

Arh. hig. rada, 28 (1977) 3.

ISPITIVANJE TOKSIČNOSTI ŽIVE, BAKRA, CINKA
I TRINITROREZORCINA NA *LEBISTES RETICULATUS*.
BIOOGLED KRATKOG TRAJANJA — METODA
PREŽIVLJAVANJA

IVANKA BRKOVIĆ-POPOVIĆ i M. POPOVIĆ

*Istraživačko-razvojni centar za termotehniku i nuklearnu tehniku,
Energoinvest, Sarajevo*

(Primljeno 10. XI 1975.)

Pri oceni toksičnog uticaja žive, bakra, cinka i trinitrorezorcina na *Lebistes reticulatus* određivani su srednje vreme preživljavanja (ET_{50}), krive toksičnosti i srednje letalne koncentracije (LC_{50} odnosno TLM). U toku ekspozicije od 120 sati krive toksičnosti žive i bakra u log-log sistemu imaju pravolinijski oblik. Na krivama toksičnosti cinka i trinitrorezorcina jasno se uočavaju prelomne tačke. Za razliku od trinitrorezorcina, kod koga se kriva toksičnosti asimptotski približava vremenskoj osi, kod cinka je ovaj deo krivolinijski što ukazuje da prelomna tačka ne označava koncentraciju praga. Rezultati ovih ispitivanja idu u prilog tvrdnji drugih autora da se početni LC_{50} teških metala ispoljava samo u sredinama sa dovoljno velikim alkalitetom i dovoljnom količinom kationa koji deluju antagonistički. Pri ekspoziciji od 96 sati, nađene srednje letalne koncentracije žive, bakra i cinka iznose 0,041, 0,022, i 0,63 mg/l. Hemijske karakteristike upotrebljenog diluenta bile su: pH = 7,2; m-alkalitet = 45 mval; ukupna tvrdoća = 34,2 mg/l $CaCO_3$. Ovim ispitivanjem utvrđeno je da trinitrorezorcin nema hronično toksično djelovanje. Početni LC_{50} koji se ispoljava u toku 24 sata iznosi 51,3 mg/l sa granicama poverenja 47,3 i 55,7 mg/l.

Zbog nedovoljnih i često kontradiktornih informacija o toksičnosti mnogih supstancija i velikog broja okolnih faktora koji utiču na toksičnost, danas se u svetu insistira na direktnom eksperimentalnom određivanju potrebnog efekta prečišćavanju toksičnih otpadnih voda kao najboljem putu za praktično normiranje kvalitativnih karakteristika efluenta.

Pri kompleksnom ispitivanju toksičnosti u vodenoj sredini bioogledi sa predstavnicima ihtiofaune imaju poseban značaj. Premda *Lebistes reticulatus* nije privredno važna vrsta riba, velik broj autora (1—6), zbog lakog gajenja u laboratoriji, velikog reprodukcionog potencijala, smatra je vrlo pogodnom za ihtiotoksikološke ogledе.

Predmet našeg rada bio je ispitivanje toksičnosti žive, bakra, cinka i trinitrorezorcina metodom preživljavanja u kratkotrajnom bioogledu na *Lebistes reticulatus* kojeg smo izabrali kao standardni test-organizam i kao predstavnika ihtiofaune srednje osetljivosti. Rezultati ovih ispitivanja, pored boljeg poznavanja toksikodinamičkih karakteristika žive, bakra i cinka — metala koji se često nalaze u industrijskim otpadnim vodama — daju i prve informacije o toksičnosti trinitrorezorcina. Toksične osobine trinitrorezorcina, koji se u otpadnim vodama nekih pogona industrije eksploziva nalazi u visokim koncentracijama, koliko je nama poznato, nisu saopštene u literaturi.

MATERIJAL I METODE

Lebistes reticulatus gajen je u akvarijumima zapremnine oko 70 litara pod normalnim uslovima koji su propisani za ovu vrstu riba (7—9).

Toksikološki ogledi sa *Lebistes reticulatus* vršeni su u dinamičnim uslovima u staklenim posudama cilindričnog oblika, prečnika 12 cm u koje je dodavano 500 ml test-rastvora i 5 riba. Izmjena celokupne zapremnine test-rastvora vršena je svaka 24 sata. Za svaku ispitivanu koncentraciju koristili smo 15 do 20 riba. Izbor riba za ogled bio je slučajan. U ogledе su stavljeni dvomesečni mužjaci i ženke čija je prosečna težina iznosila 0,0229 g po ribi. Prema tome, na gram težine ribe dolazilo je 4,4 litre test-rastvora na dan, što potpuno zadovoljava standardne uslove bioogleda o kojima je bilo reči u našem predhodnom radu (10). Temperatura na kojoj su vršeni ogledi bila je 20°C. Vreme adaptacije na test-temperaturu i upotrebljeni diluent iznosilo je 48 sati. Kao diluent upotrebljena je BPK voda za razblaženje (11). Hemijske karakteristike diluenta bile su: pH 7,2; m-alkalitet: 0,45 mval; ukupna tvrdoća —34,2 mg/l CaCO₃.

