

# IHTIOCENOZES DAUDZVEIDĪBAS DINAMIKAS ANALĪZE RĀZNAS EZERĀ

Artūrs ŠKUTE Vladimirs BARDAČENKO  
 DU Ekoloģijas institūts, e-pasts: Arturs.Skute@du.lv



Traucējošas ietekmes uz ūdenstilpi var izraisīt ihtiocenozes sugu skaita un dominējošā kompleksa izmaiņas, ko parasti atspoguļo cenozes struktūras integrālie indeksi. Daudzi pētījumi ir veltīti ihtiocenozes struktūras analīzei, lai pamatojoties uz to novērtētu ūdeņu ekosistēmas statusu (Wang et al., 2000; Wang et al., 2006). Ihtioloģiskā literatūrā ir sastopami darbi, kas analizē dažādu vides faktoru (arī antropogēno) ietekmi uz ihtiocenozes daudzveidību un struktūru (Barbour & Brown, 1974; Жаков, 1984; Irz et al., 2002). Parasti šajos darbos netiek analizēta daudzveidības dinamika. Tomēr, dinamiskie procesi, kas norit ihtiocenozes struktūrā labi atspoguļo šīs sistēmas iekšējās īpašības (Терещенко и др., 2004). Ihtiocenozes daudzveidības dinamikas likumsakarību noskaidrošana ūdenstilpēs, kas pakļautas intensīvai antropogēnai ietekmei paplašina mūsu zināšanas par saldūdeņu ihtiocenozu funkcionēšanu un to spēju pretoties negatīvam izmaiņām.

Rāznas ezers ir to nedaudzo ezeru skaitā, kas tika pētīts vēl pagājušā gadsimta 50-tajos un 60-tajos gados. Pēc hidroķīmiskajiem rādītājiem (Пэр, Школьников, 1955) ezers tika ieskaitīts augstieņu ezeru grupā. Tiem raksturīgs neliels organisko vielu daudzums ūdenī, maza mineralizācijas pakāpe, neliela krāsainība un liela caurdzamība.

Rāznas ezera hidroķīmiskie pētījumi atsākās pēc gandrīz 40 gadiem 90-to gadu sākumā. Šo pētījuma autori (Промысловые запасы..., 1989; Zinātniskais pamatojums..., 1991) atzīmē Rāznas ezera mineralizācijas paaugstināšanos 1,5 reizes, kā arī slāpekļa (īpaši NH<sub>4</sub>) un fosfora koncentrācijas pieaugumu. Kā nepārotami piesārņojuma avoti tiek norādītas Dukstgala un Rošču fermas. Kūtmēsļu saturošie virszemes noteces ūdeņi regulāri ieplūst ezerā. Par ezera stāvokļa pasliktināšanos liecina arī ūdens caurdzamības samazināšanās.

1997.-1999. gados Rāznas ezera pētījumus veica Daugavpils Pedagoģiskās universitātes Ekoloģijas laboratorija (Working out Recommendations..., 1997; Rāznas dabas..., 1999). Salīdzinot ar deviņdesmito gadu sākuma datiem (Zinātniskais pamatojums..., 1991) tika konstatēta organiskā piesārņojuma samazināšanās, kas visdrīzāk ir saistīta ar ezera sateces baseinā esošo liellopu un cūku fermu likvidāciju, un strauju lauksaimnieciskās intensitātes kritumu. Par ūdens kvalitātes uzlabošanu liecina ķīmiskā skābekļa patēriņa (KSP<sub>Mn</sub>) samazināšanās ūdens paraugos.

1989.-1990. gadu vasarā KSP<sub>Mn</sub> svārstījās atsevišķās ezera vietās no 11 līdz pat 46 mg/l, kas neapšaubāmi liecināja par ļoti augstu piesārņotības līmeni. Pēc mūsu datiem (Rāznas dabas..., 1999) deviņdesmito gadu beigās šis rādītājs samazinājās un parasti nepārsniedza 7-9 mg/l, kaut arī Dukstgala līcī tas joprojām vēl bija ļoti augsts 14 mg/l. Konstatēta ievērojama (8 reizes) nitrītu samazināšanās ūdenī praktiski visās paraugu ņemšanas vietās, salīdzinot ar 90-to gadu sākuma datiem.

