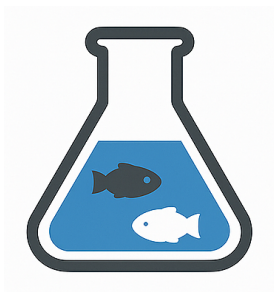




LC₅₀/EC₅₀ Calculator

Korisnički priručnik

Verzija 1.0.0



dr.sc. Branimir K. Hackenberger

Odjel za biologiju
Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku

BioQuant-SCIOM d.o.o.

23. rujna 2025.



Sadržaj

1	Uvod	1
1.1	O programu	1
1.1.1	Ključne značajke	1
1.2	Sistemske zahtjevi	1
2	Instalacija	3
2.1	Windows instalacija	3
2.1.1	Preuzimanje	3
2.1.2	Instalacijski postupak	3
2.2	Ubuntu/Linux instalacija	3
2.2.1	AppImage metoda (preporučeno)	3
2.2.2	DEB paket za Debian/Ubuntu	4
2.2.3	Snap paket	4
2.3	macOS instalacija	4
2.3.1	DMG instalacija	4
2.3.2	Homebrew instalacija	5
3	Teoretski temelji	7
3.1	LC ₅₀ i EC ₅₀ koncept	7
3.2	Matematički temelji	7
3.2.1	Probit analiza	7
3.2.2	Logit analiza	8
3.2.3	Weibull analiza	8
3.2.4	Spearman-Kärber metoda	8
3.3	Dodatni parametri	8
3.3.1	EC ₁₀ i EC ₉₀	8
3.3.2	NOEC i LOEC	9
3.3.3	MATC	9
3.3.4	Benchmark doze (BMD)	9
3.3.5	PNEC vrijednosti	9
4	Korištenje programa	11
4.1	Pokretanje programa	11
4.1.1	Windows	11
4.1.2	Linux	11
4.1.3	macOS	11
4.2	Sučelje programa	12
4.2.1	Područja sučelja	12
4.3	Unos podataka	12
4.3.1	Osnovni podaci	12



4.3.2	Eksperimentalni podaci	13
4.3.3	Rezultati izračuna	13
5	Primjeri korištenja	15
5.1	Primjer 1: Akutna toksičnost na <i>Daphnia magna</i>	15
5.1.1	Scenarij	15
5.1.2	Eksperimentalni dizajn	15
5.1.3	Postupak unosa	15
5.1.4	Očekivani rezultati	16
5.1.5	Interpretacija	16
5.2	Primjer 2: Inhibicija rasta algi	17
5.2.1	Scenarij	17
5.2.2	Postupak	17
5.2.3	Rezultati	17
5.3	Primjer 3: Spearman-Kärber za zemljišne organizme	17
5.3.1	Scenarij	17
5.3.2	Posebnosti Spearman-Kärber metode	17
5.3.3	Podaci	18
5.3.4	Rezultati	18
6	Napredne značajke	19
6.1	Automatsko pamćenje postavki	19
6.1.1	Struktura settings.json	19
6.2	CSV log datoteka	19
6.2.1	Uvoz/izvoz podataka	20
6.3	PDF izvještaji	20
7	Rješavanje problema	21
7.1	Česte greške	21
7.2	Preporučene prakse	21
7.2.1	Priprema podataka	21
7.2.2	Odabir metode	22
7.2.3	Validacija rezultata	22
7.3	FAQ	22
8	Tehničke specifikacije	23
8.1	Arhitektura programa	23
8.2	API dokumentacija	23
8.2.1	Rust funkcije	23
8.2.2	JavaScript funkcije	24
8.3	Strukture podataka	24
9	Reference i standardi	27
9.1	Međunarodni standardi	27
9.2	Literatura	27
9.3	Web resursi	28
A	Popis organizama	29
A.1	Vodeni organizmi	29
A.2	Terestrički organizmi	29



B	Formule i konstante	31
B.1	Transformacijske funkcije	31
B.2	Statističke konstante	31
B.3	Faktori sigurnosti	31
C	Kontakt i podrška	33
C.1	Tehnička podrška	33
C.2	Prijava bugova	33
C.3	Licenciranje	33
O	autoru	35



1. Uvod

1.1 O programu

LC₅₀/EC₅₀ Calculator je napredni profesionalni softver dizajniran za precizno izračunavanje letalne koncentracije (LC₅₀) i efektivne koncentracije (EC₅₀) kemijskih tvari na testne organizme. Program je razvijen u Rust programskom jeziku s Tauri frameworkom, što osigurava visoke performanse i sigurnost.

1.1.1 Ključne značajke

- **Četiri statističke metode:** Probit, Logit, Weibull i Spearman-Kärber
- **Automatski izračun dodatnih parametara:** EC₁₀, EC₉₀, LOEC, NOEC, MATC
- **Benchmark doze (BMD):** BMC₁₀ i BMC₂₀ s 95% intervalima pouzdanosti
- **Procjena rizika:** PNEC kalkulacije za različite ekosustave
- **Vizualizacija podataka:** Interaktivni grafovi s regresijskim krivuljama
- **PDF izvještaji:** Automatsko generiranje profesionalnih izvještaja
- **CSV log:** Trajno pohranjivanje svih analiza
- **Memorija postavki:** Automatsko pamćenje korisničkih preferencija