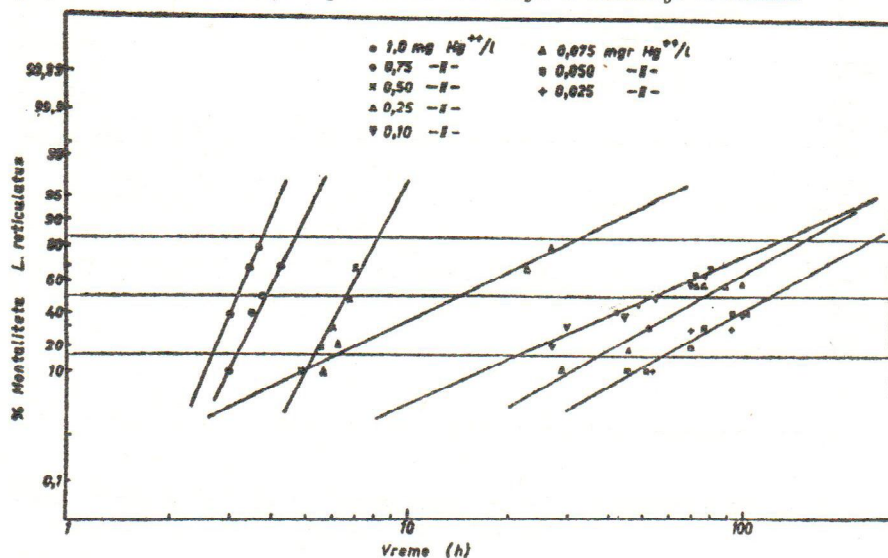
Ispitivanja su obuhvatila određivanje toksičnog efekta žive (HgCl₂), bakra (CuSO₄x 5H₂O), cinka (ZnSO₄x 7H₂O) i trinitrorezorcina (TNR). Vreme ekspozicije iznosilo je 120 sati.

Za ispitivanje koncentracije otrova određivano je vreme smrti ogle-dnih riba. Moment kada prestaju operkularni pokreti i kada životinja ne daje odgovor na mehanički stimulans usvojili smo kao vreme smrti.

Pri oceni toksičnog uticaja žive, bakra, cinka i TNR određivani su srednje vreme preživljavanja (ET₅₀), krive toksičnosti i srednje letalne koncentracije (LC₅₀, odnosno TLm). Rezultati bioogleda obrađivani su metodama koje su predložili autori navedeni u literaturi (11—13).

REZULTATI

Na slikama 1, 2, 3 i 4 prikazan je mortalitet *Lebistes reticulatus* za pojedine koncentracije ispitivanih materija u funkciji vremena.



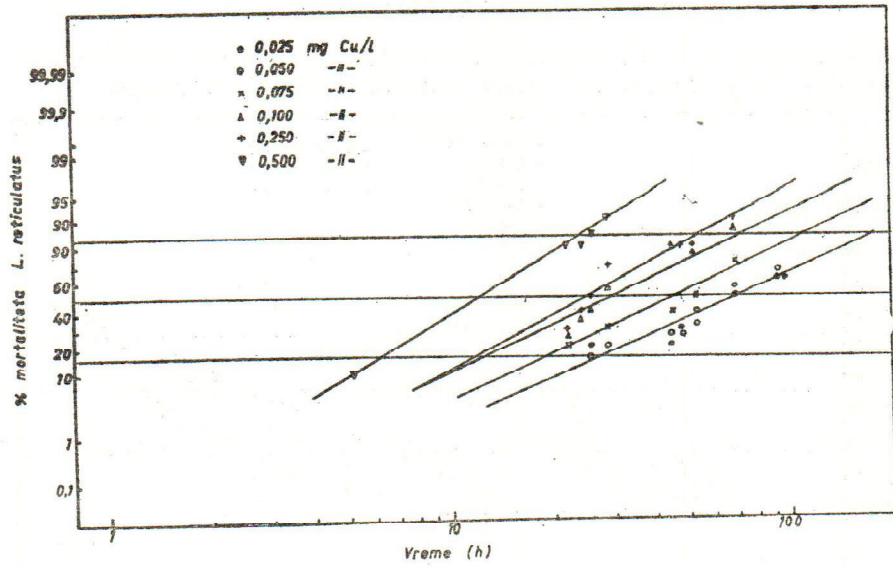
Sl. 1. Procenat mortaliteta *Lebistes reticulatus* u funkciji vremena za ispitivane koncentracije žive

U tablici 1 dati su, kao parametri toksičnosti, srednje vreme preživljavanja (ET_{50}) i funkcija nagiba (S) sa granicama poverenja za pojedine koncentracije žive, bakra, cinka i TNR-a. Navedeni parametri izračunati su *Litchfieldovim* metodom (12).

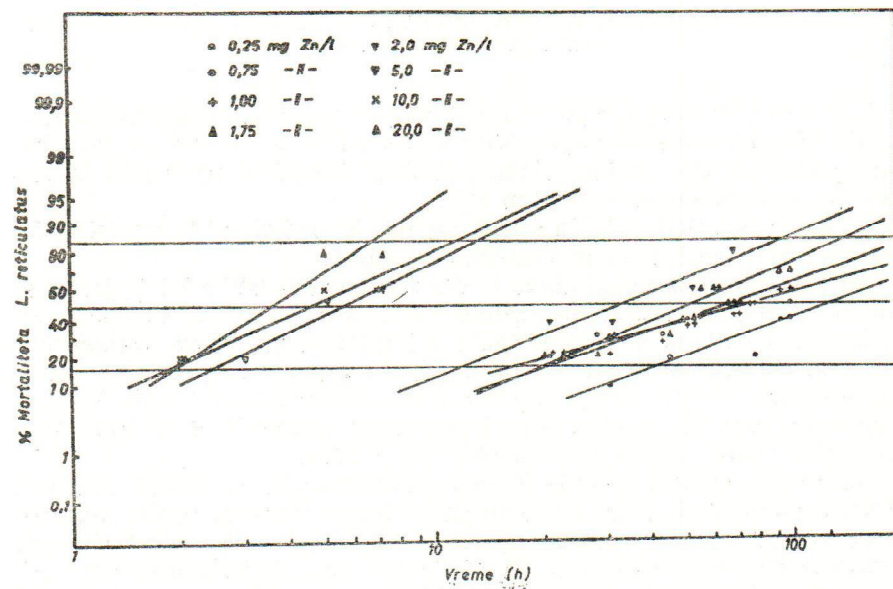
U toku ekspozicije od 120 sati, krive toksičnosti žive i bakra (slike 5 i 6) u log-log sistemu imaju pravolinijski oblik.