Neskatoties uz to, ka iepriekšējo gadu pētījumi ir diezgan fragmentāri un to rezultāti dažreiz grūti salīdzināmi atšķirīgo metodiku un paraugošanas vietu un laika izvēles dēļ, tie tomēr dod zināmu priekšstatu par Rāznas ezera attīstības tendencēm. Līdzšinējie Rāznas ezera pētījumu dati rāda, ka ezera ūdens kvalitāte jūtamai pasliktinājās pagājušā gadsimta 70-80-tajos gados. Lielā mērā tā ir saistīta ar cūku un liellopu fermu ierīkošanu ezera pamatbaseinā.

Deviņdesmito gadu beigās ezera hidroķīmiskie rādītāji sāka uzlaboties. Minētās ezera ūdens ķīmiskā sastāva izmaiņas nevarēja neietekmēt ezera ihtiofaunu. Par materiālu izmaiņām ihtiocenozes struktūrā ar vismaz 3-5 gadu novēlošanos, atkarībā no zivju vecuma, kad tās pirmo reizi parādās nozvejā. Sugu skaits nozvejā svārstījās no 6 līdz 16 un vidēji bija 13. Kaut arī kopējais zivju sugu skaits ezerā sasniedza 27 (Промысловые запасы..., 1989) un reti sugas nekad neparādās rūpnieciskās nozvejas datos, tomēr, mazskaitlisko zivju sugu ieguldījuma analīze rāda, ka šīs informācijas zaudēšana spēj izraisīt daudzveidības indeksa kļūdu ne lielāku par 15% (Терещенко, 2005).

Sugu daudzuma un īpatņu skaita aprakstīšanai izmantots K. Šenona daudzveidības indekss (H) (Shannon, 1948):  $H = -\sum p_i \log p_i$ , kur  $p_i$  ir  $i$ -tās sugas daļa nozvejā, bet  $N$  kopējais sugu skaits nozvejā. Dotais indekss tiek plaši pielietots ekoloģijā un uzskatāms par optimālu dažādu hierarhisku līmeņu daudzveidības informācijas additivitātes dēļ (Pielou, 1977). Tika izmantots arī relatīvās organizācijas indekss (R), kas pēc savas būtības ir dominēšanas indekss (Clark & Evans, 1954):  $R = 1 - H / (\log N)$ , jo vienmērīga sugu sadalījuma gadījumā tas ir vienāds ar nulli, bet superdominantās sugas klātbūtnē tas tuvojas vienam.

Apskaitītajā periodā daudzveidības indekss (H) svārstījās no 1,3 1993. gadā līdz 3,2 1968. gadā un vidēji bija 2,5 (1.attēls). Laika periodā no 1950. līdz 2005. gadam ir vērojams izteikts lineārais trends, kuru var aprakstīt ar sekojošu vienādojumu:  $H_i(t) = a_0 + a_1 \cdot t$  (2.attēls).

Statistiskā analīze norāda uz iespējamu kvadrātisko trendu (3.attēls). Abi trendi norāda uz bioloģiskās daudzveidības samazināšanos Rāznas ezera ihtiocenozē (4.attēls). Biogēno elementu (N,P) koncentrācijas pieaugums ūdenstilpēs izraisa eutrofikāciju un likumsakarīgas izmaiņas visos ekosistēmas trofiskos līmeņos. Ihtiocenozē lielas gara cikla formas nomaina īsas cikla formas, palielinās planktona sugu skaits, lašveidīgās zivis nomaina stīgas, pēc tam salakas, vēlāk asari un karpveidīgās zivis (Colby et al., 1972). Gadījumā, ja biogēno elementu pieplūde samazinās, ihtiocenozes bioloģiskā daudzveidība pieaug (Gerdeaux et al., 2006).

Vēcot daudzveidības indeksa atlikušās komponentes Hrest (t) spektrālo analīzi tika konstatēta periodiskums ar frekvenci 0,107, kas apmēram atbilst 9,3 gadu periodam (5.attēls).

Tātad, daudzveidības indeksa (H) statistiskā analīze liecina, ka funkciju H(t) veido trīs komponentes:

$$1) \text{ Patstāvīgā komponente, } \text{Aver}(H) = 2,4967 \text{ lineārais trends,} \quad (1.1)$$

$$H_i(t) = a_0 + a_1 \cdot t = 15,128 - 0,00765 \cdot t \text{ un kvadrātiskais trends,} \quad (1.2)$$

$$H_q^2(t) = -0,0004264262 \cdot t^2 + 1,6865 \cdot t - 1667,4 \quad (1.3)$$

$$2) \text{ Periodiskā komponente ar periodu 9,33 gadi (frekvence 0,107) } H_f(t) = 0,225 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 0,107 + 1,312) \quad (2)$$

$$3) \text{ „Atlikums” nejausa komponente } H_e(t) = e(t) \quad (3)$$

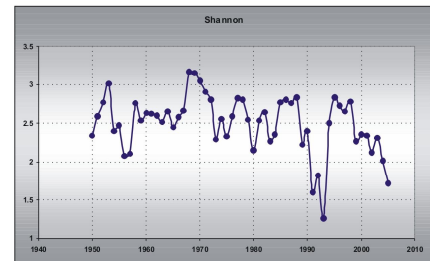
Tādejādi funkcijas H(t) determinētais modelis izskatās sekojoši:

$$H_d(t) = H_i(t) + H_f(t) + H_e(t) = 2,4967 + 15,128 - 0,00765 \cdot t - 0,0004264262 \cdot t^2 + 1,6865 \cdot t - 1667,4 + 0,225 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 0,107 + 1,312)$$

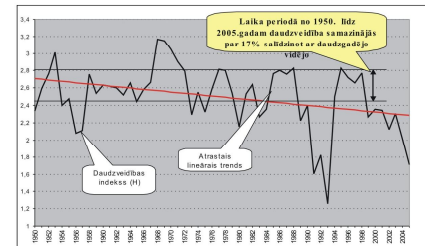
Iegūto modeli var izmantot īslaicīgām (3-5 gadi) ihtiocenozes daudzveidības prognozēm Rāznas ezerā.

## Literatūra

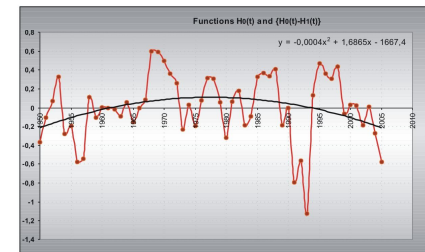
1. Barbour C. D. & J. H. Brown. 1974. Fish species diversity in lakes. American Naturalist, 108: 473-489.
2. Clark P., Evans F. 1954. Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations. Ecology 35, 445-453.
3. Colby P., Spangler G. R., Hurley D. A. and McCombs A. M. 1972. Effects of eutrophication on salmon communities in oligotrophic lakes. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 29, pp. 975-983.
4. Edlestein-Keshef L. 2005. Mathematical Models in Biology (Classes in Applied Mathematics). Society for Industrial and Applied Mathematics. 586 p.
5. Gerdeaux D., Amevillet O., Helfth D. 2006. Fishery changes during re-oligotrophication in 11 peri-alpine Swiss and French lakes over the past 30 years. Acta Oecologica. Volume 30, Issue 2, Pages 161-167
6. Humming R. 1962. Numerical Methods for Scientists and Engineers. McGraw-Hill
7. Irz P., Laurent A., Mead S., Pozner O., Argillet C. 2002. Influence of site characteristics on fish community patterns in French reservoirs. Ecology of Freshwater Fish 11 (2), 123-136.
8. Murray J. 2007. Mathematical Biology - I. An Introduction (Interdisciplinary Applied Mathematics). Springer. 551 p.
9. Pielou E. C. 1977. Mathematical ecology. Wiley, New York. 385.
10. Rāznas dabas parka izveidošana, 1999. IZAF 1998. 17.08. Nr.144 Atskaite, Daugavpils
11. Shannon C. E. 1948. A Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423, 623-656, July, October.
12. Strogatz S. 2001. Non-linear Dynamics and Chaos: With applications to Physics, Biology, Chemistry and Engineering. Perseus Books, 409 p.
13. Wang L., Lyons J., Kanuchi P. 2006. Habitat and fish responses to multiple agricultural best management practices in a warm water stream. Journal of the American Water Resources Association 42 (4), 1047-1062.
14. Wang L., Lyons J., Kanuchi P., Banerman R., Ermanson E. 2000. Watershed urbanization and changes in fish communities in Southeastern Wisconsin streams. Journal of the American Water Resources Association 36 (5), 1173-1189.
15. Working out Recommendations of Functional Zoning of Lake Rāznas Water Drainage Basin, RISS Report 599/1997. Daugavpils, 1997
16. Zinātniskais pamatojums un priekšlikumi Rāznas ezera un apkārtnes aizsardzībai. I.R. Vides aizsardzības komisijas pētījuma centrs. Rīga, 1991.
17. Жаков Л. А. 1984. Формирование и структура рыбного населения озер Северо-Запада СССР. М.: Наука, 144 с.
18. Промысловые запасы и допустимый вылов рыбы. Рыбные ресурсы 1990-1991 года. БелНИИРП. Рига, 1989
19. Пэр Ф. Л., Школьников К. Л. 1955. Гидрохимическая характеристика промысловых озер Латвийской ССР. В кн.: Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР.
20. Терещенко В. Г., Тривонова О. В., Терещенко Л. И. 2004. Формирование структуры рыбного населения водохранилища при интродукции новых видов рыб в первые лет его существования. Вopr. Истиил., N 5, с. 619-634.
21. Терещенко В. Г. 2005. Динамика рыбного населения озер и водохранилищ России и сопредельных стран. Автореферат, Санкт-Петербург, 49 с.



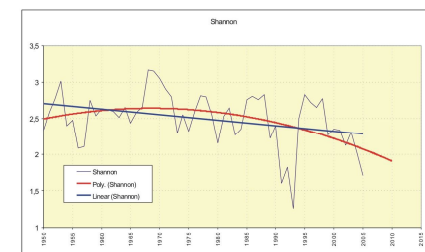
1.attēls Šenona daudzveidības indeksa svārstības Rāznas ezerā (rūpnieciskās nozvejas dati).



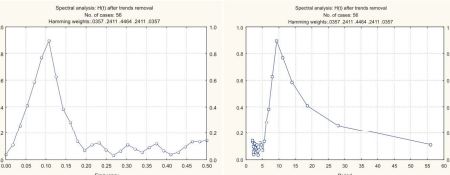
2.attēls Daudzveidības indeksa lineārais trends  $H_i(t) = a_0 + a_1 \cdot t = 15,128 - 0,00765 \cdot t$



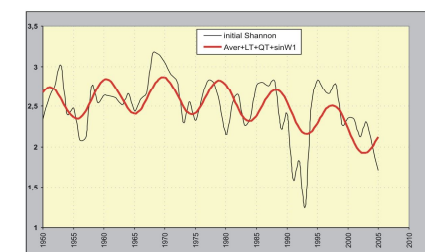
3.attēls Daudzveidības indeksa kvadrātiskais trends.



4.attēls Lineārais un kvadrātiskais trendi.



5.attēls Daudzveidības dinamikas spektrālā analīze



6.attēls Daudzveidības dinamika un modelis, kas to