

# Analiza stężeń azotanów w wodach podziemnych Polski (2004–2015) z uwzględnieniem obszarów narażonych na zanieczyszczenie ze źródeł rolniczych

Anna Rojek<sup>1</sup>, Karolina Piskorek<sup>1</sup>, Anna Kuczyńska<sup>1</sup>, Dorota Palak-Mazur<sup>1</sup>

**Analysis of nitrate concentrations in groundwater of Poland (2004–2015), including areas vulnerable to pollution from agricultural sources.** *Prz. Geol.*, 65: 1367–1370.

*Abstract.* The paper presents variability of average  $\text{NO}_3$  concentrations in groundwater in the Nitrate Vulnerable Zones (NVZ) and other locations across Poland. Data for the reporting periods 2004–2007, 2008–2011 and 2012–2015 were analyzed according to the Nitrates Directive (91/676/EEG) and European Commission requirements. In general, from 2004 to 2015, the average  $\text{NO}_3$  concentrations in most of the monitoring points were stable, however, somewhat higher variations were observed in the NVZ. The  $\text{NO}_3$  concentrations were reduced in 17.21% of the monitoring points located in NVZ, while an increase of  $\text{NO}_3$  concentration was noticed in 23.77% of points. For all other locations across Poland, reduction of  $\text{NO}_3$  concentrations was recorded in 17.02%, and an increase in 18.5% of points. Results of long-term monitoring indicate a necessity of further nitrate pollution control in groundwater. Constant measurement of  $\text{NO}_3$  concentrations in monitoring points is crucial in detecting and preventing agricultural pressure.

**Keywords:** groundwater monitoring, Nitrate Vulnerable Zones,  $\text{NO}_3$  concentration

Przystąpienie do Unii Europejskiej zobligowało Polskę do realizacji zadań wynikających z dyrektyw unijnych, w tym również dotyczących gospodarowania zasobami wodnymi kraju i ich ochrony. Na podstawie art. 47 ust. 3–5 ustawy *Prawo wodne* z dnia 18 lipca 2001 r., która transponuje do prawa krajowego Dyrektywę Rady 91/676/EEG z dnia 12 grudnia 1991 r., dotyczącą ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (zwaną dalej dyrektywą azotanową – DA), Polska jest zobowiązana do wyznaczenia obszarów szczególnie narażonych (OSN) na zanieczyszczenia związkami azotu pochodzenia rolniczego.

Na podstawie pomiarów dokonywanych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska dyrektorzy regionalnych zarządów gospodarki wodnej (RZGW) weryfikują i wyznaczają co 4 lata OSN oraz opracowują programy działań mające na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych. W latach 2004–2015 granice OSN były aktualizowane czterokrotnie (w 2004, 2008, 2012 oraz 2015 roku). Zmiany granic wiązały się ze zmianą liczby OSN, ich zasięgiem i położeniem przestrzennym, jak również z lokalizacją reprezentatywnych punktów pomiarowych, wykorzystywanych do oceny jakości wód w OSN. Ocena stopnia zanieczyszczenia wód podziemnych związkami azotu pochodzenia rolniczego, na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ) w Warszawie, wykonuje Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB).

Celem badań było określenie zmiany średnich stężeń azotanów na terenie całego kraju oraz w OSN w kolejnych okresach sprawozdawczych: 2004–2007; 2008–2011 i 2012–2015. Zgodnie z założeniami DA zmiany te są miarą oceny efektywności programów działań wprowadzanych na tych obszarach.

Analizę przeprowadzono z uwzględnieniem obszarów OSN obowiązujących w latach 2012–2015. W miarę dostępności wyników przeanalizowano stężenia azotanów na tych obszarach w latach 2004–2015. Na tej podstawie wyznaczono wskaźniki tendencji zmian stężeń azotanów w kolejnych okresach sprawozdawczych, które stanowią podstawę oceny efektywności działań naprawczych.