1.2 Sistemski zahtjevi

Tablica 1.1: Minimalni sistemski zahtjevi

Komponenta	Zahtjev
Operacijski sustav	Windows 10/11, macOS 10.15+, Ubuntu 20.04+
RAM memorija	Minimum 4 GB (preporučeno 8 GB)
Prostor na disku	200 MB za instalaciju
Rezolucija ekrana	Minimum 1280×720 (preporučeno 1920×1080)
.NET Framework	Verzija 4.7.2 ili novija (samo Windows)



2. Instalacija

2.1 Windows instalacija

2.1.1 Preuzimanje

1. Idite na <https://sciom.hr/lc50-calculator/download>
2. Preuzmite `LC50Calculator-Setup.exe`
3. Provjerite SHA-256 checksum za sigurnost

2.1.2 Instalacijski postupak

1. Pokrenite `LC50Calculator-Setup.exe` kao administrator
2. Prihvatite licencne uvjete
3. Odaberite instalacijski direktorij (preporučeno: `C:\Program Files\LC50Calculator`)
4. Odaberite komponente:
 - ✓ Glavni program
 - ✓ Prečac na radnoj površini
 - ✓ Start menu prečaci
 - ✓ Kontekstni meni za CSV datoteke
5. Kliknite "Install"
6. Pričekajte završetak instalacije
7. Kliknite "Finish" za pokretanje programa

Windows Defender upozorenje

Prilikom prve instalacije, Windows Defender može prikazati upozorenje. Kliknite "More info" zatim "Run anyway" jer je softver siguran i digitalno potpisan.

2.2 Ubuntu/Linux instalacija

2.2.1 AppImage metoda (preporučeno)



```
1      # Preuzmite AppImage
2      wget https://sciom.hr/downloads/LC50Calculator
        -1.0.0.AppImage
3
4      # Ucinite ga izvrsnim
5      chmod +x LC50Calculator-1.0.0.AppImage
6
7      # Pokrenite
8      ./LC50Calculator-1.0.0.AppImage
```

Listing 2.1: AppImage instalacija

2.2.2 DEB paket za Debian/Ubuntu

```
1      # Preuzmite DEB paket
2      wget https://sciom.hr/downloads/lc50calculator_1
        .0.0_amd64.deb
3
4      # Instalirajte dependencies
5      sudo apt update
6      sudo apt install libgtk-3-0 libwebkit2gtk-4.0-37
7
8      # Instalirajte paket
9      sudo dpkg -i lc50calculator_1.0.0_amd64.deb
10
11     # Rijesite eventualne dependency probleme
12     sudo apt --fix-broken install
```

Listing 2.2: DEB instalacija

2.2.3 Snap paket

```
1      sudo snap install lc50calculator
```

Listing 2.3: Snap instalacija

2.3 macOS instalacija

2.3.1 DMG instalacija

1. Preuzmite LC50Calculator-1.0.0.dmg
2. Dvostruki klik na DMG datoteku
3. Povucite ikonu aplikacije u Applications folder
4. Eject DMG
5. Pokrenite iz Applications



2.3.2 Homebrew instalacija

```
1      # Dodajte SCION tap
2      brew tap sciom/tools
3
4      # Instalirajte
5      brew install --cask lc50calculator
```

Listing 2.4: Homebrew instalacija

macOS Gatekeeper

Pri prvom pokretanju, macOS može blokirati aplikaciju. Idite u System Preferences → Security & Privacy i kliknite "Open Anyway".



3. Teoretski temelji

3.1 LC₅₀ i EC₅₀ koncept

LC₅₀ (Lethal Concentration 50) predstavlja koncentraciju test supstance koja uzrokuje smrt 50% izloženih organizama tijekom određenog vremenskog perioda.

EC₅₀ (Effective Concentration 50) označava koncentraciju koja uzrokuje specifičan učinak (npr. inhibiciju rasta, imobilizaciju) kod 50% testnih organizama.

3.2 Matematički temelji

3.2.1 Probit analiza

Probit transformacija temelji se na pretpostavci normalne distribucije tolerancije:

$$\text{Probit}(p) = \Phi^{-1}(p) + 5 \quad (3.1)$$

gdje je Φ^{-1} inverzna funkcija standardne normalne distribucije, a p je proporcija smrtnosti.

Abbott's korekcija

Za granične vrijednosti primjenjuje se Abbott's korekcija:

$$p_{\text{corr}} = \frac{0.5}{n} \quad \text{za } p = 0 \quad (3.2)$$

$$p_{\text{corr}} = \frac{n - 0.5}{n} \quad \text{za } p = 1 \quad (3.3)$$

Linearna regresija

Nakon transformacije, primjenjuje se linearna regresija:

$$Y = a + b \cdot \ln(X) \quad (3.4)$$

gdje je:

- Y - probit vrijednost
- X - koncentracija
- a - odsječak (intercept)
- b - nagib (slope)

LC₅₀ se izračunava kao:

$$\ln(\text{LC}_{50}) = \frac{5 - a}{b} \quad (3.5)$$



3.2.2 Logit analiza

Logit transformacija koristi logističku funkciju:

$$\text{Logit}(p) = \ln \left(\frac{p}{1-p} \right) \quad (3.6)$$

Za LC_{50} vrijedi:

$$\ln(\text{LC}_{50}) = \frac{0-a}{b} \quad (3.7)$$

3.2.3 Weibull analiza

Weibull transformacija:

$$W(p) = \ln(-\ln(1-p)) \quad (3.8)$$

LC_{50} se računa kao:

$$\ln(\text{LC}_{50}) = -\frac{a}{b} \quad (3.9)$$

3.2.4 Spearman-Kärber metoda

Neparametarska metoda koja ne zahtijeva pretpostavke o distribuciji:

$$\log \text{LC}_{50} = \log x_0 + h \left(\sum_{i=1}^n p_i - 0.5 \right) \quad (3.10)$$

gdje je:

