

Znečistenie studničnej vody v okolí poľnohospodárskych podnikov na Východoslovenskej nížine

Zmeny v poľnohospodárstve v priebehu 20. storočia boli jedným z hlavných faktorov, ktoré spôsobili environmentálnu degradáciu v krajinách Európskej únie (EÚ) z dôvodu nových technológií, mechanizácie, zvýšeného využívania chemikálií a politiky vlád, ktoré podporovali zvyšovanie produkcie. Hoci tieto zmeny mali veľa pozitívnych účinkov na ekonomiku poľnohospodárskych podnikov, existovali tiež významné nevýhody. Veľa poľnohospodárskych postupov spôsobuje alteráciu pôdnej hodnoty, čo má za následok nesprávne fungovanie pôdy a nakoniec degradáciu pôdy a vodných zdrojov (Harris, Bezdicke, 1994).

Spoločná poľnohospodárska politika (*Common Agricultural Policy* – CAP), ktorá bola prvýkrát uvedená v roku 1960, je jednou z najdôležitejších a najdrahších politických línií. CAP bola kritizovaná kvôli tomu, že nezobrala dostatočne do úvahy environmentálne faktory. Reformovaná CAP, v Agende 21, podporuje farmárske postupy priaznivejšie pre životné prostredie. Od členských štátov sa vyžaduje, aby spojili poľnohospodársku politiku s ochranou životného prostredia a zaručili, že farmári budú spĺňať environmentálne štandardy. Členské štáty by mali udržať a obnoviť vodné a príľahlé suchozemské ekosystémy podľa Smernice 2000/60/EU Vytvorenie štruktúry pre postup spoločnosti v oblasti vodnej politiky. V tejto štruktúre hrajú dôležitú úlohu agroenvironmentálne indikátory v plánovaní a implementácii pravidiel CAP (Zalidis et al., 2004).

Poľnohospodárska činnosť v oblasti živočíšnej výroby je zdrojom fekálneho znečistenia podzemnej vody. Fekálne znečistenie, ktoré môže spôsobovať rôzne ochorenia v humánnej populácii, môžu indikovať mikrobiologické alebo chemické indikátory. Indikátorová hodnota mikrobiologických ukazovateľov je rôzna, najvýznamnejší je dôkaz mikróbov z čeľade *Enterobacteriaceae* a fekálnych enterokokov. Za chemické indikátory fekálneho znečistenia možno považovať amoniakálny dusík, dusitaný, fosforečnaný, sírovodík a jeho iónové formy, ako aj chloridy z moču. Aj chemické indikátory majú rôznu indikátorovú hodnotu.

Cieľom tejto štúdie bolo analyzovať kvalitu studničnej vody z pohľadu znečistenia dusíkatými látkami (amónnymi iónmi a dusičnanmi) a fekálnymi baktériami v okolí poľnohospodárskych farmových dvorov.

Odbery vzoriek a ich vyhodnotenie

Vzorky boli odobrané na Východoslovenskej nížine v okrese Michalovce z používaných studní z 8 lokalít v okolí poľnohospodárskych farmových dvorov zameraných na živočíšnu výrobu v obciach Iňačovce, Jastrabie, Čečehov a v meste Michalovce (tab. 1) v mesiacoch október a november v roku 2009. Spracovanie vzoriek bolo vykonané podľa platných metodík.

V tab. 2 sú uvedené detekované hodnoty koncentrácií amónnych iónov a dusičnanov vo vzorkách studničnej vody. Analyzované hod-

noty amónnych iónov ($3,31 \pm 0,433 \text{ mg.l}^{-1}$) presahovali povolený limit $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ podľa vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. o $2,81 \pm 0,433 \text{ mg.l}^{-1}$. Bola zistená významná korelácia medzi vzdialenosťou od poľnohospodárskeho podniku a koncentráciou amónnych iónov ($y = -0,003x + 4,196$; $r = -0,874$). Maximálny limit pre koncentráciu dusičnanov 50 mg.l^{-1} v pitnej vode bol prekročený len v troch vzorkách. Korelácia medzi vzdialenosťou od poľnohospodárskeho podniku a koncentráciou dusičnanov bola menej tesná ($y = -0,083x + 57,158$; $r = -0,519$).

