

ANALÝZA ZDROJOV ZNEČISTENIA POVRCHOVÝCH TOKOV NA ÚZEMÍ SLOVENSKA – ČASŤ I. BODOVÉ ZDROJE

Cyril Siman, Yvetta Velísková

Kvalitu vody v povrchových tokoch ovplyvňuje viacero faktorov. Jedným z dôležitých je rozmiestnenie bodových a nebodových zdrojov znečistenia v povodí a množstvo znečisťujúcich látok, ktoré sa z nich dostávajú do povrchových tokov. Príkladom bodového zdroja znečistenia je vypúšťanie priemyselných a komunálnych odpadových vôd z čistiarní odpadových vôd. Za najvýznamnejší nebodový zdroj znečistenia sa považuje aplikácia priemyselných a organických hnojív v poľnohospodárstve. Cieľom príspevku (obidvoch jeho častí) je v sledovanom období identifikovať na území Slovenska oblasti s potenciálne najvyššou a najnižšou úrovňou bodového a nebodového (plošného) znečistenia povrchových tokov. Prvá časť príspevku sa venuje analýze bodových zdrojov znečistenia povrchových tokov na území Slovenska. Hodnotenie nebodových zdrojov bude obsahom druhej časti. Prezentované sú výsledky spracovania priemerného množstva vypúšťaného množstva znečistenia z významných bodových zdrojov znečistenia v období rokov 2010 – 2015 (6 rokov). Znečistenie je charakterizované a kvantifikované cez vybrané ukazovatele kvality vody, a to: biochemickú spotrebu kyslíka, chemickú spotrebu kyslíka, celkový dusík, fosfor a nerozpustné látky.

KEÚČOVÉ SLOVÁ: povrchové toky, bodový zdroj znečistenia, ukazovatele kvality vody, biochemická spotreba kyslíka, chemická spotreba kyslíka, dusík, fosfor, nerozpustné látky

ANALYSIS OF SURFACE STREAMS POLLUTION SOURCES IN SLOVAKIA – PART I. POINT SOURCES.

Water quality in the surface stream is influenced by several factors. Distribution of point and non-point sources of pollution in a river basin and amount of pollutants released from them to surface streams are the important information. An example of a point source of pollution is the discharge from wastewater treatment plants (industry, urban areas, farms, etc.). The most significant non-point source of pollution is considered the application of fertilizers in agriculture. The objective of this contribution – both parts – is to identify areas with the potential highest and lowest level of point and non-point pollution of surface streams in the period under review. The first part of contribution deals with analysing of point sources of surface streams pollution on Slovakia territory. The average amount of discharged pollution from significant point sources in the period 2010 – 2015 (6 years) is presented. Pollution is quantified and characterized by water quality indicators like biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total nitrogen, total phosphorus and total suspended solids.

KEY WORDS: significant source of pollution, non-point source of pollution, agriculture, utilization of, fertilizers, surface streams

Úvod

Kvalita vody v povrchových tokoch je vyjadrená fyzikálnymi, chemickými a biologickými ukazovateľmi (Říha a kol., 2002). Je do veľkej miery ovplyvnená parametrami toku, ktoré majú priamy vplyv na hydrodynamiku transportu znečistenia v povrchových tokoch. Na kvalitu vody v toku vplýva aj charakter povodia, ktorý ovplyvňuje rozmiestnenie, druh a množstvo zne-

čistenia, ktoré má potenciál dostať sa do povrchových tokov a ovplyvniť tak kvalitu vody v nich.

Znečistenie vody je jej obohatenie o látky, ktoré sú nebezpečné pre zdravie človeka a iných organizmov. Môže byť spôsobené ľudskou činnosťou, ale aj výskytom niektorých látok, ktoré sa dostávajú do vody z geologického podložja (Klinda a kol., 2009; pozri tiež Hronec a kol., 2005).

Zdroje znečistenia delíme na bodové a nebodové

(Fischer a kol., 1979), pričom častejší výskyt zdrojov znečistenia nájdeme v oblastiach, kde je situovaný priemysel, osídlenie a intenzívna poľnohospodárska činnosť (Holubec a kol., 2002).

Bodové znečistenie pochádza hlavne z nedostatočne čistených komunálnych odpadových vôd, kde sa okrem organického znečistenia môžu vyskytovať aj mikropolutanty (Kožíšek a kol., 2007), t. j. látky, vyskytujúce sa často v nepatrných množstvách, ale so schopnosťou napriek tomu negatívne ovplyvniť biocenózu v recipientoch. Ide o rôzne druhy a skupiny látok, ako sú napr. drogy, liečivá, hormóny, rôzne špecifické látky s toxickými, perzistentnými alebo biokumulatívnymi vlastnosťami, prípadne aj rôzne reziduá alebo metabolity týchto látok. V tejto časti príspevku sú prezentované výsledky spracovania údajov o množstve vypúšťaného znečistenia z významných bodových zdrojov znečistenia na území Slovenska v období 2006 – 2015, ktoré nám poskytol Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor kvalita povrchových vôd.

Teoretické východiská a pojmy

Ako sme už v úvode naznačili, kvalita vody v povrchových tokoch môže byť ovplyvňovaná viacerými faktormi. Za jeden z najdôležitejších považujeme rozmiestnenie a množstvo vypúšťaného znečistenia z bodových a nebodových zdrojov znečistenia. Spomínané faktory môžeme zaradiť medzi antropogénne podmienené vplyvy ovplyvňujúce kvalitu vody v povrchových tokoch. Znečistenie vody v povrchových tokoch má nielen rôzne zdroje, ale aj povahu – vlastnosti.