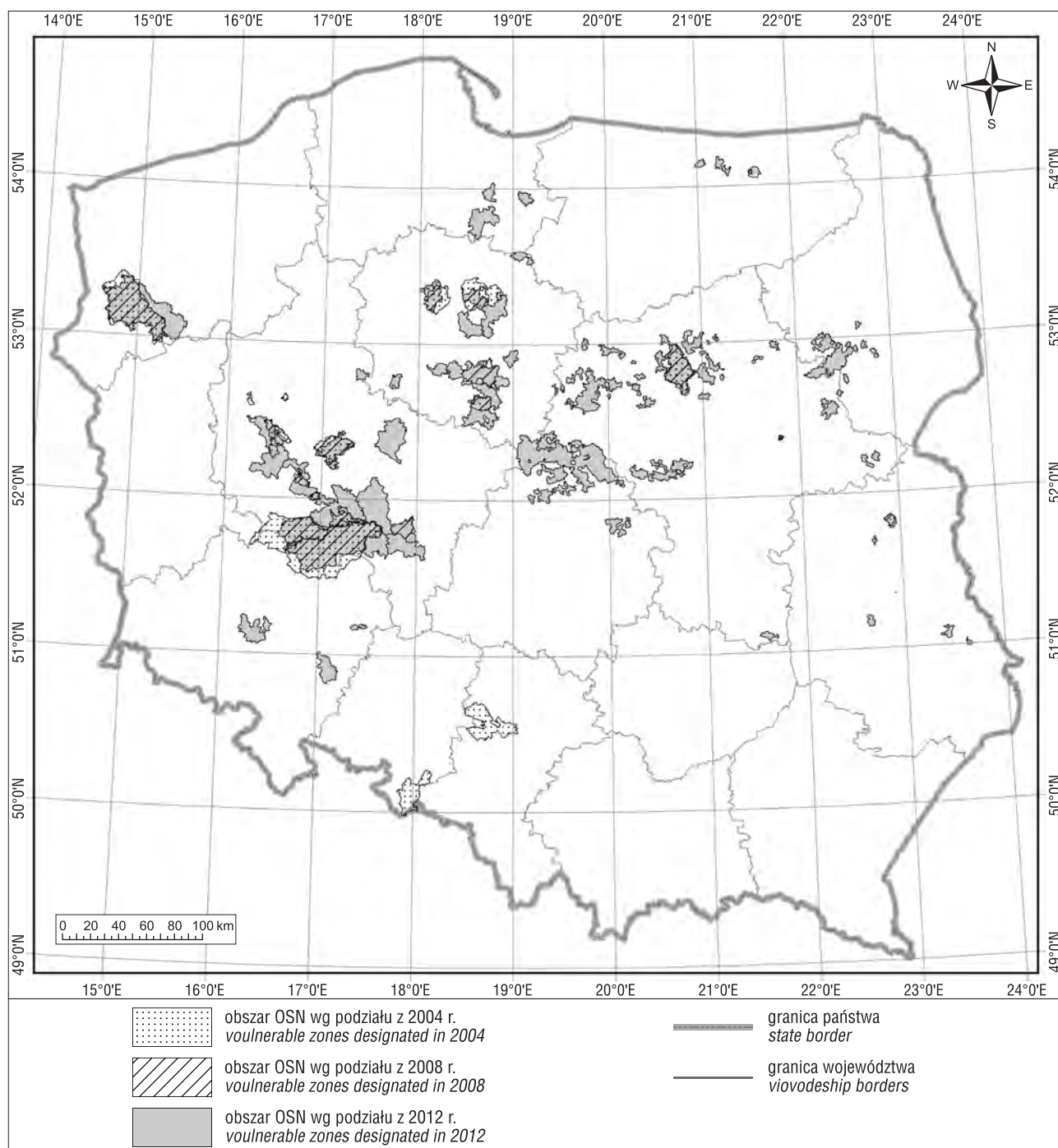
## ZMIANY POWIERZCHNI I GRANIC OSN W LATACH 2004–2015

W 2004 r. wyznaczono 21 OSN – 6 ze względu na ryzyko zanieczyszczenia związkami azotu pochodzenia rolniczego wód podziemnych, a 15 – ze względu na ryzyko zanieczyszczenia wód powierzchniowych. Całkowita powierzchnia OSN wynosiła 6263,25 km<sup>2</sup> (ok. 2% powierzchni kraju), a liczba punktów monitoringowych w ich obrębie 262 (ryc. 1; Mitrega i in., 2008).

