



Sledovanie časového vývoja priestorového rozšírenia dusičnanov v podzemných a povrchových vodách

Mgr. Anna Tlučáková, Ing. Roman Cibulka

Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava

tlucakova@vuvh.sk; roman.cibulka@vuvh.sk

02/5934 3461

Anotácia: Sledovanie obsahu dusičnanov v podzemných a povrchových vodách je jednou z požiadaviek dusičnanej smernice EÚ, ako aj Rámцovej smernice o vode. Informácie o ich časovom a priestorovom rozšírení sú dôležité pre správne nastavenie hospodárenia v poľnohospodársky aktívnych oblastiach, a tiež tvoria hlavnú bázu dát potrebných pre reportingové povinnosti Slovenska pre Európsku komisiu.

Summary: Monitoring of nitrates in groundwater and surface water is one of the main demand of EUNitrate directive and Water framework directive. Information about their spatial distribution in time is important for good management in active agriculture zones. These data are the main base for reporting obligation of Slovakia to the European Commission.

Kľúčové slová: dusičnany, podzemné vody, povrchové vody, Slovensko, dusičnanová smernica, vzorkovanie podzemných vôd

Key words: nitrates, groundwater, surface water, Slovakia, nitrate directive, groundwater sampling

Úvod

S dusíkom a dusičnanmi sa stretávame neustále, dusík je dôležitým biogénnym prvkom, a zároveň štvrtým najrozšírenejším prvkom v Slnčnej sústave. Na Zemi je dusík v rôznych formách najvýznamnejšou zložkou takmer všetkých poľnohospodárskych odpadov. Z hľadiska kvality podzemných vôd je najväčšie riziko znečistenia vo forme dusičnanov NO_3^- , ktoré sú najviac rozpustné vo vode a majú schopnosť migrovať na veľké vzdialenosti. Vysoké koncentrácie dusičnanov v podzemných a povrchových vodách spôsobujú viaceré zdravotné riziká. Dusičnany sú samy osebe málo škodlivé, môžu však škodiť nepriamo, a to redukciou spôsobenou bakteriálnou činnosťou v gastrointestinálnom trakte, kde sa dusičnany redukujú na toxickéjšie dusitany. Dusitany reagujú s hemoglobínom v krvi, pričom sa vytvorí *methemoglobín*, ktorý nemá schopnosť prenášať kyslík v krvi, a tým dochádza k zaduseniu. Toto ochorenie - *dusičnanová alimentárna methemoglobinémi*a - je nebezpečné hlavne pre dojčatá do veku 3 až 6 mesiacov (modré deti) (Jones et al., 1973; Finley, 1990; Gustafson, 1993 in Kordík 2003).

Dusičnany – genéza, formy výskytu, vlastnosti a význam

Dusičnany vznikajú hlavne sekundárne pri nitrifikácii amoniakálneho dusíka a sú konečným stupňom rozkladu dusíkatých organických látok v oxickom prostredí. V mineráloch sú dusičnany obsiahnuté len zriedka, a to ako dusičnan sodný NaNO_3 – čínsky liadok. Ďalším zdrojom dusičnanov je hnojenie poľnohospodársky obrábanej pôdy dusíkatými hnojivami. Dusičnany anorganického pôvodu sa nachádzajú v atmosférických vodách, kde z dusitanov NO_2 vznikajú pri búrkovej činnosti oxidáciou dusičnany NO_3^- (v desatinách až jednotkách mg/l N-NO_3^-), a tiež sú súčasťou emisií zo spaľovania



pohonných látok a palív. Tieto skutočnosti sú príčinou zvyšujúcej sa koncentrácie dusičnanov v podzemných a povrchových vodách (Pitter 2009).

Ión NO_3^- je svojím zastúpením po síranoch a chloridoch na treťom mieste v zrážkových vodách Slovenska (Pitter, 2009). Koncentrácia dusičnanov v prírodných vodách sa pohybuje v jednotkách mg/l NO_3^- , v znečistených vodách koncentrácia rastie na desiatky až stovky mg/l NO_3^- (Kordík, 2003). Vysoký obsah dusičnanov súvisí hlavne so sekundárnym znečistením, a to najmä komunálnymi odpadovými vodami, živočíšnymi odpadmi a hnojivami. Keďže dusičnany majú len slabé komplexotvorné vlastnosti, v prírodných vodách sa vyskytujú prevažne v jednoduchšej forme ako NO_3^- . Obsahy dusičnanov v pôdach ako aj v prírodných vodách sa menia v závislosti od vegetačného obdobia (Rapant et al., 1996). Maximálne obsahy dusičnanov možno v podzemných vodách očakávať v zimnom, t. j. mimo vegetačnom období. V tomto období sa zvyčajne vylúhujú z pôdy, pretože sú zadržované v pôdnom sorpčnom komplexe len obmedzene. Naopak, v letnom období sú z vody odčerpávané vegetáciou, včítane lesných porastov. Maximá a minimá závisia od spôsobu obrábania pôdy. Vo vodách obsahujúcich zvýšené koncentrácie železa sú obsahy dusičnanov obvykle nižšie, čo býva podmienené ich redukciami. Dusičnany sú za oxických podmienok stabilné. V pôde nie sú takmer vôbec zadržované a ľahko pri infiltrácii prenikajú aj do veľkých vzdialeností (Pitter, 2009).