Amónne ióny sú ukazovateľom možného fekálneho znečistenia vody a spoločne s dusitanmi, s chemickou spotrebou kyslíka a chloridmi môže ich nadlimitná hodnota (viac než $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$) signalizovať čerstvé fekálne znečistenie (vyhláška MZ SR č. 29/2002 Z. z.). Niekedy je prítomnosť amónnych iónov dôsledkom redukčných dejov (katalyzovaných napríklad prítomnou meďou), kedy amónne ióny vznikajú z pôvodných dusičnanov.

Dusičnany sú sami osebe pre človeka málo škodlivé. Ich množstvo vo všetkých typoch vôd vzrastá vplyvom používania veľkého množstva hnojív, únikom odpadových vôd zo žump a septikov. Ich zdravotné riziko spočíva v tom, že môžu spôsobovať alimentárnu dočasnú methemoglobinémiu a v tráviacom trakte sa premieňajú na nitroamíny, ktoré majú kancerogénne účinky. Tejto premene bráni vitamín C a E. Preto je dôležité, v prípade zvýšenej spotreby dusičnanov vplyvom pitia vody, dopĺňať stravu týmito vitamínmi. Dusičnany môžu byť indikátorom staršieho fekálneho znečistenia (Ivančo, 2004).

Podobne ako mikrobiologické indikátory, majú aj chemické indikátory rôznu indikačnú hodnotu, ktorá vyplýva z ich stability vo vonkajšom prostredí, čo orientačne určuje obdobie znečistenia vôd. Chemické indikátory sú významné tým, že indikujú fekálne znečistenie aj po

Tab. 1. Odbery vzoriek vody zo studní pre chemické a mikrobiologické analýzy v mesiacoch október a november v roku 2009

Vzorka	Lokalita	Miesto odberu	Voda použitá na	Vzdialenosť od poľnohospodárskeho podniku (m)
1	Čečehov	studňa	zavlažovanie záhradky	75
2	Iňačovce 89	studňa	kuchynské účely	30
3	Iňačovce 88	studňa	kuchynské účely	40
4	Iňačovce 119	studňa	kuchynské účely	700
5	Jastrabie	obecná studňa č. 1	kuchynské účely	300
6	Jastrabie	obecná studňa č. 2	kuchynské účely	800
7	Michalovce, Meďovská 8	studňa	zavlažovanie záhradky	50
8	Michalovce, Kapušianska 3	studňa	zavlažovanie záhradky	100

Tab. 2. Analýza amónnych iónov a dusičnanov vo vzorkách studničnej vody

Vzorka	Analyzované hodnoty		Rozdiel oproti povoleným limitom pre pitnú vodu		Vzdialenosť od poľnohospodárskeho podniku (m)
	NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	
1	3,72	3,88	3,22	- 46,12	75
2	3,16	54,88	2,66	4,88	30
3	5,08	80,00	4,58	30,00	40
4	2,01	3,69	1,51	- 46,31	700
5	3,23	1,60	2,73	- 48,40	300
6	1,76	2,15	1,26	- 47,85	800
7	4,90	0,88	4,40	- 49,12	50
8	2,58	135,50	2,08	85,50	100
Priemer ± SEM	3,31 ± 0,433	35,32 ± 17,842	2,81 ± 0,433	- 3,15 ± 18,647	261,88 ± 111,162

Vysvetlivky: Limity podľa vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody: pre amónne ióny max. 0,5 mg.l⁻¹ NH₄⁺ a pre dusičnany max. 50 mg.l⁻¹ NO₃⁻; SEM – smerodajná chyba odhadu priemeru

dezinfekcii týchto vôd. Takto získané nálezy môžu byť pri posúdení skreslené spätnými reakciami, ktoré sa v prírode bežne vyskytujú.

Pri rozklade organických látok sa primárne uvoľňuje amoniakálny dusík, ktorý sa postupne počas nitrifikácie oxiduje na dusitany až dusičnany. Dôkaz amoniakálneho dusíka v podzemných vodách indikuje čerstvé znečistenie, takisto, že k znečisteniu došlo z blízkeho zdroja, pretože ióny amoniakálneho dusíka sú značne zadržované sorpciou v pôdnom komplexe. Nález však môže skresľovať indikačnú hodnotu tým, že sa vytvára aj rozkladom organických látok rastlinného pôvodu alebo sa môže

v podzemných vodách vytvárať redukčnými cestami z vyšších oxidačných stupňov dusíka (napr. vo vodách z rašelinísk alebo v železnatých pôdach). Zdrojom amoniakálneho dusíka môžu byť aj vody z polí, ktoré sú hnojené dusíkatými hnojivami (Martoň a kol., 1991).

Znečistenie dusíkatými látkami (nitrátmi a amónnymi iónmi) závisí od poľnohospodárskych aktivít. Dusík je esenciálnou nutričnou zložkou pre živočíšnu a rastlinnú produkciu. K stratám dusíka dochádza vo všetkých častiach poľnohospodárskeho systému prostredníctvom vylúhovania, denitrifikácie, evaporácie amoniaku, akumulácie v pôde a denitrifikácie nitrátov. Nadmerné

vylúhovanie, spolu s oxidáciou amoniaku na nitráty v spodných vrstvách pôdy, sú hlavnou príčinou zvýšených koncentrácií dusíka v spodnej vode. Migrácia nitrátov cez spodné vrstvy pôdy je relatívne pomalý proces, môže trvať desaťročia, kým sa zmena v poľnohospodárskych postupoch premietne do zníženia koncentrácie dusíka (Monteny, 2001).

Pri kvantitatívnej analýze koliformných baktérií, inkubovaných pri 37° C v laktózovom bujone, bolo zistené výrazné prekročenie maximálnych povolených limitov koncentrácie týchto mikroorganizmov vo vzorkách odobraných zo studní nachádzajúcich sa v okolí poľno-

hospodárskych podnikov o $44,18 \pm 19,635$ KTJ.100 ml⁻¹. Bola zaznamenaná pozitívna korelácia koncentrácie baktérií vo vode a vzdialenosti od poľnohospodárskeho podniku ($y = 0,012x + 21,968$; $r = 0,643$). Vo všetkých vzorkách bola po preočkovaní z bujónu na endoagar a Haynov agar stanovená *Escherichia coli*, okrem 7. vzorky, kde bola na Haynov agar potvrdená prítomnosť *Shigella* spp.

Pri kvantitatívnej analýze prítomnosti termotolerantných koliformných baktérií, inkubovaných pri 44 °C v laktózovom bujóne, bolo zaznamenané zvýšenie koncentrácie týchto mikroorganizmov vo vode zo studní o $128,54 \pm 108,069$ KTJ.100 ml⁻¹. Bola zaznamenaná pozitívna, menej významná korelácia závislosti koncentrácie baktérií vo vode od vzdialenosti od poľnohospodárskeho podniku ($y = 0,015x + 18,903$; $r = 0,26$). Vo všetkých vzorkách boli, po preočkovaní na endoagar a Haynov agar, stanovené presumptívne *Escherichia coli*, okrem vzorky č. 6 a 8, kde bola diagnostikovaná *Shigella* spp.

V poslednom období nastala výrazná zmena v názoroch na význam koliformných a termotolerantných koliformných baktérií. Pôvodne boli tieto baktérie považované výlučne za príslušníkov rodov *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* a neskôr i *Klebsiella*. Ukázalo sa však, že v skutočnosti tvoria veľmi heterogénnu skupinu, ktorá zahŕňa nielen laktózopozitívne baktérie, vyskytujúce sa v exkrementoch ľudí a teplokrvných zvierat, ale tiež mikroorganizmy bežne sa vyskytujúce vo vodách bohatých na živiny, v priemyselných vodách, v pôde a v rozkladajúcom sa rastlinnom materiáli (napr. *Enterobacter cloacae*, *Citrobacter freundii*). Ďalej táto skupina zahŕňa aj iné, vo fekáliách sa vyskytujúce druhy alebo druhy s veľmi zriedkavým výskytom, napr. *Serratia fonticola*, *Rahnella aquatilis*, *Buttiauxella agretis*, ktoré sa môžu vo vode rozmnožovať i v prípade nízkej koncentrácie živín. Výskyt týchto, pôvodne nepredpokladaných, dru-

hovor do značnej miery spochybnil oprávnenosť považovať koliformné baktérie za indikátorov fekálneho znečistenia. Napriek uvedeným skutočnostiam je *Escherichia coli* (rod *Escherichia*, čeľaď *Enterobacteriaceae*) hlavným predstaviteľom koliformných baktérií. *E. coli* má prvoradý význam pri hygienickom posudzovaní vody. Služi ako indikátor fekálneho znečistenia a prípadného výskytu črevných patogénov (Mogonařová, Szalayová, 2002).

Pri kvantitatívnej kultivačnej analýze fekálnych enterokokov v studničnej vode bolo stanovené prekročenie povoleného limitu koncentrácie týchto baktérií vo vzorkách o $80,42 \pm 25,681$ KTJ.100 ml⁻¹. Medzi koncentraciou diagnostikovaných baktérií a vzdialenosťou odberového miesta od poľnohospodárskeho podniku bola zistená významná pozitívna korelácia ($y = 0,165x + 28,072$; $r = 0,686$). Vo všetkých vzorkách bola zistená prítomnosť fekálnych baktérií *Enterococcus* spp.

Špecifickú indikačnú hodnotu majú fekálne enterokoky, ktoré sú izolované z vody. Indikujú čerstvé fekálne znečistenie, pretože sú vo vonkajšom prostredí veľmi málo rezistentné. Prežívanie fekálnych enterokokov vo vodnom prostredí je pomerne krátke. Veľká časť týchto mikroorganizmov (až 70 %) sa likviduje už v prvých 24 hodinách po ich vnesení do zdroja. Po počítačom rapídnom poklese ich počtu dochádza k pozvoľnejšiemu odumieraniu v nasledujúcich dňoch (3 – 5 dní). Enterokoky len zriedka prežívajú viac ako týždeň. Relatívne dlhšie (o 2 – 3 dni) sa môže predĺžiť ich život pri nižších teplotách (8 – 10 °C). Prírodzene, že pre celkové posúdenie vody z hygienického hľadiska nestačí iba jej bakteriologická analýza, hoci je detailná, ale je potrebné komplexné fyzikálne, chemické i biologické vyšetrenie. Analýza vody na prítomnosť baktérií z podčeľade *Escherichiae* bez poznania miestnych, ako aj fyzikálno-chemických podmienok zdroja, dá len odpoveď na

to, či je voda v čase odberu danými baktériami kontaminovaná alebo nie (Daubner, 1967).

Diagnostika fekálneho znečistenia v tropických oblastiach je komplikovanejšia ako v stredných zemepisných šírkach. V tropických oblastiach nie sú celkové a fekálne koliformné baktérie dôveryhodnými indikátormi čerstvej biologickej kontaminácie vôd. Ich úlohu zastupujú fekálne enterokoky a kolifágy.

Anaeróbne baktérie ako *Bifidobacterium* spp. a *Clostridium perfringens* sú príslušom z pohľadu prežívania, ale nie z pohľadu zložitosť kvantifikácie a špecificity média. Najvhodnejší prístup v súčasnosti spočíva v použití obvyklých techník na priame počítanie patogénov po fluorescenčnom farbení a tiež analýza nukleových kyselín. V tropických oblastiach je nevyhnutné stanoviť maximálnu úroveň kontaminácie v tropických vodách pre definované rezistentné patogény (Hazen, 1988).

* * *

Na základe vykonaného monitorovania chemickej a mikrobiologickej kvality spodnej vody odobranej zo studní z 8 lokalít v okolí poľnohospodárskych farmových dvorov zameraných na živočišnú výrobu na území Východoslovenskej nížiny v okrese Michalovce v mesiacoch október a november v roku 2009, boli zistené nasledovné skutočnosti:

- Koncentrácie amónnych iónov vo všetkých vzorkách vody (priemer $3,31 \pm 0,433$ mg.l⁻¹) presahovali povolený limit $0,5$ mg.l⁻¹ pre pitnú vodu o $2,81 \pm 0,433$ mg.l⁻¹. Povolený limit pre dusičnany bol prekročený vo vode odobranej z troch lokalít.
- Pri kvantitatívnej mikrobiologickej analýze bolo zaznamenané zvýšenie koncentrácie: (a) koliformných baktérií o $44,18 \pm 19,635$ KTJ.100 ml⁻¹, (b) termotolerantných koliformných baktérií o $128,54 \pm 108,069$ KTJ.100 ml⁻¹

¹, (c) fekálnych enterokokov o $80,42 \pm 25,681$ KTJ $.100\text{ml}^{-1}$ proti povolenému limitu pre pitnú vodu (podľa vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z.).

- Na jednej strane bola zistená negatívna korelácia medzi koncentráciou amónnych iónov ($r = -0,874$; $y = -0,003x + 4,196$) a dusičnanov ($r = -0,519$; $y = -0,083x + 57,158$) a na druhej strane pozitívna korelácia medzi koncentráciou koliformných baktérií ($r = 0,643$; $y = 0,012x + 21,968$), termotolerantných koliformných baktérií ($r = 0,26$; $y = 0,015x + 18,903$) a fekálnych enterokokov ($r = 0,686$; $y = 0,165x + 28,072$) a vzdialenosťou odberového miesta od poľnohospodárskeho podniku.

Úloha bola riešená na Výskumnom ústave agroekológie v Michalovciach v rámci Účelovej činnosti Ministerstva pôdohospodárstva SR v roku 2009.

Literatúra

Daubner, I.: Mikrobiológia vody. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1967, 462 s.

Harris, R. F., Bezdicek, D. F.: Descriptive Aspects of Soil Quality/Health. In: Doran, J. W. et al. (eds.): Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America / American Society of Agronomy, Madison, USA, Spec. Publ., 1994, 35, p. 23 – 35.

Hazen, T. C.: Fecal Coliforms as Indicators in Tropical Waters: A Review. Toxicity Assessment, 1988, 3, p. 461 – 477.

Ivančo, J.: Monitoring obsahu dusičnanov v podzemnej vode v okrese Michalovce v rokoch 1997 – 2004. In: IX. okresné dni vody v Michalovciach, vedecká konferencia. Bratislava: ÚH SAV, Výskumná hydrologická základňa a Východoslovenská vodárenská spoločnosť, 2004, s. 79 – 84.

Martoň, J. a kol.: Získavanie, úprava, čistenie a ochrana vôd. 2. doplnené vydanie. Bratislava: Alfa, 1991, 647 s.

Mogoňová, E., Szalayová, P.: Zmeny v mikrobiologických normách, vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR o požiadavkách na pitnú vodu, o požiadavkách na vodu na kúpanie. In: Mikro-

biologický kurz, zborník z odborného seminára. Bratislava: Výskumný ústav vodného hospodárstva, Národné referenčné laboratórium pre oblasť vôd na Slovensku, 2002, s. 2 – 7.

Monteny, G. J.: The EU Nitrates Directive: A European Approach to Combat Water Pollution from Agriculture. The Scientific World Journal, 2001, 1, 2, p. 927 – 935.

Zalidis, G. C. et al.: Selecting Agri-Environmental Indicators to Facilitate Monitoring and Assessment of EU Agri-Environmental Measures Effectiveness. Journal of Environmental Management, 2004, 70, 4, p. 315 – 321.

MVDr. Andrej Marcin, CSc.,

a.marcin@zoznam.sk

Katedra výživy, dietiky a chovu zvierat Univerzity veterinárskeho lekárstva a farmácie, Komenského 73, 041 81 Košice

Ing. Božena Šoltysová, PhD.,

soltysova@minet.sk

Centrum výskumu rastlinnej výroby Piešťany, Výskumný ústav agroekológie, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce

Zasadnutie redakčnej rady

Dňa 3. apríla 2012 zasadala na Ústave krajinnej ekológie SAV redakčná rada časopisu Životné prostredie. Jej členovia prerokovali návrh monotém na rok 2012, zhodnotili ročník 2011 a zaoberali sa technicko-ekonomickými otázkami vydávania časopisu.

Redakcia



Členovia redakčnej rady, dolný rad (zľava): Z. Izakovičová, riaditeľka ÚKE SAV; M. Ružička, predseda redakčnej rady; T. Hrnčiarová, hlavná redaktorka; J. Oslányi, bývalý riaditeľ ÚKE SAV; I. Puchertová, redaktorka; horný rad (zľava): J. Tešitel, J. Klinda, V. Ira, J. Kolejka, M. Lapin, Z. Lipský, J. Hreško, J. Supuka, P. Eliáš, J. Ladomerský (2012). Foto: Jozef Kollár