W 2008 r. zlikwidowano 5 z 21 obszarów wyznaczonych w 2004 r. (w tym 4 z 6 OSN wyznaczonych dla wód podziemnych) oraz wyznaczono 3 nowe OSN. W rezultacie tych zmian wyznaczono 19 OSN (ryc. 1): 3 – ze względu na ryzyko zanieczyszczenia związkami azotu wód podziemnych, 16 pozostałych zlokalizowano w zlewniach wód powierzchniowych. Powierzchnia wszystkich OSN wynosiła 4623,14 km<sup>2</sup>, co stanowiło ok. 1,5% powierzchni kraju. Przyczyną zmniejszenia całkowitej powierzchni OSN w 2008 r. było m.in. wyznaczenie ich w zlewniach rzek wg obrębów geodezyjnych, a nie wg granic gmin, jak to uczyniono w 2004 r. Zmiany wprowadzone w 2008 r. obejmowały zmniejszenie powierzchni 7 OSN i zwiększenie 5. W ramach monitoringu OSN analizowano dane ze 160 punktów (Rojek i in., 2012).

W wyniku reorganizacji przeprowadzonej w 2012 r. wyznaczono 48 OSN (ryc. 1). 4 obszary spośród nich wyznaczono ze względu na ryzyko zanieczyszczenia związkami azotu pochodzenia rolniczego wód podziemnych, 3 ze względu na ryzyko zanieczyszczenia zarówno wód podziemnych, jak i powierzchniowych oraz 41 ze względu na ryzyko zanieczyszczenia wód powierzchniowych. Powierzchnia całkowita OSN wyznaczonych w 2012 r. wynosiła 13 930,53 km<sup>2</sup>, co stanowi 4,48% powierzchni całego kraju, o 2,99% więcej niż w latach 2008–2011. Zmiany obejmowały zwiększenie powierzchni 15 obszarów OSN (w tym 2 połączono) i zmniejszenie powierzchni 2 OSN, likwidację 2 obszarów oraz wydzielenie 32 nowych. W latach 2012–2015 prowadzono monitoring 196 punktów w OSN (Kuczyńska i in., 2015).

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; anna.rojek@pgi.gov.pl.



**Ryc. 1.** Lokalizacja obszarów szczególnie narażonych (OSN) na zanieczyszczenia związkami azotu pochodzenia rolniczego – porównanie podziału z roku 2004 i 2012 oraz 2008 i 2012, na tle podziału administracyjnego kraju

**Fig. 1.** Location of nitrate vulnerable zones (NVZ) of agricultural origin – comparison of zones designated between 2004 and 2012, and between 2008 and 2012, against the background of administrative units

### WYTYCZNE RAPORTOWANIA I KRYTERIA OCENY WYNIKÓW BADAŃ

Zakres raportowania wyników oceny stopnia zanieczyszczenia wód podziemnych związkami azotu pochodzenia rolniczego jest określony w DA, a kryteria interpretacji wyników badań opisano w poradniku Komisji Europejskiej (Nitrates Directive, 2011). Raportowaniu podlegają następujące wyniki oznaczeń stężeń azotanów: wartości średnie (wyliczane ze średnich rocznych) oraz maksymalne w okresie sprawozdawczym, jak również ana-

liza tendencji zmian stężeń azotanów pomiędzy okresami sprawozdawczymi, wykonana na podstawie porównania średnich wartości stężeń azotanów (wyliczanych ze średnich rocznych) oraz maksymalnych stężeń w kolejnych okresach sprawozdawczych.

Analiza danych jest prowadzona dwutorowo: w granicach OSN obowiązujących w danym cyklu oraz na obszarze całego kraju. Ujęcie krajowe ma na celu ukazanie pełnego obrazu stężeń związków azotu oraz zniwelowanie wpływu zmian granic OSN na zbiór ciągów danych podlegających analizie.

Zgodnie z DA za wody zanieczyszczone azotanami uważa się wody podziemne, w których stężenie azotanów jest wyższe niż 50 mg NO<sub>3</sub>/l. Zalecenia Komisji Europejskiej dotyczące sprawozdawczości zgodnej z art. 10 (91/676/EWG) wprowadzają rozszerzoną klasyfikację, uwzględniającą 4 przedziały stężeń: 0–24,99; 25–39,99; 40–50 i >50 mg NO<sub>3</sub>/l.

### ANALIZA ŚREDNICH STĘŻEŃ AZOTANÓW W LATACH 2004–2015 ORAZ TENDENCJI ICH ZMIAN

Wyniki oceny zanieczyszczenia związkami azotu pochodzenia rolniczego wód podziemnych OSN, przeprowadzonej zgodnie z wymogami Dyrektywy Azotanowej (91/676/EWG), wykazały, że w okresie sprawozdawczym 2012–2015 w 81,63% wszystkich punktów pomiarowych średnie stężenia były mniejsze niż 25 mg NO<sub>3</sub>/l (tab. 1). Oznacza to, że pomimo stwierdzonej lokalnej presji rolniczej na wyznaczonych obszarach OSN obserwuje się relatywnie niewielki wpływ oddziaływania azotanów na jakość wód podziemnych. Stężenia azotanów w przedziale 25–39,99 mg NO<sub>3</sub>/l odnotowano w 4,59% punktów pomiarowych, w przedziale 40–50 mg NO<sub>3</sub>/l w 1,53% punktów, a powyżej 50 mg NO<sub>3</sub>/l w 12,24% punktów. Poza tym stwierdzono, że wody podziemne o zwierciadle swobodnym wykazują większą wrażliwość na zanieczyszczenia związkami azotu ze względu na brak lub słabą izolację od powierzchni terenu. Stężenia azotanów przekraczające progową wartość dobrego stanu chemicznego (50 mg NO<sub>3</sub>/l) odnotowano w wodach podziemnych we wszystkich OSN

wyznaczonych ze względu na potencjalne zanieczyszczenie wód podziemnych.

Podobne zależności zauważono analizując dane z całego kraju (tab. 2). Średnie stężenie azotanów mniejsze niż 25 mg NO<sub>3</sub>/l odnotowano w latach 2012–2015 w 86,03% wszystkich punktów pomiarowych, stężenie w przedziale 25–39,99 mg NO<sub>3</sub>/l w 6,65% punktów, w przedziale 40–50 mg NO<sub>3</sub>/l w 2,55% punktów, a powyżej 50 mg NO<sub>3</sub>/l w przypadku zaledwie 4,77% punktów.

W porównaniu do poprzedniego okresu sprawozdawczego zaobserwowano wzrost liczby punktów OSN, w których stężenia przekraczają 40 i 50 mg NO<sub>3</sub>/l. Natomiast udział punktów, w których stężenia azotanów zawierają się w przedziale 40–50 mg NO<sub>3</sub>/l, jest na obszarze całego kraju podobny w obu okresach sprawozdawczych.

Tendencje zmian stężeń azotanów w latach: 2008–2015 i 2004–2015 wyznaczono poprzez porównanie wartości średnich stężeń w punktach opróbowanych w co najmniej dwóch okresach sprawozdawczych (tab. 2 i 3). Tendencje zmian w okresach 2008–2011 i 2012–2015 można było wyznaczyć dla 134 punktów monitoringowych OSN, wspólnych dla tych okresów, natomiast w okresach 2004–2007 i 2012–2015 dla 122 punktów. W ujęciu krajowym tendencje zmian stężeń w okresach 2008–2011 i 2012–2015 można było wyznaczyć dla 1055 punktów wspólnych dla tych okresów, natomiast w okresach 2004–2007 i 2012–2015 dla 1005 punktów.

Pomiędzy okresami sprawozdawczymi 2008–2011 i 2012–2015 w 67,16% punktów monitoringu OSN obserwowano stabilny stan stężeń azotanów (tab. 3), natomiast

**Tab. 1.** Porównanie stężeń azotanów w OSN w okresach sprawozdawczych: 2008–2011 i 2012–2015

**Table 1.** Comparison of nitrate concentrations in groundwater monitoring within nitrate vulnerable zones (NVZ) for subsequent reporting periods: 2008–2011 and 2012–2015

Stężenie azotanów w wodach podziemnych <i>Concentration of nitrates in groundwater</i>	Odsetek punktów OSN w okresie sprawozdawczym <i>Percentage of NVZ points in reporting period</i>	
	2008–2011	2012–2015
<b>&gt;50 mg NO<sub>3</sub>/l</b>		
Maksymalne stężenie NO <sub>3</sub> / <i>NO<sub>3</sub> maximum values</i>	12,80%	15,31%
Średnie stężenie NO <sub>3</sub> / <i>NO<sub>3</sub> average values</i>	9,76%	12,24%
<b>&gt;40 mg NO<sub>3</sub>/l</b>		
Maksymalne stężenie NO <sub>3</sub> / <i>NO<sub>3</sub> maximum values</i>	14,63%	17,35%
Średnie stężenie NO <sub>3</sub> / <i>NO<sub>3</sub> average values</i>	11,59%	13,77%