Koncentrácie dusičnanov v podzemných vodách môžu kolísať v širšom rozmedzí, a to v závislosti na genéze, klimatickom ako aj pôdnom charaktere oblasti (Pitter, 2009). Podľa Geochemického atlasu – časť Podzemné vody (Rapant et al., 1996) je priemerná koncentrácia dusičnanov v podzemných vodách Slovenska 36,2 mg/l , pričom veľké rozdiely sú medzi horskými a nížinnými či kotlinovými terénmi (Rapant, S. et al., 1996). Zistenia Geochemického atlasu sú aktuálne aj v súčasnosti, podľa Správy o stave implementácie Smernice rady 91/676/EHS týkajúcej sa ochrany vôd pred znečistením spôsobeným dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov (MŽP SR, 2008, 2012) bol priemerný obsah dusičnanov v podzemných vodách 17,7 mg/l (pre reportovacie obdobie 2004-2007), v ďalšom sledovanom období (2008-2011) to bolo 22,3 mg/l dusičnanov v podzemných vodách. Tu je však potrebné doplniť, že vo všetkých prípadoch bol úplne rozdielny dataset monitorovacích bodov.

Koncentrácia dusičnanov v povrchových vodách na Slovensku v rokoch 1993 až 2000 bola 9, 1 mg/l . (Vrana, Malík, 2003). Reportovacia správa vyplývajúca z dusičnanej smernice za roky 2004 až 2007 vyhodnotila priemerný obsah dusičnanov v povrchových vodách na 8,2 mg/l , reportovacia správa za roky 2008 až 2011 hovorí o 7,2 mg/l dusičnanov ako priemerný obsah v povrchových vodách Slovenska. (MŽP SR, 2008, 2012). Zdrojmi dusičnanov v podzemných vodách sú najčastejšie:

- hnojenie poľnohospodársky obrábanej pôdy dusíkatými hnojivami
- komunálne odpadové vody
- živočíšna poľnohospodárska výroba (organická hmota)
- sklady dusíkatých hnojív

V prípade povrchových vôd bývajú zdrojmi dusičnanov:

- Emisie zo spaľovania fosílnych palív v zrážkach
- komunálne odpadové vody
- aplikácia dusíkatých hnojív priemyselného a živočíšneho pôvodu
- hromadenie dusíku v atmosfére

Keďže dusíkaté hnojivá sú v poľnohospodárstve najpoužívannejšie, znečistenie týmito látkami je v praxi dlhodobým problémom. Aj z týchto dôvodov bola v roku 1991 Radou Európskeho



Spoločenstva prijatá Smernica 91/676/EEC o ochrane podzemných vôd pred znečistením dusičnanmi z poľnohospodárskej výroby („dusičnanová smernica“), ktorej cieľom je zníženie znečistenia vôd zapríčinené alebo vyvolané dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov a zabránenie ďalšiemu znečisťovaniu tohto druhu. Bola to jedna z prvých európskych smerníc venujúca sa ochrane vôd pred znečistením konkrétnou chemickou látkou.

Základné požiadavky smernice 91/676/EEC vo vzťahu k ochrane zdrojov vôd:

- Zostaviť zoznam označených ohrozených pásiem (zraniteľných oblastí).
- Spracovať monitorovací program a pravidlá monitorovania (článok 7).
- Realizovať vhodné monitorovacie programy, na vyhodnotenie účinnosti akčných programov (článok 5).
- Monitorovať koncentráciu dusičnanov v pravidelných intervaloch, a opakovať monitorovací program najmenej každé štyri roky. V monitorovacích objektoch, v ktorých bola dlhodobá dokumentovaná koncentrácia dusičnanov v podzemných vodách pod 25 mg/l, a nie sú identifikované žiadne nové faktory a vplyvy, ktoré by potenciálne mohli zvýšiť obsah dusičnanov, postačí realizovať monitorovací program raz za osem rokov (článok 6) (Patschová, Slivková, 2008).

Za týmto účelom sa monitorujú ukazovatele umožňujúce hodnotenie vývoja eutrofizácie v povrchových vodách a stanovený rozsah ukazovateľov v povrchových a podzemných vodách.

Plány monitorovania vôd v súvislosti s dusičnanmi

Ako bolo spomenuté vyššie, dôvody monitorovania podzemných vôd v súvislosti s dusičnanmi súvisí s implementáciou dusičnanej smernice, ktorej cieľom je zmierniť znečistenie podzemnej a povrchovej vody dusičnanmi a dusíkatými látkami z poľnohospodárskej činnosti a zabrániť znečisteniu tohto druhu. Smernica definuje zásady na vymedzenie oblastí, v ktorých hrozí znečistenie vody dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov a určuje niektoré spôsoby na jeho elimináciu. Dusičnanová smernica je delená do 13 článkov a obsahuje 5 príloh.

Okrem dusičnanej smernice sa Slovenská republika zaviazala sledovať stav vôd, vyplývajúci z prijatia a implementácie rámcovej smernice o vode 2000/60/ES (RSV). Rámcová smernica o vode je zásadným a hlavným dokumentom, ktorý sa zaoberá stavom vôd na území členských štátov Európskej únie. Reportovanie výsledkov z monitoringu a hodnotenia vôd prebieha v 6-ročných intervaloch, prvýkrát sa reportovalo v roku 2009.

