



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET  
UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

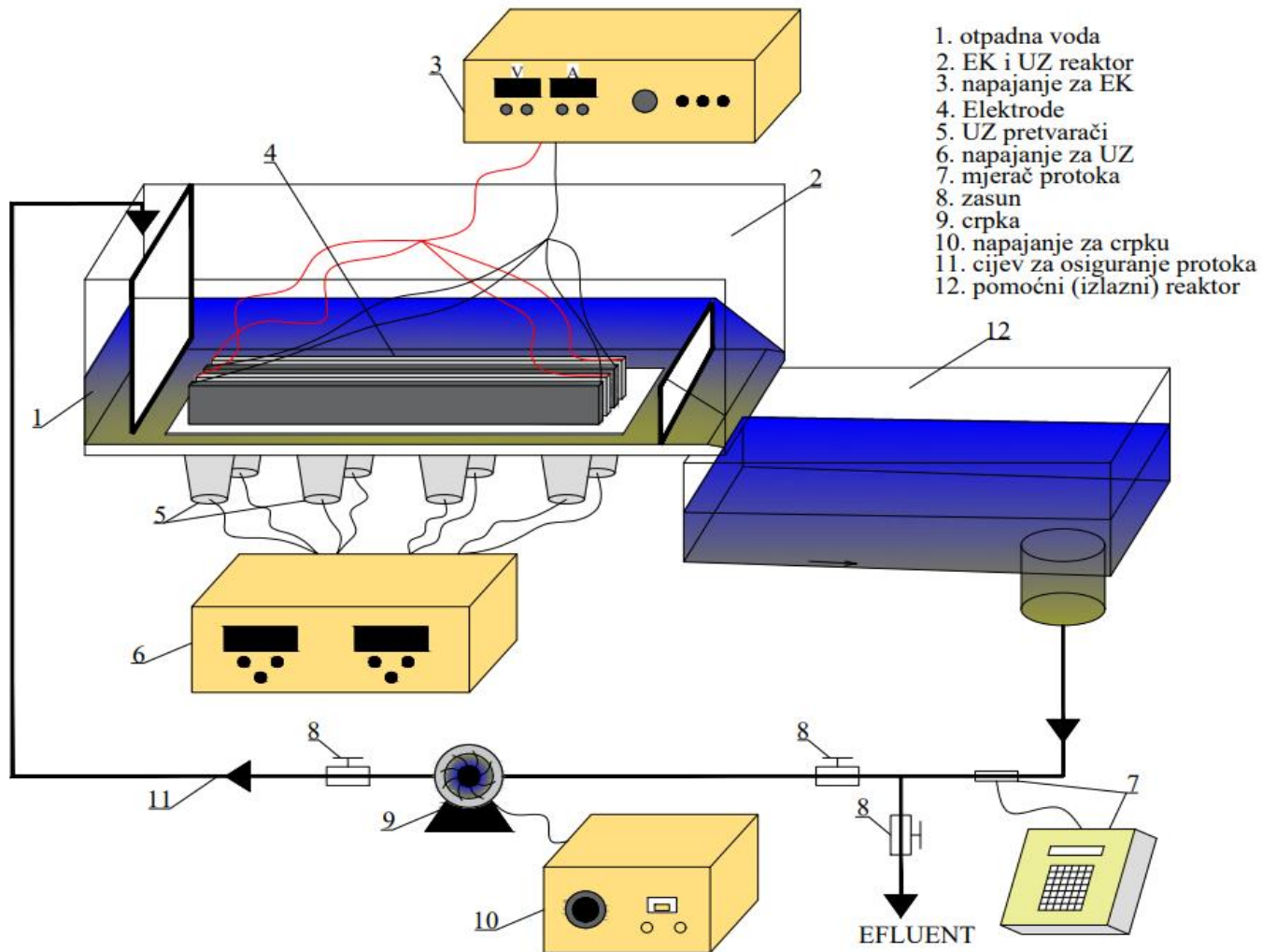


# Primjena računalnog programa Design Expert u pročišćavanju zauljenih otpadnih voda

HANA POSAVČIĆ, mag.ing.aedif.

**BRAVOBRIK** 

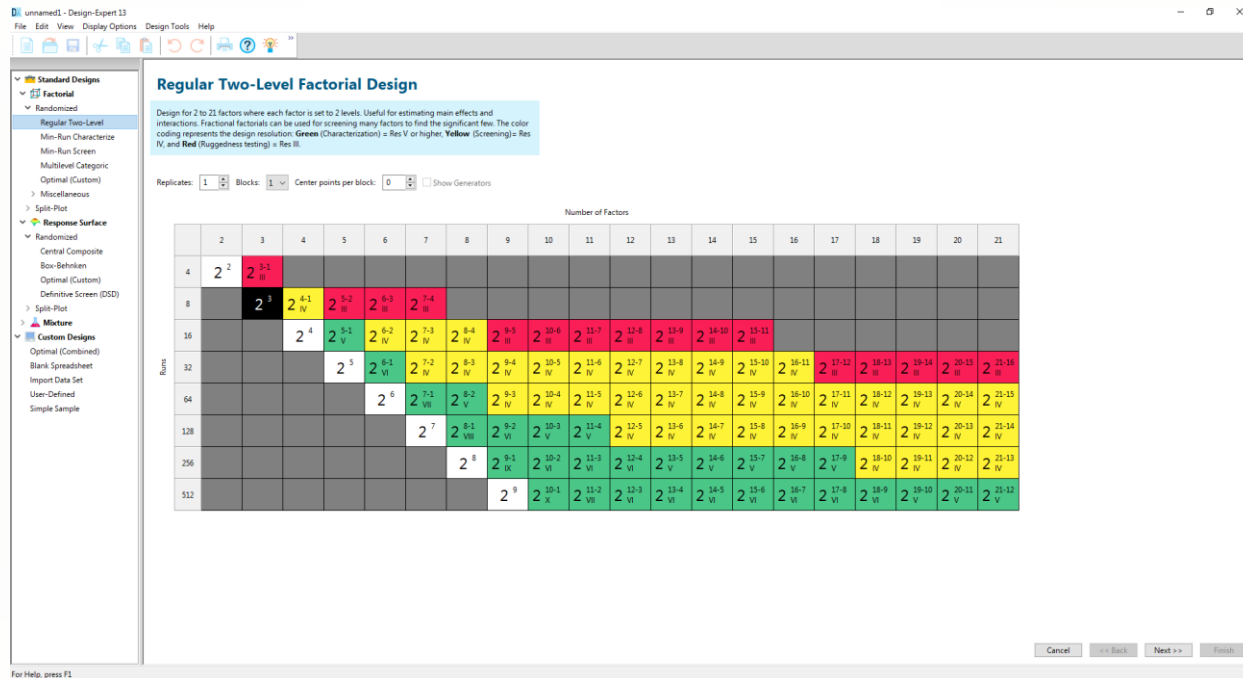
## Protočni sono-EK uređaj



Slika 1. Shema eksperimentalnog uređaja

# DIZAJN EKSPERIMENTATA

- omogućuje simultano ispitivanje svih faktora koji mogu utjecati na proces.
- primjenjuje se prilikom planiranja, provođenja, analiziranja i interpretiranja rezultata (statističke obrade).
- *Design-Expert*



Slika 2. Sučelje računalnog programa Design-Expert

## DIZAJN EKSPERIMENATA

- Varijable:

1. Faktori – numerički i kategorički
2. Odzivi

- Metoda odzivne površine (engl. Response Surface Methodology, skr. RSM)