**Tab. 2.** Porównanie stężeń azotanów w krajowej sieci monitoringu wód podziemnych w okresach sprawozdawczych: 2008–2011 i 2012–2015

**Table 2.** Comparison of nitrate concentrations from the national groundwater monitoring in subsequent reporting periods: 2008–2011 and 2012–2015

Stężenie azotanów w wodach podziemnych <i>Concentration of nitrates in groundwater</i>	Odsetek punktów OSN w okresie sprawozdawczym <i>Percentage of NVZ points in reporting period</i>	
	2008–2011	2012–2015
<b>&gt;50 mg NO<sub>3</sub>/l</b>		
Maksymalne stężenie NO <sub>3</sub> / <i>NO<sub>3</sub> maximum values</i>	6,46%	6,98%
Średnie stężenie NO <sub>3</sub> / <i>NO<sub>3</sub> average values</i>	4,42%	4,77%
<b>&gt;40 mg NO<sub>3</sub>/l</b>		
Maksymalne stężenie NO <sub>3</sub> / <i>NO<sub>3</sub> maximum values</i>	9,26%	9,46%
Średnie stężenie NO <sub>3</sub> / <i>NO<sub>3</sub> average values</i>	7,31%	7,32%



**Tab. 3.** Podsumowanie analizy tendencji zmian stężeń średnich NO<sub>3</sub> w latach 2008–2015 i 2004–2015  
**Table 3.** Trend analysis of average NO<sub>3</sub> concentrations in reporting periods: 2008–2015 and 2004–2015

Obszar poddany analizie <i>Analysed area</i>	OSN <i>Vulnerable zones</i>		Cały kraj <i>Country area</i>	
	2008–2015	2004–2015	2008–2015	2004–2015
Liczba punktów monitorowanych w obu okresach sprawozdawczych <i>Number of points monitored in both reporting periods</i>	134	122	1211	1005
<b>Wzrost stężeń / Concentration increase</b>				
Silny / <i>Strong</i> >+5 mg NO <sub>3</sub> /l	10,45%	11,48%	6,52%	9,05%
Słaby / <i>Weak</i> 1–5 mg NO <sub>3</sub> /l	9,70%	12,30%	8,09%	9,45%
SUMA / <i>TOTAL</i>	20,15%	23,77%	14,61%	18,50%
<b>Stan stabilny / Stability</b>				
(–1)–(+1) mgNO <sub>3</sub> /l	67,16%	59,02%	68,87%	64,48%
<b>Spadek stężeń / Concentration decrease</b>				
Słaby / <i>Weak</i> (–1)–(–5) mg NO <sub>3</sub> /l	4,48%	7,38%	7,84%	8,46%
Silny / <i>Strong</i> <–5 mg NO <sub>3</sub> /l	8,21%	9,84%	8,67%	8,56%
SUMA / <i>TOTAL</i>	12,69%	17,21%	16,51%	17,02%

w okresach 2004–2007 i 2012–2015 stan stabilny odnotowano w 59,02% punktów. Również na obszarze całego kraju w większości punktów obserwowano stabilny stan stężeń azotanów – w latach 2008–2015 w 68,87%, a w latach 2004–2015 w 64,48% punktów.

Ponadto, na obszarach OSN zaznacza się różnica pomiędzy odsetkiem punktów, w których zidentyfikowano tendencje wzrostowe, a tymi, w których zidentyfikowano spadek stężeń. Zarówno w okresach sprawozdawczych 2008–2011 i 2012–2015, jak i 2004–2007 i 2012–2015 przeważa liczba punktów, w których odnotowano wzrost stężeń azotanów.

Na podstawie rezultatów analizy średnich stężeń azotanów w latach 2004–2015 należy stwierdzić, że działania naprawcze wprowadzane na obszarach OSN nie przyniosły oczekiwanych efektów. Inny obraz kształtuje się na obszarze całego kraju, gdzie stężenia azotanów są raczej stabilne i udział punktów, w których odnotowuje się wzrost stężeń, równoważy te, w których są zauważalne spadki stężeń.

