

## Azotany w wodach gruntowych na terenach zajmowanych przez użytki zielone w Polsce

Stefan Pietrzak

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach  
Al. Hrabaska 3, 05-090 Raszyn, Polska

**Abstrakt.** W pracy przedstawiono wyniki monitoringu jakości wód gruntowych prowadzonego w Polsce od 2008 r., w zakresie dotyczącym azotanów, na terenach zajmowanych przez użytki zielone. Jest on realizowany przez KSCh-R w Warszawie i podlegające jej okręgowe stacje, we współpracy z ITP Falenty oraz IUNG-PIB Puławy. Aktualnie sieć monitoringu obejmuje ponad 400 punktów badawczych usytuowanych na użytkach zielonych na terenie całego kraju. W ramach monitoringu, próbki wody do analiz z punktów badawczych (które stanowią piezometry, studzienki melioracyjne i wyloty drenów) pobiera się dwukrotnie w ciągu roku – wiosną i jesienią. Na podstawie wyników monitoringu uzyskanych w latach 2008–2010 dokonano oceny zanieczyszczenia azotanami wód gruntowych związanych z siedliskami użytków zielonych. Stwierdzono, że w okresie wiosennym w latach 2008–2010, średnio w 18,2% punktów pomiarowych w całym kraju, stężenia azotanów w wodzie przekraczały  $50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , a w 16,4% punktów wynosiły  $25\text{--}50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W okresie jesiennym odsetek punktów monitoringowych w tych klasach zanieczyszczenia był znacznie mniejszy i wynosił odpowiednio 10,1% i 5,5%. Największy odsetek punktów monitoringowych z zawartością azotanów powyżej  $50 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$  występował w środkowych województwach kraju. Zawartość azotu azotanowego w próbkach wody była zróżnicowana w zależności od: stosowanych dawek mineralnych nawozów azotowych, rodzaju punktu monitoringowego, rodzaju gleby i obsady zwierząt.

**słowa kluczowe:** monitoring, użytki zielone, wody gruntowe, azotany.

### WSTĘP

Użytki zielone pełnią bardzo ważną rolę w ochronie jakości wody, stanowiąc jej naturalny filtr biologiczny. Ta funkcja użytków zielonych została potwierdzona w licznych

badaniach. Dotychczas jednak prowadzone one były w skali specjalnie w tym celu tworzonych stanowisk badawczych lub też wybranych obiektów łąkarskich. Nie prowadzono natomiast badań w tym zakresie w wymiarze regionalnym czy krajowym. W Polsce możliwość taką stworzył monitoring płytkich wód gruntowych na obszarach stanowiących użytki rolne, który jest prowadzony przez Krajową Stację Chemiczno-Rolniczą (KSCh-R) i okręgowe stacje chemiczno-rolnicze, we współpracy z Instytutem Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytutem Badawczym (IUNG-PIB) i Instytutem Technologiczno-Przyrodniczym (ITP). W ramach tego monitoringu – w oparciu o specjalnie przygotowany program, od 2008 r. prowadzona jest kontrola zawartości azotanów w wodach gruntowych na terenach zajmowanych przez użytki zielone. Badania w tym zakresie wykonywane są w układzie przyczynowo-skutkowym, tzn. identyfikacja stanu jakości wód połączona jest z oceną różnych czynników naturalnych i antropogenicznych wpływających na ten stan. W oparciu o nie, poszukuje się m.in. odpowiedzi na pytania odnoszące się do aktualnych potrzeb wynikających z wdrażania Dyrektywy Azotanowej w Polsce, takie jak: jaki jest udział wód gruntowych zanieczyszczonych azotanami i zagrożonych zanieczyszczeniem nimi? Jak stosowane praktyki rolnicze i warunki naturalne wpływają na zawartość azotanów w wodach gruntowych?

Celem niniejszej pracy jest dokonanie oceny zanieczyszczenia azotanami płytkich wód występujących w glebach różnych siedlisk łąkowych w Polsce, na podstawie wyników wyżej opisanego monitoringu, w nawiązaniu do aktualnych potrzeb wynikających z wdrażania Dyrektywy Azotanowej.

### MATERIAŁ I METODY

**Podstawy metodyczne ustanowienia sieci monitoringu.** Monitoring jakości wód gruntowych w zakresie dotyczącym azotanów, na terenach zajmowanych przez użytki

Autor do kontaktu:

Stefan Pietrzak  
e-mail: s.pietrzak@itp.edu.pl  
tel. +48 22 735 75 62

*Praca wpłynęła do redakcji 20 czerwca 2012 r.*

zielone w Polsce prowadzony jest w oparciu o specjalnie w tym celu ustanowioną sieć obserwacyjno-badawczą (Pietrzak i in., 2007). Przy jej tworzeniu naczelnym założeniem było uzyskanie reprezentatywności wyników badań. Związana z tym procedura polegała w pierwszym etapie na ustaleniu liczby punktów monitoringowych na użytkach zielonych w skali powiatu (ze względu na możliwość pozyskania odpowiednich danych statystycznych do analiz). Liczbę punktów monitoringowych –  $l_i$  w danym powiecie wyznaczano na podstawie następującej zależności:

$$l_i = \frac{S_i}{S_{og}} \cdot l_{og}$$

gdzie:

$S_i$  – powierzchnia użytków zielonych w i-tym powiecie,

$S_{og}$  – całkowita powierzchnia użytków zielonych w kraju,

$l_{og}$  – założona liczba punktów monitoringowych w całym kraju.

