

Evaluation of the concentration of inorganic forms of nitrogen and phosphorus under the forest ecosystem of the Čaradický stream

Hodnotenie koncentrácie anorganických foriem dusíka a fosforu pod lesným ekosystémom vodného toku Čaradický potok

Mária BABOŠOVÁ*, Jaroslav NOSKOVIČ and Jana IVANIČ PORHAJAŠOVÁ

Department of Environmental and Zoology, Faculty of Agrobiological and Food Resources, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovak Republic, *correspondence: maria.babosova@uniag.sk

Abstract

The aim of this study was to evaluate concentrations of nitrate, ammonium and nitrite nitrogen, total and phosphate phosphorus under the forest ecosystem Čaradice stream during 2005-2010. The average concentration of N-NO_3^- for the whole of the monitored period was $1.76 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Its highest average concentrations in all monitored years were generally in the winter. The average concentration of ammonia nitrogen during the whole monitored period was $0.14 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Minimum average concentrations over the entire observed period were recorded in the winter period and maximum during the summer and autumn periods. The average nitrite nitrogen concentration over the entire monitored period was $0.025 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Depending on the time of collection, its lowest average concentration was recorded in January and the highest in June and September. The average total phosphorus concentration under the forest ecosystem of the Čaradický stream for the whole monitored period was $0.676 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Its lowest average value for the whole reporting period was recorded in February and the highest in November. The average concentration of P-PO_4^{3-} for the whole reference period was $0.203 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Its lowest average concentration, depending on the collection time, was found in January and the highest in August.

Keywords: ammonium, nitrate, nitrite nitrogen, phosphate, total phosphorus, watercourse

Abstrakt

Cieľom práce bolo hodnotenie koncentrácie dusičnanového, amónneho a dusitanového dusíka, celkového a fosforečnanového fosforu vo vode odoberanej v rokoch 2005-2010 pod lesným ekosystémom Čaradického potoka. Priemerná koncentrácia N-NO_3^- za celé sledované obdobie bola $1,76 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Jeho najvyššie

priemerné koncentrácie vo všetkých sledovaných rokoch boli spravidla v zimnom období. Priemerná koncentrácia amónneho dusíka za celé sledované obdobie bola $0,14 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Minimálne priemerné koncentrácie za celé sledované obdobie sa zaznamenali v zimnom období a maximálne v letnom a jesennom období. Priemerná koncentrácia dusitanového dusíka za celé sledované obdobie bola $0,025 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. V závislosti od času odberu jeho najnižšia priemerná koncentrácia sa zaznamenala v mesiaci január a najvyššia v mesiacoch jún a september. Priemerná koncentrácia celkového fosforu pod lesným ekosystémom vodného toku Čaradický potok za celé sledované obdobie reprezentovala $0,676 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Jeho najnižšia priemerná hodnota za celé sledované obdobie sa zaznamenala v mesiaci február a najvyššia v mesiaci november. Priemerná koncentrácia P-PO_4^{3-} za celé sledované obdobie bola $0,203 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Jeho najnižšia priemerná koncentrácia v závislosti od času odberu sa zistila v mesiaci január a najvyššia v mesiaci august.

Kľúčové slová: amónny dusík, celkový fosfor, dusičnanový, dusitanový dusík, fosforečnanový fosfor, vodný tok

Detailed abstract

Samples of water were collected in the years 2005-2010 from Čaradický stream, which rises in the mountains of Pohronský Inovec in the southern foot of the hill Drienka at an altitude of around 600 meters above sea level. A creek flows through the territories of the districts of Zlaté Moravce and Levice. Is righthand tributary of the river Hron and measured 11.1 km. Sampling of water from the water flow Čaradický stream was conducted under the forest ecosystem of the Pohronský Inovec, $48^{\circ} 22' 56''$ northern latitude and $18^{\circ} 29' 73''$ eastern longitude on a regular basis, in the second decade of the respective month. In the samples taken is established, nitrates (N-NO_3^-), ammonium (N-NH_4^+), nitrite nitrogen (N-NO_2^-), total (P_{total}) and phosphate phosphorus (P-PO_4^{3-}). To assess the quality of surface water in the sampling sites according to the different indicators is used the value of 90th percentile (P90) calculated from the measured values, and then comparing with them the appropriate system of limit values, which are referred to in the Regulation of the Government of the Slovak Republic No. 269/2010 Coll. The average concentration of the nitrate nitrogen for the whole period was $1.76 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Depending on the time of collection, the maximum mean concentration of N-NO_3^- was found in December ($2.38 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) and the minimum in August ($1.3 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). The average concentration of nitrate nitrogen for the whole period was $0.14 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. His below average concentrations over the whole monitored period were in the winter time, with a minimum in the months of February and December ($0.1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), and higher in the summer and autumn period, with a peak in the month of July ($0.2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). The average concentration of the nitrite nitrogen for the whole period was a $0.025 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. His lowest average concentration recorded in the month of January ($0.02 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) and the highest in the months of June and September ($0.03 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). The average concentration of total phosphorus for the whole period was $0.676 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. The lowest average concentration found in the month of February ($0.585 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) and highest in the month of November ($0.881 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). The average concentration of P-PO_4^{3-} for the whole period was $0.203 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, the concentration of total phosphorus represents the 30.03%. His lowest average concentration found in the month of January ($0.136 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) and the highest in the

month of August ($0.431 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). The calculated 90th percentile (P90) values for all monitored variables except for the total phosphorus were below the recommended value in the Government Regulation of the Slovak Republic no. 269/2010 Coll.

