

EVALUATION OF DIVERSITY OF MACROINVERTEBRATES IN THE SMALL WATER STREAM

K. Laurenčíková¹, M. Šumichrast²

¹ Department of Landscape Engineering , Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, Slovakia, kristina.laurencikova@uniag.sk

² Department of Landscape Engineering , Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra Slovakia, marekschum@pobox.sk

Abstract

This study is aimed to compare diversity indices (Shannon index, Simpson index, Margalef index, Berger-Parker index, McIntosh and Menhinick index) and similarity index (Jaccard index).

Macrozoobenthos and its seasonal variations from Drevenica stream were the source of our data. The sample of biological material were taken from 5 sampling places four times in the year 2005 (march, april, may, june).

There is clear connection between organic detrit, abundance of species and decrease of their diversity. The Margalef index has the highest discriminant capacity and the lowest one belong to Berger-Parker index. However, any type of monitoring (diversity indices or index of similarity) are very important and usefull by comparing polluted and non-polluted environment.

Key words: diversity, macrozoobenthos, water quality

ÚVOD

Hodnotenie kvality vody, založené na biologických metódach sa začalo viac ako pred sto rokmi . Kolenati (1848), Hassal (1850) a Cohn (1853) zistili, že organizmy nachádzajúce sa v čistej vode sú rozdielne od organizmov žijúcich vo vode znečistenej. Od toho času bolo vyvinutých mnoho metód na sledovanie kvality povrchovej vody (Sládeček, 1973; Pittwell, 1976; Persoone and De Pauw, 1979; Illies and Schmitz 1980; Rosenberg and Resh, 1992; De Pauw and Hawkes, 1993; Davis and Simon, 1995)(cit. Sharma and Moog, 2006).

V súčasnosti sa na posúdenie kvality tečúcich vôd bežne používa 19 indexov. Tieto indexy sú založené na rozdielnej citlivosti niektorých taxónov makrobezstavovcov na rôzne stupne znečistenia. Prítomnosť respktíve neprítomnosť niektorých taxónov sa používa ako indikátor stupňa znečistenia povrchových vôd , pri niektorých indexoch sa tiež berie do úvahy (napr. Chandler´s index, 1970) sa relatívna abundancia.

Meranie diverzity je ďalšou z metód používaných na monitoring znečistenia prostredia. Ekológovia merajú diverzitu buď odhadom početnosti druhov (počet jedincov) na sledovanom území, alebo jedným z mnohých indexov, ktoré kombinujú početnosť druhov a relatívnu abundanciu v rámci sledovaného územia. Whitaker (1972) vo svojej práci Meranie diverzity navrhol koncept alfa, beta a gama diverzity. Koncept beta a gama diverzity sa týka zmien diverzity medzi lokálnym miestom (beta) a geografickou škálou (gama). (<http://www.chinabiodiversity.com/>).

Veľa indexov diverzity je založených na dvoch predpokladoch:

1. stabilné komunity majú vysokú diverzitu a nestabilné naopak nízku
2. stabilita teda diverzita je index enviromentálnej integrity. Diverzita poklesne s enviromentálnym rozkladom(Ravera, 2001)

Index podobnosti je založený na meraní stupňov podobnosti 2 spoločnstiev. Podľa Washingtona (1984) táto metóda môže byť veľmi užitočná pri monitoringu vôd, ale zároveň si vyžaduje neznečistené, referenčné prostredie.

METODIKA

Sledované územie patrí do povodia rieky Nitry. Vlastné územie odvodňuje potok Drevenica do rieky Žitava. Potok Drevenica s množstvom malých prítokov, vyznačujúcich sa menším hydrologickým významom stekajú z ústredného masívu a vyerodovali celý rad drobných kotlín. Potok Drevenica je charakteristický tým, že má dva pramene. Oba vychádzajú z Babovej doliny, ktorá je súčasťou chráneného krajinného územia Ponitrie, v nadmorských výškach 430 a 445 m. Asi po 1000 m v nadmorskej výške 334 m sa spájajú a vytvárajú charakteristický ráz toku Drevenica.

Zdrojom vodnatosti toku sú zrážky a sneh. Najviac vody v ňom preteká na jar v marci ako dôsledok topenia snehu. Najmenej vody má koncom leta a na jeseň, čo spôsobuje nízky úhrn zrážok.