V zmysle národnej správy 2005 boli identifikované nasledovné významné vodohospodárske problémy z pohľadu rizika nedosiahnutia cieľov RSV (Rámcová smernica o vode) do roku 2015 (MŽP SR, 2009):

- organické znečistenie – vzniká dôsledkom kontaminácie vody organickými látkami pochádzajúcimi z prirodzených alebo antropogénnych zdrojov. Organické znečistenie prirodzeného pôvodu pochádza hlavne z erózie pôd a z rozkladných procesov odumretej fauny a flóry. Organické zložky znečistenia antropogénneho pôvodu patria k najčastejšie sa vyskytujúcim znečisťujúcim látkam vypúšťaným do povrchových vôd. Organické znečistenie povrchových vôd je charakterizované parametrami kyslíkového režimu ako napríklad: biochemická spotreba kyslíka (BSK₅) alebo chemická spotreba kyslíka dichrómanom draselným (CHSK_{Cr}). Hlavnými zdrojmi organického znečistenia sú sídelné aglomerácie (napr. z komunálnych odpadových vôd), priemysel a poľnohospodárstvo (najmä difúznou cestou),
- znečisťovanie povrchových vôd živinami, najmä zlúčeninami dusíka (N), fosforu (P) a draslíka (K). Znečisťovanie nastáva emisiou živín do povrchových vôd z bodových zdrojov (sídelné aglomerácie, priemysel), ale aj nebodových zdrojov (poľnohospodárstvo, erózia, atmosférická depozícia). Najvýznamnejším dopadom vysokej záťaže vôd živinami

je eutrofizácia vôd. Ukazovatele živín sú napríklad celkový dusík (N_{celk}) a celkový fosfor (P_{celk}), ktoré sú súčasne podpornými ukazovateľmi pre hodnotenie ekologického stavu vôd,

- znečisťovanie povrchových vôd prioritnými látkami a látkami relevantnými pre Slovensko – môže vyústiť do nežiaducich účinkov na riečnu ekológiu a na zdravie ľudskej populácie. Zdrojmi prioritných a relevantných látok vo vodách sú vypúšťané odpadové vody z priemyslu, verejných kanalizácií, chemikálie aplikované v poľnohospodárstve, odpadové vody z banskej činnosti a i.,
- významné hydromorfologické zmeny – do tejto skupiny patrí najmä výroba energie – stavba hydroelektrární, protipovodňová ochrana, zásobovanie vodou a lodná doprava.

Na hodnotenie kvality vod v povrchových tokoch sa používajú ukazovatele kvality vody. V súčasnosti, podľa prílohy č. 1 Nariadenia vlády č. 269/2010 Z.z., sú ukazovatele kvality povrchovej vody v rámci všeobecných požiadaviek na kvalitu vody rozdelené do 5 častí:

- A – Všeobecné ukazovatele (43 ukazovateľov – rozpustený kyslík, BSK₅, CHSK_{Cr}, reakcia vody pH, teplota, vodivosť a i),
- B – Nesyntetické špecifické látky (8 ukazovateľov),
- C – Syntetické látky (58 ukazovateľov),
- D – Ukazovatele rádioaktivity (7 ukazovateľov),
- E – Hydrobiologické a mikrobiologické ukazovatele (9 ukazovateľov).

V predkladanom príspevku hodnotíme vypúšťané množstvo znečistenia z významných bodových zdrojov znečistenia v rámci časti A – všeobecné ukazovatele v nasledovných (vybraných) ukazovateľoch kvality vody:

- biochemická spotreba kyslíka (BSK₅) – je definovaná ako množstvo kyslíka spotrebovaného mikroorganizmami pri biochemickej oxidácii organických látok pri aeróbných procesoch bez súčinnosti fotosyntetizujúcich mikroorganizmov za určitý čas (5 dní), pri určitej teplote (20 °C),
- chemická spotreba kyslíka (CHSK) – udáva množstvo kyslíka v mg.l⁻¹ potrebného na oxidáciu organických látok za použitia oxidačných činidiel za presne vymedzených podmienok. Ako oxidačné činidlá sa v praxi používajú roztoky dichrómanu draselného alebo manganistanu draselného. Druh oxidačného činidla sa označuje symbolom pri skratke CHSK (CHSK_{Cr}, CHSK_{Mn}). Organické látky môžu byť za daných podmienok oxidované do rôzneho stupňa. Stupeň a rýchlosť oxidácie závisia na štruktúre organickej látky a na použitej metóde stanovenia CHSK. Manganistanom draselným sa oxiduje približne 40% a dichrómanom draselným asi 90% prítomných organických látok. Pre odpadové vody a povrchové vody, v ktorých sa predpokladá vyšší obsah organických látok sa používa oxidácia

dichrómanom v silne kyslom prostredí. Výsledky stanovení sa vyjadrujú v miligramoch kyslíka v litri vody a označujú sa ako $CHSK_{Cr}$ (Noskovič, Beňáková, 2004),

- celkový dusík (N_{celk}) – patrí medzi ukazovatele kvality vody hovoriaci o znečistení vody živinami. Vo vodách sa vyskytuje v rôznych oxidačných stupňoch, v iónovej a neiónovej forme. Výskyt jednotlivých foriem závisí od chemických a biochemických procesov prebiehajúcich vo vode. Môže sa vyskytovať ako anorganicky viazaný (amoniakálny – NH_4^+ , dusitanový – NO_2^- , dusičnanový – NO_3^-) alebo organicky viazaný. Celkový dusík (N_{celk}) je daný súčtom jednotlivých uvedených foriem (Biskupič, 1991). Údaje o obsahu celkového dusíka poskytnuté SHMÚ, boli stanovené spektrofotometricky,
- celkový fosfor (P_{celk}) – fosfor je prvok, ktorý sa vo vodách vyskytuje v organických alebo anorganických zlúčeninách v rozpustenej alebo nerozpustenej forme. Zvyčajne sa posudzuje jeho celkové množstvo vo všetkých formách výskytu – fosfor celkový (P_{celk}). Fosfor je významným biogénnym prvkom, ktorý vo veľkej miere prispieva k eutrofizácii vôd. Preto je celkový fosfor pozorne sledovaným a vyhodnocovaným parametrom. Základnými formami fosforu v odpadových vodách sú ortofosforečnany, polyfosforečnany, a organicky viazaný fosfor (Pitter, 1990),
- nerozpustné látky (NL) – sú látky, ktoré sa zachytávajú na filtri za určitých podmienok. Filtračné zariadenie je filter zo sklenených vlákien, ktorý zachytí nerozpustné látky z presne odmeraného množstva homogenizovanej vzorky. Hodnota nerozpustných látok sa získava vysušením filtra pri teplote 105 °C do konštantnej hmotnosti. Stredná veľkosť pórov filtra je 0,45 mikrometrov (Horáková a kol., 2003),