- x_0 - najniža doza
- h - logaritamski interval između doza
- p_i - proporcije smrtnosti

Standardna greška:

$$SE = h \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{p_i(1-p_i)}{n_i}} \quad (3.11)$$

95% interval pouzdanosti:

$$\text{CI}_{95\%} = \text{LC}_{50} \times e^{\pm 1.96 \cdot SE} \quad (3.12)$$

3.3 Dodatni parametri

3.3.1 EC_{10} i EC_{90}

Za Probit metodu:

$$\text{EC}_{10} = \exp \left(\frac{\Phi^{-1}(0.1) + 5 - a}{b} \right) \quad (3.13)$$

$$\text{EC}_{90} = \exp \left(\frac{\Phi^{-1}(0.9) + 5 - a}{b} \right) \quad (3.14)$$



3.3.2 NOEC i LOEC

NOEC (No Observed Effect Concentration) - najviša koncentracija bez opaženog učinka.

LOEC (Lowest Observed Effect Concentration) - najniža koncentracija s opaženim učinkom.

Program automatski određuje NOEC i LOEC na temelju statističke analize (prag: 10% povećanje smrtnosti).

3.3.3 MATC

Maximum Acceptable Toxicant Concentration:

$$\text{MATC} = \sqrt{\text{NOEC} \times \text{LOEC}} \quad (3.15)$$

3.3.4 Benchmark doze (BMD)

BMC_{10} i BMC_{20} se računaju s bootstrap metodom (1000 iteracija):

$$\text{BMC}_x = \exp\left(\frac{\text{target}_x - a}{b}\right) \quad (3.16)$$

gdje je target_x transformirana vrijednost za $x\%$ odgovor.

3.3.5 PNEC vrijednosti

Predicted No Effect Concentration prema REACH smjernicama:

Tablica 3.1: PNEC faktori sigurnosti

Ekosustav	AF	Formula
Akvatični	1000	POD/1000
Terestrički	1000	POD/1000
Sediment	10	POD/10

gdje je POD (Point of Departure) određen hijerarhijski:

1. NOEC (ako dostupan)
2. BMC_{10} lower bound
3. $\text{LOEC}/3$



4. Korištenje programa

4.1 Pokretanje programa

4.1.1 Windows

- Dvostruki klik na ikonu na radnoj površini
- Ili: Start menu → LC50 Calculator
- Ili: Desni klik na CSV datoteku → Open with → LC50 Calculator

4.1.2 Linux

```
1      # Iz terminala
2      lc50calculator
3
4      # Ili iz aplikacijskog menija
5      # Applications -> Science -> LC50 Calculator
```

4.1.3 macOS

- Launchpad → LC50 Calculator
- Ili: Applications → LC50 Calculator
- Ili: Spotlight search (Cmd+Space) → "LC50"



4.2 Sučelje programa

LC₅₀/EC₅₀ Calculator
Kalkulator za izračun letalne ili efektne koncentracije (LC₅₀/EC₅₀) pomoću statističkih metoda

Podaci o eksperimentu

Testirana tvar: Jedinica koncentracije: Metoda izračuna:

Datum početka testiranja: Trajanje testiranja (sati): Organizam:

Jedinica učinka:

Koncentracije

Unesite svoje podatke u donja polja. Svaki podatak mora biti u posebnom redu. Sva tri polja moraju sadržavati jednak broj podataka.

Koncentracije	X0	Xt
0.01	20	0
0.03	20	1
0.1	20	4
0.3	20	12
1.0	20	19
3.0	20	20

Slika 4.1: Glavno sučelje programa

4.2.1 Područja sučelja

1. **Podaci o eksperimentu** - osnovne informacije o testu
2. **Unos podataka** - koncentracije i rezultati
3. **Kontrolni gumbi** - izračun, spremanje, PDF
4. **Rezultati** - prikazani nakon izračuna
5. **Graf** - vizualizacija regresijske analize

4.3 Unos podataka

4.3.1 Osnovni podaci

Tablica 4.1: Polja za osnovne podatke

Polje	Opis
Testirana tvar	Naziv ili kemijska formula (npr. "CdCl ₂ ")
Jedinica koncentracije	mg/L, µg/L, g/L ili prilagođena
Metoda izračuna	Probit, Logit, Weibull ili Spearman-Kärber
Datum početka	Datum kada je eksperiment započet
Trajanje testiranja	24h, 48h, 72h, 96h ili prilagođeno
Organizam	Odabir iz liste ili unos vlastitog
Jedinica učinka	/1, /mm ² , /FU ili prilagođena