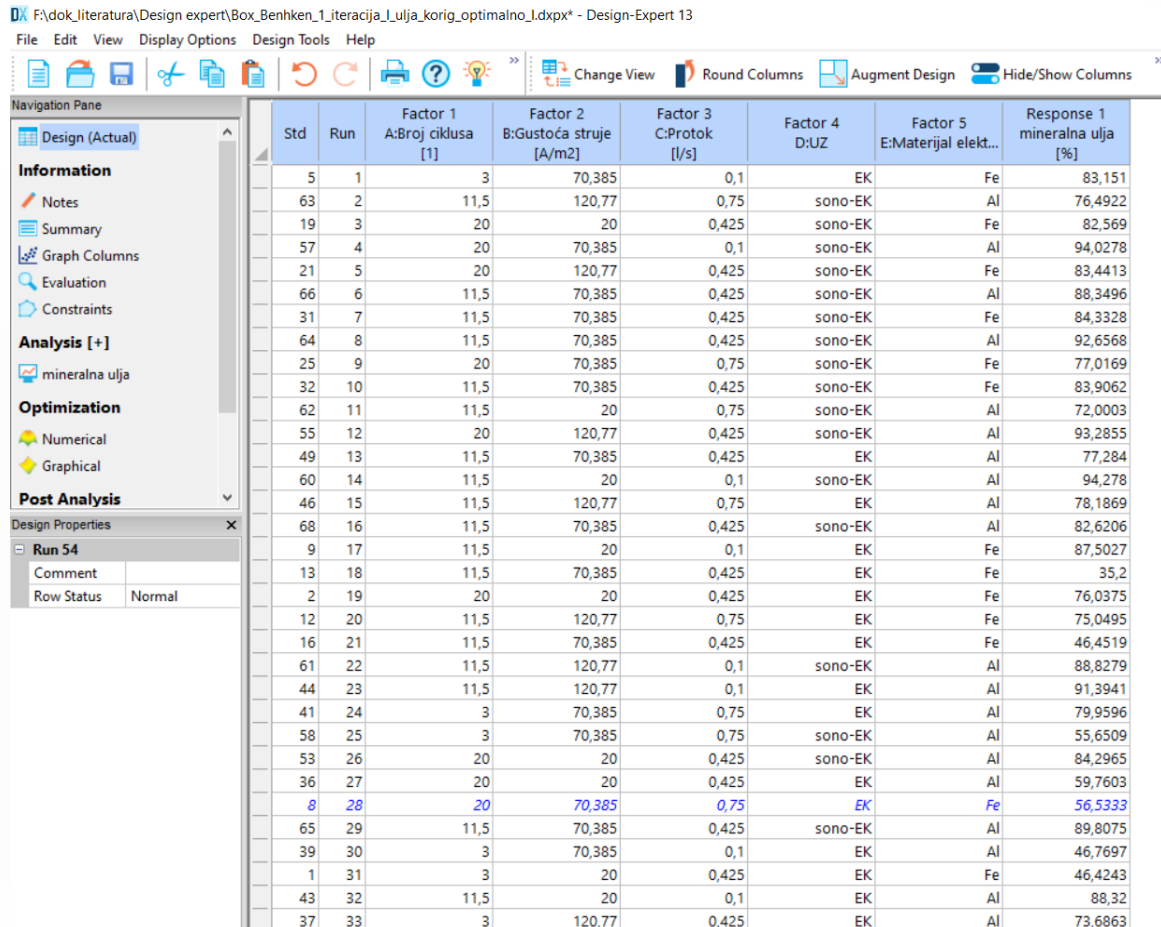
## DIZAJN EKSPERIMENATA

- *Tablica 1. Odabrani numerički i kategorički faktori*

Numerički faktori [mjerna jedinica]		Razine		
		Niska (-1)	Srednja (0)	Visoka (+1)
<b>A</b>	<b>Broj ciklusa, N [1]</b>	3	11.5	20
<b>B</b>	<b>Gustoća struje, J [A/m<sup>2</sup>]</b>	20	70.385	120.77
<b>C</b>	<b>Protok, Q [L/s]</b>	0.1	0.425	0.75
<b>Kategorički faktori</b>		1	2	
<b>D</b>	<b>UZ</b>	EK	Sono-EK	
<b>E</b>	<b>Materijal elektroda</b>	Fe	Al	

# DIZAJN EKSPERIMENTATA

- Ukupno 68 eksperimenata u analiziranom dijelu istraživanja



The screenshot shows the Design-Expert software interface. The main window displays a table with 68 rows and 9 columns. The columns are: Std, Run, Factor 1 A:Broj ciklusa [1], Factor 2 B:Gustoća struje [A/m<sup>2</sup>], Factor 3 C:Protok [l/s], Factor 4 D:UZ, Factor 5 E:Materijal elekt..., and Response 1 mineralna ulja [%]. The table contains numerical values for the factors and categorical values for Factor 5. The response values are also numerical. The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Display Options, Design Tools, Help), a toolbar with various icons, and a left-hand navigation pane with sections for Information, Analysis, Optimization, and Post Analysis. The Design Properties pane shows 'Run 54' with a Comment field and a Row Status of 'Normal'.

Std	Run	Factor 1 A:Broj ciklusa [1]	Factor 2 B:Gustoća struje [A/m <sup>2</sup> ]	Factor 3 C:Protok [l/s]	Factor 4 D:UZ	Factor 5 E:Materijal elekt...	Response 1 mineralna ulja [%]
5	1	3	70,385	0,1	EK	Fe	83,151
63	2	11,5	120,77	0,75	sono-EK	Al	76,4922
19	3	20	20	0,425	sono-EK	Fe	82,569
57	4	20	70,385	0,1	sono-EK	Al	94,0278
21	5	20	120,77	0,425	sono-EK	Fe	83,4413
66	6	11,5	70,385	0,425	sono-EK	Al	88,3496
31	7	11,5	70,385	0,425	sono-EK	Fe	84,3328
64	8	11,5	70,385	0,425	sono-EK	Al	92,6568
25	9	20	70,385	0,75	sono-EK	Fe	77,0169
32	10	11,5	70,385	0,425	sono-EK	Fe	83,9062
62	11	11,5	20	0,75	sono-EK	Al	72,0003
55	12	20	120,77	0,425	sono-EK	Al	93,2855
49	13	11,5	70,385	0,425	EK	Al	77,284
60	14	11,5	20	0,1	sono-EK	Al	94,278
46	15	11,5	120,77	0,75	EK	Al	78,1869
68	16	11,5	70,385	0,425	sono-EK	Al	82,6206
9	17	11,5	20	0,1	EK	Fe	87,5027
13	18	11,5	70,385	0,425	EK	Fe	35,2
2	19	20	20	0,425	EK	Fe	76,0375
12	20	11,5	120,77	0,75	EK	Fe	75,0495
16	21	11,5	70,385	0,425	EK	Fe	46,4519
61	22	11,5	120,77	0,1	sono-EK	Al	88,8279
44	23	11,5	120,77	0,1	EK	Al	91,3941
41	24	3	70,385	0,75	EK	Al	79,9596
58	25	3	70,385	0,75	sono-EK	Al	55,6509
53	26	20	20	0,425	sono-EK	Al	84,2965
36	27	20	20	0,425	EK	Al	59,7603
8	28	20	70,385	0,75	EK	Fe	56,5333
65	29	11,5	70,385	0,425	sono-EK	Al	89,8075
39	30	3	70,385	0,1	EK	Al	46,7697
1	31	3	20	0,425	EK	Fe	46,4243
43	32	11,5	20	0,1	EK	Al	88,32
37	33	3	120,77	0,425	EK	Al	73,6863