Pojem „významný zdroj znečistenia“, použitý v príspevku, je definovaný na základe nasledovných kritérií (MŽP SR, 2009):

Kritéria pre identifikovanie významného priemyselného a iného zdroja znečistenia:

- zdroj podliehajúci zákonu č. 245/2003 Z. z. (IPKZ), alebo Nariadeniu EP a Rady č. 166/2006 o zriadení Európskeho registra uvoľňovania a prenosov znečisťujúcich látok, ktorým sa menia a dopĺňajú smernice Rady 91/689/EHS a 96/61/ES (E-PRTR), alebo zákona č. 205/2004 Z. z. o zhromažďovaní, uchovávaní a šírení informácií o ŽP a o zmene a doplnení niektorých zákonov,
- zdroj znečistenia, ktorý má povolené resp. sú v jeho odpadových vodách identifikované Prioritné látky (NV č. 296/2005 Z. z. alebo 2006/0129 (COD) - smernica EP a Rady 2008/105/ES o environmentálnych normách kvality v oblasti vodnej politiky a o zmene a doplnení smerníc 82/176/EHS, 83/513/EHS, 84/156/EHS, 84/491/EHS, 86/280/EHS a 2000/60/ES,

- zdroj znečistenia, ktorý má povolené resp. sú v jeho odpadových vodách identifikované látky relevantné pre SR,
- pomer odpadových vôd (OV) k prietoku v recipiente na úrovni Q_{355} , Q_{zar} : (1:1 a viac).

Predstavuje priemerný denný prietok dosiahnutý alebo prekročený v priebehu 355 dní v zvolenom období. Obdobie sa volí spravidla v dĺžke jedného roka. Charakteristický prietok Q_{355} predstavuje hodnotu z ročných prietokových stavov nad výustom vypúšťanej vody na úrovni pravdepodobnosti prekročenia 97,3 %.

V prípadoch, ak sú charakteristické hydrologické údaje v súčasnosti ovplyvnené umelým zásahom, používa sa prietok stanovený orgánom štátnej vodnej správy v rámci povolenia vodnej stavby, tzv. zaručený prietok (Q_{zar}). Kritéria pre identifikovanie významného komunálneho zdroja znečistenia:

- zdroje znečistenia podliehajúce smernici Rady 91/271/EHS o čistení komunálnych odpadových vôd,
- zdroje znečistenia, ktoré majú povolené resp. sú v ich odpadových vodách identifikované prioritné látky (tvorí ich Zoznam III zákona č. 364/2004 Z. z. o vodách v znení zákona č. 384/2009 Z. z.),
- zdroje znečistenia, ktoré majú povolené resp. sú v ich odpadových vodách identifikované látky relevantné pre SR (NV č. 269/2010 Z. z.),
- pomer odpadových vôd (OV) k prietoku v recipiente je na úrovni Q_{355} , Q_{zar} : (1:1 a viac).

V Správe o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2016 boli predložené nasledovné kľúčové zistenia (MŽP SR, SAŽP, 2017):

- od roku 1994 klesá objem vypúšťaných odpadových vôd do povrchových vôd aj napriek medziročným výkyvom,
- v roku 2016 klesla produkcia odpadových vôd oproti roku 1994 o 49,3 %, oproti roku 2000 o 40,8 % a oproti roku 2015 narástla o 4,2 %,
- v roku 2016 množstvá organického znečistenia charakterizovaného parametrami BSK_5 , N_{celk} , P_{celk} mierne poklesli, $CHSK_{Cr}$ bola približne na rovnakej úrovni predchádzajúceho roku.