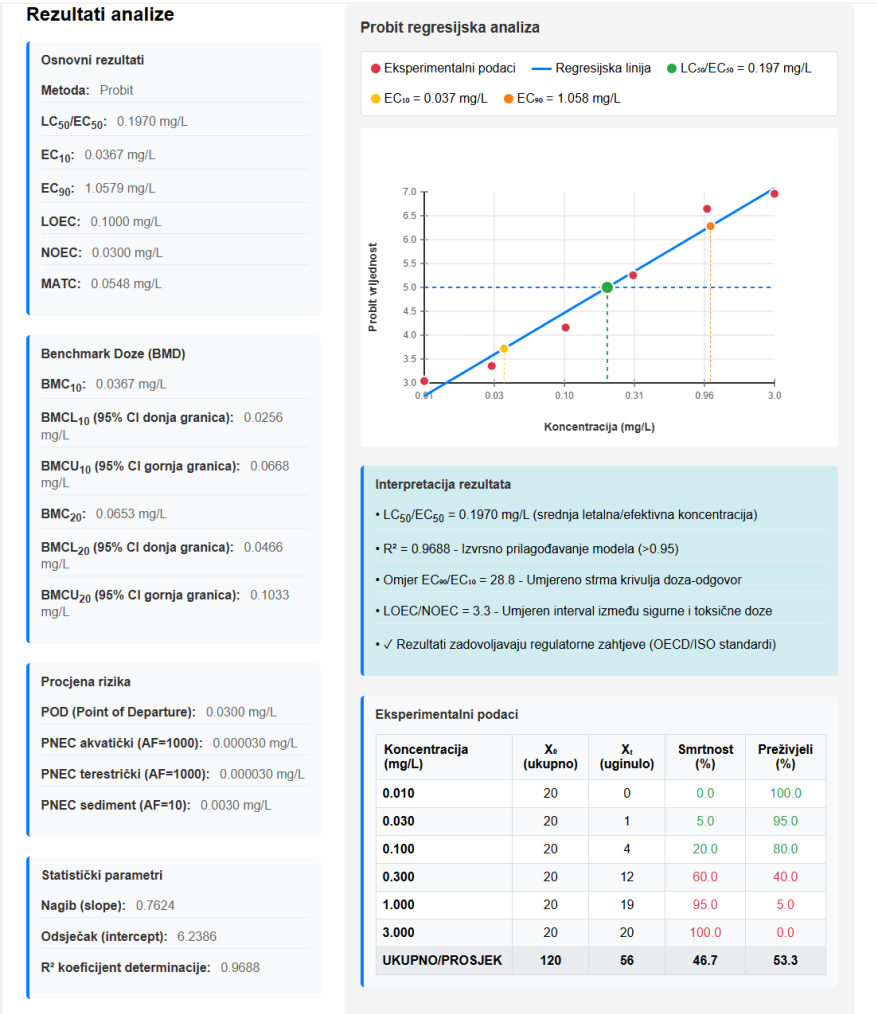


4.3.2 Eksperimentalni podaci

Podaci se unose u tri stupca, svaki podatak u novom redu:

Format unosa		
Koncentracije	X ₀	X _t
0.1	20	0
0.5	20	2
1.0	20	5
5.0	20	15
10.0	20	20

4.3.3 Rezultati izračuna



Slika 4.2: Rezultati izračuna



5. Primjeri korištenja

5.1 Primjer 1: Akutna toksičnost na *Daphnia magna*

5.1.1 Scenarij

Testiranje toksičnosti bakrovog sulfata (CuSO_4) na vodene buhe prema OECD 202 protokolu.

5.1.2 Eksperimentalni dizajn

- **Test organizam:** *Daphnia magna* (< 24h stare)
- **Trajanje:** 48 sati
- **Temperatura:** $20 \pm 1^\circ\text{C}$
- **pH:** 7.8 ± 0.2
- **Otopljeni kisik:** > 6 mg/L
- **Fotoperiod:** 16h svjetlo : 8h tama

5.1.3 Postupak unosa

1. Osnovni podaci:

- Testirana tvar: CuSO_4
- Jedinica: mg/L
- Metoda: Probit
- Datum: 2025-01-15
- Trajanje: 48 h
- Organizam: *Daphnia magna*
- Jedinica učinka: /1

2. Eksperimentalni podaci:

Tablica 5.1: Podaci za *Daphnia magna* test

Koncentracija (mg/L)	X_0	X_t
0.01	20	0
0.03	20	1
0.1	20	4
0.3	20	12
1.0	20	19
3.0	20	20