Prijatím rámcovej smernice o vode, sa u nás mení pohľad na ochranu zdrojov vôd. Orientuje sa na vytváranie podmienok pre trvalo udržateľné využívanie vodných zdrojov, prostredníctvom ich integrovaného manažmentu v povodiach. Kladie sa dôraz na zachovanie hydroekologických potrieb krajiny. Tento meniaci sa vzťah človeka k vode vyžaduje zo strany štátnych orgánov a inštitúcií zavedenie nových prístupov v chápaní a zabezpečovaní jej ochrany, ktoré vychádzajú z požiadavky zabezpečenia potrebného množstva vody v zodpovedajúcej kvalite pre jej využitie, za podmienky zachovania prírodných funkcií vodných tokov, prírodného ekosystému a krajiny. Prijatím RSV prešlo sa od riešenia čiastkových problémov upravovaných v jednotlivých smerniciach, ku komplexnému prístupu pri ochrane a využívaní vôd (<http://www.vuvh.sk/rsv2/>).

RSV definuje viacero špecifických úloh a konkrétnych cieľov pre proces implementácie, jedným z nich bolo aj zavedenie programov monitorovania vôd a plánov manažmentu čiastkových



povodí (2006). Programy monitorovania vôd sú tvorené v 5-ročných intervaloch ako „Rámcový program monitorovania vôd na Slovensku“ pre konkrétne roky (2010-2015, 2016-2021), každoročne je Program monitorovania vôd aktualizovaný podľa požiadaviek a potrieb Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR) a rezortných organizácií. Na tvorbe Programov monitorovania vôd sa podieľajú všetky „vodné“ organizácie rezortu MŽP.

Povrchové vody

Pre monitorovanie povrchových vôd v súvislosti s dusičnanmi bolo pre prvé reportovacie obdobie rokov 2004 až 2007 vyselektovaných 224 miest monitorovania. Postupným prehodením počas nasledujúcich rokov bol počet monitorovacích miest 784. V rámci týchto 784 monitorovacích miest sú miesta, ktoré sú definované ako referenčné miesta, miesta situované v kanálovej sústave, vodárenské toky, miesta ústiace do vodných nádrží, miesta pri výtokoch z vodných nádrží, miesta ktoré by mali charakterizovať vplyvy rôznych zdrojov znečistenia. Povrchové vody v zraniteľných oblastiach, na ktoré sa vzťahuje dusičnanová smernica sú monitorované v Prevádzkovom monitorovaní.

Podzemné vody

Na monitorovanie dusičnanov v podzemných vodách boli v minulosti využívané objekty štátnej monitorovacej siete SHMÚ určené na sledovanie kvality podzemných vôd a objekty vodárenských spoločností, ktoré predstavujú zdroje pitných vôd, celkový počet monitorovacích miest pre začiatkové hodnotenia bol 560. Neskôr bol vypracovaný program monitorovania v súvislosti s dusičnanmi, kde boli zadefinované ciele monitoringu podľa dusičnanej smernice, boli určené odberové miesta na podzemné vody tak, aby bolo možné dosiahnuť stanovené ciele. Bolo potrebné vybudovať monitorovaciu sieť (VÚVH), ktorá by pokryla ďalšie katastre obcí, ktoré sa nachádzajú v zraniteľnej oblasti (697 monitorovacích bodov). Bola stanovená frekvencia odberu vzoriek, spôsob odberu, hodnotenia a odovzdávania výsledkov.

Bol zámer, aby monitorovacie miesta pre monitorovanie dusíkatých látok v podzemnej vode boli navrhnuté tak, aby v katastri každej obce spadajúcej do zraniteľnej oblasti bol situovaný aspoň jeden monitorovací objekt. Podľa súčasných plánov vzorkovanie na 977 objektov (697 objektov účelovej monitorovacej siete VÚVH a 280 objektov existujúcej monitorovacej siete kvantitativy podzemných vôd), zabezpečuje VÚVH a vzorkovanie 116 objektov účelovej monitorovacej siete zabezpečuje SHMÚ. V rámci účelového monitorovania dusíkatých látok v zraniteľných oblastiach sa v každom monitorovacom mieste sleduje nasledovný súbor ukazovateľov:

- základné fyzikálno-chemické ukazovatele stanovované laboratórne podľa platných STN noriem: NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- ,
- základné fyzikálno-chemické ukazovatele, ktorých hodnoty sú stanovené in-situ: teplota vody, teplota vzduchu, vodivosť, pH
- technické parametre: hladina podzemnej vody, hĺbka vrtu, hĺbka odberu vzorky podzemnej vody.

Uvedené ukazovatele sa v objektoch monitorovacej siete VÚVH sledujú 2 x ročne (na jar a na jeseň) a v režimových objektoch monitorovacej siete SHMÚ sa sledujú 1 x ročne (v lete). Kvalitatívne objekty SHMÚ sú vzorkované 1 x ročne .