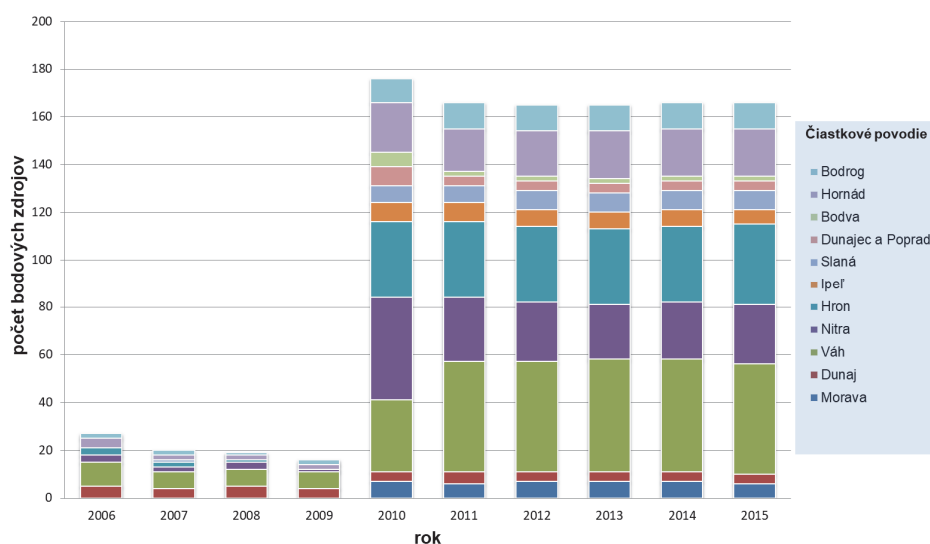
Údaje a metodika práce

Cieľom tejto časti príspevku je v rámci územia Slovenska v sledovanom období identifikovať oblasti s potenciálne najvyššou, ale tiež najnižšou hrozbou znečistenia vody v povrchových tokoch na území Slovenska z bodových zdrojov, resp. stupeň zaťaženia z týchto zdrojov. Bodové zdroje znečistenia sme vyhodnotili na základe údajov o vypúšťaných množstvách znečistenia (vo vybraných ukazovateľoch kvality vody: biochemická spotreba kyslíka (BSK_5), chemická spotreba kyslíka ($CHSK_{Cr}$), celkový dusík (N_{celk}), celkový fosfor (P_{celk}), nerozpustné látky (NL)) z významných bodových zdro-

jov znečistenia na území Slovenska. GPS-súradnice potrebné k ich lokalizácii, ako aj údaje o vypúšťanom množstve znečistenia (v tonách za rok) v období 2006 – 2015 nám poskytol Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ), Odbor kvality povrchových vôd so sídlom v Bratislave. V prvom kroku sme údaje roztriedili podľa čiastkových povodií. V ďalších krokoch spracovania boli vytvorené mapy rozmiestnenia bodových zdrojov znečistenia. Pre výraznú nehomogenitu údajov (predovšetkým kvôli výraznému nárastu v počte evidovaných významných bodových zdrojov znečistenia po roku 2009, ktorý bol spôsobený sprísnením kritérií evidovania významných bodových zdrojov znečistenia (obr. 1) prezentujeme vo výsledkoch pre porovnanie iba rozmiestnenie bodových zdrojov znečistenia v roku 2006 (obr. 2) a 2015 (obr. 3).

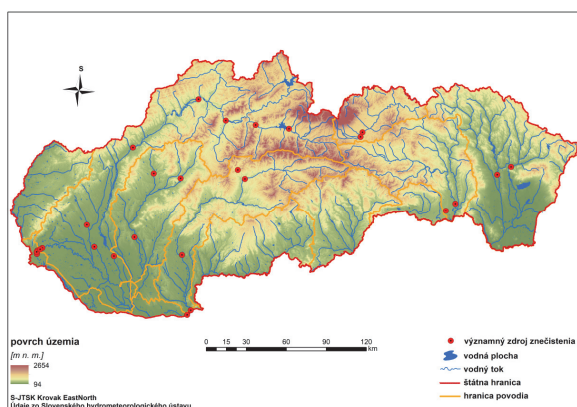
Z relatívne homogénnejších údajov z obdobia 2010 –

2015 sme vybrali 10 % najvyšších hodnôt vypúšťaného znečistenia zo všetkých bodových zdrojov a vytvorili mapy najväčších bodových znečisťovateľov povrchových tokov na území Slovenska v spomínanom období. Na obrázkoch 4, 6, 8, 10 a 12 je zobrazené rozmiestnenie významných bodových zdrojov znečistenia, aj s priemerným ročným množstvom vypúšťaného znečistenia v danom ukazovateli kvality vody. Uvádzame tiež podiel priemerného vypúšťaného množstva znečistenia z jednotlivých bodových zdrojov na celkovom priemernom množstve vypúšťaného znečistenia. Celkové priemerné množstvo vypúšťaného znečistenia je súčtom priemerného ročného množstva vypúšťaného znečistenia zo všetkých významných znečisťovateľov v súbore zostavenom z 10 % najväčších znečisťovateľov pri danom ukazovateli kvality vody (obr. 5, 7, 9, 11 a 13).



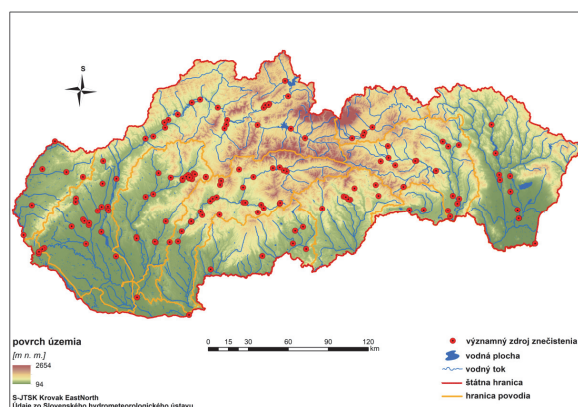
Obr. 1. Vývoj v počte evidovaných významných bodových zdrojov znečistenia v jednotlivých čiastkových povodiach na území Slovenska v období 2006 – 2015 (podľa údajov z SHMÚ).

Fig. 1. Development in number of registered significant point sources of pollution in sub-basins of Slovakia in the period 2006 – 2015 (data from SHMÚ).



Obr. 2. Rozmiestnenie významných bodových zdrojov znečistenia povrchových tokov v roku 2006.

Fig. 2. Spatial distribution of significant surface streams' point sources of pollution in 2006.



Obr. 3. Rozmiestnenie významných bodových zdrojov znečistenia povrchových tokov v roku 2015.

Fig. 3. Spatial distribution of significant surface streams' point sources of pollution in 2015.

Výsledky a diskusia

Na území Slovenska bolo v roku 2006 na základe údajov z SHMÚ identifikovaných 27 významných bodových zdrojov znečistenia (obr. 1 a 2). Je to výrazne menej ako na konci analyzovaného obdobia, v roku 2015 (166 významných bodových zdrojov) (obr. 1 a 3). Z jednotlivých čiastkových povodí Slovenska sa v roku 2015 najvyšší počet bodových zdrojov znečistenia vyskytol v povodí Váhu (46), druhý najvyšší počet bodových zdrojov bol v povodí Hrona (33) a tretí v povodí Nitry (24) (obr. 1 a 3).