Úvod

Dusík a fosfor patria medzi dva hlavné rastlinné a živočíšne nutrienty. Nachádzajú sa v ľudských a živočíšnych odpadoch, poľnohospodárskych hnojivách, čistiacich prostriedkoch a priemyselných odpadových vodách. Do vôd sa dostávajú aj vylúhovaním alebo zvetrávaním hornín. Nadbytok dusíka vo forme dusičnanov alebo amoniaku a fosforu vo forme fosforečnanov vo vodách, je príčinou eutrofizácie (Virtanen, 2001; Rozkošný, 2006; Májovská, 2015). Dusičnany sú v nízkych koncentráciách obsiahnuté vo všetkých vodách. V prírodných vodách sa ich koncentrácia mení v závislosti na vegetačnom období (Langhammer, 2002; Noskovič et al., 2008). Ich antropogénnymi zdrojmi sú splachy z poľnohospodársky obrábanej pôdy hnojenej dusíkatými hnojivami (Langhammer, 2002). Zdrojom dusičnanov anorganického pôvodu sú atmosférické zrážky (Davis et al., 2006). Amónny dusík je primárnym produktom rozkladu organických dusíkatých látok živočíšneho a rastlinného pôvodu (Pitter, 2015). Čisté povrchové vody obsahujú $0,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ a organicky znečistené až jednotky $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ amónneho dusíka (Ilavský et al., 2008). Antropogénnym zdrojom amónneho dusíka organického pôvodu sú splaškové odpadové vody, odpady z poľnohospodárskej výroby, vzdušné emisie amoniaku a úložiská exkrementov. Jeho anorganickým zdrojom sú dusíkaté hnojivá (Pitter, 2015). Dusitaný sú dôležitým indikátorom znečistenia vôd (Senra-Ferreiro et al., 2010). Vo vode vznikajú ako prechodný člen v dusíkovom cykle, najčastejšie pri biochemickej redukcii dusičnanov alebo biochemickej oxidácii amónneho dusíka. V podzemných a povrchových vodách sa vyskytujú spravidla v stotínach až desatinách $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, vyššia koncentrácia je v splaškových odpadových vodách. Najdôležitejšími bodovými zdrojmi dusitanov sú nitrifikujúce a denitrifikujúce čistiarne odpadových vôd (ČOV). Zdrojom znečistenia vody dusitanmi, ako aj dusičnanmi, je aj poľnohospodárstvo a priemyselné odpadové vody, ako napr. odpadové vody z výroby farbív, zo strojárnských závodov, kde sa používajú kvapaliny na chladenie obrábacích strojov, ktoré ich obsahujú ako inhibítory korózie. Hlavným zdrojom dusitanov v povrchových vodách je zvýšená koncentrácia amoniaku hlavne počas leta. Dusitaný sú taktiež súčasťou ľudskej stravy. Sú prítomné v mnohých druhoch zeleniny a používajú sa ako konzervačné látky (Lenghartová et al., 2015). Zlúčeniny fosforu sú považované za najdôležitejší parameter ovplyvňujúci trofický stav vodných útvarov (Jekatierynczuk-Rudczyk et al., 2002). V prírode sa fosfor nikdy nevyskytuje vo voľnej forme, ale nachádza sa ako fosforečnany, polyfosforečnany a organicky viazaný fosfor. Vyššie koncentrácie fosforečnanov v povrchových vodách sú nežiadúce, pretože sú jednou z príčin eutrofizácie (Pitter, 2009). Zdrojom fosforečnanov vo vodách je používanie hnojív a pracích prostriedkov. Organicky viazaný fosfor je produktom biologických procesov. Obsah fosforečnanov organického pôvodu v podzemných vodách určených na zásobovanie pitnou vodou sa považuje za indikátor fekálneho znečistenia (Blinová, 2009).

Materiál a metodika

Čaradický potok pramení v pohorí Pohronský Inovec na južnom úpätí vrchu Drienka (751,1 m. n. m.) v nadmorskej výške okolo 600 m. n. m. Potok preteká územiami okresov Zlaté Moravce a Levice. Je pravostranným prítokom rieky Hron, a meria 11,1 km. Nad obcou Kozárovce bola vybudovaná rovnomerná vodná nádrž s názvom Priehrada, ktorá je lokalizovaná medzi obcami Čaradice a Kozárovce. Sprava, z oblasti Sejovského vrchu (295,2 m. n. m.), najväčším prítokom Čaradického potoka je Svätý potok, zľava má iba krátke prítoky. Smer toku je prevažne severojužný, na dolnom toku juhovýchodný. Čaradický potok ústi do rieky Hron pod obcou Kozárovce, v priestore tzv. Slovenskej brány, v nadmorskej výške okolo 174 m. n. m. (Gajdošíková, 2009).

Skúmané územie patrí do teplej oblasti a mierne suchej podoblasti. Priemerná teplota v roku 2005 bola 9,1 °C; v roku 2006 - 9,7 °C; v roku 2007 - 8,9 °C; v roku 2008 - 9,4 °C; v roku 2009 - 9,8 °C a 2010 - 10,03 °C. Priemerný úhrn zrážok v roku 2005 reprezentoval 711,4 mm, 2006 - 736,1 mm, 2007 - 569,9 mm, 2008 - 679,7 mm, 2009 - 694,5 mm a v roku 2010 - 664,3 mm (Zdroj: zrážkomerná stanica Kozárovce). V hornom segmente povodia vodného toku sa nachádzajú lesné ekosystémy a trvalé trávne porasty. Väčšia časť vodného toku preteká agroekosystémami poľnohospodárskych kultúr na ornej pôde. Dominantnými pôdnymi typmi v záujmovom území sú: hnedozeme, černozeme, fluvizeme a ich subtypy (Zaujec et al., 2002).

Rastlinná výroba je zameraná hlavne na pestovanie obilnín (pšenica ozimná forma ozimná, raž siata ozimná, jačmeň siaty jarný, kukurica siata na zrno, kukurica siata na siláž), viacročných krmovín (lucerna siata) a olejní (repka olejná ozimná, slnečnica ročná). Živočišna výroba je zameraná na chov hovädzieho dobytku. Obhospodarovaná pôda v blízkosti vodného toku patrí do katastra Poľnohospodárskeho podielnického družstva Volkovce. V rokoch 2005-2010 PPD Volkovce na 1 ha poľnohospodárskej pôdy aplikovalo dusík v priemernej dávke 138 kg*rok⁻¹, fosfor v dávke 39 kg*rok⁻¹ a draslík v dávke 6,01 kg*rok⁻¹. Na jeseň v roku 2008 bol aplikovaný mletý vápenec v dávke 2 t*ha⁻¹. Z organických hnojív bol aplikovaný maštalný hnoj pod okopaniny v stanovenej dávke 40 t*ha⁻¹*rok⁻¹ (Zdroj: PPD Volkovce).