Wyznaczoną dla poszczególnych powiatów ogólną liczbę punktów monitoringowych podzielono następnie według zasady proporcjonalności, ze względu na:

- rodzaj siedlisk użytków zielonych (łągi, grądy, bielawy i murszowiska),
- wykorzystanie UZ (kośne, pastwiskowe),
- obsadę trawożernych na 1 ha użytków rolnych w gospodarstwie.

Do ustalenia i umiejscowienia (przyporządkowania) liczby punktów monitoringowych ze względu na rodzaj siedlisk użytków zielonych wykorzystano opracowaną przez Prończuka (Grzyb, Prończuk, 1995) mapę fizjograficznych regionów łąkarskich<sup>#</sup> wraz z danymi dotyczącymi wielkości ich powierzchni. Podziału liczby punktów monitoringowych w zależności od sposobu wykorzystania użytków zielonych (łąki, pastwiska) dokonano w oparciu o wyżej wymienioną mapę i wykorzystując dane GUS, natomiast podział punktów monitoringowych w zależności

od obsady trawożernych określono na podstawie danych GUS.

Na podstawie powyższych założeń ustanowiono w 2008 r. sieć monitoringu wody gruntowej na obszarze użytków zielonych obejmującą w 2008 r. 388 punktów kontrolnych. W następnych latach ich liczba zwiększyła się, dochodząc do 404 w 2010 r. (tab. 1). Najwięcej z nich, ok. 40%, stanowiły piezometry.

**Prowadzenie monitoringu** obejmuje w szczególności takie działania, jak:

- charakteryzowanie punktów monitoringowych,
- pobór próbek wody i ich analiza laboratoryjna.

Charakteryzowanie punktów monitoringowych ma na celu ustalenie swoistych ich cech oraz związków z otoczeniem. Obejmuje ono określenie:

- współrzędnych geograficznych punktu,
- składu granulometrycznego gleby metodą dyfrakcji laserowej (tzw. metodą laserową);
- formy użytkowania użytku zielonego (łąka, pastwisko, użytek przemysłowy),
- rodzaju siedliska (bielawy, grądy, łągi, murszowiska),
- kategorii agronomicznej gleby (bardzo lekka, lekka, średnia, ciężka, organiczna),
- rodzaju punktu poboru próbek wody (piezometr, studzienka melioracyjna, wylot drenu);
- dawki azotowych nawozów mineralnych stosowanych na UZ,
- obsady zwierząt trawożernych w gospodarstwie.

Pobór próbek do analiz z punktów badawczych odbywa się dwukrotnie w ciągu roku – wiosną i jesienią. W próbkach tych oznaczane są w laboratorium azotany jako suma azotu azotanowego (V) i azotanowego (III) wg PN-EN ISO 13395:2001.

Wyżej wymienione prace prowadzą okręgowe stacje chemiczno-rolnicze. Uzyskane wyniki gromadzi KSCh-R.

**Zasady oceny stanu zanieczyszczenia wód azotanami.** Ocena stanu zanieczyszczenia azotanami wód gruntowych z siedlisk łąkowo-pastwiskowych użytków zielonych prowadzona jest w ITP w Falentach na podstawie danych przekazywanych przez KSCh-R. Ocena ta obejmuje w szczególności takie elementy, jak:

- ustalenie populacji wyników mieszczących się w klasach jakości wód: 0–24,99, 25–39,99, 40–50 i >50 mg NO<sub>3</sub>·dm<sup>-3</sup>, zgodnie z wytycznymi

Tabela 1. Rodzaj, liczba i rozkład punktów poboru wody  
Table 1. The type, number and distribution of water collection points.

Rodzaj punktu poboru próbek wody Type of water sampling point	Liczba punktów monitoringowych Number of monitoring points					
	2008		2009		2010	
	n	%	n	%	n	%
Piezometr; Piezometer	147	37,9	150	37,7	162	40,1
Studzienka melioracyjna Drainage well	112	28,9	121	30,4	118	29,2
Wylot drenu Drain outlet	129	33,2	125	31,4	123	30,5
Brak danych; No data	-	-	2	0,5	1	0,2
Razem; Total	388	100	398	100	404	100

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KSCh-R; Source: author's own analysis based on KSCh-R data.

<sup>#</sup> Według Prończuka (Grzyb, Prończuk, 1995) w Polsce można wyróżnić 7 zróżnicowanych przyrodniczo regionów łąkarskich: szczecińsko-kościański, poznańsko-bydgoski, białostocko-olsztyński, warszawsko-lubelski, piotrkowsko-kielecki, wrocławsko-sudecki, katowicko-rzeszowski. Pierwotnie wyznaczone granice regionów pokrywały się z granicami województw wg podziału administracyjnego kraju w 1975 r. (49 województw). Dla potrzeb związanych z organizacją monitoringu granice te zmodyfikowano, dopasowując je do granic powiatów wg istniejącego obecnie podziału administracyjnego.

mi dotyczącymi sporządzania sprawozdań z wdrażania Dyrektywy Azotanowej przez państwa członkowskie (Nitrates' directive 91/676/CEE);

- określenie wpływu różnych czynników naturalnych i pochodzenia rolniczego na zanieczyszczenie wód azotanami.