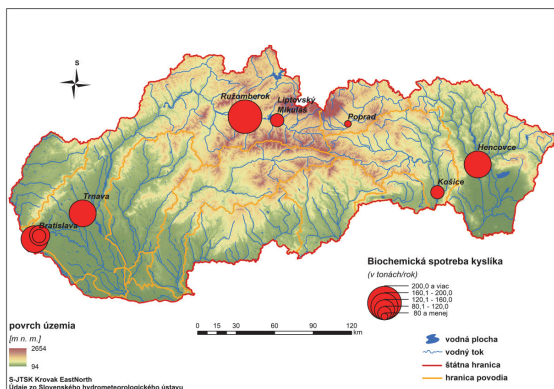
V rámci Slovenska sme v roku 2015 (posledný hodnotený rok) identifikovali niekoľko regiónov s vyššou koncentráciou významných bodových zdrojov znečistenia, a to predovšetkým v blízkosti väčších mestských sídel a priemyselných oblastí. Sem patrí napríklad Horná Nitra, Dolné Považie, Pohronie a Bratislava. Naopak, nižšia hustota významných bodových zdrojov znečistenia bola na Žitnom ostrove, v povodí Ipľa, na Kysuciach, Orave a na severovýchode Slovenska (obr. 3).

Na základe analýzy ukazovateľov kvality vody je možné konštatovať, že biochemická spotreba kyslíka dosahovala najvyššie bilančné hodnoty na území Slovenska pri vypúšťaní odpadových vôd od spoločnosti Mondi Business Paper SCP a.s. (Ružomberok), ďalej spoločnosti Bukocel a.s. (Hencovce) a tretia v poradí bola spoločnosť Duslo a.s. O.Z. Istrochem (Bratislava). Najnižšie hodnoty z výberového súboru 10 % najvyšších hodnôt pri ukazovateli kvality vody BSK₅ boli pri spoločnosti Podtatranská vodárenská spoločnosť a.s. Poprad,

ČOV Poprad – Matejovce (Poprad) (obr. 4 a 5).

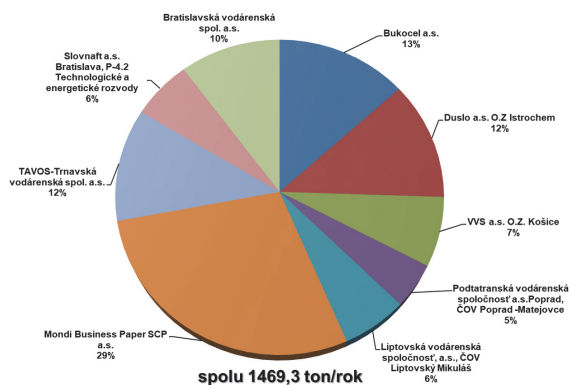
Aj pri analýze ukazovateľa kvality vody CHSK_{Cr}, rovnako ako v prípade biochemickej spotreby kyslíka, najväčším znečisťovateľom v období od roku 2010 do roku 2015 bola spoločnosť Mondi SCP a.s. (Ružomberok). Druhým najväčším znečisťovateľom bol Bukocel a.s. (Hencovce). Najmenšie množstvo vypúšťaného znečistenia v ukazovateli CHSK_{Cr} bolo zaznamenané pre Severoslovenské vodárne a kanalizácie a.s. (Žilina) (obr. 6 a 7). Aj v tejto výberovej skupine (10 % najvyšších znečisťovateľov) sme zaznamenali pomerne veľké rozpätie hodnôt vo vypúšťanom znečistení medzi najväčším a najmenším znečisťovateľom (rozdiel 4182,3 ton/rok). V prípade biochemickej spotreby kyslíka boli rozdiely medzi jednotlivými množstvami vypúšťaného znečistenia nižšie ako v prípade chemickej spotreby kyslíka (351,5 ton/rok).

Relatívne malé boli aj rozdiely v hodnotách celkového dusíka (N_{celk}). Najväčším znečisťovateľom v skupine tohto ukazovateľa bola Bratislavská vodárenská spoločnosť a.s., ČOV Vrakuňa (Bratislava) s priemernou hodnotou vypúšťaného znečistenia 704,1 ton N_{celk} za rok. Najnižšia hodnota priemerného množstva N_{celk} v období od 2010 do 2015 bola zaznamenaná tiež pri spoločnosti Bratislavská vodárenská spoločnosť a.s., ale ČOV Petržalka (v priemere 202,7 ton N_{celk} za rok). Významný bodový znečisťovateľia pri tomto ukazovateli kvality vody sa nachádzajú v mestách Šaľa (spol. Duslo Šaľa a.s.), Žilina (Severoslovenské vodárne a kanalizácie a.s.) a Košice (U. S. Steel s.r.o. a VVS a.s. O.Z. Košice) (obr. 8 a 9).



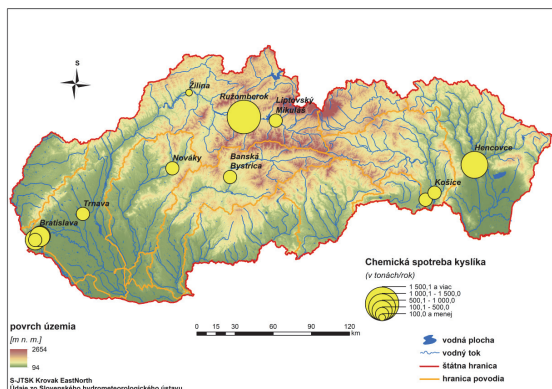
Obr. 4. Rozmiestnenie najväčších producentov znečistenia z hľadiska ukazovateľa kvality vody BSK₅ v období 2010 – 2015.

Fig. 4. Spatial distribution of significant pollution producers from biochemical oxygen demand (BOD) water quality indicator point of view in the period 2010 – 2015.