Program vzorkovania podzemných vôd zameraný na sledovanie obsahu dusičnanov bol vytvorený na základe požiadaviek dusičnanej smernice. Tak ako každý program monitorovania má nasledovnú štruktúru:



1. Cieľ
2. Určenie situácie odberu vzoriek (odberové miesta, ich počet vzhľadom na ciele)
3. Určenie počtu odberov vzoriek a frekvenciu (aby sa dosiahli očakávané výsledky na zodpovedajúcej úrovni v súčinnosti s nariadením).
4. Spôsob hodnotenia a odovzdávania výsledkov

Cieľom tohto programu je:

- indikácia a identifikácia zdrojov znečistenia podzemných vôd dusíkatými látkami
- posúdenie kvality a vývoja kvality podzemnej vody a jej zmien z hľadiska obsahu dusíkatých látok
- kontrola vplyvu prijatých opatrení na ochranu podzemných vôd pred znečistením dusíkatými látkami

Postup monitorovacích prác, vzorkovanie podzemných vôd, analytické metódy

Na vzorkovanie dusičnanov v podzemných vodách boli vyselektované mnohé monitorovacie body v správe rôznych organizácií. Ide o sieť Štátneho monitorovacieho systému SHMÚ (587 sond na sledovanie kvality podzemných vôd + 280 sond na sledovanie kvantity podzemných vôd), viaceré objekty vodárenských spoločností (1751), ktoré sú zdrojmi pitných vôd, a tiež bola vybudovaná účelová sieť VÚVH (697) na sledovanie týchto látok. Po určení presného počtu ako aj frekvencie odberov vzoriek sa pristupuje k samotnému vzorkovaniu.

Prvým krokom je zmeranie hladiny podzemnej vody a hĺbky monitorovacieho objektu, následne sa vypočíta vodný stĺpec, teda množstvo vody, ktoré je potrebné odčerpať pre správny odber. Pre takýto odber je potrebné odčerpať 2-4 objemy vodného stĺpca. Následne sa určí hĺbka odberu vzorky podzemnej vody. Pri odbere podzemnej vody je potrebné merať terénne parametre:

- teplota vody (T_{vody} - °C)
- merná elektrická vodivosť (EK - $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- reakcia vody (pH)
- teplota vzduchu okolia (T_{vzduch} - °C)

Je potrebné sledovať prítok vody, čerpanie nemôže byť príliš intenzívne, maximálny pokles hladiny vody vo vrte by nemal byť väčší ako 1 m. Čerpanie sa uskutočňuje pomocou ponorných čerpadiel typu Gigant (pre úzkoprofilové vrty) alebo Grundfos (vrty s priemerom nad 15 cm). Používané odberné zariadenia (čerpadlo, hadica, hladinomer) musia byť vždy čisté, funkčné, schopné odberu.

Na odber podzemnej vody, kde sa budú stanovovať dusičnany (prípadne ďalšie dusíkaté látky) sa používajú plastové vzorkovnice, ideálne objemu 100 ml. Vzorkovnice dodáva laboratórium, ktoré vzorku vody analyzuje, vzorkovnica musí byť vždy čistá, suchá, správne uzatvorená, označená štítkom s presnými informáciami o odobranej podzemnej vode (lokalita, označenie vrtu/studne/prameňa, dátum odberu, stanovované ukazovatele, informácia o fixácii). Pri transporte vzorky je potrebné dodržiavať optimálne podmienky vhodné pre prepravu vzoriek podzemnej vody. Odber vzorky podzemnej vody má byť uskutočnený podľa STN EN 5667-1: 2007 Kvalita vody, Odber vzoriek.



Každý odber podzemnej vody musí byť zapísaný do protokolu o odbere podzemnej vody, kde sú zaznamenávané terénne parametre, údaje o monitorovacom objekte, o stave čerpania, o situácii v okolí monitorovacieho objektu a podobne. Protokol o odbere podzemnej vody je dodaný laboratóriom, prípadne odberateľ používa vlastný protokol.

Hodnotené údaje o obsahu dusičnanov sú analyzované v rôznych akreditovaných laboratóriách, používaná metóda je iónová kvapalinová chromatografia a spektrofotometria, postupy sa nachádzajú v STN EN ISO 10304-1 - Kvalita vody. Stanovenie rozpustených aniónov iónovou kvapalinovou chromatografiou. Časť 1: Stanovenie bromidov, chloridov, fluoridov, dusičnanov, dusitanov, fosforečnanov a síranov (ISO 10304-1: 2007), STN ISO 7890-3 - Kvalita vody. Stanovenie dusičnanov. Časť 3: Spektrometrická metóda s kyselinou sulfosalicylovou.

Pri odberoch podzemných vôd na sledovanie dusíkatých látok sa nezabúda ani na uchovávanie dát. V prípade účelovej monitorovacej siete VÚVH sú dáta vkladané do databázy *iMon-dusičnany* priamo pracovníkmi VÚVH, ďalšie hodnotenie pre účely dusičnanej smernice vykonáva VÚVH. V prípade Štátneho monitoringu SHMÚ sú spracovávané a vyhodnotené v ročnej správe *Kvalita podzemných vôd na Slovensku*, v dvojročnej správe *Kvalita podzemných vôd Žitného ostrova*, v expertných a výskumných správach, v kvalitatívnej vodohospodárskej bilancii a v iných výstupoch, ktoré vyplývajú z požiadaviek zákazníkov a sú pravidelne poskytované orgánom štátnej správy. Vyhodnotenie kvality podzemných vôd na území Slovenska je taktiež uvedené na internetovej stránke SHMÚ.