## WNIOSKI

Wyniki analizy wskazały, że zarówno w OSN, jak i na obszarze całego kraju stężenia azotanów w latach 2004–2015 w przeważającej liczbie punktów badawczych były stabilne. Nie mniej jednak w niektórych punktach zaobserwowano wzrost stężeń – w przypadku OSN w ok. 20–25% punktów, natomiast na obszarze całego kraju w ok. 14–19% punktów. Wyniki takie potwierdzają konieczność kontynuacji działań mających na celu ograniczenie dopływu ładunku azotanów do wód podziemnych ze źródeł rolniczych, w szczególności do OSN. Należy również zastanowić się, czy działania podejmowane w ramach Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej są wystarczające i czy presja rolnicza jest jedynym i głównym źródłem azotanów w wodach podziemnych. Rezultaty badań prowadzonych przez PIG-PIB w ramach realizacji zadań PSH wskazują, że drugim, równie istotnym źródłem zanieczyszczeń wód podziemnych azotanami w OSN może być niewłaściwa gospodarka bytowo-komunalna (Leśniak, 2016).

Sporym problemem w ocenie efektywności programów działań na podstawie wyników monitoringu jakości wód podziemnych w OSN jest zmienność liczby i granic obszarów, jakie są obejmowane monitoringiem. Brak ciągłości monitorowania punktów mocno ogranicza wykonywanie analizy porównawczej między kolejnymi okresami sprawozdawczymi oraz powoduje brak możliwości analizowania trendów, co uniemożliwia dokonanie pełnej interpretacji wyników.

Dziękujemy Recenzentom za wnikliwą analizę i konstruktywne uwagi do artykułu. Prace stanowiące podstawę niniejszego artykułu zostały zrealizowane na zlecenie Głównego Inspektora Ochrony Środowiska i sfinansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

## LITERATURA

- DYREKTYWA 91/676/EWG Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego. Dz.U.UE L z 31.12.1991 r.
- KUCZYŃSKA A., PALAK-MAZUR D., KOSTKA A., ŚCIBIOR K. 2015 – Monitoring stanu chemicznego oraz ocena stanu jednolitych części wód podziemnych w dorzeczach w latach 2015–2018. Raport z wykonania zadania nr 7: Opracowanie wyników badań i ocena stopnia zanieczyszczenia wód podziemnych związkami azotu pochodzenia rolniczego – Raport 2012 – 2015. NAG PIG-PIB. Warszawa.
- LEŚNIAK P. 2017 – Identyfikacja izotopowa pochodzenia azotanów na obszarach JCWPd o podwyższonej zawartości związków azotu. Biul. PSH. Zadania Państw. Służby Hydrogeologicznej w 2016 r. Państw. Inst. Geol.
- MITRĘGA J., HORDEJUK T., HORDEJUK M., ROJEK A., PALAK D., CZARNIECKA J. 2008 – Monitoring stanu chemicznego oraz ocena stanu jednolitych części wód podziemnych w dorzeczach w latach 2006–2008. Raport z wykonania zadania nr 10 – Opracowanie wyników badań i ocena stopnia zanieczyszczenia wód podziemnych związkami azotu w obszarach narażonych na zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego, bieżąca współpraca z WIOŚ – opiniowanie, konsultacje. NAG Państw. Inst. Geol.
- NITRATES DIRECTIVE (91/676/EEC): Status and Trends of Aquatic Environment and Agricultural Practice: Development Guide for Member States' Reports. Office for Official Publications of the European Communities, 2011.
- ROJEK A., KUCZYŃSKA A., PALAK D., KOSTKA A., MROWIEC M., REJMAK A. 2012 – Monitoring stanu chemicznego oraz ocena stanu jednolitych części wód podziemnych w dorzeczach w latach 2009–2011. Raport z wykonania zadania nr 8 Ocena stopnia zanieczyszczenia wód podziemnych związkami azotu pochodzenia rolniczego, Raport 2008–2011 zakres i forma opracowania wg aktualnych zaleceń KE (Dyrektywa Azotanowa). NAG Państw. Inst. Geol.
- USTAWA z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne. Dz.U. 2001 nr 115 poz. 1229, z późn. zm.