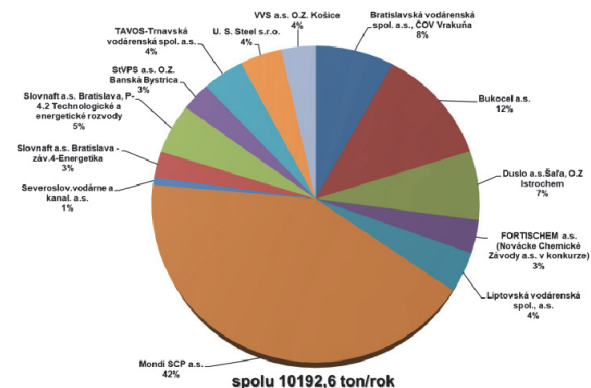
Obr. 5. Podiel priemerného vypúšťaného množstva znečistenia z jednotlivých významných bodových zdrojov na celkovom priemernom množstve vypúšťaného znečistenia v súbore zostavenom z 10 % najväčších znečisťovateľov (ukazovateľ kvality vody BSK₅) v období 2010 – 2015.

Fig. 5. The proportion of average discharged pollution from significant point sources of pollution to the total average amount of discharged pollution (BOD water quality indicator) in the period 2010 – 2015.



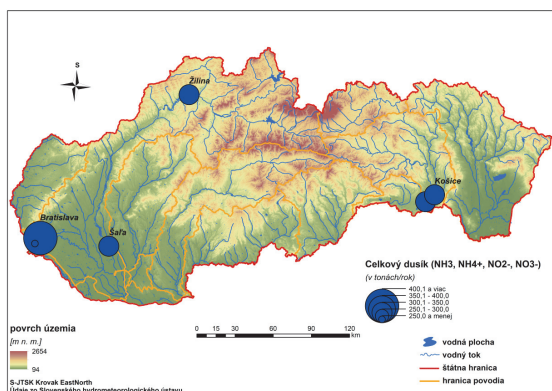
Obr. 6. Rozmiestnenie najväčších producentov znečistenia z hľadiska ukazovateľa kvality vody $CHSK_{Cr}$ v období 2010 – 2015.

Fig. 6. Spatial distribution of significant pollution producers from chemical oxygen demand (COD) water quality indicator point of view in the period 2010 – 2015.



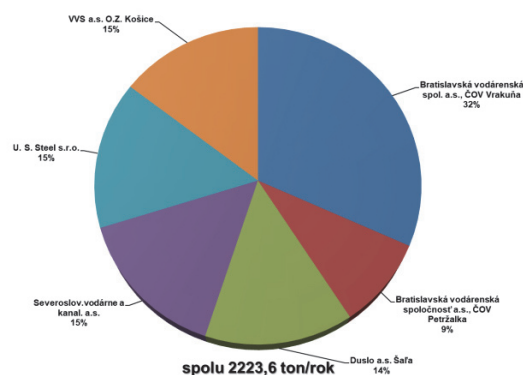
Obr. 7. Podiel priemerného vypúšťaného množstva znečistenia z jednotlivých významných bodových zdrojov na celkovom priemernom množstve vypúšťaného znečistenia v súbore zostavenom z 10 % najväčších znečisťovateľov (ukazovateľ kvality vody $CHSK_{Cr}$) v období 2010 – 2015.

Fig. 7. The proportion of average discharged pollution from significant point sources of pollution to the total average amount of discharged pollution (COD water quality indicator) in the period 2010 – 2015.



Obr. 8. Rozmiestnenie významných producentov znečistenia z hľadiska ukazovateľa kvality vody N_{celk} v období 2010 – 2015.

Fig. 8. Spatial distribution of significant pollution producers from total nitrogen (N_{total}) water quality indicator point of view in the period 2010 – 2015.



Obr. 9. Podiel priemerného vypúšťaného množstva znečistenia z jednotlivých významných bodových zdrojov na celkovom priemernom množstve vypúšťaného znečistenia v súbore zostavenom z 10 % najväčších znečisťovateľov (ukazovateľ kvality vody N_{celk}) v období 2010 – 2015.

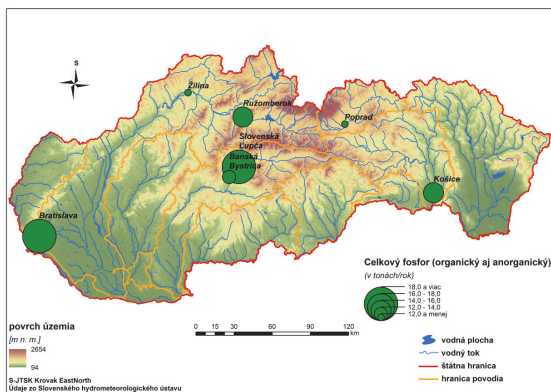
Fig. 9. The proportion of average discharged pollution from significant point sources of pollution to the total average amount of discharged pollution (total nitrogen water quality indicator) in the period 2010 – 2015.

Množstvá vypúšťaného znečistenia kvantifikované ukazovateľom kvality vody P_{celk} boli v priemere o jeden až dva rády nižšie ako pri predchádzajúcich hodnotených ukazovateľoch. Najväčším znečisťovateľom v tejto skupine bola Bratislavská vodárenská spoločnosť a.s., ČOV Vrakuňa, ktorá v hodnotenom období vypúš-