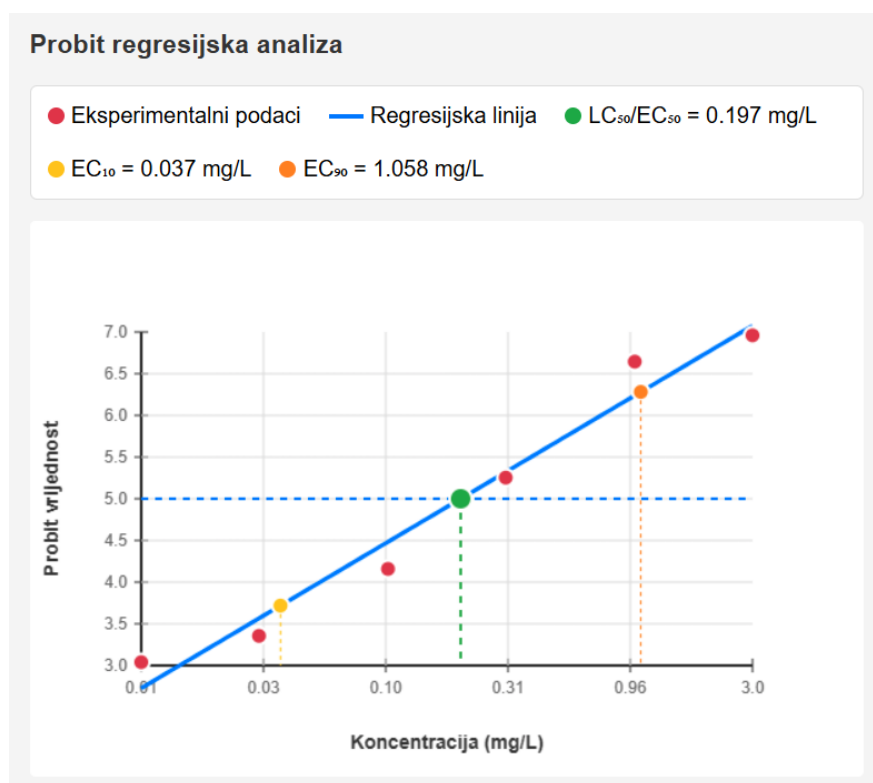


3. Kliknite **Izračunaj LC₅₀/EC₅₀**

5.1.4 Očekivani rezultati

Tablica 5.2: Rezultati analize za CuSO₄

Parametar	Vrijednost
LC ₅₀	0.217 ± 0.034 mg/L
EC ₁₀	0.089 mg/L
EC ₉₀	0.531 mg/L
NOEC	0.03 mg/L
LOEC	0.1 mg/L
R ²	0.982
Nagib	2.847



Slika 5.1: Probit analiza za CuSO₄ na *Daphnia magna*

5.1.5 Interpretacija

- LC₅₀ = 0.217 mg/L klasificira CuSO₄ kao **vrlo toksičan** za vodene organizme
- R² = 0.982 pokazuje izvrsno prilagođavanje modela
- Omjer EC₉₀/EC₁₀ = 5.96 ukazuje na umjereno strmu krivulju doza-odgovor
- PNEC_{aquatic} = 0.000217 mg/L (primjena faktora 1000)



5.2 Primjer 2: Inhibicija rasta algi

5.2.1 Scenarij

Test inhibicije rasta na *Pseudokirchneriella subcapitata* s herbicidom atrazinom prema OECD 201.

5.2.2 Postupak

1. Osnovni podaci:

- Testirana tvar: Atrazin
- Jedinica: $\mu\text{g/L}$
- Metoda: Weibull (bolje za krivulje rasta)
- Trajanje: 72 h
- Organizam: *Pseudokirchneriella subcapitata*
- Jedinica učinka: /FU (fluorescencijske jedinice)

2. Podaci:

Tablica 5.3: Podaci za test inhibicije rasta algi

Koncentracija ($\mu\text{g/L}$)	Kontrola FU	Inhibirane FU
0	1000	0
10	1000	50
30	1000	180
100	1000	420
300	1000	750
1000	1000	950

5.2.3 Rezultati

- $\text{EC}_{50} = 112.4 \mu\text{g/L}$
- $\text{EC}_{10} = 28.7 \mu\text{g/L}$
- $\text{BMC}_{10} = 31.2 \mu\text{g/L}$ (95% CI: 24.8-38.9)
- $\text{PNEC}_{\text{aquatic}} = 0.112 \mu\text{g/L}$

5.3 Primjer 3: Spearman-Kärber za zemljišne organizme

5.3.1 Scenarij

Test kontaktne toksičnosti pesticida na gujavice *Eisenia fetida*.

5.3.2 Posebnosti Spearman-Kärber metode

- Zahtijeva geometrijsku progresiju koncentracija
- Ne zahtijeva normalnu distribuciju
- Idealna za podatke s 0% i 100% smrtnošću



5.3.3 Podaci

Tablica 5.4: Geometrijska progresija za Spearman-Kärber

Koncentracija (mg/kg)	N	Smrtnost
1	10	0
3	10	1
9	10	3
27	10	6
81	10	9
243	10	10

Napomena: Faktor između koncentracija = 3 (geometrijska progresija)

5.3.4 Rezultati

- $LC_{50} = 34.7$ mg/kg
- 95% CI: 22.1 - 54.5 mg/kg
- Metoda ne daje R^2 vrijednost (neparametarska)

6. Napredne značajke

6.1 Automatsko pamćenje postavki

Program automatski sprema zadnje korištene postavke u:

Tablica 6.1: Lokacije postavki

OS	Putanja
Windows	C:\Users\[USERNAME]\AppData\Roaming\LC50Calculator\settings.json
macOS	~/Library/Application Support/LC50Calculator/settings.json
Linux	~/.config/LC50Calculator/settings.json

6.1.1 Struktura settings.json

```
1      {
2          "test_substance": "CuSO4",
3          "unit": "mg/L",
4          "method": "Probit",
5          "organism": "Daphnia magna",
6          "test_duration": "48 h",
7          "concentrations": "0.01|n0.03|n0.1|n0.3|
                             n1.0",
8          "total_organisms": "20|n20|n20|n20|n20",
9          "dead_organisms": "0|n1|n4|n12|n19"
10     }
```

Listing 6.1: Primjer settings.json datoteke

6.2 CSV log datoteka

Svako spremanje dodaje zapis u log.csv:

```
1      Timestamp,Test Substance,Organism,Test Date,Test
2      Duration,
3      Method,Concentration Unit,Effect Unit,LC50/EC50,
4      EC10,EC90,
5      LOEC,NOEC,MATC,Slope,Intercept,R-squared,BMC10,
      BMCL10,
      BMCU10,BMC20,BMCL20,BMCU20,POD,PNEC Aquatic,
      PNEC Terrestrial,PNEC Sediment
```