Časový vývoj a priestorové rozšírenie obsahu dusičnanov v podzemných vodách Slovenska

Prvé komplexné informácie o hydrogeochemických pomeroch ako aj o obsahu dusičnanov v podzemných vodách Slovenska je možné nájsť v práci Stanislava Gazdu „Genetická klasifikácia podzemných vôd Západných Karpát“ (1974). Vývoj poznatkov z pohľadu hydrogeochemie napredoval aj v ďalších rokoch, významným zdrojom dát boli aktivity SHMÚ, ktorý od roku 1982 vykonáva systematický monitoring podzemných vôd (Geochemický atlas, 1996).

Geochemický atlas – časť Podzemné vody podáva presnú správu o obsahu chemických prvkov a ich zlúčenín (vrátane dusičnanov) v hlavných zložkách životného prostredia – v horninách, pôdach, riečnych sedimentoch, podzemných vodách a lesnej biomase, aktuálnu pre prvú polovicu 90. rokov.

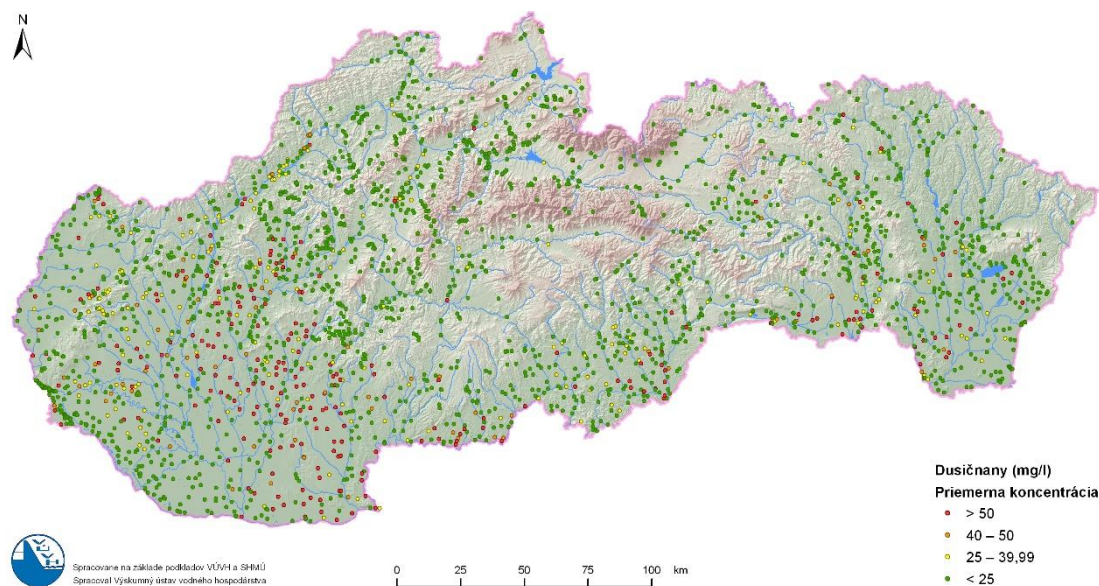
Od prvej dekády 21. storočia je sledovanie dusičnanov vo vodách a ich stav súčasťou reportovacích správ dusičnanej smernice (2004, 2008, 2012) a rámcovej smernice o vode (2009).

Pre sledovanie časového vývoja priestorového rozšírenia dusičnanov v podzemných a vodách Slovenska sme si vybrali časový rad rokov 2004 až 2014. Obdobie rokov 2004 až 2007 bolo prvým reportovacím obdobím dusičnanej smernice, zdrojový dataset bolo možné relatívne správne vyhodnotiť, posledné aktuálne spracované dáta sú z roku 2014. Na prelome rokov 2007 a 2008 bolo vybudovaná účelová monitorovacia sieť VÚVH, čím sa dataset monitorovacích bodov rozšíril o takmer 700 objektov, boli tiež vyselektované režimové sondy v správe SHMÚ, pribudlo ďalších 280 objektov. Podobný nárast bol aj v prípade povrchových vôd.

Na obrázku č. 1 môžeme sledovať priemerný obsah dusičnanov v podzemných vodách Slovenska. Sledovaných bolo 3314 monitorovacích bodov v správe SHMÚ, VÚVH a vodárenských spoločností, hodnotené boli všetky dáta, aj s jednou analýzou. Zhrnutie sa nachádza v tabuľke č. 1.



Iba v 8,1 % (268 bodoch) sledovaných monitorovacích bodoch bol obsah dusičnanov vyšší ako 50 mg/l, čo je limitná požiadavka na vodu určenú na ľudskú spotrebu (Nariadenie vlády 496/2010 Z.z.). Až 82,1 % (2720 bodoch) monitorovacích bodov má obsah dusičnanov nižší ako 25 mg/l, kde je možné znížiť frekvenciu monitoringu na dusičnany na 1 x za osem rokov.