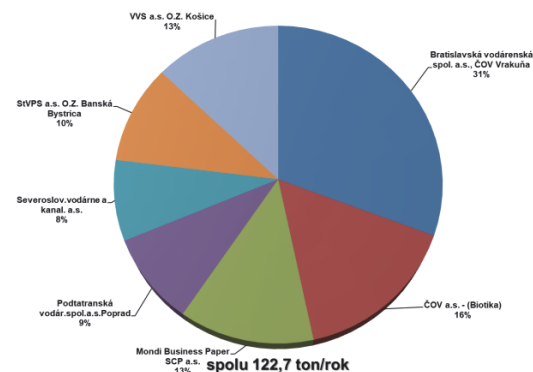
ťala do recipientu (Malý Dunaj, riečni kilometer 90) v priemere 37,7 ton za rok. Ďalší významný bodový zdroj znečistenia v tejto kategórii sa nachádzal na strednom Slovensku, konkrétne išlo o spol. Biotika a.s., ČOV v Slovenskej Ľupči. Recipientom, do ktorého bolo vypúšťané ročne v priemere 19,6 ton P_{celk} bola rieka

Hron. Z ďalších zdrojov spomenieme spoločnosť Mondi Business Paper SCP a.s. (ročne v priemere 15,8 ton vypúšťaného P_{celk}) a spoločnosť VVS a.s. O.Z. Košice (15,9 ton/rok P_{celk}) (obr. 10 a 11). Posledným hodnoteným ukazovateľom boli nerozpustné látky (NL). Najväčšie bodové zdroje znečistenia sa na-

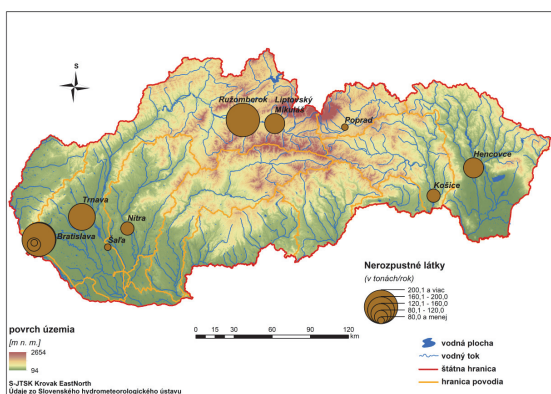
chádzali v Bratislave, konkrétne Bratislavská vodárenská spoločnosť a.s., ČOV Vrakuňa (477 ton NL /rok) a Slovnaft a.s. Bratislava, P-4.2 Technologické a energetické rozvody (453,7 ton NL /rok). Významný bodový zdroj znečistenia bol identifikovaný aj na Váhu (spol. Mondi SCP a.s. v Ružomberku) (obr. 12 a 13).



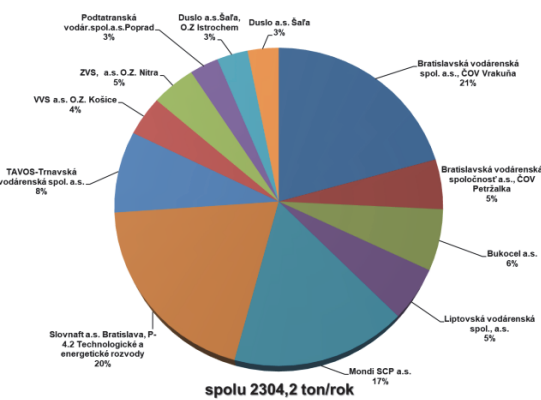
Obr. 10. Rozmiestnenie významných producentov znečistenia z hľadiska ukazovateľa kvality vody P_{celk} v období 2010 – 2015.
Fig. 10. Spatial distribution of significant pollution producers from total phosphorus (P_{total}) water quality indicator point of view in the period 2010 – 2015.



Obr. 11. Podiel priemerného vypúšťaného množstva znečistenia z jednotlivých významných bodových zdrojov na celkovom priemernom množstve vypúšťaného znečistenia v súbore zostavenom z 10 % najväčších znečisťovateľov (ukazovateľ kvality vody P_{celk}) v období 2010 – 2015.
Fig. 11. The proportion of average discharged pollution from significant point sources of pollution to the total average amount of discharged pollution (total phosphorus water quality indicator) in the period 2010 – 2015.



Obr. 12. Rozmiestnenie významných producentov znečistenia z hľadiska ukazovateľa kvality vody NL v období 2010 – 2015.
Fig. 12. Spatial distribution of significant pollution producers from total suspended solids water quality indicator point of view in the period 2010 – 2015.



Obr. 13. Podiel priemerného vypúšťaného množstva znečistenia z jednotlivých významných bodových zdrojov na celkovom priemernom množstve vypúšťaného znečistenia v súbore zostavenom z 10 % najväčších znečisťovateľov (ukazovateľ kvality vody nerozpustné látky) v období 2010 – 2015.
Fig. 13. The proportion of average discharged pollution from significant point sources of pollution to the total average amount of discharged pollution (total suspended solids water quality indicator) in the period 2010 – 2015.

Záver

V tejto časti príspevku bolo vyhodnotené priemerné množstvo vypúšťaného znečistenia v období 2010 – 2015 z významných bodových zdrojov znečistenia, pričom znečistenie bolo kvantifikované v piatich ukazovateľoch kvality vody: BSK₅, CHSK_{cr}, N_{celk}, P_{celk} a nerozpustné látky.

Pre každý ukazovateľ kvality vody bol stanovený aj podiel priemerného vypúšťaného množstva znečistenia z jednotlivých významných bodových zdrojov na celkovom priemernom množstve vypúšťaného znečistenia v danom ukazovateli. Údaje o významných bodových zdrojoch znečistenia (ich rozmiestnenie a vypúšťané množstvo) za obdobie 2006 – 2015 nám poskytol Slovenský hydrometeorologický ústav. Kvôli nehomogenosti údajov sme detailnejšie analyzovali len 6-ročné obdobie 2010 – 2015. V spomínanom období najvyššiu priemernú hodnotu vypúšťaného množstva znečistenia v ukazovateli kvality vody BSK₅ a CHSK_{cr} mala spol. Mondi SCP. a.s. v Ružomberku (obr. 4 – 7). V ukazovateľoch N_{celk}, P_{celk} a nerozpustné látky vykazovala najvyššiu priemernú hodnotu vypúšťaného množstva znečistenia Bratislavská vodárenská spoločnosť, a.s., ČOV Vrakúňa (obr. 8 – 13).