Odber a spracovanie vzoriek

Odber vzoriek vody z vodného toku Čaradický potok sa realizoval pod lesným ekosystémom Pohronského Inovca, 48° 22' 56'' severnej zemepisnej šírky a 18° 29' 73'' východnej zemepisnej dĺžky. V okolí sa nachádza hustý porast stromov a krovitý porast. Dno je piesočnato – hlinité s drobnými kamienkami s pomalým prúdom vody. Pod odberovým miestom sa v okolí potoka nachádzajú trvalé trávne porasty. Vodný tok je plytký a jeho priemerná hĺbka je 0,07 m. Odbery sa realizovali pravidelne, v druhej dekáde príslušného mesiaca v rokoch 2005–2010. V odobratých vzorkách sme stanovili koncentrácie N-NO₃⁻ (spektrofotometricky použitím WTW nitrospektralu v koncentrovanej kyseline sírovej), N-NH₄⁺ (spektrofotometricky použitím indofenolovej modrej – Bertholotova reakcia), N-NO₂⁻ (spektrofotometricky použitím kyseliny sulfanilovej a 1-naftylamínu), P_{Celk.} (kolorimetricky molybdénanom amónnym) a P-PO₄³⁻ (kolorimetricky chloridom cínatým). Na hodnotenie kvality povrchovej vody v odberových miestach podľa jednotlivých ukazovateľov sa použili

hodnoty 90-teho percentilu (P90) vypočítané z nameraných hodnôt a následným porovnaním s im odpovedajúcou sústavou medzných hodnôt, ktoré sa uvádzajú v Nariadení vlády SR č. 269/2010 Z. z.

Výsledky a diskusia

Z výsledkov vyplýva, že priemerná koncentrácia dusičnanového dusíka vo vode odobratej pod lesným ekosystémom pohoria Pohronský Inovec kolísala od 1,36 (rok 2008) do 2,19 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (rok 2010) a za celé sledované obdobie reprezentovala 1,76 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (Obrázok 1). Vyššiu priemernú koncentráciu N-NO_3^- (2,91 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) zaznamenali Stachera, Lalkovič (2000) v zalesnenom povodí Baľovky. Výrazne nižšiu jeho priemernú koncentráciu (0,44 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) zistili Bublinc, Gregor (2002) v zalesnenom povodí Biosférickej rezervácie Poľana.

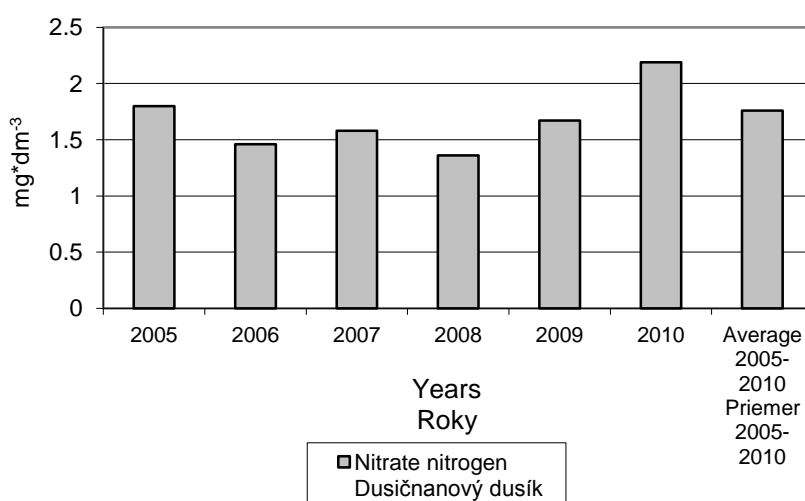


Figure 1. Average concentrations of N-NO_3^- ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) in the years 2005-2010

Obrázok 1. Priemerné koncentrácie N-NO_3^- ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) v rokoch 2005-2010

V závislosti od času odberu maximálna priemerná koncentrácia N-NO_3^- sa zistila v mesiaci december (2,38 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) a minimálna v mesiaci august (1,3 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, Obrázok 2). Z obrázku vyplýva, že jeho najvyššie priemerné koncentrácie vo všetkých sledovaných rokoch boli spravidla v zimnom období. Analogickú sezónnu dynamiku jeho koncentrácie zaznamenali Noskovič et al., (2008) vo vodnom toku Cabajský potok a Sebiň (2007) vo vodnom toku Lesný. Podľa Sullivana et al., (2005) a Gupta (2011) koncentrácie N-NO_3^- v povrchových vodách v letnom období klesajú v dôsledku jeho odčerpávania autotrofnými organizmami, najmä fytoplanktónom.

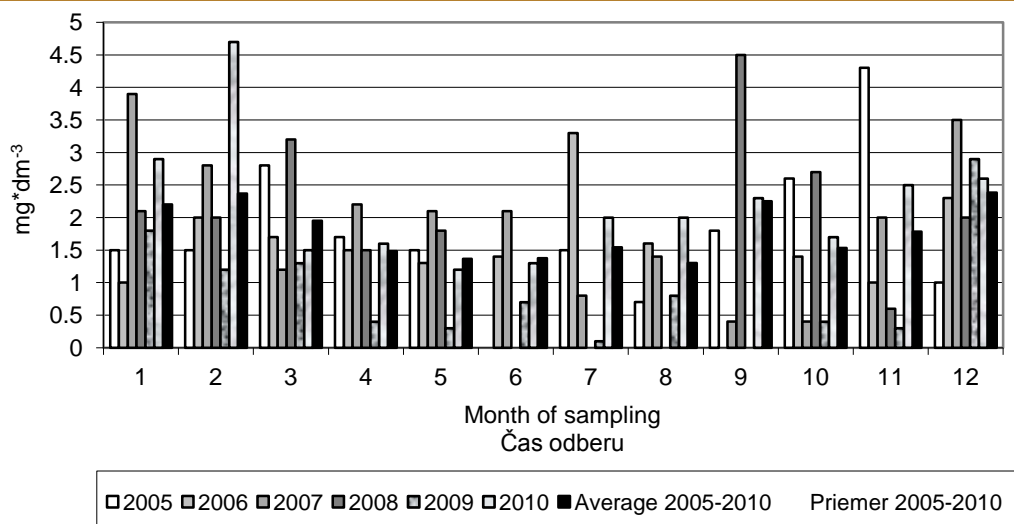


Figure 2. Average concentrations of N-NO₃⁻ (mg*dm⁻³) depending on the time of sampling

Obrázok 2. Priemerné koncentrácie N-NO₃⁻ (mg*dm⁻³) v závislosti od času odberu

Podľa Nariadenia vlády SR č. 269/2010 Z. z. je uvedená limitná hodnota pre dusičnanový dusík 5 mg*dm⁻³. Hodnota 90-teho percentilu tohto ukazovateľa je nižšia ako odporúčaná hodnota.

