža skupa sa simultanom sintezom u sintezi mreže izmjenjivača topline omogućuje veću konverziju i godišnji profit.

**Zaključak:** Rezultati pokazuju veliki potencijal primjene umjetnih neuronskih mreža u simulaciji i rješavanju problema optimizacije u hemijskom inženjerstvu, te uz korektnu upotrebu mogu biti koristan alat sa značajnom ulogom u gradnji održivih procesa.

**Ključne riječi:** ANN; mašinsko učenje; sinteza metanola; DWSIM; neuronske mreže.

# POSSIBILITIES OF MACHINE LEARNING IN CHEMICAL ENGINEERING

**Author:** AJLA MANDALOVIĆ

**e-mail:** ajla.mandalovic@gmail.com

**Mentor:** Full Prof. Elvis Ahmetović

Department of Chemical Engineering

Faculty of Technology, University of Tuzla

**Introduction:** Machine learning models are statistical and mathematical models that learn from experience and discover patterns in data without the need for explicit programming. The application of machine learning in chemical engineering can be observed through case studies of methanol production from syngas and carbon dioxide hydrogenation.

**Aim:** The possibilities of using machine learning in chemical engineering are presented in order to illustrate the potential in the development of reliable parameter prediction in the synthesis and optimization of technological processes.

**Materials and Methods:** An artificial neural network (ANN) was designed in the form of a multi-layer perceptron network. The Levenberg-Marquardt algorithm was used in the training of the neural network. A data set was generated on the basis of simulations performed in DWSIM® for methanol synthesis processes. The simulation results were validated by a comparison with the existing literature. Seventy per cent of the data was chosen for network design and training, while 30% of the data was used in validation and testing. Correlation analysis of input-output variables was done in the program IBM® SPSS® Statistics 27. The validity of the neural network was checked by the analysis of variance (ANOVA) in combination with the root mean square error (RMSE) function.

**Results:** In methanol production from syngas, the dependence of the output variable on temperature and pressure in the reactor was observed. It is possible to accurately predict the mass flow of methanol in the synthesis from carbon dioxide and hydrogen, depending on the reactor pressure and temperature and the mass flow of the inlet feed. Application of ANN with simultaneous synthesis in heat exchanger network synthesis enables higher conversion and annual profit.

**Conclusions:** The results show the potential of ANNs in simulation and optimization problems in chemical engineering. They can be a useful tool with a significant role in building sustainable processes.

**Keywords:** ANN; machine learning; methanol synthesis; DWSIM; neural networks

## BIOINFORMATIKA I KOMPJUTERSKI ALATI ZA PROUČAVANJE RAZGRADNJE PLASTIKE OD STRANE MIKROORGANIZAMA

**Autor:** MEDINA HERAK, Asja Muharemović

**e-mail:** medina.herak@stu.ibu.edu.ba

**Mentor:** Asist. prof. Adna Ašić

Fakultet genetike i bioinžinjeringa

Internacionalni Burch Univerzite

**Uvod:** Povećana ljudska aktivnost i brza industrijalizacija uzrokovali su porast zagađenja okoline. Moguće rješenje za ekološke probleme je bioremedijacija, biološka disciplina koja se bavi proучavanjem mogućnosti korištenja različitih organizama i njihovih enzima za prevođenje zagađivača okoline u produkte koji su neškodljivi za istu. Mikroorganizmi se koriste za smanjenje, uklanjanje, zadržavanje ili promjenu štetnih zagađivača u tlu, sedimentima, vodi i zraku. Mikrobna bioremedijacija koristi mikroorganizme i/ili njihove derivate za uklanjanje zagađivača iz okoline. Mikrobi razgrađuju zagađivače koristeći svoje prirodne metaboličke procese kako bi usmjerili zagađivač u regularnu metaboličku putanju za razgradnju i biotransformaciju.

**Cilj istraživanja:** Istražiti razgradnju plastike i spojeva polietilena, posebno fokusirajući se na bakterije *Ideonella sakaiensis*, *Klebsiella pneumoniae* i *Pseudomonas spp*. Korišteni su računalni i bioinformatički alati za analizu proteinskih sekvenci ovih bakterija, njihovih tercijarnih struktura i enzima koje proizvode. Istraživanje je imalo za cilj identificirati obećavajuće enzime za razgradnju plastike, posebno enzime PETase i MHETase proizvedene od strane *Ideonella sakaiensis*.

**Materijali i metode:** Protein sekvence navedenih bakterija preuzete su s NCBI-a, a tercijarne strukture izrađene su pomoću alata SWISS-MODEL. Za usklađivanje i poređenje sekvenci korišten je BLASTP alat.

**Rezultati:** Konačni rezultati pokazali su da su enzimi proizvedeni od strane *Ideonella sakaiensis* bili najpouzdaniji i najkorisniji. Enzimi PETase i MHETase proizvedeni od strane *I. sakaiensis* temeljito su istraženi, a identične sekvene prikazane u rezultatima BLASTP analize mogu se koristiti kao mogući alternativni enzimi za razgradnju plastike.

**Zaključak:** Ovo istraživanje ističe potencijal enzima koje proizvodi *Ideonella sakaiensis*, posebno PETase i MHETase, kao vrijednih alata u bioremedijaciji plastičnog otpada. Daljnje istraživanje i primjena ovih enzima u praktičnim procesima bioremedijacije mogli bi ponuditi učinkovita rješenja za upravljanje plastikom i zaštitu okoline.

**Ključne riječi:** Bioremedijacija; Biodegradirajuće bakterije; *Ideonella sakaiensis*; *Klebsiella pneumoniae*; *Pseudomonas spp*.

# BIOINFORMATICS AND COMPUTATIONAL TOOLS IN PLASTIC BIODEGRADATION BY MICROORGANISMS

**Author:** MEDINA HERAK, Asja Muharemović

**e-mail:** medina.herak@stu.ibu.edu.ba

**Mentor:** Assist. Prof. Adna Ašić

Faculty of Genetics and Bioengineering, International Burch University

**Introduction:** Environmental pollution has risen due to increased human activity and rapid industrialization. Bioremediation, a biological technique of converting waste into usable forms, offers a solution. Microorganisms play a vital role in bioremediation by reducing, removing, holding, or transforming pollutants in soil, sediment, water, and air. Microbial bioremediation utilizes microorganisms and their derivatives to eliminate pollutants. These microorganisms break down pollutants through natural metabolic processes, sometimes with slight modification, to direct pollutants into typical microbial metabolic pathways for breakdown and biotransformation.

**Aim:** This study focuses on investigating plastic degradation and polyethylene compounds, particularly in bacteria *Ideonella sakaiensis*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Pseudomonas spp*. The research uses computational and bioinformatic tools to analyze protein sequences, tertiary structures, and enzyme production. The goal is to identify promising enzymes for plastic degradation.

**Materials and Methods:** Protein sequences from the specified bacteria were sourced from NCBI, and tertiary structures were constructed using the SWISS-MODEL tool. Sequence alignments and comparisons were performed using the BLASTP tool.

**Results:** The study concludes that enzymes produced by *Ideonella sakaiensis*, particularly PETase and MHEtase, are the most reliable and useful for plastic degradation. Identical sequences in BLASTP results suggest these enzymes could serve as potential alternative enzymes for plastic breakdown.

**Conclusion:** Research highlights the potential of *Ideonella sakaiensis* enzymes as valuable tools in bioremediation of plastic waste. The study underscores the promise of these enzymes in breaking down and transforming plastics, a crucial step in combating environmental contamination from plastic pollution. Further research and practical application of these enzymes offer effective solutions for plastic waste management and environmental preservation.

**Keywords:** bioremediation; biodegrading bacteria; *Ideonella sakaiensis*; *Klebsiella pneumoniae*; *Pseudomonas spp*.



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

6(082)

НАУЧНО-стручни скуп Студенти у сусрет науци - StES (16 ; 2023  
; Бања Лука)

Inženjerstvo i tehnologija : zbornik radova / 16. Naučno-  
STRUČNI SKUP Studenti u susret nauci - StES 2023, Banja Luka =  
Engineering and Technology : proceedings / 16th scientific  
conference Students encountering science - StES 2023, Banja Luka ;  
[urednik Dragan Milivojša]. - [Banja Luka] : Univerzitet : Studentski  
parlament Univerziteta, 2023 (Banja Luka : Mikro print). - 63 str. :  
илустр. ; 25 cm. - (Inženjerstvo i tehnologija, ISSN 2637-2266, ISSN  
2637-2274)

Тираж 25. - Библиографија уз сваки рад. - Abstracts.

ISBN 978-99976-49-37-9

COBISS.RS-ID 139323137