Pokračovaním tohto príspevku je jeho druhá časť, ktorej obsahom bude vyhodnotenie spotreby a priestorovej aplikácie hnojív na území Slovenska, ktoré reprezentujú jeden z významných nebodových (plošných) zdrojov znečistenia.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol za podpory vedeckej grantovej agentúry VEGA v rámci riešenej grantovej úlohy č. VEGA 1/0805/16 „Lokalizácia bodových zdrojov havarijného znečistenia vodných tokov na základe údajov z on-line monitoringu“, ako aj vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre dopytovo orientovaný projekt: Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia ITMS 262401200004, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

Biskupič, F. (1991): Chémia vody, 2. vyd. Bratislava: STV, 1991. 160s. ISBN 80-227- 0447-4.
Fischer, H. B., List, J. E., Koh, C. R., Imberger, J., & Brooks,

N. H. (1979): Mixing in Inland and Coastal Waters. New York: Academic Press. 483 s. ISBN 0-12-258150-4.

Holubec, M. a kol. (2002): Gabčíkovo – rozšírenie vodného zdroja: záverečná výskumná práca. Bratislava: VÚVH, 2002.

Horáková, M., Janda, V., Koller, J., Kollerová, E., Palatý, J., Koubíková, J., Pokorná, D., Ptáková, H., Schejbal, P., Smrčková, Š., Strnadová, N., Sýkora, V., Ptáková, H. (2003): Analytika vody. Praha, Vysoká škola chemicko-technologická, 2003. 335 s. ISBN 80-7080-520-X.

Hronec, O., Andrejovský, P., Adamišin, P. (2005): Ochrana ovzdušia a vôd, Nitra: SPU, 2005. 167 s. ISBN 80-8069-536-9.

Klinda, J., a kol. (2009): Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2009. 1. vydanie. Bratislava: MŽP SR, Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2009. 280 s. ISBN 9788088833-54-3.

Kožíšek, F., Kos, J., Pummann, P. (2007): Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, 2007. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <<http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/hygmin2.pdf>>

MŽP SR. (2009): Vodný plán Slovenska [online]. Slovenská agentúra životného prostredia. [cit. 2018-02-20]. 131 s. ISBN 978-80-89503-16-2. Dostupné z: <<https://lnk.sk/lpsX>>

MŽP SR a SAŽP (2016): Poľnohospodárstvo. In Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2015 [online]. Bratislava; Banská Bystrica: Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky; Slovenská agentúra životného prostredia, 2016. 236 s. [cit. 2017-09-28]. ISBN 978-80-89503-60-5. Dostupné z: <<https://enviroportal.sk/uploads/report/vplyvy-hospod.pdf>>

MŽP SR a SAŽP (2017): Voda. In Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2016 [online]. Bratislava; Banská Bystrica: MŽP SR; Slovenská agentúra životného prostredia, 2017. s. 42-63. [cit. 2018-02-20]. 978-80-89503-75-9. Dostupné z: <<http://enviroportal.sk/uploads/report/6961.pdf>>

Noskovič J., Beňáčková, J. (2004): Hodnotenie vybraných ukazovateľov kyslíkového režimu vo vode prírodnej rezervácie Žitavský luh. In: Aktuálne problémy riešené v agrokomplexe [online]. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra. 2004. [cit. 2018-02-20]. ISBN 80-8069-448-6. s. 25-36. Dostupné z: <www.slpk.sk/eldo/ax_10/sekcia1/07.pdf>

Pitter, P. (1990): Hydrochemie. SNTL. Praha 1990., Vydal: Vysoká škola chemicko-technologická v Prahe, 2009, ISBN 978-80-7080-701-9.

**ANALYSIS OF SURFACE STREAMS POLLUTION SOURCES IN SLOVAKIA
PART I. POINT SOURCES**

Water quality in surface streams is expressed by physical, chemical and biological indicators (Říha et al., 2002). Is mainly influenced by parameters of river basin and surface stream. One of the most important parameters we considered distribution and amount of pollution discharge from sources of pollution. These factors can be classified as anthropogenically dependent influences affecting water quality in surface streams.

Sources of pollution are divided into point and nonpoint (Fischer et al., 1979), with a more frequent occurrence of pollution sources in areas where industry, settlement (urbanized areas) and intensive agricultural activity are located (Holubec et al., 2002). Point pollution of surface streams comes mainly from inadequately clean municipal and industrial sewage (Kožíšek et al., 2007). The main nonpoint sources of pollution are the application of industrial and organic fertilizers in agriculture. Water pollution is its enrichment with substances that are dangerous to human health and other

organisms (Klinda et al., 2009). Water quality indicators are used to assess water quality in surface streams.

In the present article, we evaluated the average amount of pollution discharge from significant point sources of pollution in Slovakia in the period 2010 – 2015 (six years) in five water quality indicators (biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total nitrogen, total phosphorus, TSS – total suspended solids). In mentioned period, the BOD water quality indicator (fig. 4 and 5) and COD water quality indicator (fig. 6 and 7), had the highest average value of discharged pollution Mondi SCP. a.s. in Ružomberok. Total nitrogen water quality indicator (fig. 8 and 9), total phosphorus (fig. 10 and 11) and total suspended solids (fig. 12 and 13), the highest value of the average amount of pollution discharge had Bratislavská vodarenska a.s. (Bratislava water company, joint-stock company), WWTP Vrakuna.

Mgr. Cyril Siman
Ing. Yvetta Velísková, PhD.
Ústav hydrológie SAV
Dúbravská cesta 8
841 04 Bratislava
Slovenská republika
Tel.: +4212 49268 259
Email: siman@uh.savba.sk
Yvetta.Veliskova@savba.sk