Povrchový odtok je závislý od morfológie terénu, geologických a pedologických pomerov a miery zalesnenia. Prevažná časť materských substrátov – neogénne sedimenty je zrnitostne ťažká a vyznačuje sa nízkou priepustnosťou. Pri zrážkach sa kapiláry rýchlo nasýtia vodou, čo spôsobuje že pôdny profil je často prevlhčený. Pomerne priaznivý vodný režim však vykazujú lokality pôd hlinitých. Tie majú primeranú pórovitosť, sú kypré, vzdušné s dobrou vodopriepustnosťou.

Rýchlosť prúdenia sa pohybuje od $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ do 2 m.s^{-1} , podľa morfológie toku a úhrnu zrážok. Priemerná teplota vody sa pohybovala od $10\text{-}17 \text{ }^\circ\text{C}$

Dno Drevenice na prvých odberových miestach je kamenné, avšak potom je už vodný tok upravený a dno je zanesené nánosmi bahna.

Odber vzoriek

Biologický materiál sme odoberali na vybraných lokalitách vodného toku Drevenica v pravidelných intervaloch (od apríla do októbra) z vybraných piatich odberných miest potoka Drevenica. Na odber vzoriek sme použili bentickú sieťku a sitko, pomalým vlečením po dne proti prúdu, medzi porastami vodných rastlín a pod rôznymi odvalenými predmetmi. Po vykonanom odbere sme získaný materiál preložili do bielej fotomisky, vyčistili od hliny, piesku a vodných rastlín (Zelinka et Sládeček, 1964). Po vyčistení bentické organizmy sme umiestnili do plastových nádob, označených číslom lokality, z ktorých budeme biologický materiál odoberať. Biologický materiál po vyčistení a fixovaní sme určili na Petriho miskách za pomoci binokulárnej lupy. Určené druhy organizmov a ich početnosť a individuálne hodnoty sme zapísali do tabuľky (Hartman et al., 1998).

Odkedy je nadbytok indexov diverzity, je ťažké rozhodnúť sa, ktorý index si vybrať, aby splnil nami požadovaný cieľ.

Pre zistenie diverzity a následné porovnanie indexov sme si zvolili nasledovné indexy diverzity: Index Simpson, Berger-Parker index, Menhinick index, McIntosh index, Margalef index a Index Shannon. Týchto 6 indexov zohľadňuje rôzne aspekty diverzity.

SIMPSON INDEX (1949)

$$D = \frac{\sum_{i=1}^s n_i * (n_i - 1)}{N * (N - 1)}$$

n_i – počet jedincov v i-tom taxóne

N – celkový počet jedincov

BERGER – PARKER INDEX (1970)

$$d = \frac{N \max}{N}$$

N – celkový počet jedincov

N_{\max} – počet jedincov v najpočetnejšom taxóne

Simpsonov a Berger-parkerov index diverzity - indikátor dominancie, ktorá je senzitívna k abundancií najbežnejších druhov viac ako k druhovej bohatosti

MARGALEF INDEX (1958)

$$D = \frac{S-1}{\ln N}$$

S – celkový počet taxónov

N – celkový počet jedincov

MENHINICK INDEX (1964)

$$D = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

S – celkový počet taxónov

N – celkový počet jedincov

McINTHOSH INDEX (1967)

$$M = \frac{N - \sqrt{\sum_{n=i}^s n_i^2}}{N - \sqrt{N}}$$

N – celkový počet jedincov

n_i – počet jedincov v i-tom taxóne

Indexy bohatosti – zameriavajú sa na počet druhov vo vzťahu k počtu jedincov

SHANNON INDEX (1963)

$$H = -\sum p_i * \log p_i$$

p_i – podiel jedincov patriacich do i-teho taxónu

Index založený na informatívnej teórii, ktorý zvažuje obe stránky diverzity: druhovú bohatosť a rovnosť druhov.

JACCARD INDEX (1908)

$$Jaccard = \frac{j}{r} * 100$$

j – počet taxónov nájdených na oboch stanovištiach

r – taxóny nachádzajúce sa iba na jednom stanovišti

Jaccardov index bol použitý na hodnotenie hlavných rozdielov medzi 5 odberovými miestami.

Použitie tých istých údajov pre rôzne indexy má mnoho výhod:

1. získané výsledky zohľadňujú rôzne stránky diverzity
2. získané výsledky sa môžu navzájom porovnávať

VÝSLEDKY

V roku 2005 sme na vybraných lokalitách potoka Drevenica celkove odobrali 20 vzoriek vody, v ktorých sa nachádzali rôzne druhy bentických živočíchov. Tieto, vzhľadom na vytvorené ekologické optimum, boli na konkrétne podmienky väčšinou dokonale adaptované a vytvárali permanentnú faunu vôd potoka Drevenica, alebo predstavovali skupinu náhodne sa vyskytujúcich organizmov.