Priemerné koncentrácie amónneho dusíka v sledovaných rokoch varírovali od 0,09 (2010) do 0,2 mg*dm⁻³ (2006). Za celé sledované obdobie jeho priemerná koncentrácia bola 0,14 mg*dm⁻³ (obrázok 3). Bublinc, Gregor (2002) vo vodných tokoch v pohorí Poľana na strednom Slovensku zistili jeho priemernú koncentráciu 0,15 mg*dm⁻³ a Menyhártová (2010) v Hraničnom potoku 0,14 mg*dm⁻³. Veľmi nízku priemernú koncentráciu amónneho dusíka (0,02 mg*dm⁻³) v prameňoch vodných tokov v pohorí Poľana zistili Bublinc et al., (2007).

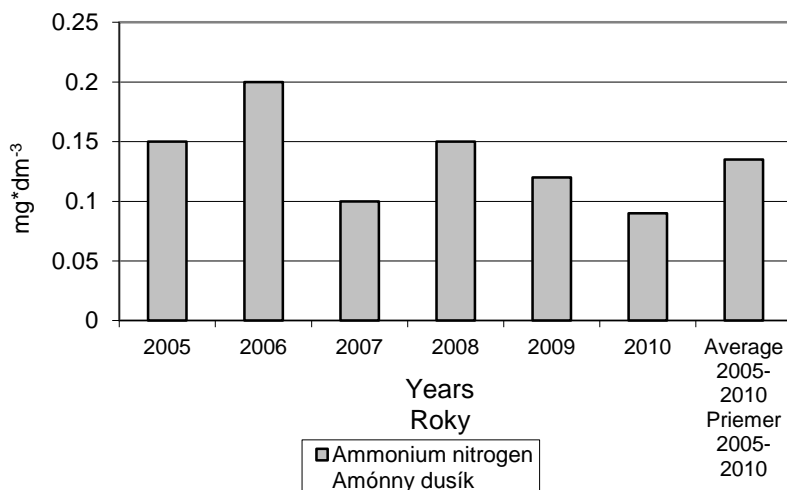


Figure 3. Average concentrations of N-NH₄⁺ (mg*dm⁻³) in the years 2005-2010

Obrázok 3. Priemerné koncentrácie N-NH₄⁺ (mg*dm⁻³) v rokoch 2005-2010

Koncentrácie N-NH_4^+ sa významne menili aj v závislosti od času odberu. Jeho nižšie priemerné koncentrácie za celé sledované obdobie sa zaznamenali v zimnom období a vyššie v letnom a jesennom období. Minimálna priemerná koncentrácia sa zaznamenala v mesiacoch február a december ($0,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) a maximálna v mesiaci júl ($0,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) (Obrázok 4). Vzostup koncentrácie amónneho dusíka v letných mesiacoch zaznamenali aj Babošová, Noskovič (2007); Noskovič et al., (2008) a Bartnik, Moniewski (2016) v rieke Jasieň. Uvedený vzostup jeho priemernej koncentrácie pravdepodobne súvisí so zvyšujúcou sa teplotou vody a jej slabším okysličiením, čím sa nevytvárali priaznivé podmienky pre nitrifikáciu amónneho dusíka na dusitanový a dusičnanový dusík (Babošová, 2005). Sezónna zákonitosť dynamiky koncentrácie N-NH_4^+ za celé sledované obdobie sa neprejavila.

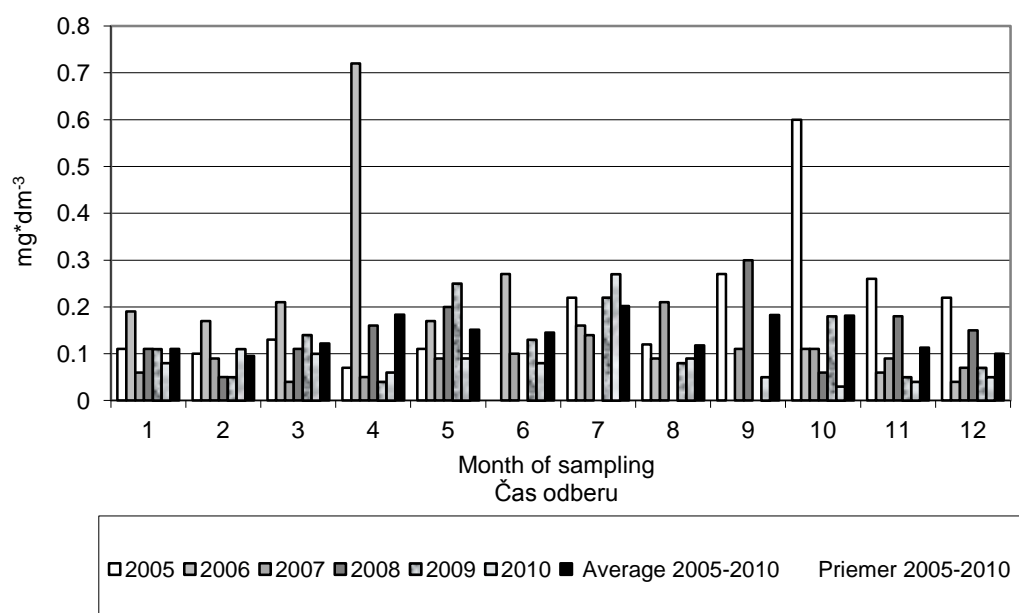


Figure 4. Average concentrations of N-NH_4^+ ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) depending on the time of sampling

Obrázok 4. Priemerné koncentrácie N-NH_4^+ ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) v závislosti od času odberu

Vypočítaná hodnota 90-teho percentilu podľa Nariadenia vlády SR č. 269/2010 Z. z. je nižšia ako je limitná hodnota pre amónny dusík ($1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$).