Na krivama toksičnosti cinka i trinitrorezorcina (slike 7 i 8) jasno se uočava prelomna tačka. Za razliku od trinitrorezorcina, kod koga se kriva toksičnosti od prelomne tačke asimptotski približava vremenskoj osi, kod cinka je ovaj deo krivolinijski, što ukazuje da prelomna tačka ne označava vreme pojave početne srednje letalne koncentracije. U ovim ogleđima, kako je već navedeno, kao diluent upotrebljena je BPK voda za razblaživanje čija je tvrdoća 34,2 mg/l $CaCO_3$.

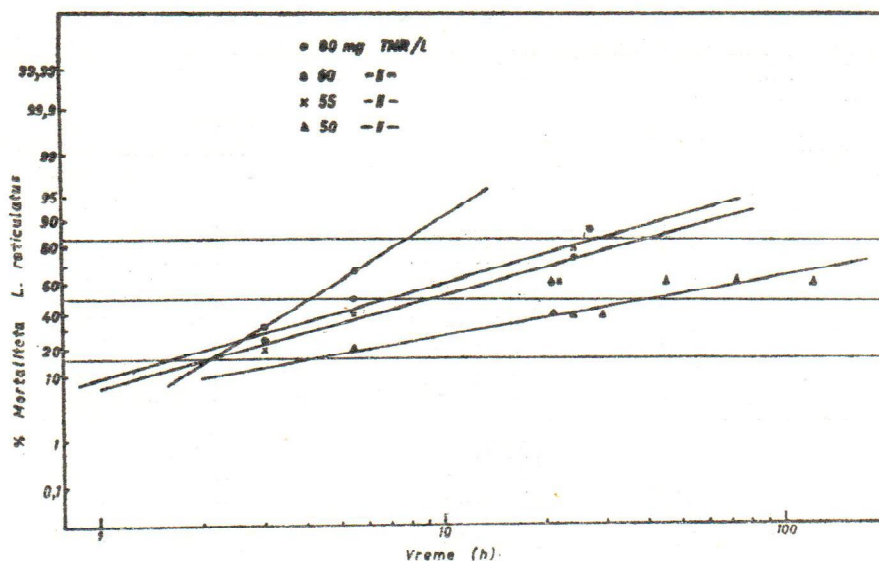
Da bismo odredili srednje letalnu koncentraciju ispitivanih metala i TNR-a, koristeći se istim rezultatima na logaritamskom papiru verovatnoće konstruisali smo krive »procenat mortaliteta — koncentracija« za izabrana vremena ekspozicije (24, 48, 72 i 96 sati). Za izračunavanje srednje letalne koncentracije, pored *Litchfieldovog* i *Wilcoxonovog* metoda (13) koristili smo se i metodom procene TLm (11). Uporedni prikaz rezultata dobijenih ovim dvema metodama prikazan je u tablici 2.



Sl. 2. Procenat mortaliteta *Lebistes reticulatus* u funkciji vremena za ispitivane koncentracije bakra



Sl. 3. Procenat mortaliteta *Lebistes reticulatus* u funkciji vremena za ispitivane koncentracije cinka



Sl. 4. Procenat mortaliteta *Leibes reticulatus* u funkciji vremena za ispitivane koncentracije trinitrorezorcina

Prema rezultatima navedenim u tablici 2, tehnika izračunavanja srednje letalne koncentracije procenom TLm (11) daje vrednosti koje su slične vrednostima dobijenim izračunavanjem preciznijom statističkom metodom *Litchfielda* i *Wilcoxona* (13).

DISKUSIJA

U našim ogledima nisu određeni početni LC₅₀ žive i bakra, bilo što je upotrebljeni diluent imao malu ukupnu tvrdoću ili što je vreme ekspozicije bilo kratko (120 sati).

Već smo naveli da na krivoj toksičnosti cinka postoji prelomna tačka. Međutim, visok mortalitet i iza ove tačke ukazuje da postoji hronično delovanje i da se ne može odrediti vreme pojave koncentracije praga. Za razliku od ispitivanih metala, kriva toksičnosti za trinitrorezorcin tipičnog je oblika sa jasno izraženim početnim LC₅₀.

Na osnovu analize navedenih kriva toksičnosti (slike 5, 6, 7 i 8), može se zaključiti da se početni LC₅₀ može odrediti samo za trinitrorezorcin i da je 24 sata dovoljno da se on ispolji.

Mnogi autori sumnjaju u postojanje koncentracije praga teških metala u kratkotrajnim ogledima (14—17).

Lloyd (18), ispitujući uticaj tvrdoće vode na toksičnost cinka, nalazi da se oblik krivih toksičnosti razlikuje u zavisnosti od tvrdoće diluenta.