Obr. č. 1: Priemerný obsah dusičnanov v podzemných vodách Slovenska za obdobie rokov 2004-2014 (3314 monitorovacích bodov)

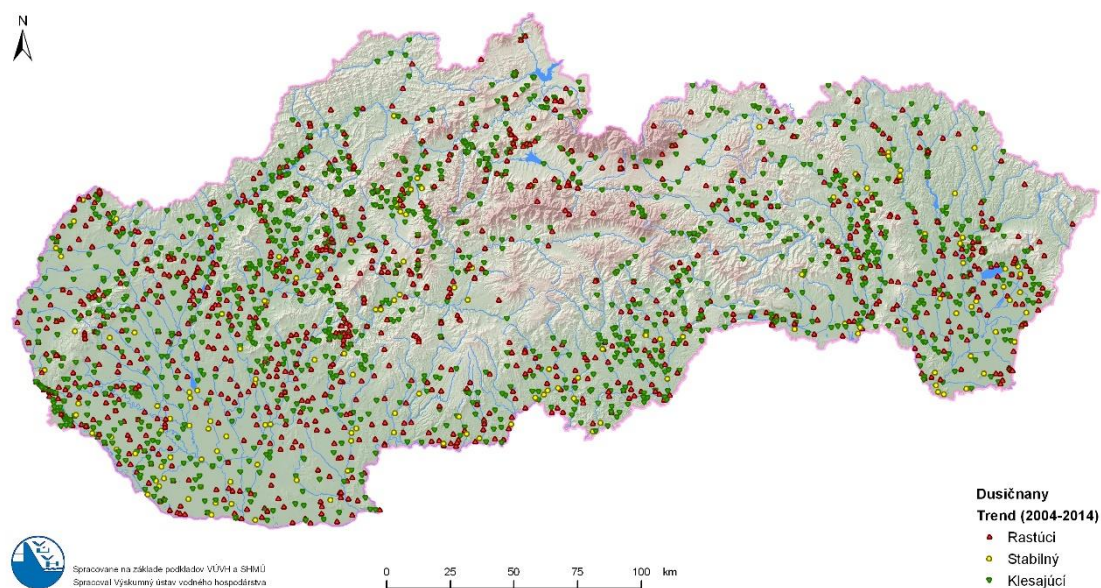
Tab. č. 1: Priemerná koncentrácia dusičnanov v podzemných vodách Slovenska (2004-2014) – 3314 monitorovacích bodov

Priemerná koncentrácia dusičnanov v podzemných vodách (mg/l) 2004-2014)	Počet monitorovacích bodov v danej škále	Percentuálny podiel v počte monitorovacích bodov
>50	268	8,1 %
40-50	86	2,6 %
25-39,99	240	7,2 %
<25	2720	82,1%
Priemer celkom 17,6	3314	100%
Celkom	3314	100%

Na obrázku č. 2 sú vykreslené trendy vývoja obsahu dusičnanov v podzemných vodách, opäť je použitý dataset 3314 monitorovacích bodov a sledované obdobie je od roku 2004 až 2014, no je potrebné dodať, že v prípade 261 bodov bol k dispozícii iba jeden odber – jeden údaj o množstve dusičnanov. Zaujímavé je, že prevažujúci je klesajúci trend až v 50,3 % (1666 bodoch) sledovaných



bodoch. Podobnejší popis sa nachádza v tabuľke č. 2. Priemerný obsah dusičnanov vychádzajúci z tohto datasetu údajov je 17,6 mg/l.



Obr. č. 2: Trend vývoja obsahu dusičnanov v podzemných vodách Slovenska za obdobie rokov 2004-2014 (3314 monitorovacích bodov)

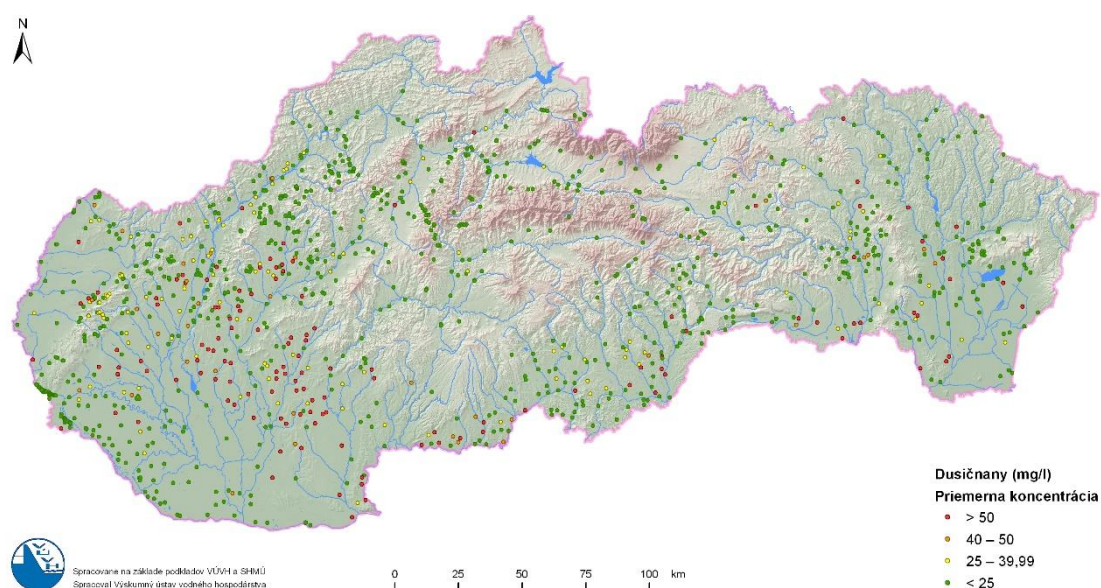
Tab. č. 2: Trend vývoja obsahu dusičnanov v podzemných vodách Slovenska za obdobie rokov 2004-2014 (3314 monitorovacích bodov)

Trend	Počet monitorovacích bodov	Percentuálny podiel monitorovacích bodov
Rastúci	1206	36,4 %
Stabilný	171	5,2 %
Klesajúci	1665	50,3 %
1 odber	271	8,2 %
Celkom	3314	100 %

Priestorové rozšírenie dusičnanov v podzemných vodách je zamerané - logicky - hlavne na poľnohospodársky využívané územie, do nížin a kotlín Slovenska, najvyššie hodnoty, prekračujúce limit 50 mg/l sa nachádzajú v podzemných vodách do dolnej časti povodia rieky Nitry a Hrona, ako aj vo veľkej časti povodia Ipľa a Bodrogu. Čo sa týka trendov, tieto vykazujú stúpajúci charakter aj v hornatejších častiach Slovenska, čo však môže byť spôsobené zaradením menšieho počtu odobraných vzoriek na vypočítanie trendu (štatistická neistota).