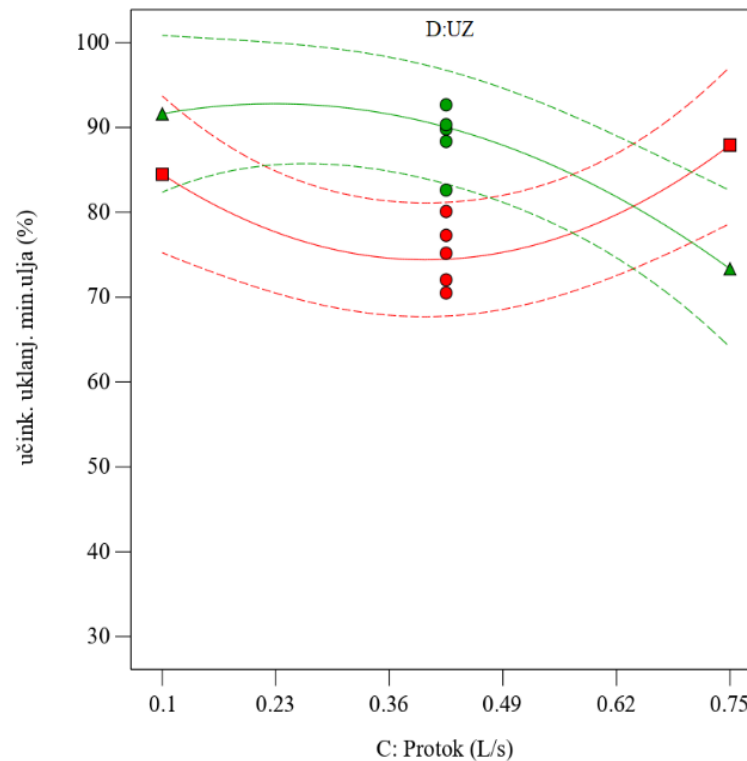
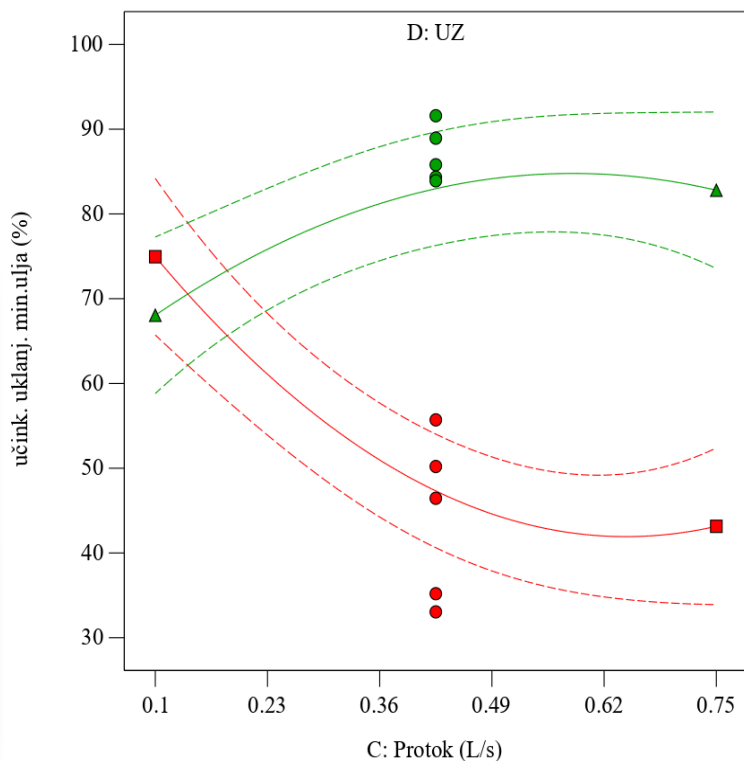
Slika 3. Generirana matrica eksperimenata

## REZULTATI

Tablica 2. ANOVA:

Parametri	Zbroj kvadrata	df	Srednji kvadrat	F-vrijednost	p-vrijednost
Model	15330.00	27	567.78	8.10	< 0.0001
A-Broj ciklusa	2281.74	1	2281.74	32.54	< 0.0001
B-Gustoća struje	840.99	1	840.99	11.99	0.0013
C-Protok	508.56	1	508.56	7.25	0.0103
D-UZ	4153.54	1	4153.54	59.24	< 0.0001
E-Materijal elektroda	1851.94	1	1851.94	26.41	< 0.0001
AD	54.86	1	54.86	0.7824	0.3817
AE	27.59	1	27.59	0.3936	0.5340
BC	8.12	1	8.12	0.1158	0.7354
BD	0.4769	1	0.4769	0.0068	0.9347
BE	31.07	1	31.07	0.4432	0.5094
CD	308.99	1	308.99	4.41	0.0421
CE	2.47	1	2.47	0.0353	0.8520
DE	908.47	1	908.47	12.96	0.0009
A <sup>2</sup>	301.10	1	301.10	4.29	0.0447
B <sup>2</sup>	186.17	1	186.17	2.66	0.1111
C <sup>2</sup>	73.09	1	73.09	1.04	0.3134
ADE	131.74	1	131.74	1.88	0.1781
BCD	249.17	1	249.17	3.55	0.0667
BCE	0.0018	1	0.0018	0.0000	0.9959
BDE	65.05	1	65.05	0.9278	0.3412
CDE	2330.05	1	2330.05	33.23	< 0.0001
A <sup>2</sup> D	392.94	1	392.94	5.60	0.0228
A <sup>2</sup> E	319.69	1	319.69	4.56	0.0389
B <sup>2</sup> E	341.64	1	341.64	4.87	0.0331
C <sup>2</sup> D	1570.88	1	1570.88	22.41	< 0.0001
BCDE	525.36	1	525.36	7.49	0.0092
A <sup>2</sup> DE	333.80	1	333.80	4.76	0.0350

# REZULTATI

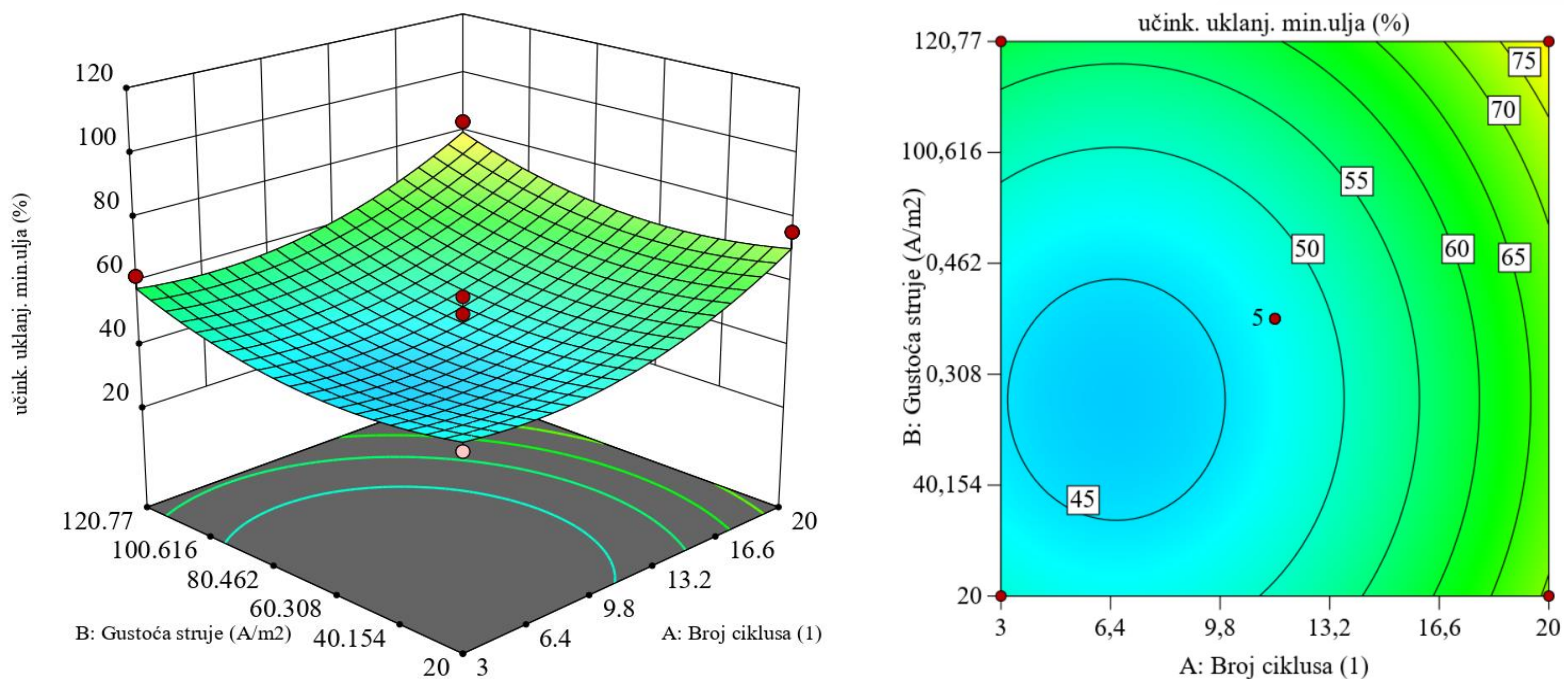


Slika 4. Parametar CD: interakcija protoka i UZ (■ EK i ▲ sono-EK) uz korištenje željeznih elektroda (lijevo) i aluminijskih elektroda (desno) ( $J=70.385 \text{ A/m}^2$ ,  $N=11.5$ )