Do opracowywania wyników wykorzystywane są klasyczne metody statystyczne. W tym zakresie w pracy:

- wyznaczono średnią arytmetyczną zawartości azotanów w wodzie gruntowej na obszarach zajmowanych przez użytki zielone w Polsce oraz odchylenie standardowe wartości średniej;
- określono odsetek wyników oznaczeń próbek wody w wymienionych wyżej klasach zawartości azotanów;
- ustalono korelacje między zawartością azotu azotanowego w próbkach wody a wybranymi czynnikami oddziałującymi na jej jakość.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Średnie zawartości N azotanowego w wodzie gruntowej na obszarach zajmowanych przez użytki zielone w Polsce w latach 2008–2010 kształtowały się w granicach 25,5–28,8 mg NO<sub>3</sub>·dm<sup>-3</sup> w okresie wiosennym i 17,5–20,4 mg NO<sub>3</sub>·dm<sup>-3</sup> w okresie jesiennym (tab. 2). Rozrzut wyników w stosunku do wartości średniej był bardzo duży. Niewątpliwie związane jest to z tym, że ilość azotanów wymywanych poniżej strefy korzeniowej roślin uprawnych zależy od wielu, częstokroć lokalnie zróżnicowanych, czynników, takich jak (Rasiah, Armour, 2001): dawka i jakość stosowanych nawozów zawierających azot, czas i częstotliwość ich stosowania, stadium wegetacji roślin uprawnych i czas jego trwania, efektywność wykorzystania azotu przez rośliny uprawne, głębokość systemu korzeniowego roślin, wielkość opadów atmosferycznych, przepuszczalność gleby i praktyki gospodarowania.

W okresie wiosennym w latach 2008, 2009 i 2010 odsetek punktów pomiarowych, w których stwierdzono stężenia azotanów powyżej granicy 50 mg·dm<sup>-3</sup> (wody zanieczyszczone azotanami) wynosił odpowiednio 20,6%, 18,3% i 15,8%, a punktów ze stężeniami w granicach 25–50 mg·dm<sup>-3</sup> (wody zagrożone zanieczyszczeniem) – 16,5%, 16,6% i 16,1%. W okresie jesiennym odsetek punktów monitoringowych

z wodami zanieczyszczonymi i zagrożonymi zanieczyszczeniem był mniejszy (tab. 3).

W okresie wiosennym 2010 r. liczba punktów monitoringowych, w których stężenia azotanów w wodzie przekraczały 50 mg·dm<sup>-3</sup>, była mniejsza niż wiosną w latach poprzednich. Należy to wiązać ze zróżnicowaną wielkością opadów atmosferycznych w porównywanym przedziale czasu. Roczna suma opadów w Polsce w 2010 r. wyniosła 802,9 mm, podczas gdy w 2008 i 2009 r. kształtowały się one na poziomie odpowiednio 648,6 i 683,0 mm (Mały rocznik ..., 2010; 2011) (nadmienić przy tym należy, że w Polsce przeważają opady półrocza letniego, które średnio stanowią 2/3 rocznych opadów). W warunkach dużej ilości opadów, które występowały w 2010 r. (według klasyfikacji opadowej stosowanej przez IMGW, rok ten został uznany za skrajnie wilgotny) występowało większe w porównaniu z latami ubiegłymi

Tabela 2. Średnie zawartości azotanów w wodzie gruntowej na obszarach zajmowanych przez użytki zielone w Polsce  
Table 2. Average content of nitrates in the groundwater in the areas occupied by grassland in Poland.

Parametr Parameter	Okres; Season					
	wiosna; spring			jesień; autumn		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Liczba oznaczonych próbek Number of analyzed samples	380	385	387	346	368	376
Średnia zawartość azotanów The average content of nitrate [mg NO <sub>3</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	28,8	28,8	25,5	17,5	18,3	20,4
Odchylenie standardowe (SD) The standard deviation (SD) [mg NO <sub>3</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	35,9	36,1	31,6	35,8	29,9	31,1

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KSCh-R; Source: author's own analysis based on KSCh-R data.

Tabela 3. Rozkład punktów monitoringowych w zależności od zawartości azotanów w próbkach wody w latach 2008–2010 r. oraz udział punktów monitoringowych, w których nie występowała woda (n<sub>2008</sub>=388; n<sub>2009</sub>=398; n<sub>2010</sub>=404)  
Table 3. Distribution of monitoring points, depending on the nitrate content in water samples in 2008–2010, and share of monitoring points, in which there was no water (n<sub>2008</sub>=388; n<sub>2009</sub>=398; n<sub>2010</sub>=404).

Klasy zawartości azotanów Classes of nitrate content [mg NO <sub>3</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	Odsetek punktów monitoringowych [%] Percentage of monitoring points [%]					
	wiosna; spring			jesień; autumn		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
0–24,99	60,8	61,8	63,9	72,4	70,9	67,8
25–39,99	12,1	10,3	9,4	6,5	8,0	9,2
40–50	4,4	6,3	6,7	1,8	3,8	4,0
> 50	20,6	18,3	15,8	8,5	9,8	12,1
Brak wody w punkcie monitoringu No water at a monitoring point	2,1	3,3	4,2	10,8	7,5	6,9

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KSCh-R; Source: author's own analysis based on KSCh-R data.

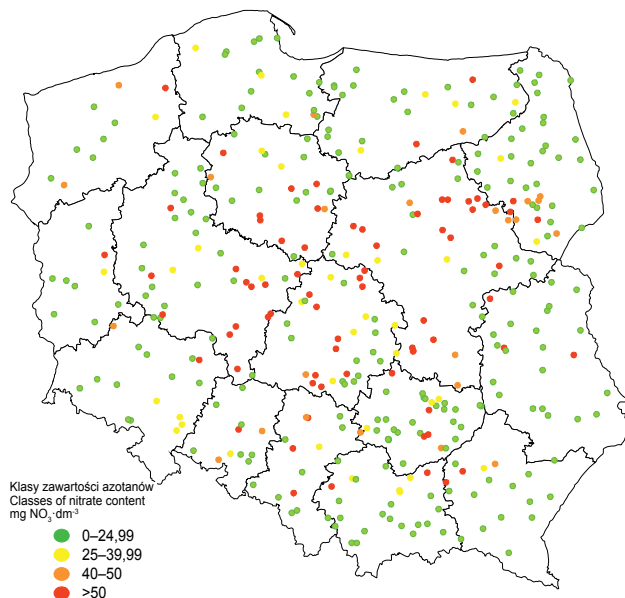
rozcieńczanie azotanów w roztworze glebowym oraz spadek ich koncentracji w wodzie przechodzącej poza system korzeniowy.

Wzbogacenie wód w azotany było większe w okresie wiosennym niż jesiennym. Wyniki te znajdują odzwierciedlenie m.in. w badaniach Randalla i in. (2003) (cyt. za Wiśniowska-Kielian, Niemiec, 2006), którzy stwierdzili, że około 62% rocznego odpływu drenarskiego i 69% rocznych strat  $\text{NO}_3^-$  następuje w kwietniu, maju i czerwcu. Są one również zbieżne z wynikami badań dotyczącymi zanieczyszczenia związkami biogennymi płytkich wód podziemnych prowadzonych przez Czajkowską (2010). Wykazały one m.in., że zawartość azotanów w wodach gruntowych z października była mniejsza niż w wodach pobranych do badań w czerwcu.

Największy procentowy udział punktów monitoringowych z zawartością azotanów w klasie  $> 50 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$  występował w środkowych województwach kraju: mazowieckim, kujawsko-pomorskim, wielkopolskim i łódzkim (rys. 1-2).

Zawartość azotu azotanowego w próbkach wody była różnicowana w zależności od:

- rodzaju punktu monitoringowego (rys. 3),
- kategorii agronomicznej gleby UZ (rys. 4),
- obsady zwierząt trawożernych w gospodarstwie (w  $\text{DJP} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (rys. 5),
- dawki mineralnych nawozów azotowych (w  $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (rys. 6).

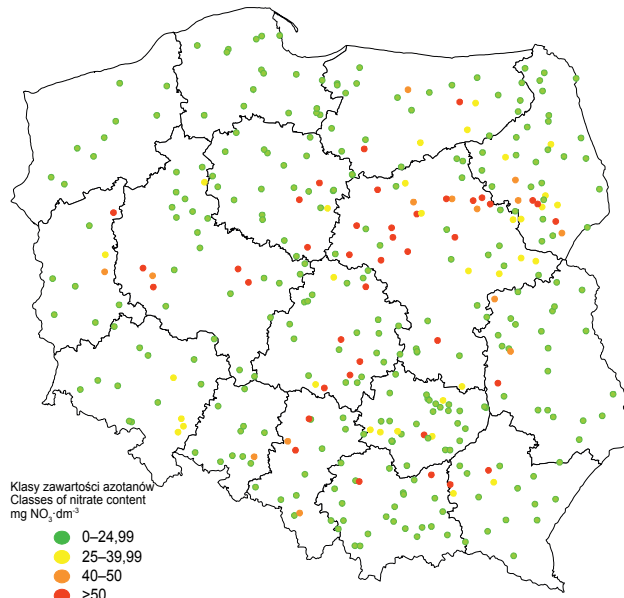


Rys. 1. Zawartość azotanów w próbkach wody gruntowej pobranych wiosną 2009 r. z punktów monitoringowych zlokalizowanych na użytkach zielonych. Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KSCh-R

Fig. 1. Content of nitrates in groundwater samples collected in spring 2009 from monitoring points located on grassland. Source: author's own analysis based on KSCh-R data.

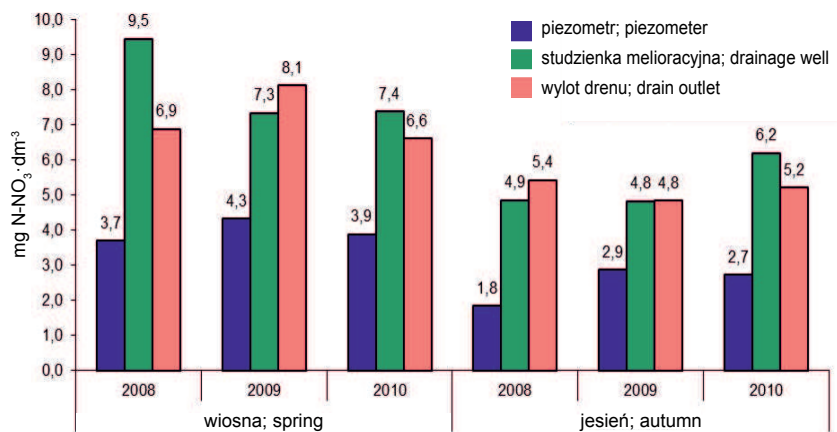
W tym zakresie stwierdzono, w szczególności, że:

- Stężenia azotanów w wodzie pobieranej ze studzienek melioracyjnych i wylotów drenów były na ogół podobne i znacznie większe niż z piezometrów, gromadzących wodę z głębszych poziomów.
- Najmniejsze stężenia azotanów występowały w próbkach wody z punktów monitoringowych usytuowanych na glebach ciężkich (we wszystkich analizowanych przypadkach), największe zaś głównie w próbkach wody z punktów monitoringowych usytuowanych na glebach lekkich i bardzo lekkich. Sytuację tę należy uznać za typową, gdyż gleby ciężkie wykazują małą zdolność do przepuszczania wody w głąb ich profilu – a wraz z nią składników mineralnych. Odwrotna sytuacja występuje w przypadku gleb lekkich i bardzo lekkich.
- W połowie analizowanych okresów (wiosna 2009 i 2010 r. i jesień 2010 r.) występował wprost proporcjonalny związek między stężeniem azotanów w próbkach wody pobranej z punktów monitoringowych a obsadą zwierząt trawożernych w gospodarstwie.
- Stężenie azotanów w próbkach wody pobranej z punktów monitoringowych korelowało dodatnio z dawkami mineralnych nawozów azotowych w każdym z analizowanych okresów (średnie dawki mineralnych nawozów azotowych w 2008, 2009 i 2010 r. wynosiły odpowiednio 68,2, 63,3 i 59,4  $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Udowodniono statystycznie istotność tego związku na podstawie współczynnika korelacji liniowej (R) wyznaczonego dla poziomu istotności



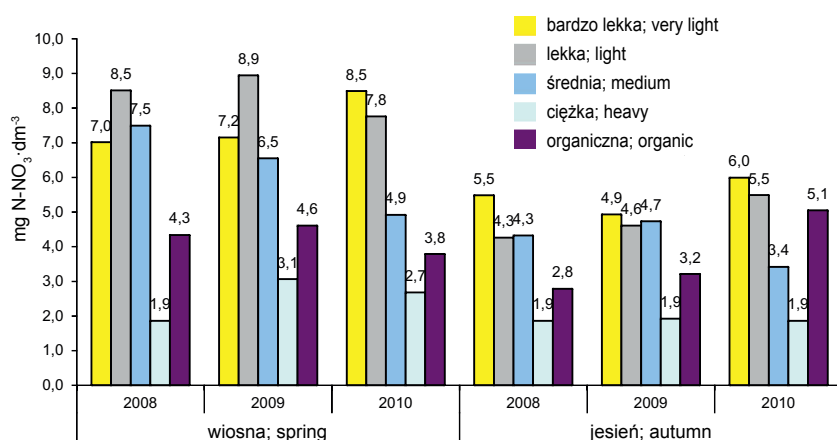
Rys. 2. Zawartość azotanów w próbkach wody gruntowej pobranych jesienią 2009 r. z punktów monitoringowych zlokalizowanych na użytkach zielonych. Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KSCh-R

Fig. 2. Content of nitrates in groundwater samples collected in autumn 2009 from monitoring points located on grassland. Source: author's own analysis based on KSCh-R data.



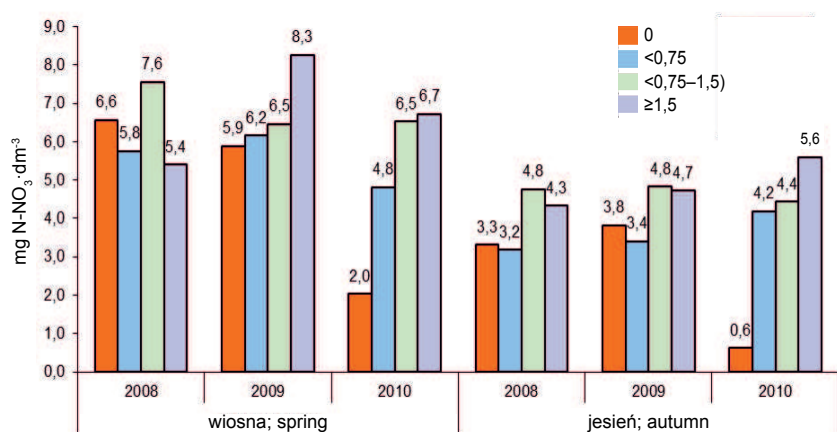
Rys. 3. Średnia zawartość azotu azotanowego w próbkach wody, w zależności od rodzaju punktu monitoringowego w latach 2008–2010. Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KSCh-R

Fig. 3. The average content of nitrate nitrogen in water samples, depending on the type of the monitoring point in 2008–2010. Source: author's own analysis based on KSCh-R data.



Rys. 4. Średnia zawartość azotu azotanowego w próbkach wody, w zależności od rodzaju gleby UZ w latach 2008–2010. Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KSCh-R

Fig. 4. The average content of nitrate nitrogen in water samples, depending on soil type grasslands in 2008–2010. Source: author's own analysis based on KSCh-R data.



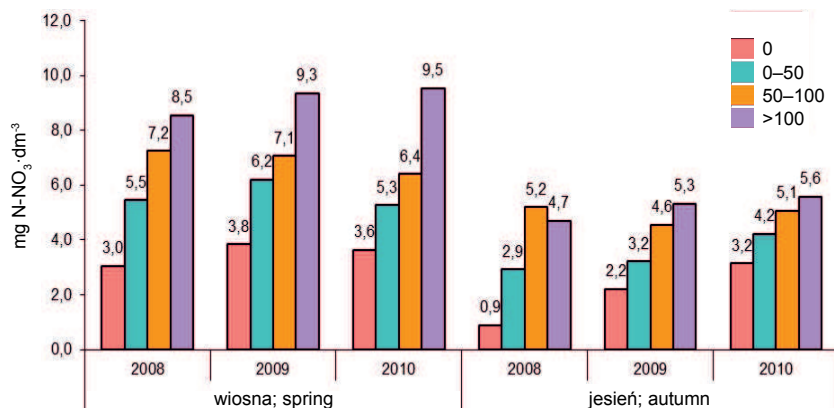
Rys. 5. Średnia zawartość azotu azotanowego w próbkach wody, w zależności od obsady zwierząt w DJP·ha<sup>-1</sup> w latach 2008–2010. Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KSCh-R.

Fig. 5. The average content of nitrate nitrogen in water samples, depending on stocking density (in LU ha<sup>-1</sup>) in 2008–2010. Source: author's own analysis based on KSCh-R data.

$p = 0,01 (**)$  i  $p = 0,05 (*)$ . Jego wartość wyniosła: 0,2285\*\* i 0,1886\*\*, 0,1504\* i 0,2670\*\* oraz 0,2013\*\* i 0,1335\* – odpowiednio w odniesieniu do wyników uzyskanych w latach 2008, 2009 i 2010 r. w kolejności wiosną i jesienią.

Odnosząc się całościowo do zaprezentowanych wyników, można stwierdzić, że na obszarach zajmowanych przez użytki zielone w Polsce występuje stosunkowo duży

udział wód gruntowych zanieczyszczonych i zagrożonych zanieczyszczeniem azotanami. Sytuacja ta ma miejsce pomimo że użytki zielone, jak już wspomniano w wstępie, pełnią rolę biologicznego filtra, a ich wykorzystanie w ostatnim okresie jest raczej ekstensywne (Pietrzak, 2012; Wasilewski, 2009). Sugeruje to potrzebę rozważenia zmiany dotychczasowego podejścia stosowanego przy



Rys. 6. Średnia zawartość azotu azotanowego w próbkach wody, w zależności od dawki mineralnych nawozów azotowych w kg N·ha<sup>-1</sup> w latach 2008–2010. Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KSCh-R.

Fig. 6. The average content of nitrate nitrogen in water samples, depending on the dose of mineral nitrogen fertilizers (in kg N ha<sup>-1</sup>) in 2008–2010. Source: author's own analysis based on KSCh-R data.

wyznaczaniu i weryfikacji obszarów szczególnie narażonych (OSN) na zanieczyszczenie azotanami pochodzenia rolniczego. W podejściu tym, stan zanieczyszczenia wód oceniany jest na podstawie wyników uzyskanych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS). Punkty monitoringu wód podziemnych w ramach PMS, to w znacznej części otwory ujmujące wody izolowane od powierzchni terenu nieprzepuszczalną warstwą, która ogranicza przepływ zanieczyszczeń do niższych warstw wodonośnych (warto nadmienić, że wg niektórych źródeł (University...) azotany wymywane z gleb pylasto-ilastych z terenów wyżynnych, o miąższości  $\geq 30$  m nad warstwą wodonośną, potrzebują od 25 do 30 lat, aby do niej dotrzeć). Na OSN-ach, na ogólną liczbę 103 punktów monitoringu wód podziemnych, zwierciadło napięte wody (ograniczone od góry warstwą nieprzepuszczalną, znajdujące się pod ciśnieniem większym od ciśnienia atmosferycznego) występuje w 54 z nich. Jedynie w nieco ponad 23% ogólnej liczby punktów monitoringu lustro wody znajduje się na głębokości  $\leq 5$  m (na podstawie: PIG-PIB, 2011). W związku z takim usytuowaniem punktów monitoringu w systemie PMS, dane w jego ramach uzyskiwane mogą dawać zbyt optymistyczne informacje nt. wpływu działalności rolniczej na zanieczyszczenie wód podziemnych azotanami. Poza tym powstaje pytanie, czy na podstawie wyników monitoringu jakości wód podziemnych uzyskanych w ramach PMS można dostatecznie dobrze ocenić skuteczność środków podejmowanych w ramach programów działań na OSN-ach, właśnie ze względu na to, że w większości, monitoring ten dotyczy wód z głębszych poziomów wodonośnych. Z raportu przygotowanego przez PIG-PIB (2011) można wnioskować, że stan jakości wód podziemnych na OSN-ach praktycznie nie uległ zmianie w okresie lat 2005–2010, pomimo wdrożonych na nich programów działań. Być może programy te są nieskuteczne, co jest bardzo prawdopodobne. Jednak stosowany monitoring wód podziemnych mógł nie wychwycić w wystarczającym stopniu ich wpływu (możliwe, że wzmiankowane potencjalne przyczyny się nałożyły).

Wydaje się, że bardziej obiektywny obraz zanieczyszczenia wód azotanami ze źródeł rolniczych w Polsce dla potrzeb związanych z wdrażaniem dyrektywy azotanowej można byłoby uzyskać, gdyby dodatkowo wykorzystano wyniki monitoringu prowadzonego przez Krajową Stację Chemiczno-Rolniczą i okręgowe stacje chemiczno-rolnicze we współpracy z IUNG-PIB i ITP. Monitoring realizowany przez wymienione jednostki charakteryzuje się m.in. tym, że dotyczy wód płytko zalegających pod powierzchnią gruntu (a więc najbardziej podatnych na zanieczyszczenie) oraz posiada rozległą sieć punktów kontrolno-pomiarowych usytuowanych na użytkach rolnych. Wyniki na jego podstawie uzyskiwane, o czym może świadczyć zaprezentowana ocena zanieczyszczenia wód gruntowych azotanami na obszarze użytków zielonych w Polsce, znacznie zwiększają wiedzę dotyczącą stanu i przyczyn tego zjawiska.

Metodyka badań w zakresie statystycznej oceny wyników monitoringu wód w skali Unii Europejskiej nie jest jeszcze ujednolicona. Zarówno w Polsce, jak i w Europie powszechną praktyką jest podawanie średniej arytmetycznej zawartości azotanów w wodzie jako wartości przeciętnej, stosowanej w publikacjach naukowych i raportach z badań, w szczególności w odniesieniu do zagadnień związanych z dyrektywą azotanową. W Stanach Zjednoczonych w stosunku do wód zastosowano po raz pierwszy ocenę opartą na analizie rozkładu i medianie jako wartości przeciętnej. Stosowanie mediany jest jednak obecnie obarczone pewną niedogodnością praktyczną związaną z brakiem możliwości jej porównywania z wynikami podawanymi jako wartość średnia.

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania monitoringowe pozwoliły w sposób kompleksowy ocenić zanieczyszczenie azotanami wód gruntowych występujących w profilu gleb trwałych użytków zielonych w Polsce. Zanieczyszczenie to okazało się duże. Średnio w okresie wiosennym w la-



tach 2008–2010 w 18,2% punktów pomiarowych stężenia azotanów w wodzie przekraczały  $50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (wody zanieczyszczone azotanami w rozumieniu Dyrektywy Azotanowej), w 16,4% punktów azotany w wodzie występowały w stężeniach  $25\text{--}50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (wody zagrożone zanieczyszczeniem w rozumieniu Dyrektywy Azotanowej). W okresie jesiennym odsetek punktów monitoringowych z wodami zanieczyszczonymi i zagrożonymi zanieczyszczeniem azotanami był znacznie mniejszy i wynosił w analizowanym trzyleciu odpowiednio 10,1% i 11,1%. Największy udział wód zanieczyszczonych azotanami (z zawartością  $>50 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ ) odnotowano w centralnej części Polski w rejonach z dobrze rozwiniętą hodowlą trzody chlewnej i bydła.

Na kształtowanie się stężenia azotanów w wodzie gruntowej na terenach zajmowanych przez użytki zielone w Polsce w sposób istotny wpływały dawki stosowanych na nie mineralnych nawozów azotowych. Stężenie azotanów związane było też z: głębokością poboru próbek wody (rodzaj punktu monitoringowego), rodzajem gleby, obsadą zwierząt w  $\text{DJP} \cdot \text{ha}^{-1}$  oraz poziomem opadów atmosferycznych (aczkolwiek nie wykazano istotności statystycznej tych związków).

Uzyskane wyniki mogą być przydatne w pracach nad weryfikacją zasięgu obszarów szczególnie narażonych na zanieczyszczenie azotanami pochodzenia rolniczego w Polsce.