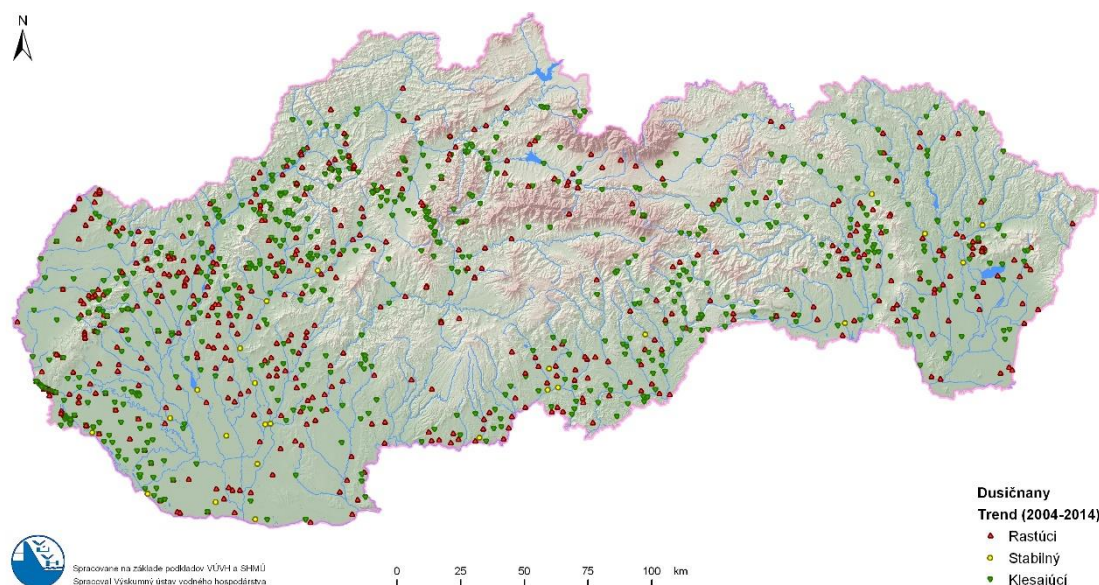
Na obrázku č. 3 a č. 4 je opäť sledovaný priemerný obsah dusičnanov a trend vývoja obsahu dusičnanov v podzemných vodách Slovenska. Do datasetu však boli použité iba objekty (1454 monitorovacích bodov), kde sa sledoval obsah dusičnanov minimálne 5 rokov a bolo vyhodnotených minimálne 10 vzoriek, teda mapy sú zo štatistického hľadiska presnejšie. K zásadným zmenám však v porovnaní s predošlými mapami nedošlo – prekročenie nad 50 mg/l bolo zaznamenaných v 9,6 % (139 bodoch) sledovaných monitorovacích bodoch, obsah dusičnanov v podzemných vodách pod hranicou 25 mg/l bolo nameraných až v 78,1 % (1135 bodoch) sledovaných monitorovacích bodoch. Viac informácií sa nachádza v tabuľke č. 3.



Obr. č. 3: Priemerný obsah dusičnanov v podzemných vodách Slovenska za obdobie rokov 2004-2014 (1454 monitorovacích bodov)

Tab. č. 3: Priemerná koncentrácia dusičnanov v podzemných vodách Slovenska (2004-2014) (1454 monitorovacích bodov)

Priemerná koncentrácia dusičnanov v podzemných vodách (mg/l)	Počet monitorovacích bodov v danej škále	Percentuálny podiel v počte monitorovacích bodov
>50	139	9,6 %
40-50	38	2,6 %
25-39,99	142	9,8 %
<25	1135	78,1 %
Priemer celkom 20,19	1454	100%
Celkom	1454	100%



Obr. č. 4: Trend vývoja obsahu dusičnanov v podzemných vodách Slovenska za obdobie rokov 2004-2014 (1454 monitorovacích bodov)

V prípade mapy trendov (obrázok č. 4), kde sme opäť použili monitorovacie body so sledovaným obsahom dusičnanov po dobu minimálne 5 rokov a bolo vyhodnotených minimálne 10 vzoriek, sú výsledky pozitívnejšie – stúpajúci trend má až 39,4 % (573 bodov) zo sledovaných bodov, čo je viac v porovnaní s 36,4 %, no klesajúci trend má 58,3 % (848 bodov) zo sledovaných monitorovacích bodov, čo oveľa lepšia správa ako v prípade 50,3 % v mape č. 2. Priemerný obsah dusičnanov vychádzajúci z tohto datasetu údajov je 20,19 mg/l.