Odberom vzoriek vody sme v roku 2005 na potoku získali 767 jedincov bentických živočíchov, ktoré predstavovali 21 druhov deviatich systematických skupín. V priebehu sledovaného

obdobia sme sledovali zástupcov makrozoobentosu týchto systematických skupín: *Turbellaria*, *Oligochaeta*, *Hirudinea*, *Mollusca*, *Malacostraca*, *Ephemeroptera*, *Trichoptera*, *Diptera*.

Z uvedených systematických skupín boli najpočetnejšie druhy z triedy rakovce (*Malacostraca*). Na potoku Drevenica počtom 306 jedincov.m⁻² predstavovali 54,6% zastúpenia všetkých organizmov makrozoobentosu .Najrozšírenejším druhom tejto systematickej skupiny a súčasne aj najpočetnejším zo všetkých druhoch makrozoobentosu zistených vo vodách potoka Drevenica bol *Gammarus roeseli*. Kvôli jeho takmer masovému výskytu ho hodnotíme ako eudominantný druh. Ďalší druh triedy *Malacostraca*: *Gammarus fusarum*, aj keď sa vyskytoval v menšom množstve ho hodnotíme ako dominantný druh. Vzhľadom na veľmi hojný výskyt druhov *Gammarus roeseli*, *Gammarus fusarum* však mohlo dôjsť k skresleniu výsledkov kvality vody, pretože títo zástupcovia obývajúci xeno až alfamezosapróbne úseky vodných tokov patria medzi slabších indikátorov kvality vody.

Najnižšie percentuálne zastúpenie toku Drevenica sa zistilo pri triede Mollusca. Nález 5 jedincov *Lymnea stagnalis* na lokalite č.3 sa považuje podľa Lososa (1985) za subprecedentný druh.

Abudancia jedincov postupne narastala. Na stanovišti č.1 (116 jedincov.m⁻²), č. 2 a 3 sa sme našli približne rovnaký počet jedincov (178 jedincov na m⁻² a 168 jedincov na m⁻²) a na stanovišti č.4 bol zaznamenaný najvyšší počet nájdených organizmov (180 jedincov na m⁻²). Na stanovišti č.5 bol zaznamenaný pokles v abudancii a to na 166 jedincov na m⁻². Rovnaký počet jedincov na stanovištiach 2 a 3, je spôsobený približne rovnakými podmienkami, t.j. obe stanovištia sa nachádzajú v lesnom ekosystéme. Najvyššia početnosť organizmov na stanovišti č.4 (začiatok dediny Kostolany Pod Trbečom) môže byť zapríčinená značným množstvom organických látok z odpadových vôd.

Tab. 1 Abundancia (počet jedincov na m⁻²)

	I.	II.	III.	IV.	V.
Marec	22	35	27	27	40
Apríl	32	34	38	39	37
Máj	38	49	37	42	42
Jún	24	60	36	61	47
Priemer	29	44,5	34,5	42,2	41,5

Hodnoty indexov diverzity sú popísané v tabuľke č.2. Z výsledkov vyplýva, že, najvyššie hodnoty indexov diverzity sa dosiahli na stanovištiach III., a IV., pričom Simpsonov, McInhoshov a Berger-Parkerov index mali najvyššie priemerné hodnoty práve na stanovišti č.5. Najnižšie hodnoty u všetkých typoch indexov boli na prvom stanovišti(pramenná oblasť). Menší počet taxónov na tomto stanovišti môže byť spôsobený nižšou teplotou. Indexy Margalef, Shannon a Menhinick mali spoločne najvyššie hodnoty diverzity na stanovišti č. III. Potom tieto hodnoty klesali nasledujúce: IV.-V.-II. Stanovište a najnižšia hodnota bola na I. stanovišti.

Tab. 2 Hodnoty indexov diverzity a ich priemerné hodnoty

INDEX SIMPSON						
	I.	II.	III.	IV.	V.	Priemer
Marec	1,20	2,489	2,40	2,691	3,805	3,146
Apríl	1,066	2,025	1,511	3,486	3,39	2,86
Máj	1,175	2,335	1,581	2,883	3,23	2,801
Jún	1,189	2,974	1,805	3,139	3,586	3,173
Priemer	1,157	2,455	1,824	3,049	3,502	

INDEX MARGALEF						
	I.	II.	III.	IV.	V.	Priemer
Marec	0,323	0,843	1,781	1,27	0,783	1,25
Apríl	0,288	0,8507	1,841	1,107	0,830	1,229
Máj	0,274	0,770	1,8204	1,077	0,830	1,192
Jún	0,314	0,732	1,674	0,998	0,788	1,126
Priemer	0,299	0,798	1,779	1,113	0,807	

INDEX McINTOSH						
	I.	II.	III.	IV.	V.	Priemer
Marec	0,109	0,424	0,406	0,457	0,551	0,486
Apríl	0,037	0,346	0,208	0,531	0,526	0,412
Máj	0,090	0,571	1,347	0,821	0,657	0,871
Jún	0,099	0,471	0,284	0,4880	0,536	0,467
Priemer	0,081	0,453	0,561	0,564	0,577	

INDEX BERGER - PARKER						
	I.	II.	III.	IV.	V.	Priemer
Marec	1,1	1,75	1,933	2,3	5,75	3,20
Apríl	1,032	1,545	1,529	2,466	2,312	2,146
Máj	1,085	1,633	1,35	2,466	2,31	2,211
Jún	1,0909	2,068	1,636	2,5	2,369	2,413
Priemer	1,067	1,749	1,612	2,433	3,184	

INDEX SHANNON						
	I.	II.	III.	IV.	V.	Priemer
Marec	0,304	1,0518	1,685	1,474	1,554	1,547
Apríl	0,139	0,808	1,326	1,419	1,258	1,237
Máj	0,276	1,039	1,443	1,430	1,529	1,427
Jún	0,286	1,193	1,888	1,484	1,443	1,573
Priemer	0,251	1,022	1,585	1,469	1,452	

INDEX MENHINICK						
	I.	II.	III.	IV.	V.	Priemer
Marec	0,426	0,676	1,299	1,04	0,589	1,003
Apríl	0,353	0,346	0,208	0,531	0,526	0,491
Máj	0,324	0,574	1,347	0,821	0,657	0,930
Jún	0,408	0,516	1,606	0,674	0,596	0,95
Priemer	0,377	0,528	1,115	0,766	0,592	

Pre každý index bola rozlišovacia schopnosť získaná zrátaním rozdielov medzi normalizovanými priemernými hodnotami, ktoré sme vyrátali pre každý pár stanovišť a nasledovne: I.-II., II.-III., III.-IV., IV.-V. Priemerné hodnoty indexu Margalef sa pohybovali na stanovišti č. I. 0,299 a na č. II. 0,798, tieto hodnoty zodpovedajú normalizovanej hodnote 5,98% a 15,96%. Rozdiely medzi ostatnými stanovišťami sú 35,58%, 22,2%, a 16,1%. Tieto hodnoty sme navzájom odčítali, výsledky sa zráтали a vznikla výsledná hodnota – rozlišovacia schopnosť indexu Margalef pre 5 odberových miest – 48,2%. Ostatné indexy mali rozlišovaciu schopnosť Simpsonov index – 30,26%, index McIntosh – 27,19%, Berger-Parker – 22,5%, Shannon index – 27,4% a pre index Menhinick je rozlišovacia

schopnosť 43,6%. Rozlišovacia schopnosť je najvyššia pre index Margalef a postupne klesá k indexu Menhinick, Simpson index, Shannon index, McInhosh a najnižšiu hodnotu dosahuje pri indexe Berger-Parker.

Podľa Jaccardovho indexu similarity je zrejme že najvyššia podobnosť je medzi stanovišťami II.-III., a to až 75% a najnižšia medzi stanovišťami IV.-V., kde sme vypočítali hodnotu 11,1% . Stanovište V. sa javí ako silne znečistené vypúšťaním odpadových vôd, taktiež koryto toku je už regulované, kým na odberovom mieste č. IV. je koryto v pôvodnom stave.

DISKUSIA

Podľa Washingtona (1984) je meranie diverzity užitočnou metódou na opísanie štruktúry spoločenstva, ale nie vplyvu znečistenia na vodné prostredie. Ďalej hovorí, že indexy musia byť obmedzené znečistením prostredia ľahko odbúrateľnou organickou hmotou a nie iným znečistením.