Priemerné koncentrácie N-NO_2^- boli veľmi nízke a kolísali vo veľmi malom rozpätí od $0,01$ (roky 2005 a 2009) do $0,03 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (roky 2006, 2007, 2008 a 2010) a za celé sledované obdobie $0,025 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Obrázok 5). Jeho nízke koncentrácie v zalesnenom povodí Baľovky v rokoch 2009-2010 ($0,005 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) zistil Trenčiansky (2010) a Samešová et al., (2006) v roku 2005 vo vode Kamenistého potoka v CHKO Poľana ($<0,006 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Naopak jeho vyššiu priemernú koncentráciu ($0,06 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) vo vodnom toku Botič v Českej republike v roku 2014 zistila Soukupová (2015).

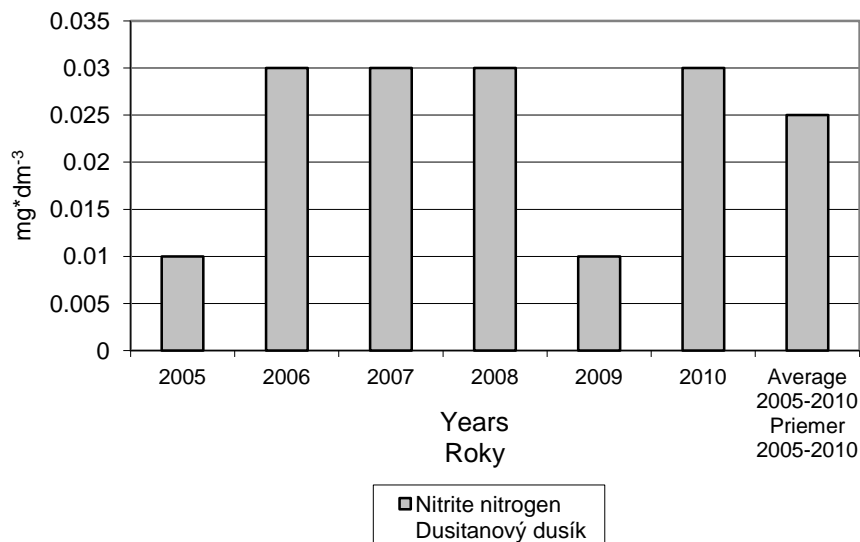


Figure 5. Average concentrations of N-NO₂⁻ (mg*dm⁻³) in the years 2005-2010

Obrázok 5. Priemerné koncentrácie N-NO₂⁻ (mg*dm⁻³) v rokoch 2005-2010

V závislosti od času odberu najnižšia priemerná koncentrácia dusitanového dusíka sa zaznamenala v mesiaci január (0,02 mg*dm⁻³). Jeho najvyššie priemerné hodnoty boli zistené v mesiacoch jún a september (0,03 mg*dm⁻³) (Obrázok 6). Nakoľko odberové miesto bolo lokalizované pod lesným ekosystémom, nenachádzajú sa tu žiadne antropogénne zdroje znečistenia vodného toku.

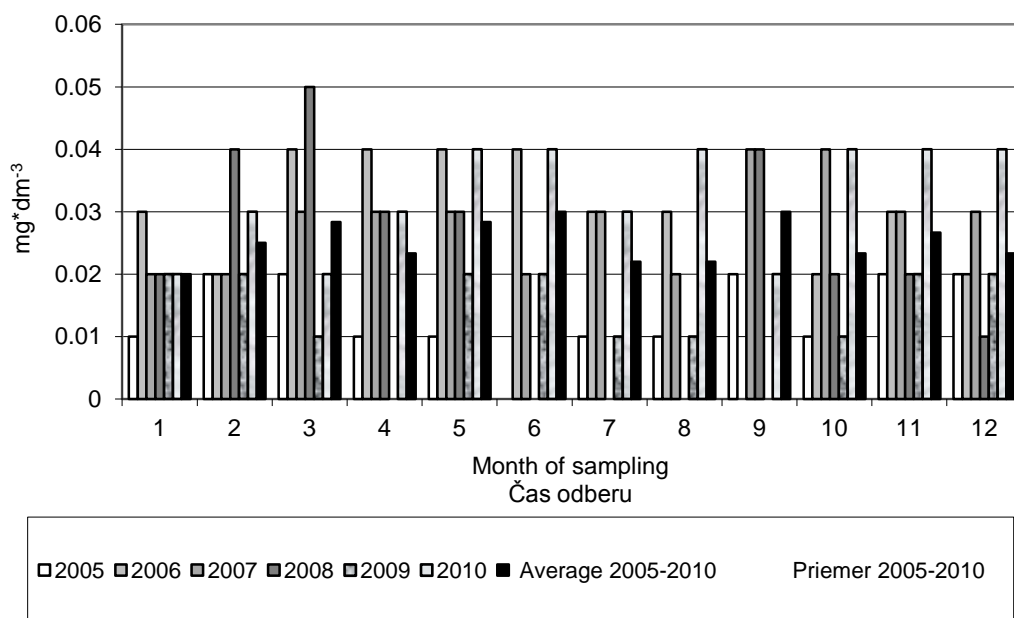


Figure 6. Average concentrations of N-NO₂⁻ (mg*dm⁻³) depending on the time of sampling

Obrázok 6. Priemerné koncentrácie N-NO₂⁻ (mg*dm⁻³) v závislosti od času odberu

Podľa Nariadenia vlády SR č. 269/2010 Z. z. je uvedená odporúčaná hodnota pre dusitanový dusík $0,02 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Hodnota 90-teho percentilu tohto ukazovateľa je nižšia ako odporúčaná hodnota.

Priemerná koncentrácia celkového fosforu v sledovaných rokoch 2005-2010 sa pohybovala od $0,587$ (rok 2006) do $0,728 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (rok 2010) a za celé sledované obdobie $0,676 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Obrázok 7). Jeho nižšiu priemernú koncentráciu v Štiavnickom potoku ($0,3 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) v rokoch 2006-2008 zistili Kašiarová, Feszterová (2010). Vyššiu priemernú koncentráciu celkového fosforu ($0,867 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) zistili Kontrišová et al., (2010) v roku 2009 vo vodnej nádrži v Modre.