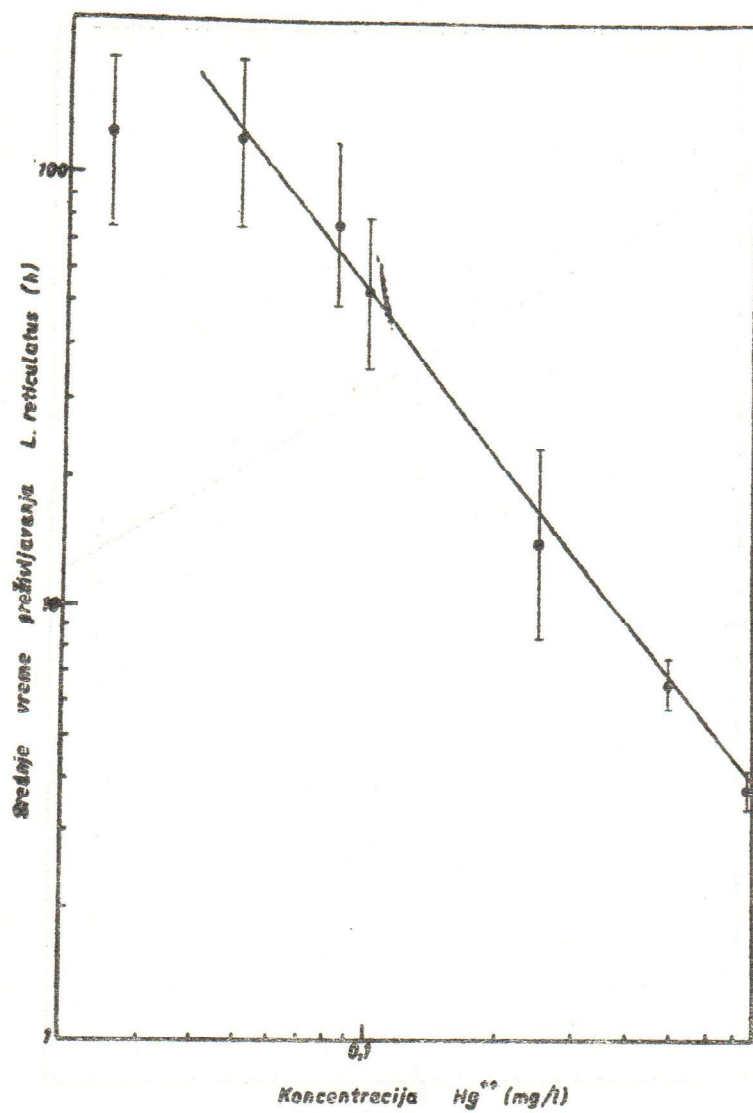
Tablica 1

Srednje vreme preživljavanja (ET_{50}) *Lebistes reticulatus* i funkcija nagiba (S) za izabrane koncentracije žive, bakra, cinka i trinitrorezorcina

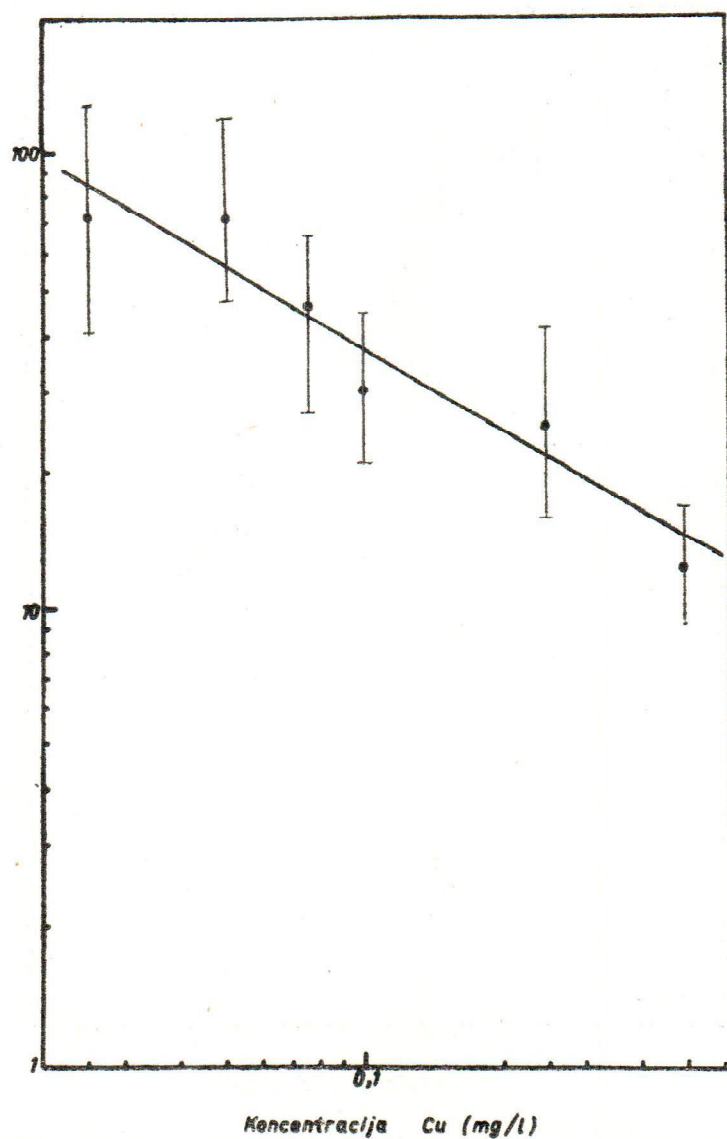
Toksični agens	Koncentracija (mg/l)	Parametri toksičnosti	
		ET_{50} sa granicama poverenja (h)	Funkcija nagiba (S) sa granicama poverenja
Živa	0,025	118(75,1—185)	2,06(1,48—2,86)
	0,050	118(75,1—185)	2,06(1,48—2,86)
	0,075	76,5(49,0—119)	2,05(1,49—2,83)
	0,100	53,0(35,4—79,5)	2,51(1,83—3,44)
	0,250	14,1(8,4—23,7)	2,30(1,59—3,34)
	0,500	6,6(5,8—7,7)	1,24(1,13—1,37)
	0,750	3,8(3,4—4,3)	1,22(1,12—1,33)
	1,000	3,2(2,8—3,6)	1,19(1,09—1,29)
Bakar	0,025	72,5(40,9—128)	2,56(1,68—3,90)
	0,050	72,5(48,0—110)	2,56(1,92—3,40)
	0,075	46,8(26,8—82,0)	2,47(1,64—3,73)
	0,100	30,6(21,0—44,7)	2,39(1,82—3,13)
	0,250	25,4(15,9—40,6)	2,14(1,53—3,00)
	0,500	12,3(9,2—16,5)	1,96(1,58—2,43)
Cink	0,25	132(66,0—264)	3,07(1,86—5,06)
	0,75	77,6(29,8—202)	4,53(2,26—9,09)
	1,00	67,6(34,4—133)	3,26(2,09—5,09)
	1,75	53,7(29,7—97,3)	2,63(1,70—4,08)
	2,00	33,5(17,6—63,7)	2,82(1,76—4,51)
	5,00	5,6(3,3—9,5)	2,31(1,59—3,35)
	10,0	4,6(2,6—8,1)	2,49(1,65—3,76)
	20,0	3,6(2,4—5,3)	1,88(1,41—2,50)
Trinitrorezorcin	40	više od 120	—
	50	—	—
	55	9,0(3,6—22,5)	4,51(2,34—8,66)
	60	7,0(2,5—19,3)	4,31(2,05—9,06)
	80	4,1(2,4—7,0)	1,95(1,32—2,89)

Pravolinijski oblik krive karakterističan je za destilovanu vodu a krivolinijski, sa prevojnou tačkom, za diluent tvrdoće 50 i 320 mg/l $CaCO_3$. Ovo bi moglo da znači da se početni LC_{50} ispoljava samo u sredinama sa dovoljno velikim alkalitetom i dovoljnom količinom katjona koji imaju antagonističko delovanje u odnosu na teške metale. I u sredinama u kojima kriva toksičnosti metala ima prevojnou tačku u većini slučajeva ona nema asimptotski oblik. Ovo je, verovatno, posledica kroničnog delovanja teških metala iznad prevojne tačke.

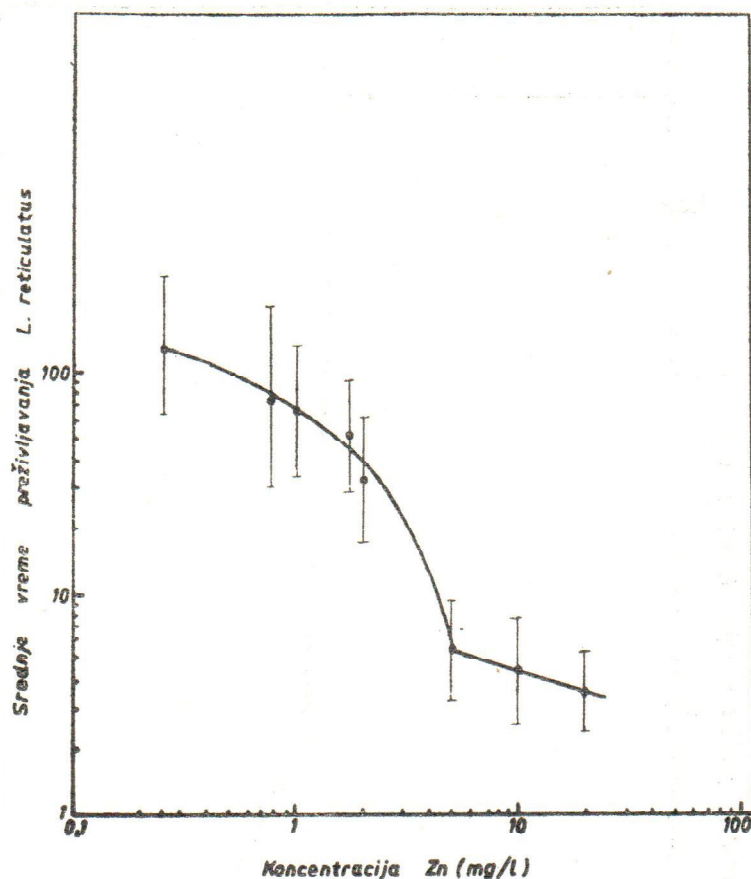
Analiza podataka koje navode Doudoroff i Katz (14) pokazuje da u vrlo mekoj vodi u toku ekspozicije od 7 dana kriva toksičnosti žive, bakra, cinka i kadmijuma ima krivolinijski ili pravolinijski oblik, bez prevojne tačke karakteristične za početni LC_{50} . Isti zaključak može se izves-



Sl. 5. Kriva toksičnosti žive. Srednje vreme preživljavanja *Lebistes reticulatus* u funkciji koncentracije žive



Sl. 6. Kriva toksičnosti bakra. Srednje vreme preživljavanja *Lebistes reticulatus* u funkciji koncentracije bakra

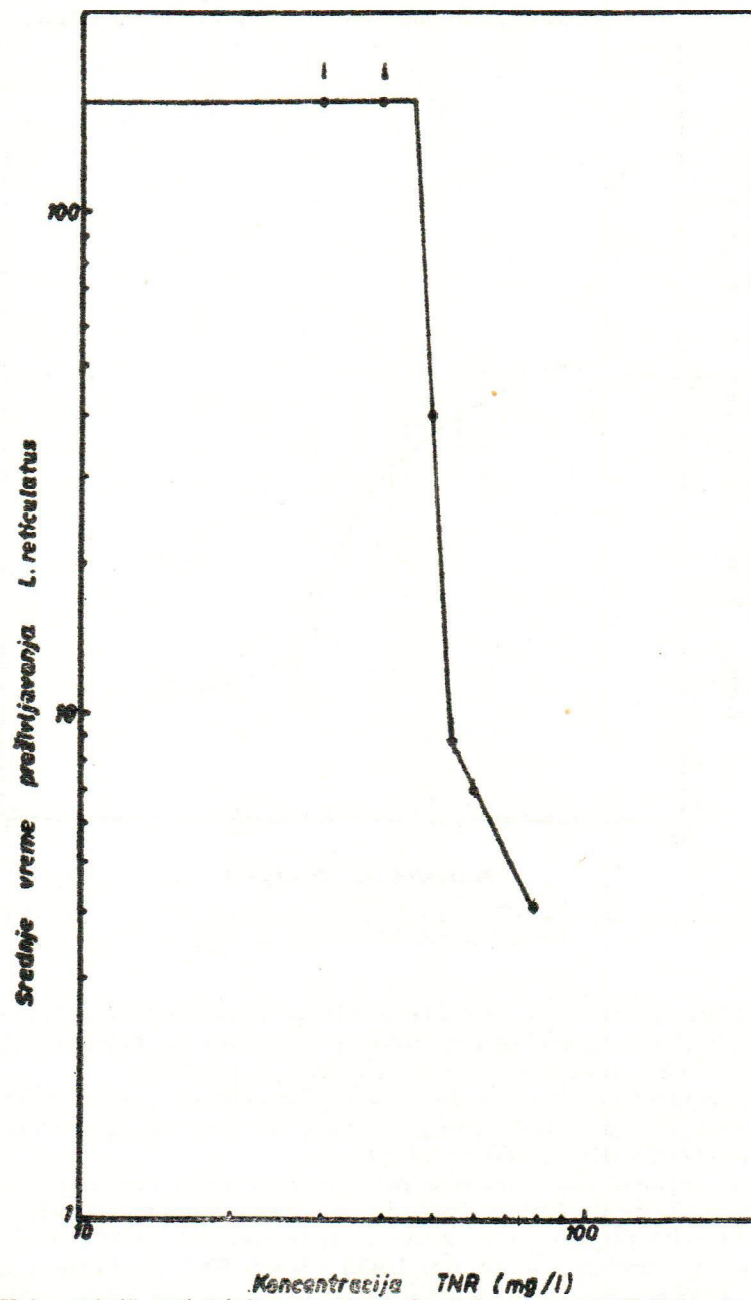


Sl. 7. Kriva toksičnosti cinka. Srednje vreme preživljavanja *Leibes reticulatus* u funkciji koncentracije cinka

ti iz podataka *Pickeringa* i *Hendersona* (4) za krive toksičnosti cinka, bakra i kadmijuma (uslovi ogleda: diluent male tvrdoće, ogledni test-organizam *Leibes reticulatus*, vreme ekspozicije 96 sati).

Naša ispitivanja su pokazala da tehnika izračunavanja srednje letalnih koncentracija metodom procene TL_m (11) daje slične vrednosti kao i metoda *Litchfielda* i *Wilcoxona* (13).

Treba naglasiti da je metoda procene TL_m preporučena za rutinska ispitivanja iz praktičnih razloga, jer omogućava da se srednje letalna koncentracija proceni samo iz dva eksperimentalna podatka za koncentracije koje izazivaju mortalitet iznad i ispod 50%. Međutim, ona ipak ima ograničen značaj jer ne daje druge značajne statističke parametre toksičnosti.



Sl. 8. Kriva toksičnosti trinitrorezorcina. Srednje vreme preživljavanja *Lebitest reticulatus* u funkciji koncentracije trinitrorezorcina

Tablica 2

Uporedni prikaz srednjih letalnih koncentracija žive, bakra, cinka i trinitrorezorcina izračunatih metodom Litchfielda i Wilcoxon (13) i vrednosti TLm (11)

Toksični agens	Vreme ekspoz.	LC ₅₀ sa granicama poverenja (mg/l)		
		LC ₅₀ sa granicama poverenja (mg/l)	funkcija nagiba (S) sa gran. pov.	TLm (mg/l)
Živa	24	0,17 (0,13 —0,22)	1,73(1,35—2,22)	0,17
	48	0,10 (0,077—0,13)	1,68(1,39—2,04)	0,11
	72	0,051(0,034—0,077)	2,89(1,88—4,45)	0,066
	96	0,041(0,027—0,062)	2,92(1,85—4,62)	0,060
Bakar	24	0,23 (0,16 —0,34)	3,50(1,91—6,40)	0,30
	48	0,076(0,049—0,12)	3,87(2,67—5,61)	0,083
	72	0,040(0,026—0,062)	3,69(2,58—5,28)	0,042
	96	0,022(0,015—0,032)	2,27(1,86—2,70)	0,017
Cink	24	2,09(1,44—3,03)	2,20(1,67—2,90)	2,30
	48	2,34(1,06—5,15)	5,61(2,34—13,6)	2,04
	72	0,93(0,42—2,05)	5,51(1,72—17,6)	1,15
	96	0,63(0,33—1,20)	6,49(1,80—23,3)	0,58
Trinitrorezorcin	3	83,5(66,8—104)	1,42(0,99—2,03)	—
	5,5	64,4(54,3—76,2)	1,40(1,15—1,71)	—
	21	53,7(48,3—59,6)	1,22(1,12—1,32)	—
	24	51,3(47,3—55,7)	1,17(1,05—1,30)	49,0
	48	— — —	— — —	51,4

Tablica 3

Upoređenje srednjih letalnih koncentracija bakra i cinka za *Lebistes reticulatus* u našim ogledima i eksperimentima Pickeringa i Hendersona (14)

Toksični agens	Vreme ekspozicije (h)	LC ₅₀ sa granicama poverenja (mg/l) Pickering i Henderson (4) metoda pokretnog ugla	LC ₅₀ sa granicama poverenja (mg/l) naši ogledi metoda Litchfielda i Wilcoxon (13)
Bakar	24	0,13 (0,097—0,25)	0,23 (0,16 —0,34)
	48	0,073(0,056—0,10)	0,076(0,049—0,12)
	96	0,036(0,016—0,048)	0,022(0,015—0,032)
Cink	24	2,90(2,25—3,69)	2,09(1,44—3,03)
	48	1,96(1,56—2,31)	2,34(1,06—5,15)
	96	1,27(0,48—1,72)	0,63(0,33—1,20)

Nasuprot tome, metoda *Litchfielda* i *Wilcoxona* (13), pored određivanja srednje letalne koncentracije, omogućava proveru homogenosti rezultata, određivanje funkcije nagiba i granice poverenja, pa je mnogi autori (16, 19, 20) smatraju pogodnom za obradu rezultata toksikoloških oglada i preporučuju kao standardnu. *Sprangue* (16), takođe, predlaže ovu tehniku za određivanje početne srednje letalne koncentracije za ekspoziciju koja na krivi toksičnosti označava prestanak akutne toksičnosti.

U literaturi postoje mnogi podaci o toksičnom uticaju teških metala na različite vrste riba, ali su, kao što je već navedeno u našem predhodnom radu (10), često saopšteni u formi koja ne dozvoljava direktna poređenja.

Iz tih razloga, rezultate naših oglada za bakar i cink možemo jedino direktno uporediti sa rezultatima *Pickeringa* i *Hendersona* (4) koji su ispitivali toksičnost teških metala u mekoj vodi (20 mg/l CaCO_3) na *Lebistes reticulatus*. Upoređenje ovih rezultata sa rezultatima naših oglada (tablica 3) pokazuje da su srednje letalne koncentracije bakra i cinka u oba ispitivanja slične, premda upotrebljeni diluent, starost test-organizma i tehnika izračunavanja nisu identični.

Premda je literatura o toksičnosti žive u akvatičnoj okolini veoma obimna, saopšteni podaci veoma se razlikuju. Široki dijapazon saopštenih koncentracija u kojima je nađeno da je živa toksična za ribe ukazuje da fizički i hemijski kao i drugi okolni faktori bitno utiču na ispoljeni stepen toksičnosti. U literaturi nismo našli podatke o stepenu toksičnosti merkurijskog na *Lebistes reticulatus* u uslovima oglada koji su slični ili jednaki našim. Prema *Weiru* i *Hineu* (21) u kratkotrajnim ogledima koncentracije do 1 mg/l Hg za većinu riba su letalne. U ogledima dužeg trajanja, letalne koncentracije za ribe iznosile su prema *D'Itryju* (22) 0,01—0,02 mg/l Hg. Za oba ova podatka nisu navedene karakteristike diluenta.

U našim ogledima dobijena je viša vrednost 96 h LC_{50} (0,041 mg/l Hg), pri čemu je donja granica poverenja veoma bliska vrednosti od 0,02 mg/l koju navodi *D'Itry* (22). Ovde se mora opet naglasiti da u našim ogledima nisu određene početne srednje letalne koncentracije. Stoga i direktno poređenje naših rezultata sa rezultatima koje smo naveli nije korektno, jer proizvod koncentracije jona Hg i vremena preživljavanja date vrste jedino je konstantan pod uslovom da su fizički, hemijski i drugi okolni faktori konstantni (22).

Toksičnost trinitrorezorcina koji se nalazi u visokim koncentracijama u otpadnim vodama industrije eksploziva, koliko je nama poznato, do sada nije ispitivana.

Našim ogledima utvrđeno je da trinitrorezorcin nema hronično letalno delovanje (kriva toksičnosti — slika 8). Vreme potrebno da se ispolji početni LC_{50} iznosi 24 sata. Početni LC_{50} od 51,3 mg/l TNR pokazuje da trinitrorezorcin, prema podeli koju daje *Dongheti* (23) spada u srednje toksične materije za ribe.

ZAKLJUČCI

1. Krive toksičnosti žive, bakra i cinka u diluentu ukupne tvrdoće 34,2 mg/l CaCO₃ pravolinijskog su ili krivolinijskog oblika i nemaju karakteristike na osnovu kojih bi se mogle odrediti početne srednje letalne koncentracije.

2. Kriva toksičnosti trinitrorezorcina tipičnog je oblika sa jasno izraženim početnim LC₅₀ koji se ispoljava u toku 24 časa.

3. Tehnika izračunavanja letalne koncentracije prema (11) daje vrednosti koje su slične vrednostima dobijenim izračunavanjem tačnijom statističkom metodom (13) i pogodna je za obradu podataka rutinskih ispitivanja.

4. U diluentu ukupne tvrdoće 34,2 mg CaCO₃/l srednje letalne koncentracije žive, bakra i cinka pri 96 satnoj ekspoziciji iznose 0,041 mg Hg/l, 0,022 mg Cu/l i 0,63 mg Zn/l.

5. Početna srednja letalna koncentracija trinitrorezorcina iznosi 51,3 mg/l sa granicama poverenja 47,3 i 55,7 mg/l.

NAPOMENA

Zbog neusaglašenosti stavova u pogledu terminologije na polju toksikologije otpadnih voda, danas se u svetu za iste pojmove koriste različiti izrazi i simboli. U ovom radu koristili smo se terminologijom i simbolima koje predlaže Sprague (16, 17). Srednje vreme preživljavanja (ET₅₀) mora imati označenu koncentraciju na koju se odnosi. Srednje letalna koncentracija (LC₅₀) ispred simbola mora imati označeno vreme ekspozicije. Početna srednja letalna koncentracija (početni LC₅₀) je koncentracija toksikansa koji je letalan za 50% individua eksponiranih u dovoljno dugom periodu vremena da akutno letalno delovanje prestane.

Literatura

1. Henderson, C., Tarzwell, C. M.: Sewage Indust. Wastes, 29 (1957) 1002.
2. Shaw, W. H. R., Gruskin, B.: Arch. Biochem. Biophys., 67 (1957) 447.
3. Weiss, C. M.: J. Water Pollut. Control Fed., 37 (1965) 647.
4. Pickering, Q. H., Henderson, C.: Int. J. Air Water Poll., 10 (1966) 453.
5. Unificirovannye metody issledovanija kačevsta vod. Čast VI. Sovet ekonomičeskoj vzaimopomošči, Moskva, 1966.
6. Chen, C. W., Selleck, R. E.: J. Water Pollut. Control Fed., 41, (1969) R294.
7. Frey, H.: Das aquarium von A bis Z. Neudamm, 1967. Verlag J. Neumann.
8. Hückstedt, G.: Aquarienchemie, Stuttgart, Kosmos, 1968.
9. Ilin, M. M.: Akvariumoe rybovodstvo. Izd. Moskovskovo univ., 1968.
10. Brković-Popović, I. Popović, M., Tarabić, B.: Toksikološka istraživanja otpadnih voda BiH s obzirom na recipijente i procesc prečišćavanja. ITEN, E1. za Rep. fond za nauč. rad, Sarajevo, 1972.
11. Standard Methods for Examination of Water and Wastes Water, 13th Ed. Amer. Publ. Health Assoc., New York, 1971.
12. Litchfield, J. T.: J. Pharmacol. Exp. Ther., 96 (1949) 399.
13. Litchfield, J. T., Wilcoxon, F.: J. Pharmacol. Exp. Ther., 96 (1949) 99.
14. Doudoroff, P., Katz, M.: Sewage Ind. Wastes, 25 (1953) 802.
15. Herbert, D. V. M.: Proc. Soc. Wat. Treat., 10 (1961) 135.
16. Sprague, J. B.: Water Res. 3 (1969) 793.

17. *Sprague, J. B.*: Water Res. 4 (1970) 3.
18. *Lloyd, R.*: Ann. Appl. Biol., 48 (1960) 84.
19. *Marchetti, R.*: Biologia e tossicologia delle acque usate, Milano, 1962. ET/AS.
20. *Krasovskij, G. N.*: Sanitarnaja ohrana vodoemov ot zagrijaznenija promyšlennymi stočnymi vodami, Medicina, Moskva, 1965.
21. *Weir, P. A., Hine, C. H.*: Arch. Envir. Health, 20 (1970) 45.
22. *D'Itry, F. M.*: Bioassay technique and environmental chemistry, Ann Arbor, 1973, Ann Arbor Science Publisher.
23. *Meteelev, V. V., Kanaev, A. J., Dzasohova, N. G.*: Vodnaja toksikologija, Kolos, Moskva, 1971.

Summary

INVESTIGATION OF THE TOXICITY OF MERCURY, COPPER, ZINC AND TRINITRORESORCINOL ON *LEBISTES RETICULATUS*. METHOD OF SURVIVAL

To evaluate the toxic effect of mercury, copper, zinc and trinitroresorcinol the medium survival time (ET_{50}), toxicity curves and medium lethal concentrations were determined. During the exposure of 120 hours the toxicity curves for mercury and copper in the log-log system have a rectilinear shape. The zinc and trinitroresorcinol toxicity curves clearly show points of inflection. Unlike the toxicity curve for trinitroresorcinol which asymptotically approaches the time axis, in case of zinc this part is curved showing that point of inflection does not mark a threshold concentration. The results of this investigation are in favour of the assertion of other authors that the initial LC_{50} of heavy metals produces effect only in alkaline environments with a sufficient amount of cations which act antagonistically.

During the exposure of 96 hours, the obtained medium lethal concentrations of mercury, copper and zinc were 0.041, 0.022 and 0.63 mg/l respectively. Chemical properties of the diluent were: pH = 7.2, m-alkalinity = 0.45 mval and the total hardness = 34.2mg/l $CaCO_3$. It was found that trinitroresorcinol does not produce a chronic toxic effect. The initial LC_{50} during the exposure of 24 hours was 51.3 mg/l with confidence limits of 47.3 and 55.7 mg/l.

Research and Development Centre for
Thermodynamic and Nuclear Engineering,
»Energoinvest« Sarajevo

Received for publication
November 10, 1975