## REZULTATI

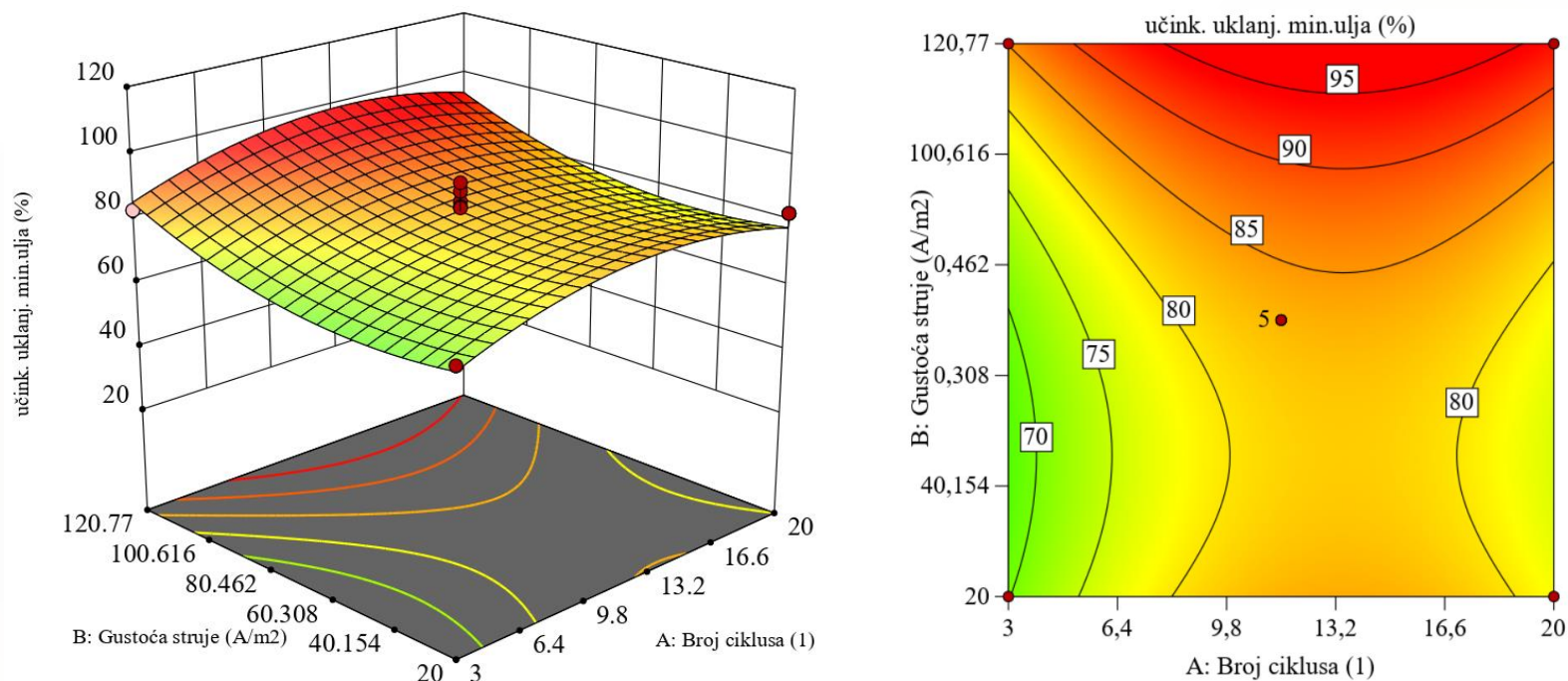
### Utjecaj broja ciklusa i gustoće struje na učinkovitost uklanjanja mineralnih ulja



Slika 5. 3D odzivna površina (lijevo) i 2D (desno) konturna ploha za kombinirani učinak gustoće struje i broja ciklusa na uklanjanje mineralnih ulja uz primjenu EK i željeznih elektroda te protok od 0.425 L/s

## REZULTATI

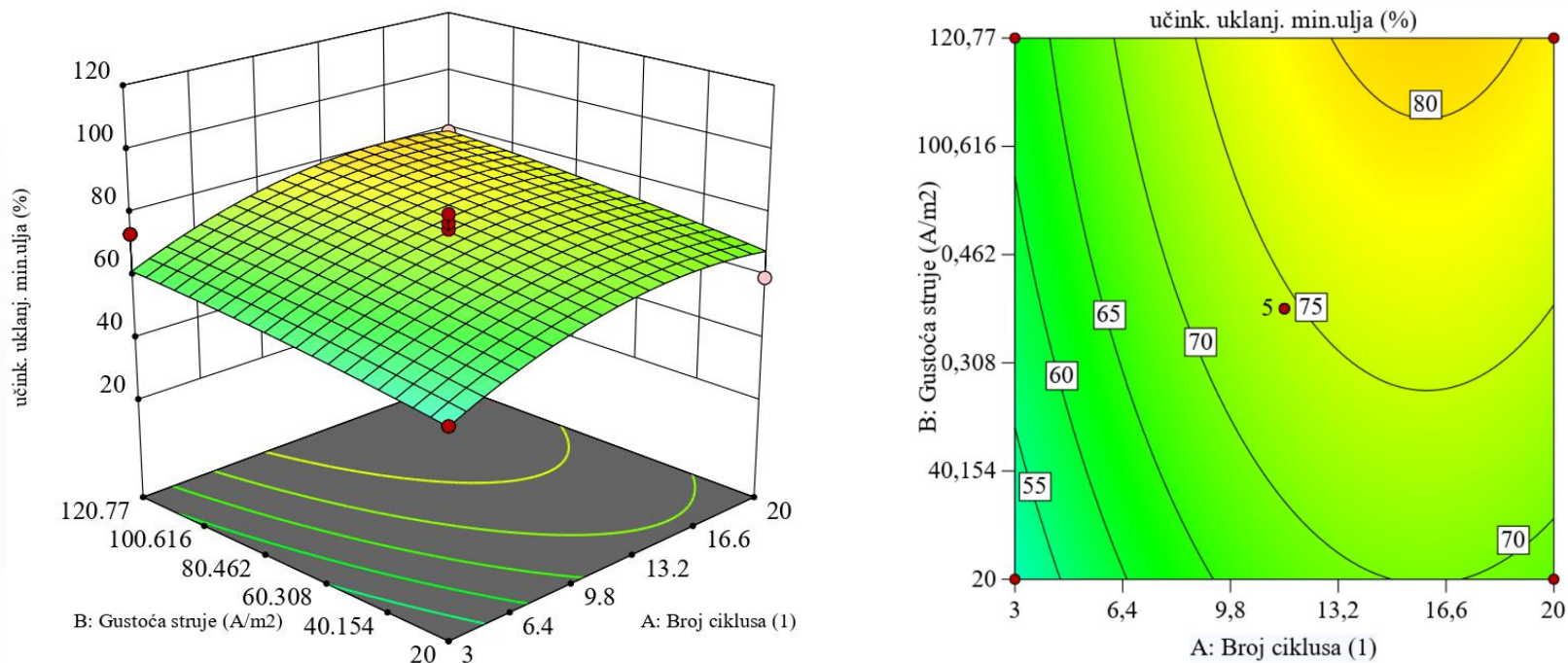
Utjecaj broja ciklusa i gustoće struje na učinkovitost uklanjanja mineralnih ulja



Slika 6. 3D odzivna površina (lijevo) i 2D (desno) konturna ploha za kombinirani učinak gustoće struje i broja ciklusa na uklanjanje mineralnih ulja uz primjenu sono-EK i željeznih elektroda te protok od 0.425 L/s