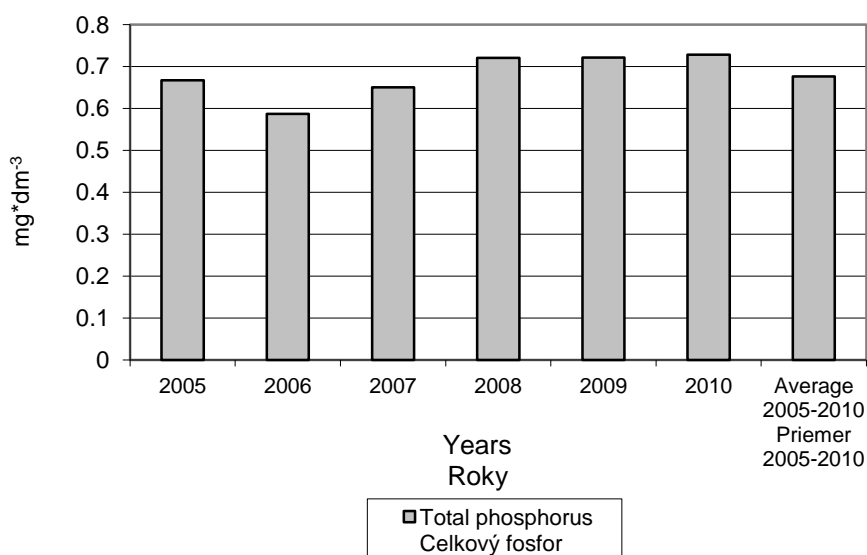


Figure 7. Average concentrations of $P_{\text{Celk.}}$ ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) in the years 2005-2010

Obrázok 7. Priemerné koncentrácie $P_{\text{Celk.}}$ ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) v rokoch 2005-2010

V závislosti od času odberu koncentrácie $P_{\text{Celk.}}$ sa menili počas všetkých sledovaných rokov, ale sezónna zákonitosť v jeho dynamike sa neprejavila. Najnižšia priemerná koncentrácia $P_{\text{Celk.}}$ za celé sledované obdobie sa zistila v mesiaci február ($0,585 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) a najvyššia v mesiaci november ($0,881 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), kedy v roku 2008 bola nameraná jeho maximálna priemerná koncentrácia ($1,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) (Obrázok 8). Nakoľko odberové miesto sa nachádza v lesnom ekosystéme, možno konštatovať, že celkový fosfor pochádzal z intenzívne rozkladajúcej sa biomasy, ktorá sa nachádza v sedimentoch, ako aj z geologického podložia vodného toku. Súhlasí to s tvrdením Hejzlara et al. (2015) ktorí uvádzajú, že vyššie koncentrácie fosforu v letnom období pochádzajú prevažne z rozloženej odsedimentovanej biomasy a nie z dlhodobo uloženého sedimentu.

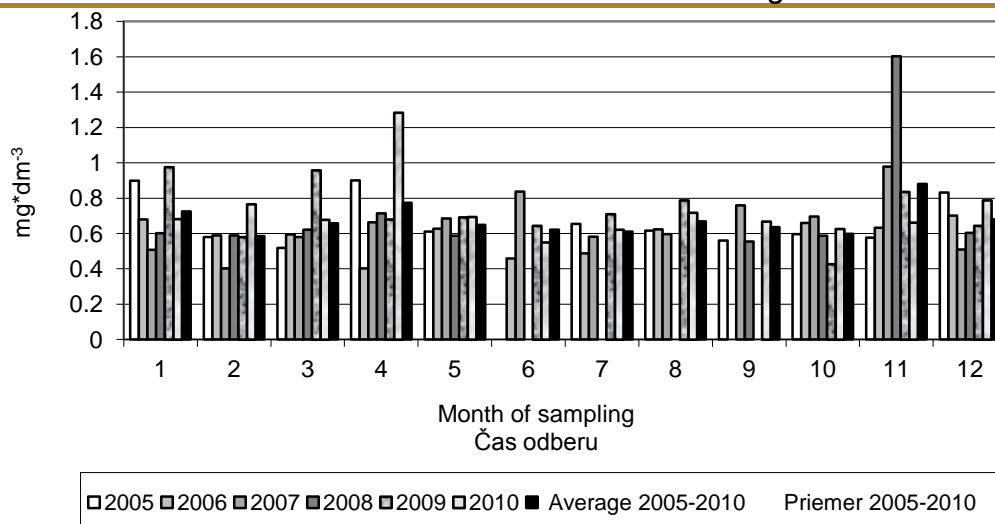


Figure 8. Average concentrations of P_{Celk.} (mg*dm⁻³) depending on the time of sampling

Obrázok 8. Priemerné koncentrácie P_{Celk.} (mg*dm⁻³) v závislosti od času odberu

Odporúčaná hodnota pre ukazovateľ P_{Celk.} podľa Nariadenia vlády č. 269/2010 Z. z. je 0,4 mg*dm⁻³. Vypočítaná charakteristická hodnota 90-teho percentilu P_{Celk.} je vyššia.

Priemerná koncentrácia fosforečnanového fosforu vo vodnom toku počas rokov 2005-2010 kolísala od 0,107 (rok 2005) do 0,243 mg*dm⁻³ (rok 2007). Za celé sledované obdobie jeho priemerná koncentrácia bola 0,203 mg*dm⁻³ (Obrázok 9). Nižšiu priemernú hodnotu fosforečnanov (0,075 mg*dm⁻³) v zalesnenom povodí Baľovka v rokoch 2009–2010 zistil Trenčiansky (2010). Podiel fosforečnanového fosforu z koncentrácie celkového fosforu reprezentuje 30,03%. Vyšší podiel P-PO₄³⁻ z P_{Celk.} (40,8%) vo vodnom toku Čerešňový potok zistili Noskovič et al., (2009).