Je evidentné, že diverzita a biotické indexy môžu byť ovplyvnené nielen znečistením, ale každým stresom, ktorý zahŕňa aj znečistenie. Fontoura a De Pauw (1991) jasne dokázali, vplyv hrádze na biotické indexy. Na druhej strane súhlasím s Raverom (2001), ktorý hovorí, že je nepredstaviteľné aby štruktúra spoločenstva ostala nezmenená aj po znečistení prostredia. A preto skôr ako sa zavedú vzťahy medzi hodnotami indexov a mierou znečistenia je potrebné určiť stresový faktor, ktorý bude mať hlavný vplyv na výslednú hodnotu indexu diverzity.

Index podobnosti (Jaccard index) tiež známy ako Jaccardov koeficient podobnosti, je štatistická metóda používaná na meranie stupňa podobnosti dvoch spoločenstiev. V našom prípade sme sa zamerali na porovnanie dvoch odberových miest. Jaccardov index sa v našom prípade potvrdil, aj keď treba podotknúť, že analýzou druhou, ktoré sa nachádzajú na jednotlivých odberných miestach sme dospeli k rovnakému záveru aj bez výpočtu indexu.

ZÁVER

Na základe zistených výsledkov sme dospeli k nasledujúcim záverom:

1. V našich výpočtoch mal index Margalef najväčšiu rozlišovaciu schopnosť, zatiaľ čo index Berger-Parker mal rozlišovaciu schopnosť najmenšiu
2. Najnižšie hodnoty indexov diverzity sa dosiahli na stanovišti č. I, kde bola zaznamenaná aj najnižšia početnosť organizmov
3. Naopak najvyššie hodnoty sa dosahovali striedavo na stanovištiach III. a V., v závislosti od použitých indexov
4. Stanovištia II. a III. vykazovali podobnosť podľa Jaccardovho indexu až 75%, čo je spôsobené rovnakými podmienkami pre život organizmov

POUŽITÁ LITERATÚRA:

- BERGER, W.H. – PARKER, F.L.(1970). Diversity of planktonic Foraminifera in deep sea sediments. Science 168, p. 1345 – 1347.
- CHANDLER, J.R. (1970). A biological approach to water quality management. Water pollution Control 69, p. 415-421.
- DE PAUW, N. – HAWKES, H.A. (1993). Biological monitoring of river water quality. In: Walley W.F. and Judd S. Proc. Of the Freshwater Europe Symposium on River Water Quality Monitoring and Control. Birmingham, p. 87-111.
- HARTMAN, P. – PŘÍKRYL, I. – ŠTĚDRONSKÝ, E. 1998. Hydrobiologie. Praha – Informatorium, 1998, 335s.
- JACCARD, P. (1908). Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat XLIV n163, p. 223-269
- MARGALEF, R. (1958) Information theory in ecology. Gen Syst 3 p. 36-71.

- McINTOSH, R.P. (1967). An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. *Ecology* 48, p. 392-404.
- MENHINICK, E.P. (1964). A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology* 45, p. 859-861.
- RAVERA, O. 2001. A comparison between diversity, similarity and biotic indices applied to the macroinvertebrate community of a small stream: The Ravella river. In: *Aquatic ecology* 35, 2001, p. 97-107.
- SHANNON, C.E. (1963). *The mathematical theory of communication*. The University of Illinois Press, Urbana II
- SIMPSON, E.H. (1949). Measurement of diversity, *Nature* 163, p. 688.
- WASHINGTON, H.G. (1984). Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystem, *Water res.* 18, p. 635-694.
- SHARMA, S. – MOOG, O. 2006. The use of biotic index and score methods in biological water quality assessment of the nepalese rivers. [online]. [cit. 2006-15-6]. Dostupné na internete: <http://www.geocities.com/sharmaku/6.htm>
- WHITTAKER, R.H. (1977). Evolution of species diversity in land communities. In: MK Hecht et al *Evolutionary Biology*, Vol. 10, p. 1-67.
- ZELINKA, M. – SLÁDEČEK, V. 1964. *Hydrobiologie pre vodohospodáre*. Praha – SNTL, 1964, 211s.
- Ekosystem diversity [online]. [cit. 2006-10-6]. Dostupné na internete <http://www.chinabiodiversity.com/shengwudyx2/training/chapter4.htm>
- Species diversity [online]. [cit. 2006-10-6]. Dostupné na internete <http://www.cals.ncsu.edu/course/ent591k/gcextend.html#diversity>