Listing 6.2: Struktura log.csv datoteke



6.2.1 Uvoz/izvoz podataka

Uvoz CSV podataka

Program može učitati postojeće CSV datoteke s podacima. Format mora biti:

- Prvi stupac: koncentracije
- Drugi stupac: ukupan broj organizama
- Treći stupac: broj uginulih/afektiranih
- Separator: zarez (,) ili točka-zarez (;)

6.3 PDF izvještaji

Automatski generirani PDF sadrži:

1. Naslovnju stranicu

- Naziv tvari i organizma
- Datum i trajanje testa
- Institucijske podatke

2. Rezultate analize

- Sve izračunate vrijednosti
- Statističke parametre
- Intervale pouzdanosti

3. Grafički prikaz

- Regresijska krivulja
- Eksperimentalni podaci
- LC/EC vrijednosti

4. Tablicu podataka

- Koncentracije
- Broj organizama
- Postotak smrtnosti

5. Interpretaciju

- Ocjena kvalitete modela
- Regulatorna prikladnost
- Preporuke

7. Rješavanje problema

7.1 Česte greške

Tablica 7.1: Česte greške i rješenja

Greška	Rješenje
"Svi nizovi moraju imati istu duljinu"	Provjerite da svi stupci imaju isti broj redaka
"Sve koncentracije moraju biti pozitivne"	Uklonite nulu ili negativne vrijednosti
"Nedovoljno podataka za regresiju"	Unesite najmanje 2 reda podataka
"Spearman-Kärber zahtijeva geometrijsku progresiju"	Koristite koncentracije u konstantnom omjeru (npr. 1, 2, 4, 8...)
" $R^2 < 0.7$ "	Model se loše prilagođava, pokušajte drugu metodu
"PDF generiranje neuspješno"	Provjerite dozvole za pisanje i prostor na disku

7.2 Preporučene prakse

7.2.1 Priprema podataka

1. **Broj koncentracija:** Minimalno 5 + kontrola
2. **Raspon:** Pokriti 0-100% smrtnosti
3. **Raspored:** Geometrijska progresija (faktor 2-3)
4. **Replikati:** Najmanje 3 po koncentraciji
5. **Kontrola:** Smrtnost $< 10\%$



7.2.2 Odabir metode

Tablica 7.2: Vodič za odabir metode

Metoda	Kada koristiti
Probit	Prvi izbor, normalna distribucija, standard u ekotoksikologiji
Logit	Alternativa Probitu, često daje slične rezultate
Weibull	Asimetrični podaci, krivulje rasta, hormeza efekti
Spearman-Kärber	Neparametarska alternativa, geometrijska progresija

7.2.3 Validacija rezultata

Kriteriji prihvatljivosti

- $R^2 > 0.9$ za regulatorne svrhe
- $R^2 > 0.8$ za istraživačke svrhe
- Kontrolna smrtnost $< 10\%$
- CV između replikata $< 30\%$
- LC_{50} unutar raspona testiranih koncentracija

7.3 FAQ

P: Mogu li koristiti program za biljke?

O: Da, koristite EC_{50} za inhibiciju rasta ili klijanja.

P: Što ako nemam 100% smrtnost?

O: Program automatski primjenjuje Abbott's korekciju.

P: Kako izvesti rezultate za publikaciju?

O: Koristite PDF izvještaj ili kopirajte iz CSV log datoteke.

P: Podržava li program IC_{50} ?

O: Da, IC_{50} je ekvivalent EC_{50} za inhibiciju.

8. Tehničke specifikacije

8.1 Arhitektura programa

Program je izgrađen s modernim tehnologijama:

Tablica 8.1: Tehnološki stack

Komponenta	Tehnologija
Backend	Rust 1.75+
Frontend	HTML5, CSS3, JavaScript (ES6+)
Framework	Tauri 1.6
PDF generiranje	pdf-writer 0.10
Statistika	stats 0.16
UI rendering	WebView2 (Windows), WebKit (macOS/Linux)

8.2 API dokumentacija

8.2.1 Rust funkcije

```
1      #[tauri::command]
2      fn calculate_lc50(data: ExperimentData)
3      -> Result<ProbitResult, String>
4
5      #[tauri::command]
6      fn calculate_logit(data: ExperimentData)
7      -> Result<LogitResult, String>
8
9      #[tauri::command]
10     fn calculate_weibull(data: ExperimentData)
11     -> Result<WeibullResult, String>
12
13     #[tauri::command]
14     fn calculate_spearman_karber(data: ExperimentData
15     )
16     -> Result<SpearmanKarberResult, String>
17
18     #[tauri::command]
19     fn generate_pdf(pdf_data: PdfData)
20     -> Result<String, String>
21
22     #[tauri::command]
23     fn save_log_csv(csv_content: String)
24     -> Result<String, String>
```



Listing 8.1: Glavne Rust funkcije

8.2.2 JavaScript funkcije

```
1      async function calculateLC50() {
2          const data = collectData();
3          const result = await invoke('
4              calculate_lc50', { data });
5              displayResults(result);
6      }
7
8      function collectData() {
9          return {
10              concentrations: [...],
11              total_organisms: [...],
12              dead_organisms: [...]
13          };
14      }
15
16      function drawChart(results) {
17          // Canvas rendering logic
18      }
19
20      async function generatePDF() {
21          const chartPng = getChartAsBase64();
22          await invoke('generate_pdf', { ...data,
23              chartPng });
24      }
```

Listing 8.2: Frontend funkcije

8.3 Struktura podataka

```
1      #[derive(Debug, Serialize, Deserialize)]
2      pub struct ExperimentData {
3          pub concentrations: Vec<f64>,
4          pub total_organisms: Vec<usize>,
5          pub dead_organisms: Vec<usize>,
6      }
7
8      #[derive(Debug, Serialize)]
9      pub struct ProbitResult {
10          pub lc50: f64,
11          pub slope: f64,
12          pub intercept: f64,
13          pub r_squared: f64,
14          pub probit_data: Vec<ProbitPoint>,
15          pub regression_line: Vec<(f64, f64)>,
16          pub additional_values: AdditionalValues,
17      }
18
19      #[derive(Debug, Serialize)]
```



```
20      pub struct AdditionalValues {  
21          pub ec10: f64,  
22          pub ec90: f64,  
23          pub loec: Option<f64>,  
24          pub noec: Option<f64>,  
25          pub benchmark_doses: BenchmarkDose,  
26          pub risk_assessment: RiskAssessment,  
27          pub matc: Option<f64>,  
28      }
```

Listing 8.3: Osnovne strukture



9. Reference i standardi

9.1 Međunarodni standardi

- **OECD Guidelines:**
 - OECD 201: Alga Growth Inhibition Test
 - OECD 202: Daphnia sp. Acute Immobilisation Test
 - OECD 203: Fish, Acute Toxicity Test
 - OECD 207: Earthworm, Acute Toxicity Tests
 - OECD 211: Daphnia magna Reproduction Test
- **ISO standardi:**
 - ISO 14442:2006 - Water quality guidelines
 - ISO 11348 - *Vibrio fischeri* bioluminescence
 - ISO 10706 - Chronic toxicity to *Daphnia magna*
- **EU regulativa:**
 - REACH Regulation (EC) No 1907/2006
 - CLP Regulation (EC) No 1272/2008
 - Water Framework Directive 2000/60/EC
- **US EPA:**
 - ECOTOX Database Standard Operating Procedures
 - Series 850 - Ecological Effects Test Guidelines

9.2 Literatura

1. Finney, D.J. (1971). *Probit Analysis* (3rd ed.). Cambridge University Press.
2. Hamilton, M.A., Russo, R.C., Thurston, R.V. (1977). Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations. *Environmental Science & Technology*, 11(7), 714-719.
3. OECD (2006). Current Approaches in the Statistical Analysis of Ecotoxicity Data: A Guidance to Application. Series on Testing and Assessment No. 54.
4. Newman, M.C. (2013). *Quantitative Ecotoxicology* (2nd ed.). CRC Press.



5. Wheeler, J.R., Grist, E.P.M., Leung, K.M.Y., Morritt, D., Crane, M. (2002). Species sensitivity distributions: data and model choice. *Marine Pollution Bulletin*, 45, 192-202.
6. Ritz, C., Baty, F., Streibig, J.C., Gerhard, D. (2015). Dose-Response Analysis Using R. *PLOS ONE*, 10(12), e0146021.
7. EFSA (2013). Guidance on tiered risk assessment for plant protection products for aquatic organisms in edge-of-field surface waters. *EFSA Journal*, 11(7), 3290.

9.3 Web resursi

- SCIOm web stranica: <https://sciom.hr>
- Program download: <https://lcec50calculator.sciom.hr>
- GitHub repository: <https://github.com/Branimir-K-Hackenberger/lcec50-calculator>
- OECD Test Guidelines: <https://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/>
- US EPA ECOTOX: <https://cfpub.epa.gov/ecotox/>
- REACH helpdesk: <https://echa.europa.eu/support>

A. Popis organizama

A.1 Vodeni organizmi

Tablica A.1: Standardni vodeni test organizmi

Vrsta	Skupina	Primjena
<i>Daphnia magna</i>	Crustacea	Akutna i kronična toksičnost, standard
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Crustacea	Kronična toksičnost, osjetljivija
<i>Danio rerio</i>	Pisces	Akutna toksičnost, embriotoksičnost
<i>Oryzias latipes</i>	Pisces	Endokrini disruptori
<i>Pimephales promelas</i>	Pisces	US EPA standard
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	Algae	Inhibicija rasta, primarni producenti
<i>Desmodesmus subspicatus</i>	Algae	EU alternativa
<i>Chlorella vulgaris</i>	Algae	Slatkovodna alga
<i>Lemna minor</i>	Macrophyta	Vodene biljke
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Macrophyta	Potopljena makrofita
<i>Vibrio fischeri</i>	Bacteria	Bioluminescencija, brzi test
<i>Tetrahymena pyriformis</i>	Protozoa	Jednostanični eukarioti
<i>Chironomus riparius</i>	Insecta	Sediment toksičnost
<i>Gammarus pulex</i>	Crustacea	Tekuće vode
<i>Hyalella azteca</i>	Crustacea	Sediment, Sjeverna Amerika

A.2 Terestrički organizmi

Tablica A.2: Standardni terestrički test organizmi

Vrsta	Skupina	Primjena
<i>Eisenia fetida</i>	Oligochaeta	Akutna i kronična, OECD standard
<i>Eisenia andrei</i>	Oligochaeta	Alternativa E. fetida
<i>Enchytraeus crypticus</i>	Enchytraeidae	Reprodukcija, osjetljivija
<i>Folsomia candida</i>	Collembola	Zemljišni člankonošci
<i>Lactuca sativa</i>	Dicotyledonae	Klijanje, rast korijena
<i>Avena sativa</i>	Monocotyledonae	Monokotiledone
<i>Brassica napus</i>	Dicotyledonae	Uljana repica



Vrsta	Skupina	Primjena
<i>Apis mellifera</i>	Hymenoptera	Pčele, polinatori
<i>Bombus terrestris</i>	Hymenoptera	Bumbari
<i>Aleochara bilineata</i>	Coleoptera	Korisni kukci
<i>Pardosa sp.</i>	Araneae	Pauci, predatori
<i>Porcellio scaber</i>	Isopoda	Dekompozitori
<i>Lumbricus terrestris</i>	Oligochaeta	Duboke gujavice

B. Formule i konstante

B.1 Transformacijske funkcije

Tablica B.1: Transformacijske funkcije za različite metode

Metoda	Transformacija
Probit	$Y = \Phi^{-1}(p) + 5$
Logit	$Y = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$
Weibull	$Y = \ln(-\ln(1-p))$
Gompertz	$Y = -\ln(-\ln(p))$
Angular	$Y = \arcsin(\sqrt{p})$

B.2 Statističke konstante

Tablica B.2: Kritične vrijednosti za različite razine značajnosti

Parametar	90% CI	95% CI	99% CI
z-vrijednost	1.645	1.960	2.576
t (df=10)	1.812	2.228	3.169
t (df=20)	1.725	2.086	2.845
t (df=30)	1.697	2.042	2.750

B.3 Faktori sigurnosti

Tablica B.3: REACH faktori sigurnosti (AF)

Dostupni podaci	AF
Akutni L(E)C ₅₀ za 3 trofičke razine	1000
Najniži kronični NOEC za 1 vrstu	100
Kronični NOEC za 2 trofičke razine	50
Kronični NOEC za 3 trofičke razine	10
SSD (5% HC ₅)	1-5
Podatci iz terena	1-5



C. Kontakt i podrška

C.1 Tehnička podrška

Kontakt	Detalji
Email	support@sciom.hr
Telefon	+385 31 123 456
Web	https://sciom.hr/support
Radno vrijeme	Pon-Pet, 8:00-16:00 CET

C.2 Prijava bugova

Za prijavu problema, molimo uključite:

1. Verziju programa (Help → About)
2. Operacijski sustav
3. Opis problema
4. Korake za reprodukciju
5. Screenshot greške
6. CSV datoteku s podacima

Email: bugs@sciom.hr

C.3 Licenciranje

Licencni uvjeti

- DODJELA LICENCE - Ovom licencom SCION d.o.o. Vam dodjeljuje sljedeća prava: - Instalacija i korištenje SOFTVERA - Izrada jedne sigurnosne kopije SOFTVERA. - Korištenje SOFTVERA i rezultata proizašlih njegovim korištenjem u komercijalne i nekomercijalne svrhe bez bilo kakvih obveza prema vlasniku ili autoru SOFTVERA
- OGRANIČENJA - Nije dozvoljena distribucija kopije SOFTVERA trećim osobama sa ili bez naknade. - Nije dozvoljeno mijenjanje, prilagođavanje, prevođenje ili stvaranje novih izvedenih djela temeljena na SOFTVERU. - Nije dozvoljeno dekompiliranje, disasembliranje ili obrnuto inženjerstvo SOFTVERA.



- AUTORSKA PRAVA - Sva prava, uključujući ali ne ograničavajući se na autorska prava, u i na SOFTVER i sve kopije istog su u vlasništvu SCIOM d.o.o.
- JAMSTVA I ODRICANJA - SOFTVER se isporučuje "KAKAV JEST" bez jamstava bilo koje vrste. SCIOM d.o.o. se odriče svih jamstava, bilo izraženih ili impliciranih.
- OGRANIČENJE ODGOVORNOSTI - SCIOM d.o.o. ni u kojem slučaju neće biti odgovoran za bilo kakve štete (uključujući, bez ograničenja, štete zbog gubitka poslovnog profita, prekida poslovanja, gubitka poslovnih informacija ili bilo koji drugi novčani gubitak) koje proizlaze iz korištenja ili nemogućnosti korištenja ovog SOFTVERA.
- . AKADEMSKA LICENCA - Za akademske institucije dostupne su posebne licencne mogućnosti. Molimo kontaktirajte info@sciom.hr za više informacija.
- PREKID UGOVORA - Ovaj Ugovor je na snazi do prekida ili deinstalacije SOFTVERA. Vaša prava prema ovom Ugovoru automatski prestaju bez obavještenja od strane SCIOM d.o.o. ako ne poštujete bilo koji uvjet ovog Ugovora.
- MJERODAVNO PRAVO - Ovaj Ugovor reguliran je zakonima Republike Hrvatske i međunarodnim sporazumima.
- Copyright © 2025 SCIOM d.o.o. Sva prava pridržana.

Za drukčije licencne uvjete kontaktirajte: info@sciom.hr

O autoru

dr.sc. Branimir K. Hackenberger je redoviti profesor u trajnom izboru na Odjelu za biologiju Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku. Stručnjak je za ekotoksikologiju s više od 30 godina iskustva u razvoju metoda za procjenu toksičnosti kemijskih tvari i njihovog utjecaja na okoliš.



SCIOM d.o.o.
Fruškogorska 5, 31000 Osijek, Hrvatska
<https://sciom.hr>