Tab. č. 4: Trend vývoja obsahu dusičnanov v podzemných vodách Slovenska za obdobie rokov 2004-2014 (1454 monitorovacích bodov)

Trend	Počet monitorovacích bodov	Percentuálny podiel monitorovacích bodov
Rastúci	573	39,4 %
Stabilný	33	2,3 %
Klesajúci	848	58,3 %
Celkom	1454	100%

Aj pri menšom počte monitorovacích bodov je priestorové rozšírenie dusičnanov v podzemných vodách viac-menej rovnaké, poľnohospodárske oblasti sú najvýraznejšie. Vývoj trendov do veľkej časti kopíruje obrázok č. 2, je teda dôležité sledovanie dusičnanov aj v horských oblastiach, kde môže dochádzať k intenzívnejšej poľnohospodárskej činnosti ako v minulosti, aj



vplyvom klimatických zmien, no spôsob hospodárenia nemusí byť zvolený správne. Preto je dôležité hospodáriť podľa Kódexu správnej poľnohospodárskej praxe a stále pracovať na skvalitňovaní akčných plánov.

Záver

V predkladanej práci sme sa snažili priblížiť čitateľom problematiku monitorovania dusičnanov v podzemných a povrchových vodách z legislatívneho hľadiska, ako aj z pohľadu plánov monitorovania a v súčasnosti dosiahnutého základného rámca výsledkov. Na základe rozdielnych hodnotených vstupných zdrojových súborov údajov rozlišujúcich sa najmä svojim rozsahom, ale aj úrovňou frekvencie odberov, sme vytvorili stručné hodnotenie aktuálneho stavu rozšírenia dusičnanov v čase a priestore. Výsledky tohto hodnotenia je z pohľadu úrovne obsahu dusičnanov v podzemných vodách na území Slovenska možné vnímať optimisticky, keďže v prevládajúcom počte monitorovacích bodov bol zistený obsah dusičnanov v podzemných vodách pod 25 mg/l, pri klesajúcich trendoch vývoja. Je však potrebné mať na zreteli, že v porovnaní so stavom v osemdesiatych rokoch XX. storočia je v súčasnosti poľnohospodárska činnosť síce v úzadí, no jej intenzita sa postupne začína zvyšovať. Preto je nevyhnutné, aby hospodárenie na poľnohospodársky obrábanej pôde prebiehalo podľa aktuálneho Kódexu správnej poľnohospodárskej praxe, ktorý je vypracovaný na základe Akčných plánov vychádzajúcich aj z vyššie spomínaných monitoringov.

Literatúra:

Holubec, M., 2008: Program vzorkovania podzemných vôd zameraný na sledovanie obsahu dusičnanov, VÚVH, 2008

Kolektív autorov, 2014: Plán monitorovania vôd na rok 2014, MŽP SR, 2014

Kolektív autorov, 2004: Správy o stave implementácie Smernice rady 91/676/EHS týkajúcej sa ochrany vôd pred znečistením spôsobeným dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov, MŽP SR, 2004

Kolektív autorov, 2008: Správy o stave implementácie Smernice rady 91/676/EHS týkajúcej sa ochrany vôd pred znečistením spôsobeným dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov, MŽP SR, 2008

Kolektív autorov, 2012: Správy o stave implementácie Smernice rady 91/676/EHS týkajúcej sa ochrany vôd pred znečistením spôsobeným dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov, MŽP SR, 2012

Kordík, 2003: Využitie štatistických a grafických metód pri hodnotení charakteristiky a časového vývoja distribúcie dusičnanov v podzemných vodách Slovenska, dizertačná práca, Prírodovedecká fakulta UK, 2003

Malík, P.; Vrana, K. 2002: Protection of Waters against Pollution Caused by Nitrates from Agricultural Sources, Directive 91/676/EEC, for Slovakia, PHARE project Final Report

Nariadenie vlády Slovenskej republiky z 8. decembra 2010, ktorým sa mení a doplna nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu, MZ SR Bratislava, 2010

Patschová, Slivková 2008: Analýza vývoja kvality zdrojov podzemných vôd vo vzťahu k dusičnanej smernici, VÚVH, Sborník konferencie Pitná voda 2008, České Budejovice, 2008



Smernica č. 91/676/EEC, Ochrana vôd pred znečistením dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov, Project Management Group, Európska komisia, Dublin, 1991

Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a rady z 23. októbra 2000, ktorou sa stanovuje rámec pôsobnosti pre opatrenia spoločenstva v oblasti vodného hospodárstva, Európska komisia, Brusel, 2000

Rapant, S., Vrana, K., Bodiš, D., Doboš, V., Hanzel, V., Kordík, J., Slaninka, I., Repčoková, Z., Zvara, I. 1996: Geochemický atlas Slovenskej republiky – časť Podzemné vody

Vrana, K., Malík, P. 2003: EU Nitrate Directive – identification of the vulnerable zones in the territory of Slovakia. Productional and Environmental Aspects of Nitrogen Use in Agricultural Land. Findings of heretofore research in China and Slovakia. Proc. Soil Science and Conservation Research Institute, Bratislava, 2003, 67-81.

Zákon z 8. septembra 2009, ktorým sa mení a doplna zákon c. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady c. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon) v znení neskorších predpisov a ktorým sa mení a doplna zákon c. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení zákona c. 515/2008 Z. z., MŽP SR Bratislava, 2009

<http://www.vuvh.sk/rsv2/>