## PIŚMIENNICTWO

- Czajkowska A., 2010.** Stopień zanieczyszczenia związkami biogennymi płytkich wód podziemnych w zagospodarowanej rolniczo części zlewni Bierawski. *Górn. Geol.*, 5(4): 91-104.
- Grzyb S., Prończuk J., 1995.** Podział i waloryzacja siedlisk łąkowych oraz ocena ich potencjału produkcyjnego. W: Kierunki rozwoju łąkarstwa na tle aktualnego poziomu wiedzy w najważniejszych jego działach. Warszawa, Wyd. SGGW, s. 51-63.
- GUS, 2010. Mały rocznik statystyczny Polski 2010. Warszawa, Rok LIII, ss. 724. [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xber/gus/PUBL\\_oz\\_maly\\_rocznik\\_statystyczny\\_2010.pdf](http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xber/gus/PUBL_oz_maly_rocznik_statystyczny_2010.pdf) 20.04.2012.
- GUS, 2011. Mały rocznik statystyczny Polski 2011. Warszawa, Rok LIV, ss. 737. [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xber/gus/PUBL\\_oz\\_maly\\_rocznik\\_statystyczny\\_2011.pdf](http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xber/gus/PUBL_oz_maly_rocznik_statystyczny_2011.pdf) 20.04.2012.
- „Nitrates’ directive 91/676/CEE. Status and trends of aquatic environment and agricultural practice. Development guide for Member States’ reports, 2008. 29 pp. [http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework\\_directive/nitrates\\_directive/development\\_final2008pdf\\_2/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/nitrates_directive/development_final2008pdf_2/_EN_1.0_&a=d) 20.04.2012.
- PIG-PIB, 2011. Monitoring stanu chemicznego oraz ocena stanu jednolitych części wód podziemnych w dorzeczach w latach 2009–2011. Temat nr 32.8407.0901.19.0. Sprawozdanie z wykonania zadania nr 8: Opracowanie wyników badań i ocena stopnia zanieczyszczenia wód podziemnych związkami azotu pochodzenia rolniczego według danych z 2010 roku. Warszawa, lipiec 2011 ss. 103.

**Pietrzak S., 2012.** Odczyn i zasobność gleb łąkowych w Polsce. *Woda Środ. Obsz. Wiejs.*, 2012 (I–III), t. 12, z. 1(37): 105-117.

**Pietrzak S., Nawalany P., Wilczyńska J., 2007.** Koncepcja rozmieszczenia punktów monitoringu gleby i wody na użytkach zielonych w Polsce. *Falenty. IMUZ maszyn. ss. 7+załączniki. PN-EN ISO 13395:2001. Jakość wody. Oznaczanie azotu azotanowego i azotanowego oraz ich sumy metodą analizy przepływowej (CFA i FIA) z detekcją spektrofotometryczną.*

**Randall G.W., Vetsch J.A., Huffman J.R., 2003.** Nitrate losses in subsurface drainage from a corn-soybean rotation as affected by time of nitrogen application and use of nitrpyrin. *J. Environ. Qual.*, 32: 1764-1772.

**Rasiah V., Armour J.D., 2001.** Nitrate accumulation under cropping in the ferrosols of Far North Queensland wet tropics. *Aust. J. Soil Res.*, 39(2): 329-341.

University of Nebraska. Plant and Soil Sciences eLibrary. <http://passel.unl.edu/pages/informationmodule.php?idinformationmodule=1130447042&topicorder=2&maxto=8&min=1>

**Wasilewski Z., 2009.** Stan obecny i kierunki gospodarowania na użytkach zielonych zgodne z wymogami Wspólnej Polityki Rolnej. *Woda Środ. Obsz. Wiejs.*, 9(2): 169-184.

**Wiśniewska-Kielian B., Niemiec M., 2006.** Ocena zawartości azotanów w wodach rzeki Dunajec. *Ann. UMCS, Lublin – Polonia, Vol. LXI, Sectio E, 2006.*

*S. Pietrzak*

## NITRATES IN GROUNDWATER IN THE AREAS OCCUPIED BY GRASSLAND IN POLAND

### Summary

The paper presents results of groundwater quality monitoring conducted in Poland since 2008 in relation to nitrates content on the areas occupied by grassland. It was carried out by National Agro-Chemical Station (KSCh-R) in Warsaw and its regional stations with participation of Institute of Technology and Life Sciences (ITP) in Falenty and Institute of Soil Science and Plant Cultivation – National Research Institute (IUNG-PIB) in Puławy. Currently the monitoring network includes more than 400 test points located on the grasslands across the country. Within that framework, ground water samples for analysis from test points (which are the piezometers, drainage-wells and outlets of drain-pipes) are taken twice a year – in spring and autumn.

Pollution with nitrates of groundwater associated with grassland habitats was assessed based on monitoring data obtained in 2008–2010. It was found that in springtime the nitrate concentrations in groundwater exceeded an average value of  $50 \text{ mg dm}^{-3}$  in 18.2% of the measuring points across the country whereas in 16.4% of points the nitrate concentration in ground waters was  $25\text{--}50 \text{ mg dm}^{-3}$ . In the autumn the percentage of monitoring points with contaminated ground waters and endangered by nitrates was much smaller and amounted 10.1% and 11.1%, respectively. Most of monitoring points with the nitrates content in the class  $> 50 \text{ mg dm}^{-3}$  occurred in the central provinces of the country.

The content of nitrate nitrogen in water samples varied depending on the doses of mineral nitrogen fertilizers, kind of monitoring point, soil type and livestock stocking rates.

**key words:** monitoring, grassland, ground water, nitrates