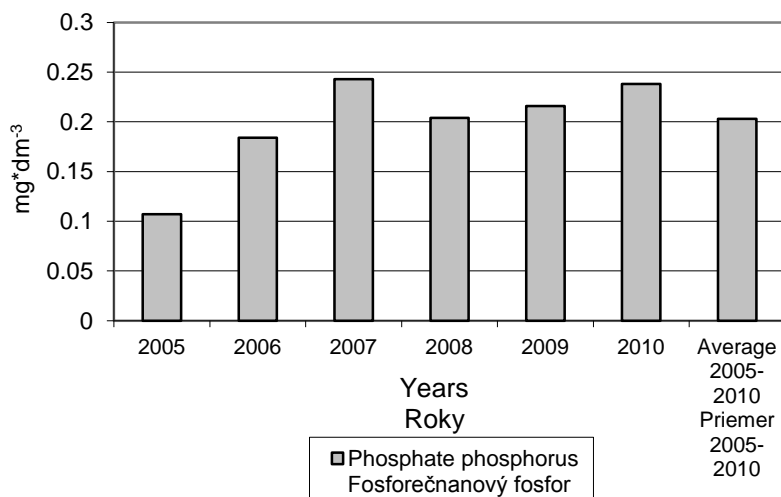


Figure 9. Average concentrations of P-PO₄³⁻ (mg*dm⁻³) in the years 2005-2010

Obrázok 9. Priemerné koncentrácie P-PO₄³⁻ (mg*dm⁻³) v rokoch 2005-2010

V závislosti od času odberu jeho minimálna priemerná koncentrácia za celé sledované obdobie sa zaznamenala v zimnom a skorom jarnom období s minimálnou priemernou koncentráciou v mesiaci január ($0,136 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) (Obrázok 10). Od uvedeného mesiaca sa spravidla postupne zvyšovala až do mesiaca august ($0,431 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), kedy v roku 2009 bola zistená jeho maximálna priemerná koncentrácia ($0,602 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). V nasledujúcich mesiacoch jeho priemerná koncentrácia počas celého sledovaného obdobia spravidla klesala. Noskovič (1999) uvádza, že pokles fosforečnanového fosforu vo vode v zimnom období súvisí s nevhodnými teplotnými podmienkami pre rozklad látok obsahujúcich organickú formu fosforu. Súhlasí to aj s tvrdením Palatickej (2009), ktorá zistila kladnú korelačnú závislosť medzi koncentráciou P-PO_4^{3-} a teplotou vody. Možno predpokladať, že na zvyšovaní jeho koncentrácie v letnom období sa podieľal P-PO_4^{3-} , ktorý sa uvoľnil pri rozklade organických zlúčenín fosforu nachádzajúcich sa vo vodnom toku. Na základe uvedeného, sa tým nepriamo potvrdil názor Pittera (2009), že dekompozícia organických látok vo vode prebieha intenzívnejšie pri vyšších teplotách. Analogicky ako pri P_{Celk} , sa zákonitosť sezónnej dynamiky v priebehu sledovaného obdobia neprejavila.

Odporúčaná hodnota P-PO_4^{3-} v Nariadení vlády č. 296/2005 Z. z. nie je uvedená.

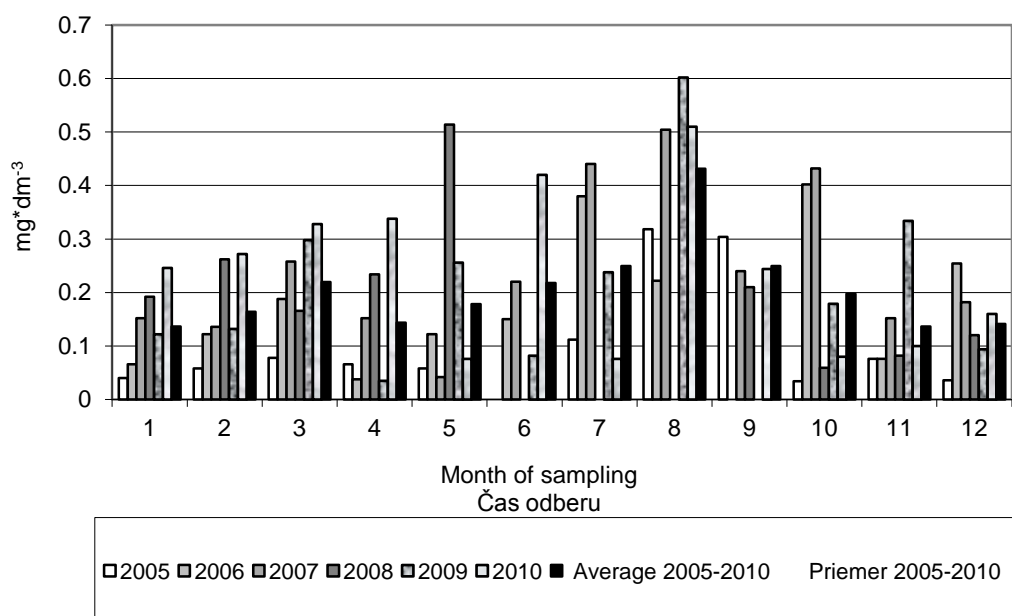


Figure 10. Average concentrations of P-PO_4^{3-} ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) depending on the time of sampling

Obrázok 10. Priemerné koncentrácie P-PO_4^{3-} ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) v závislosti od času odberu

Záver

Počas rokov 2005-2010 sme pod lesným ekosystémom Čaradického potoka hodnotili koncentrácie dusičnanového, amónneho, dusitanového dusíka, celkového a fosforečnanového fosforu. Na základe získaných výsledkov počas celého sledovaného obdobia možno konštatovať, že kvantitatívne najviac zastúpenou formou dusíka je dusičnanový dusík, čo dokazuje skutočnosť, že jeho podiel na

celkovom obsahu anorganického dusíka predstavoval 91,43%. Kvantitatívne menej zastúpenou formou bol amónny dusík, ktorého podiel na celkovom obsahu dusíka (N-NO_3^- , N-NH_4^+ , N-NO_2^-) reprezentoval 7,27%. Najmenej zastúpenou formou bol dusitanový dusík. Jeho podiel z celkového obsahu anorganického dusíka (N-NO_3^- , N-NH_4^+ , N-NO_2^-) bol 1,3%. Podiel fosforečnanového fosforu z celkového fosforu reprezentoval 30,03%. Vypočítané hodnoty 90-teho percentilu (P90) pre všetky sledované ukazovatele okrem celkového fosforu boli nižšie ako odporúčaná hodnota v Nariadení vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z.