## REZULTATI

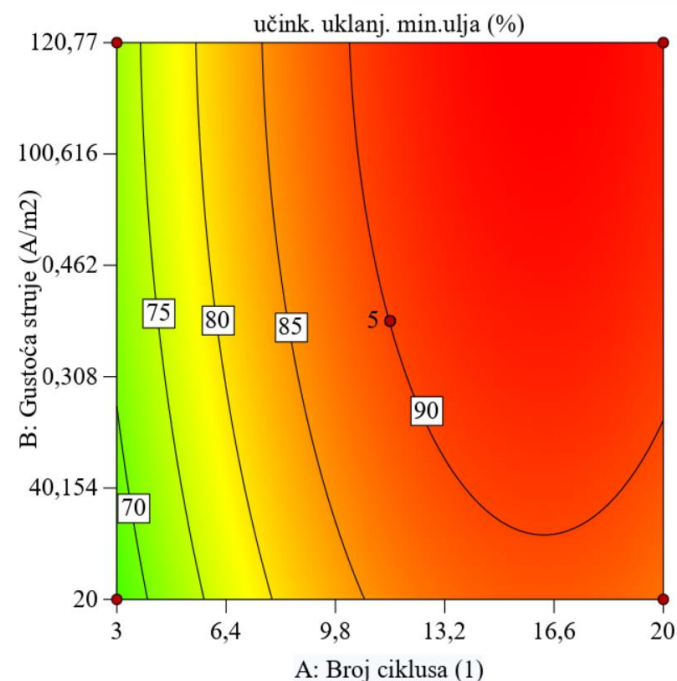
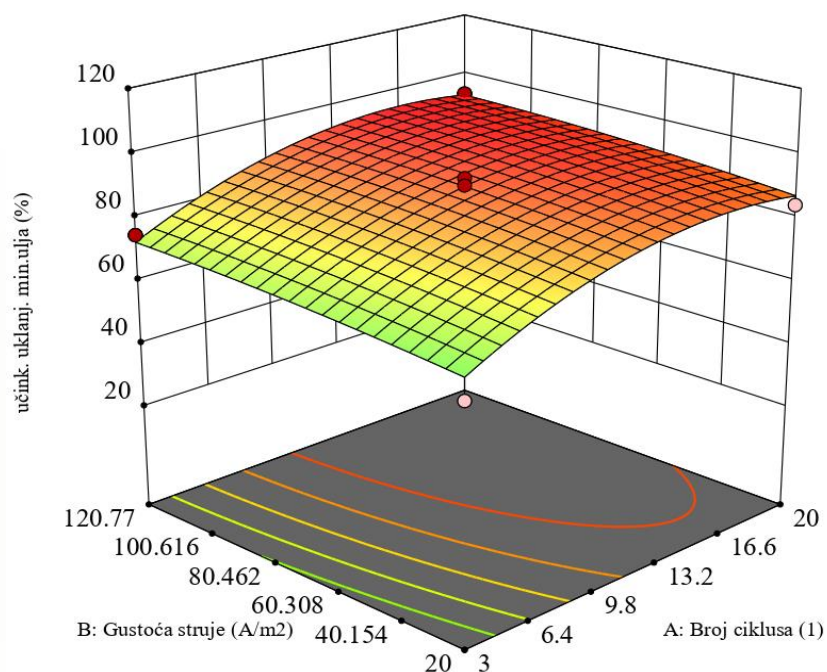
Utjecaj broja ciklusa i gustoće struje na učinkovitost uklanjanja mineralnih ulja



Slika 7. 3D odzivna površina (lijevo) i 2D (desno) konturna ploha za kombinirani učinak gustoće struje i broja ciklusa na uklanjanje mineralnih ulja uz primjenu EK i aluminijskih elektroda te protok od 0.425 L/s

## REZULTATI

Utjecaj broja ciklusa i gustoće struje na učinkovitost uklanjanja mineralnih ulja

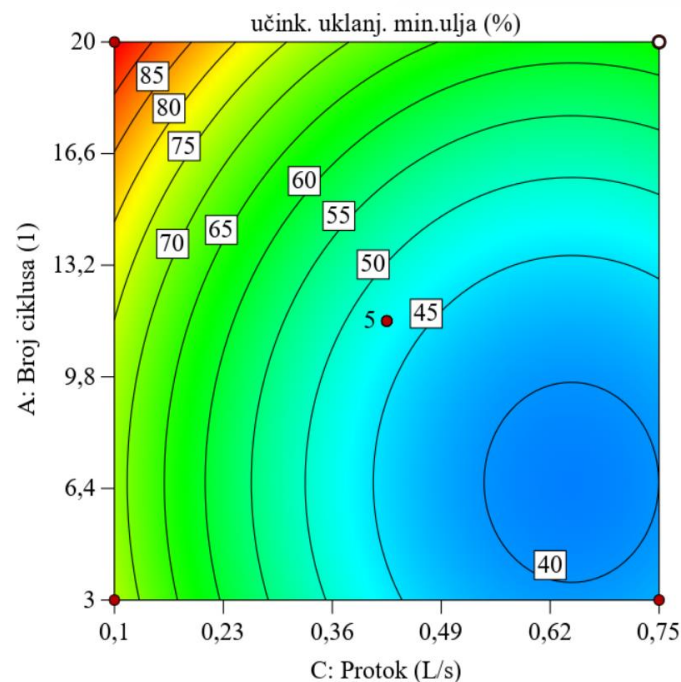
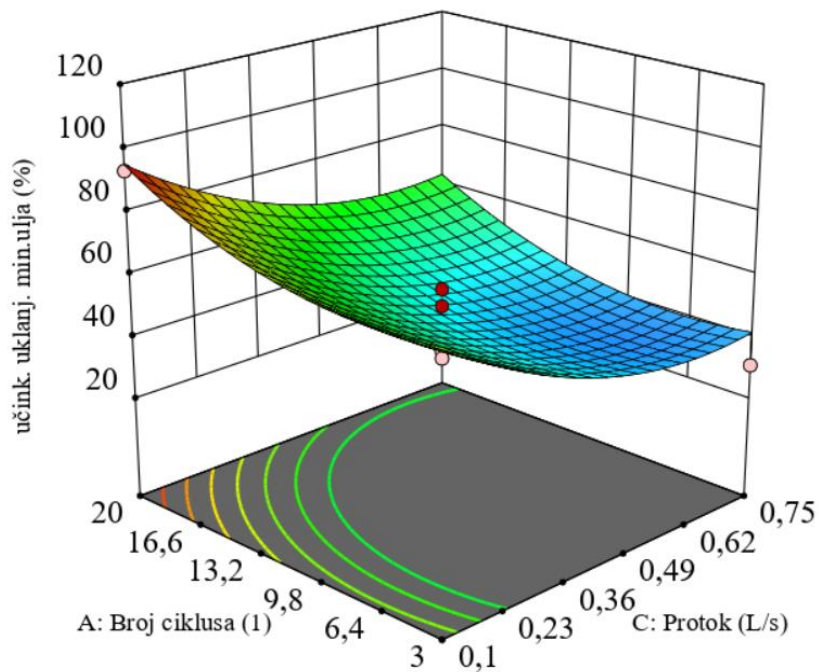


Slika 8. 3D odzivna površina (lijevo) i 2D (desno) konturna ploha za kombinirani učinak gustoće struje i broja ciklusa na uklanjanje mineralnih ulja uz primjenu sono-EK i aluminijских elektroda te protok od 0.425 L/s



# REZULTATI

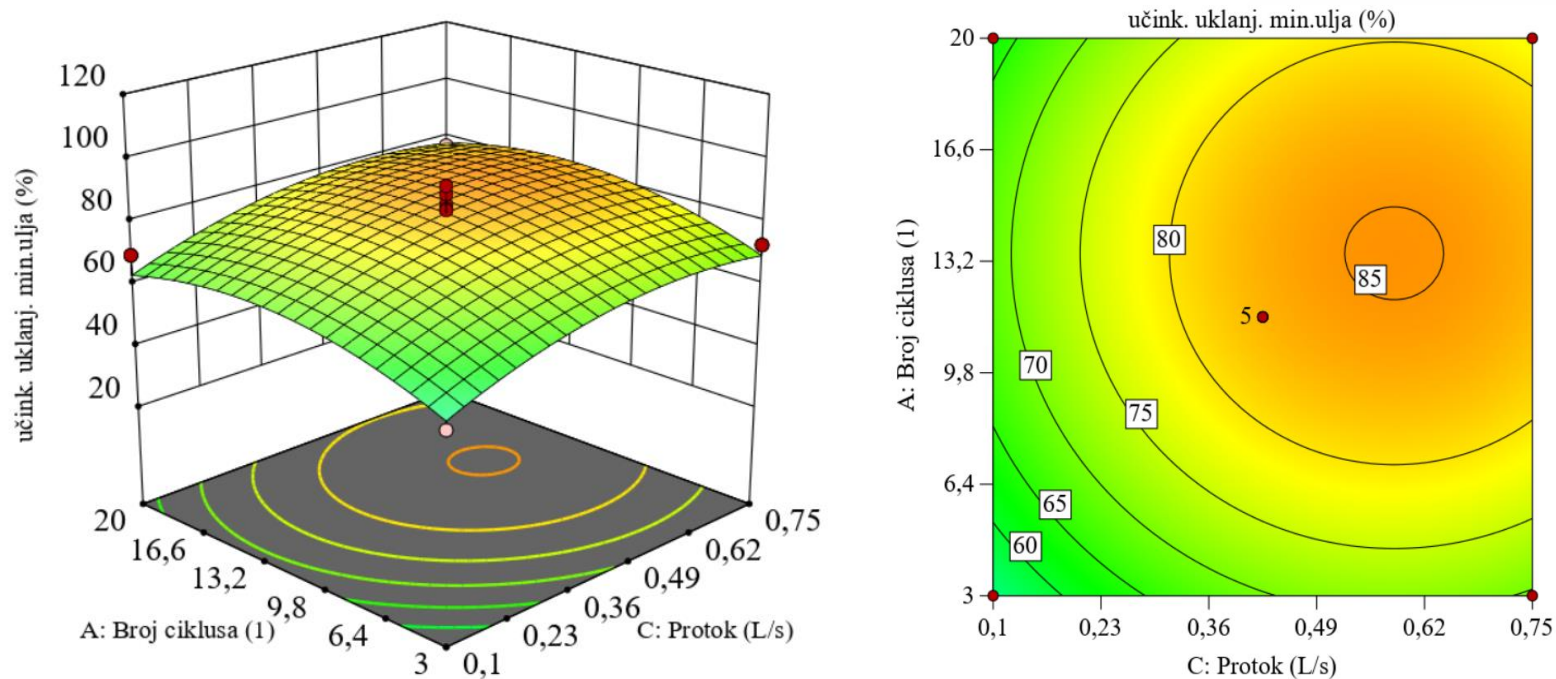
## Utjecaj broja ciklusa i protoka na učinkovitost uklanjanja mineralnih ulja



Slika 9. 3D odzivna površina (lijevo) i 2D (desno) konturna ploha za kombinirani učinak protoka i broja ciklusa na uklanjanje mineralnih ulja uz primjenu EK i željeznih elektroda te gustoću struje od  $70.385 \text{ A/m}^2$

# REZULTATI

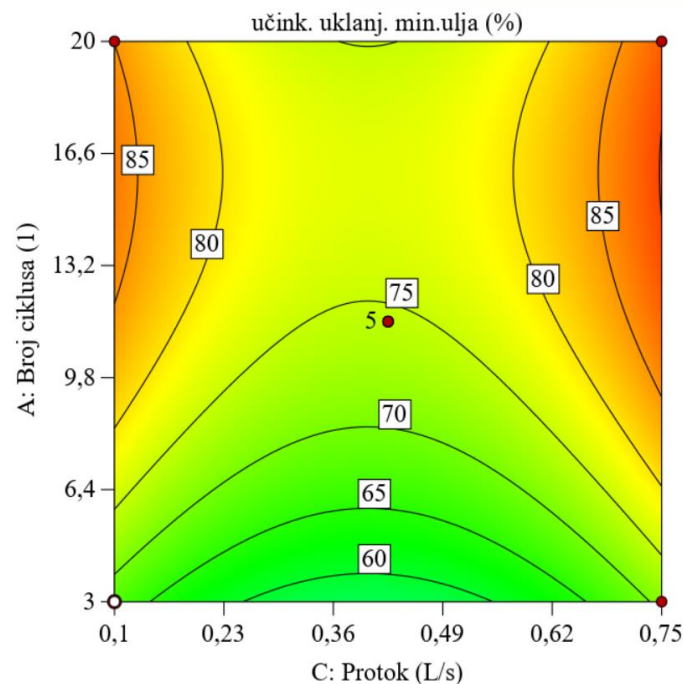
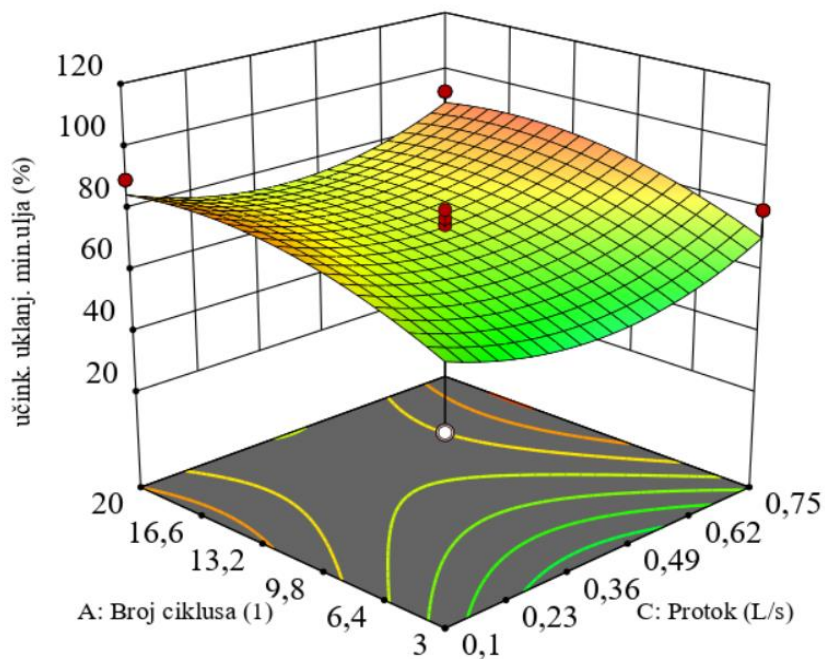
## Utjecaj broja ciklusa i protoka na učinkovitost uklanjanja mineralnih ulja



Slika 10. 3D odzivna površina (lijevo) i 2D (desno) konturna ploha za kombinirani učinak protoka i broja ciklusa na uklanjanje mineralnih ulja uz primjenu sono-EK i željeznih elektroda te gustoću struje od 70.385 A/m<sup>2</sup>

## REZULTATI

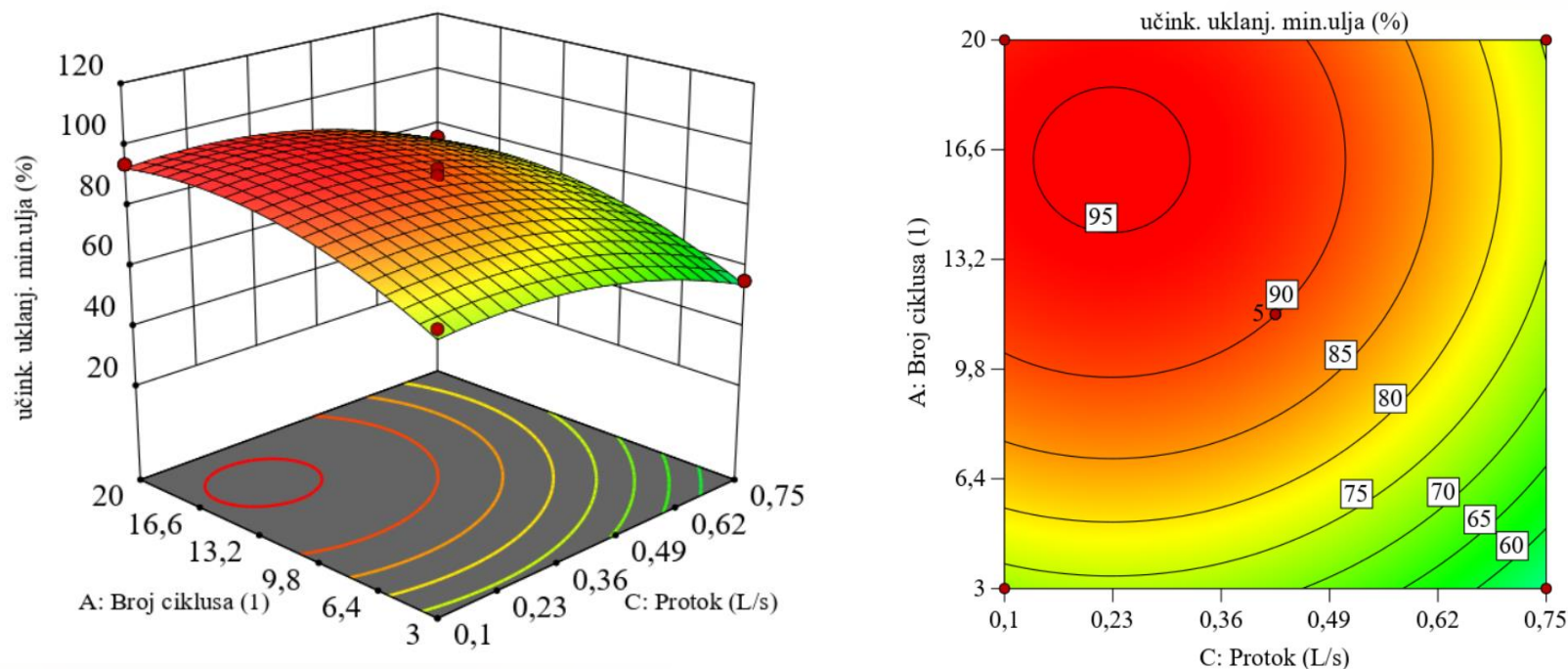
### Utjecaj broja ciklusa i protoka na učinkovitost uklanjanja mineralnih ulja



Slika 11. 3D odzivna površina (lijevo) i 2D (desno) konturna ploha za kombinirani učinak protoka i broja ciklusa na uklanjanje mineralnih ulja uz primjenu EK i aluminijjskih elektroda te gustoću struje od  $70.385 \text{ A/m}^2$

## REZULTATI

### Utjecaj broja ciklusa i protoka na učinkovitost uklanjanja mineralnih ulja

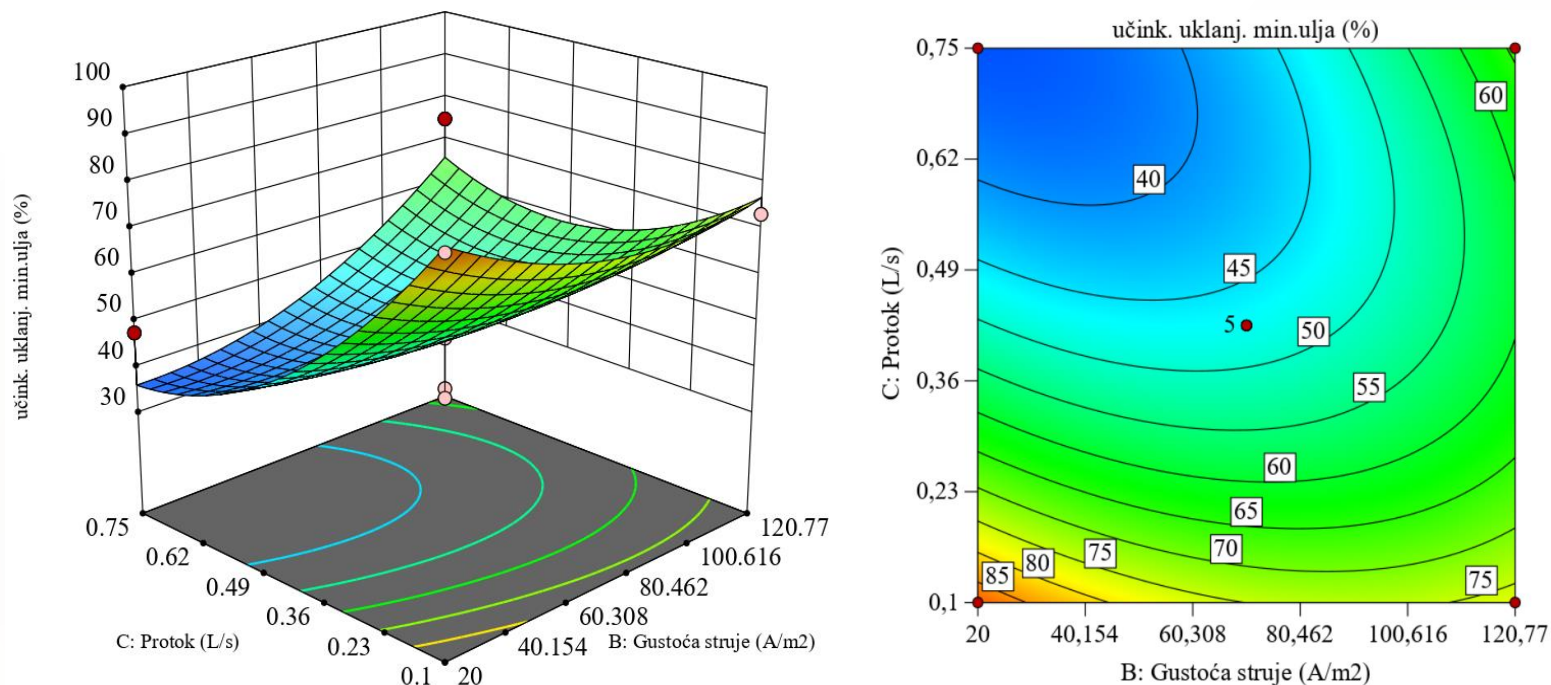


Slika 12. 3D odzivna površina (lijevo) i 2D (desno) konturna ploha za kombinirani učinak protoka i broja ciklusa na uklanjanje mineralnih ulja uz primjenu sono-EK i aluminijskih elektroda te gustoću struje od 70.385 A/m<sup>2</sup>



## REZULTATI

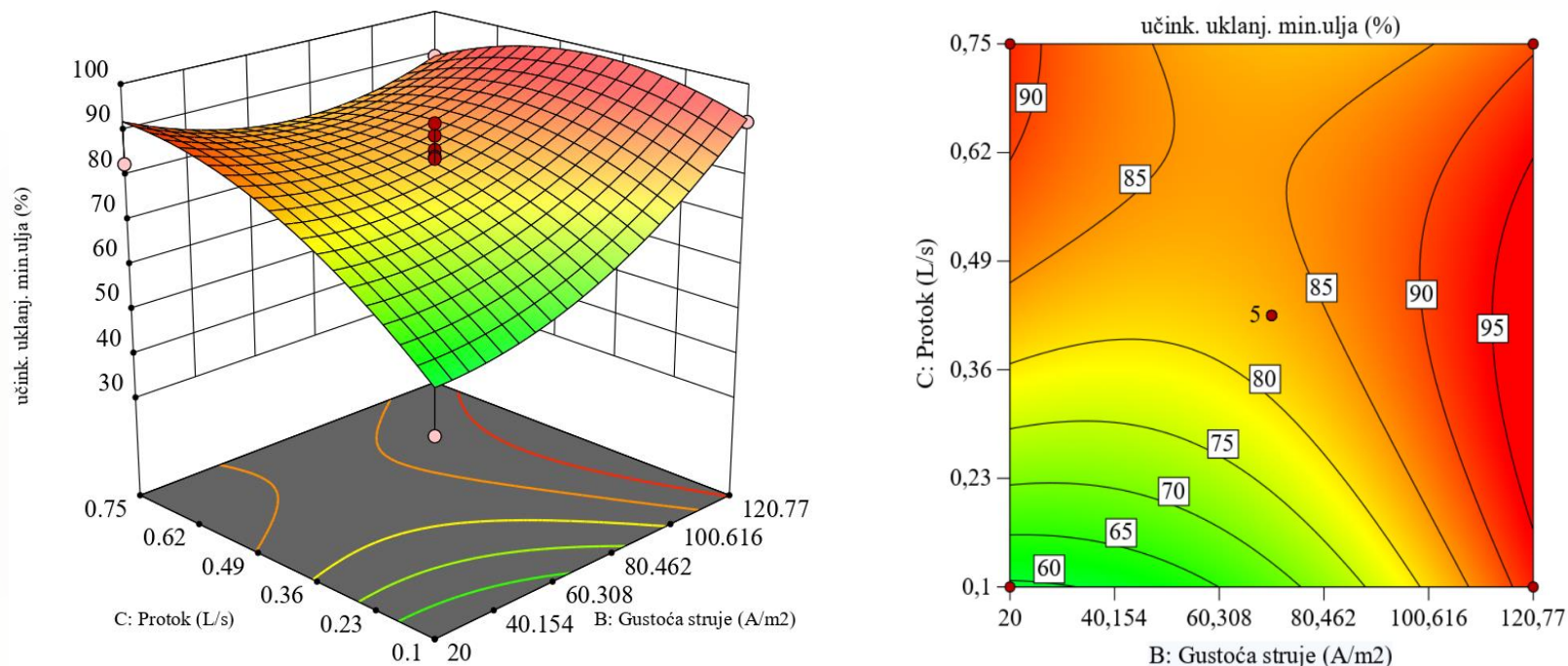
*Utjecaj gustoće struje i protoka na učinkovitost uklanjanja mineralnih ulja*



*Slika 13. 3D odzivna površina (lijevo) i 2D (desno) konturna ploha za kombinirani učinak protoka i gustoće struje na uklanjanje mineralnih ulja uz primjenu EK i željeznih elektroda te 11.5 ciklusa*

## REZULTATI

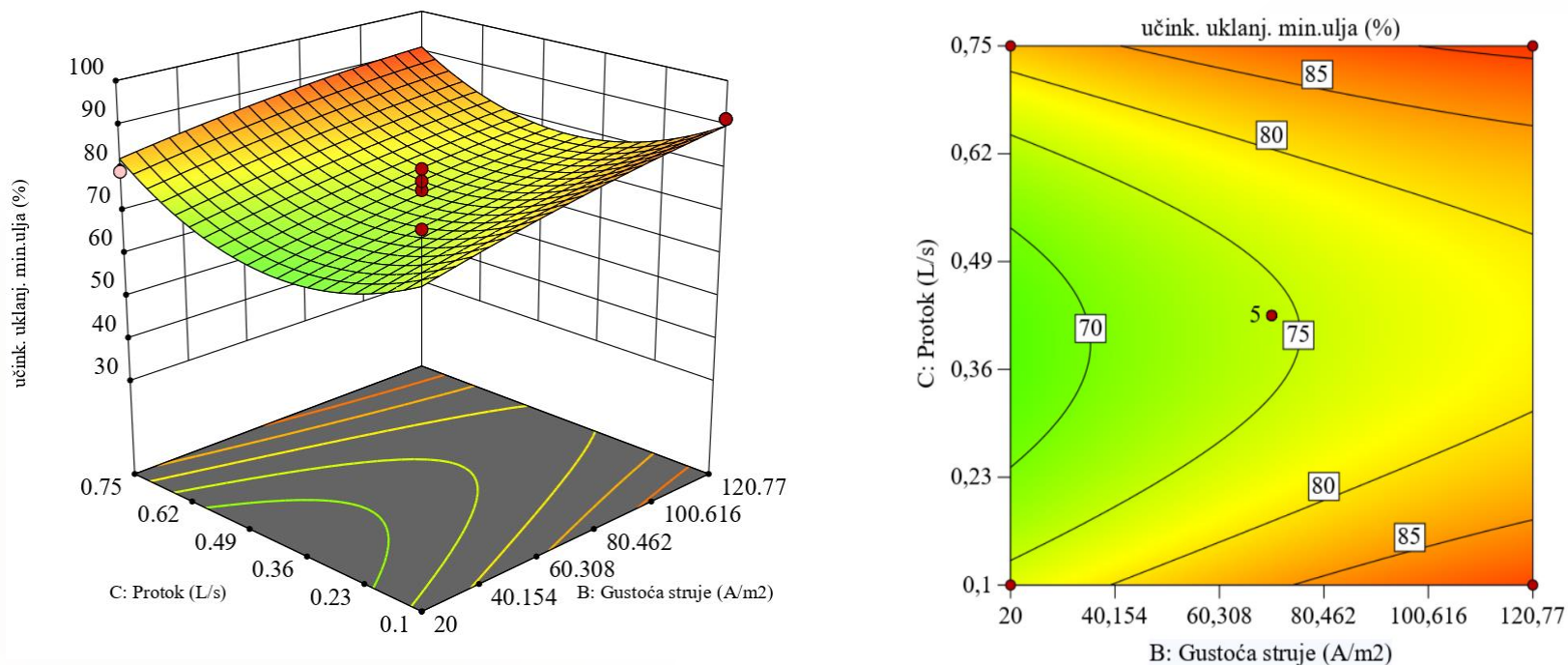
*Utjecaj gustoće struje i protoka na učinkovitost uklanjanja mineralnih ulja*



**Slika 14. 3D odzivna površina (lijevo) i 2D (desno) konturna ploha za kombinirani učinak protoka i gustoće struje na uklanjanje mineralnih ulja uz primjenu sono-EK i željeznih elektroda te 11.5 ciklusa**

## REZULTATI

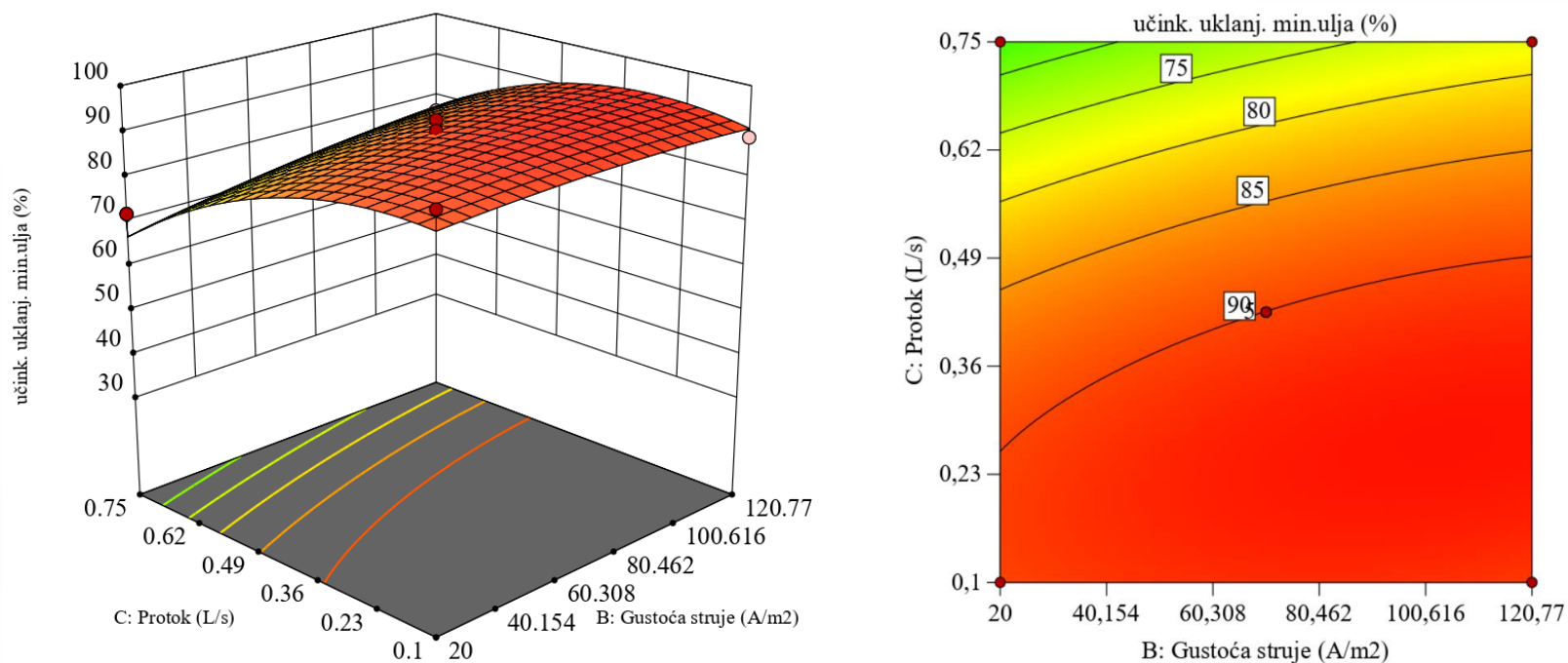
### Utjecaj gustoće struje i protoka na učinkovitost uklanjanja mineralnih ulja



Slika 15. 3D odzivna površina (lijevo) i 2D (desno) konturna ploha za kombinirani učinak protoka i gustoće struje na uklanjanje mineralnih ulja uz primjenu EK i aluminijskih elektroda te 11.5 ciklusa

## REZULTATI

*Utjecaj gustoće struje i protoka na učinkovitost uklanjanja mineralnih ulja*



*Slika 16. 3D odzivna površina (lijevo) i 2D (desno) konturna ploha za kombinirani učinak protoka i gustoće struje na uklanjanje mineralnih ulja uz primjenu sono-EK i aluminijskih elektroda te 11.5 ciklusa*

## REZULTATI

- Model je uspješno verificiran je te su određeni optimalni operativni parametri:
- *Tablica 3. Optimalni operativni parametri*

N [1]	J [A/m <sup>2</sup> ]	Q [L/s]	UZ	Materijal elektroda	Y [%]
14,130	53,124	0,235	sono-EK	Al	94.28

*Hvala na pažnji!*