Literatúra

- Babošová, M. (2005) Vplyv poľnohospodárskych a urbánnych ekosystémov na kvalitu vody vo vodnom toku Kadaň. Dizertačná práca. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita.
- Babošová, M., Noskovič, J. (2007) Koncentrácia nutrientov vo vode odtekajúcej z malého poľnohospodársky obhospodarovaného povodia. *Acta Hydrologica Slovaca*, 8 (2), 153-163.
- Bartnik, A., Moniewski, P. (2016) Changes in water quality of a small urban river triggered by deep drainage of a construction site. *Journal of Water and Land Development*, 31, 11-22. DOI: [10.1515/jwld-2016-0032](https://doi.org/10.1515/jwld-2016-0032)
- Blinová, L. (2009) Voda. Trnava: Slovenská technická univerzita.
- Bublinec, E., Gregor, J. (2002) Monitoring of the water streams chemistry in the Poľana Biosphere Reserve. Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia IV. Zborník referátov. Zvolen: Technická univerzita, 31-38.
- Bublinec, E., Dubová, M., Kundrík, F. (2007) Odtok vody z prameňa a zmena jej chemizmu v lúčnom ekosystéme. *Biológia v škole dnes a zajtra II*. Ružomberok: Katolícka univerzita, 89-103.
- Davis, A.P., Shokouhian, M., Sharma, H., Minami, C. (2006) Water quality improvement through bioretention media: Nitrogen and phosphorus removal. *Water Environment Research*, 78 (3), 284-293.
- Gajdošíková, J. (2009) Monitorovanie a hodnotenie vybraných ukazovateľov kvality vody vo vodnom toku Čaradický potok. Diplomová práca, Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita.
- Gupta, S.K. (2011) *Modern Hydrology and Sustainable Water Development*. Chichester, West Sussex.
- Hejzlar, J., Znachor, P., Sobolíková, Z., Rohlík, V. (2015) Vysoká eutrofizační účinnost fosforu původem z odpadních vod v nádrži Lipno. *Vodní nádrže*. Vodohospodářská konference. Brno.
- Ilavský, J., Barloková, J., Biskupič, F. (2008) *Chémia vody a hydrobiológia*. Bratislava: Slovenská technická univerzita.
- Jekatierynczuk-Rudczyk, E., Gorniak, A., Zieliński, P., Dziemian, J. (2002) Daily Dynamics of Water Chemistry in a Lowland Polyhumic Dam Reservoir. *Polish Journal of Environmental Studies*. 11 (5), 521-526.

- Kašiarová, S., Feszterová, M. (2010) Changes in Stream Water Contamination in Select Slovakian Settlements. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19 (2), 343-349.
- Kontrišová, O., Kontriš, J., Machava, J., Hybská, H. (2010) Kvalita vody a stav brehovej vegetácie vodnej nádrže v mestskej aglomerácii modra (západné Slovensko). *Studia Oecologica*, 4 (4), 101-110.
- Krúpová, K. (2009) Sledovanie vybraných ukazovateľov kvality povrchových vôd v hornom úseku Hrona. 21. konferencia mladých hydroológov. Zborník súťažných prác mladých odborníkov. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav, 23-31.
- Langhammer, J. (2002) Kvalita povrchových vod a jej ochrana. Praha: Karlova Univerzita.
- Lenghartová, K., Lauko, L., Beinrohr, E. (2015) Analytické metódy na stanovenie dusitanov. *Chemické Listy*, 109 (3), 191-197.
- Májovská, A. (2015) Kvalita povrchovej vody v povodí Dunaja – z pohľadu plnenia požiadaviek dusičnanovej smernice 91/676/EEC. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav.
- Menyhártová, Z. (2010) Monitoring akosti vôd v Hrabičnom potoku. Zlín: Univerzita Tomáše Bati.
- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd.
- Noskovič, J., Babošová, M., Porhajašová, J., Palatická, A. (2008) Hodnotenie koncentrácie dusičnanového a amónneho dusíka vo vodnom toku v poľnohospodárskej krajine. *Acta Hydrologica Slovaca*, 9 (1), 98-106.
- Noskovič, J., Palatická, A., Porhajašová, J., Kováčik, P. (2009) Concentrations of phosphate phosphorus and total phosphorus in the water in different biotopes of the Mature Reserve Alúvium Žitavy. *Folia oecologica*, 36 (2), 125-128.
- Palatická, A. (2009) Monitorovanie a hodnotenie kvality vody v Prírodnej rezervácii Alúvium Žitavy. Dizertačná práca, Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita.
- Pitter, P. (2009) Hydrochemie. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická.
- Pitter, P. (2015) Hydrochemie. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická.
- Rozkošný, M. (2006) Projekt STOP fosfátům. Brno: Výzkumný ústav vodohospodářský.
- Samešová, D., Nagyová, I., Melichová, Z. (2006) Znečistenie prírodného prostredia z malých zdrojov. Zborník 8. Banskoštiavnické dni 2006, Banská Štiavnica, 73-80.
- Sebiň, M. (2007) Vplyv využitia krajiny na kvalitu vody v toku v poľnohospodársky využívanom a zalesnenom mikroprostredí. *Acta Hydrologica Slovaca*, 8 (1), 22-28.

Senra-Ferreiro, S., Pena-Pereira, F., Lavilla, I., Bendicho, C. (2010) Griess micro-assay for the determination of nitrite by combining fibre optics-based cuvetteless UV-vis micro-spectrophotometry with liquid-phase microextraction. *Analytica Chimica Acta*. 668 (2), 195-200. DOI: [10.1016/j.aca.2010.04.038](https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.04.038)

Soukupová, K. (2015) Monitoring vlivu bodových a nebodových zdrojů znečištění na vodní tok Botič. *Vodovod. Info - vodárenský informační portál*.

Stachera, J., Lalkovič, M. (2000) Forest as a basic stabilizing element of the landscape does not influence only the runoff from the watershed, but also the quality of effluent water. *Forestry Journal*, 46 (2), 187-201.

Sullivan, T.J., Cosby, J.B., Tonnessen, K.A., Clow, D.W. (2005) Surface water acidification responses and critical loads of sulphur and nitrogen deposition in Loch Vale watershed, Colorado. *Water Resources Research*, 41, W01021, 1-15.

Trenčiansky, M. (2010) The influence of forest on water quality in small watersheds. *Acta Facultatis Forestalis*, 52 (1), 103-114.

Virtanen, T. (2001) *Chémia vody*. Banská Bystrica: Univerzita Mateja Bela, 118.

Zaujec, A., Chlpík, J., Tobiášová, E., Szombathová, N. (2002) *Pedológia*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita.