

Wpłynęło 07.03.2014 r.
Zrecenzowano 30.05.2014 r.
Zaakceptowano 16.07.2014 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

WSTĘPNE ROZPOZNANIE JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH I POWIERZCHNIOWYCH RÓŻNIE UŻYTKOWANYCH TERENÓW ROLNICZYCH ZLEWNI SZRENIAWY

Sylwester SMOROŃ¹⁾ ABCDEF, Stefan PIETRZAK²⁾ ABCDEF

¹⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Małopolski Ośrodek Badawczy w Krakowie

²⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Jakości Wody i Higienizacji

Streszczenie

Przeprowadzono badania środowiska wodnego rolniczych lessowych obszarów Małopolski, zlokalizowanych w zlewni Szreniawy. Celem tych badań było określenie wpływu różnego użytkowania gruntów rolnych na jakość wód wglębnych i powierzchniowych. W wybranych gospodarstwach pobierano, w cyklu miesięcznym, próbki płytkich wód gruntowych z intensywnych upraw warzyw, zbóż, łąk nienawożonych i słabo nawożonych obornikiem, odpływów drenarskich oraz rowów melioracyjnych. Do porównań pobierano również wodę ze źródła krasowego i rzeki Szreniawa przy ujściu do Wisły. W próbkach wody oznaczano stężenia: N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄, K, Mg, Ca, Na i Cl metodami stosowanymi w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym. Na podstawie analizy chemicznej próbek wody pobieranych od kwietnia 2012 r. do marca 2013 r. stwierdzono, że na obszarach lessowych Małopolski tylko intensywna uprawa warzyw stwarza realne zagrożenie dla jakości wód. Stężenie N-NO₃ w płytkich wodach gruntowych pod intensywnie nawożonymi warzywami i w sąsiadujących rowach melioracyjnych było bardzo duże (do 22,12 mg·dm⁻³). W przypadku pozostałych upraw polowych stężenia badanych składników były znacznie mniejsze, a najczystsza woda występowała pod łąkami i w źródle krasowym. W rzece Szreniawa wystąpiły warunki sprzyjające procesowi eutrofizacji.

Słowa kluczowe: biogeny, stężenie składników, woda, zagrożenie azotanami

Do cytowania For citation: Smoroń S., Pietrzak S. 2014. Wstępne rozpoznanie jakości wód podziemnych i powierzchniowych różnie użytkowanych terenów rolniczych zlewni Szreniawy. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 14. Z. 3(47) s. 143-157.

WSTĘP

Skład chemiczny wód na obszarach rolniczych jest wypadkową oddziaływania wielu czynników antropogenicznych (przede wszystkim: sposobu użytkowania, rodzaju upraw, nawożenia, produkcji zwierzęcej), a także naturalnych [BOMBÓWNA 1983; KOC i in. 1996; PAWLIK-DOBROWOLSKI 1990; SAPEK 1996]. Rośliny w uprawach polowych pobierają tylko część dostarczanych im składników nawozowych. Wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych w roku stosowania wynosi 50–70%, a z naturalnych – 20–30%. Wykorzystanie przez rośliny uprawne fosforu dostarczonego w nawożeniu mineralnym wynosi 20–30%, a potasu – 50–60% zastosowanej dawki [ILNICKI 2004]. Niewykorzystana przez rośliny część składników nawozowych jest zatrzymywana przez kompleks sorpcyjny gleby i przenika do wód podziemnych i powierzchniowych (tworząc tzw. zanieczyszczenia obszarowe), a w przypadku azotu – także ulatnia się do atmosfery (w formie amoniaku i tlenków azotu). Wnoszenie do wód powierzchniowych nadmiernych ilości substancji o charakterze biogennym skutkuje ich eutrofizacją. W jej wyniku następuje degradacja wód i poważne ograniczenie możliwości ich wykorzystania do celów bytowych, gospodarczych i rekreacyjnych.

Do terenów rolniczych, na których mogą występować potencjalnie duże straty składników nawozowych z produkcji polowej należy zlewnia rzeki Szreniawa położona na północ od Krakowa. Na jej żyznych lessowych obszarach są uprawiane głównie rośliny okopowe i przemysłowe, pszenica, jęczmień, a także wymagające intensywnej uprawy i nawożenia warzywa [SMORON 2012].

W ostatnim dwudziestoleciu udział warzyw zwiększył się do około 10%, głównie kosztem areалу zbóż. Stosunkowo duży areal użytków rolnych zajmowanych pod uprawę warzyw i okopowych jest czynnikiem zwiększającym zagrożenie dla jakości wód, ponieważ ten rodzaj upraw, w porównaniu z innymi, charakteryzuje się małym wykorzystaniem składników nawozowych, zwłaszcza azotu, i dużymi ich stratami [HARTZ 2006; ILNICKI 2004; NETT 2012; SZMIGIEL, KOŁODZIEJCZYK 2004; ZUPANC i in. 2011]. Według niektórych ocen, w warunkach intensywnej uprawy szpinaku lub porów, starty azotu w wyniku wymycia azotanów mogą przekraczać nawet $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ [NEETESON, CARTON 2001], a w uprawie ziemniaków mogą być większe niż $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ [SAPEK 1995 za: Bradley, Powlson 1993].

Czynnikiem zwiększającym straty składników nawozowych z produkcji polowej w zlewni Szreniawy jest pofałdowane ukształtowanie terenu. Zróżnicowanie wysokościowe powierzchni sprzyja powstawaniu erozji wodnej oraz spływów powierzchniowych z użytków rolnych, a w konsekwencji – wynoszeniu z nich biogennów oraz innych makro- i mikroelementów do zbiorników wodnych i cieków [KOSZELNIK, BARTOSZEK 2011; PIETRZAK i in. 2013].

Wynika z tego, że wody w zlewni Szreniawy mogą podlegać wzmożonej presji rolniczej, związanej przede wszystkim ze strukturą upraw i rzeźbą terenu. W związku z tym istotnego znaczenia nabiera wyjaśnienie jaka jest jakość wody na

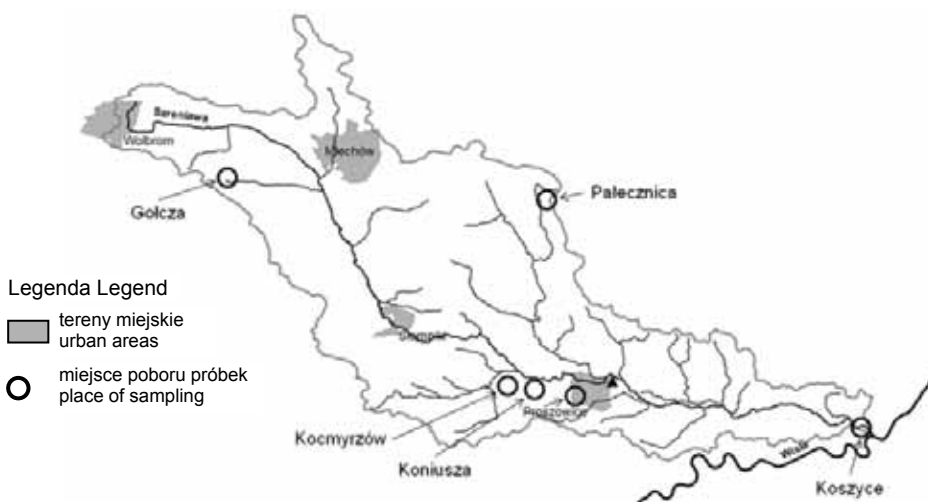
obszarze tej zlewni, zwłaszcza w okolicach związanych z uprawą warzyw i okopowych. Dobre rozpoznanie stanu jakości tych wód jest niezbędne do ich skutecznej ochrony.

Celem badań było wstępne rozpoznanie jakości wód powierzchniowych i podziemnych z wybranych miejsc w zlewni Szreniawy, w kontekście określenia wpływu na ten stan różnych form rolniczego użytkowania gruntów rolnych, a przede wszystkim upraw warzywnych.

Cel ten realizowano na podstawie wstępnych badań monitoringowych stężenia składników chemicznych wód podziemnych (pod różnymi uprawami polowymi) i powierzchniowych (z rowów melioracyjnych oraz rzeki Szreniawa). W pracy przedstawiono wstępne roczne wyniki badań rozpoczętych w kwietniu 2012 r. i kontynuowanych do marca 2013 r.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Obszar zlewni Szreniawy, na którym znajdują się gospodarstwa objęte badaniami, leży na Wyżynie Olkuskiej, Miechowskiej oraz Płaskowyżu Proszowickim (rys. 1). Rzeka Szreniawa płynąca przez te tereny ma około 80 km długości i jest lewobrzeżnym dopływem Wisły. Średnia z wielolecia roczna temperatura na omawianym obszarze jest wysoka i wynosi w górnym rejonie zlewni 7,0°C, a w dolnym – 8,0°C. Średnie roczne sumy opadów atmosferycznych wynoszą odpowiednio 650 i 600 mm [SMOROŃ i in. 2011].



Rys 1. Zlewnia rzeki Szreniawa z zaznaczonymi terenami miejskimi oraz obszarami poboru próbek wody do analiz chemicznych; źródło: opracowanie własne

Fig. 1. The Szreniawa River basin with urban areas and sampling sites for chemical analysis of water; source: own elaboration

W strukturze użytkowania ziemi użytki rolne zajmują 83,5%, lasy – 6,0%, a nieużytki – 10,5% powierzchni całkowitej [SMOROŃ i in. 2009]. W strukturze użytków rolnych dominują grunty orne (91,3%), udział użytków zielonych wynosi tylko 7,6, a sadów – 1,1%.

Na omawianym obszarze występują gleby pyłowe powstałe z lessów, należące do typu czarnoziemów właściwych i zdegradowanych, brunatnych właściwych, lokalnie rędzin, a w dolinach rzek – do mad. Gleby te charakteryzują się dużą wartością użytkową, w granicach I–IIIb klasy bonitacyjnej. Średnia ważona wartość ogólnego wskaźnika jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej w zlewni jest duża i wynosi od 81,5 do 101,1 [WITEK i in. 1994]. Ze względu na rodzaj gleb i ukształtowanie powierzchni, obszar ten zaliczono do zagrożonych erozją wodną.

W ramach realizowanego od 2012 r., w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym (ITP), programu wieloletniego – działanie nr 1.3, prowadzono monitoring jakości wód gruntowych pod różnymi uprawami rolnymi. Próbkę wody pobierano ze studzienek piezometrycznych o głębokości 2 m (charakteryzujące płytkie wody gruntowe), odpływów drenarskich oraz powierzchniowych wód płynących przez te obszary, tj. z rowów melioracyjnych i rzeki Szreniawa przy ujściu do Wisły. Dodatkowo analizowano również wodę ze źródła (krasowego spływowo-podpływowego szczelinowego) o dużej wydajności, położonego w gminie Gołcza. Próbkę wody pobierano z 13 punktów, położonych na obszarze kilku gmin zlewni Szreniawy (tab. 1).

Próby wody do analizy chemicznej pobierano co miesiąc, od chwili rozpoczęcia monitoringu (kwiecień 2012 r.) do marca 2013 r. (z wyjątkiem grudnia, w którym ze względu na przebieg warunków pogodowych pobór wody był niemożliwy). Analizy próbek wody wykonywano w Laboratorium Badawczym Chemii Środowiska ITP. W wodzie oznaczano pH oraz stężenie: N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄, K, Mg, Ca, Na i Cl. Pomiar pH wykonywano metodą potencjometryczną za pomocą miernika SevenMulti. Stężenie N-NO₃, N-NH₄ i P-PO₄ oznaczano metodą kolorymetryczną, za pomocą automatycznego analizatora przepływowego. Stężenie Mg i Ca oznaczano metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej płomieniowej, Na i K – metodą emisyjną, za pomocą spektrometru do absorpcji atomowej SOLAAR S, a Cl – metodą miareczkową.

Wyniki badań przedstawiono w postaci średnich stężeń składników z okresu badawczego dla każdego punktu poboru wody. Obliczono także rozproszenie wartości stężeń miesięcznych wokół średniej dla całego okresu badawczego (odchylenie standardowe *SD*).

WYNIKI BADAŃ

W omawianym okresie badawczym odczyn wody z poszczególnych punktów poboru próbek nie był wyraźnie zróżnicowany i dlatego tych danych nie zamieszczano na rysunku.

Średnia roczna wartość pH wody z poszczególnych punktów poboru zmieniała się w wąskich granicach (7,37–7,83) i nie była istotnie zróżnicowana, o czym świadczą małe wartości odchylenia standardowego (0,20–0,40). Oznacza to, że sposób użytkowania rolniczego nie wpływał znacząco na odczyn analizowanych wód, zarówno w głębszych, jak i powierzchniowych.

Średnie stężenia składników o charakterze biogennym w analizowanych wodach były bardzo zróżnicowane w zależności od rodzaju upraw (rys. 2a, b, c). Największe stężenie N-NO₃ stwierdzono w wodach – zarówno podziemnych, jak i powierzchniowych – związanych z uprawami intensywnie nawożonych warzyw (studzienki piezometryczne – punkty 1, 5, 6, 7, odpływ drenarski – punkt 3 i rowy melioracyjne – punkty 4, 8). Wynosiło ono od 11,04 do 22,12 mg·dm⁻³ (rys. 2a). Najmniejsze średnie roczne stężenie w rejonie tych punktów (5,32 mg N-NO₃·dm⁻³) zanotowano pod nienawożoną łąką (punkt 2).

W gospodarstwie z uprawą zbóż, położonym w gminie Pałecznicza, średnie stężenie N-NO₃ pod pszenicą (punkt 9) wynosiło 3,69, a pod łąką nawożoną małymi dawkami obornika (punkt 10) – 2,84 mg·dm⁻³. W wodzie rowu melioracyjnego biegnącego przez rejon z uprawą zbóż (punkt 11) stężenie N-NO₃ wynosiło 5,03 mg·dm⁻³. Na podobnym poziomie (5,13 mg·dm⁻³) kształtowało się stężenie tego składnika w wodzie źródła krasowego w gminie Gołcza (punkt 4), a w rzece Szreniawa, przy ujściu do Wisły (punkt 13), było nieco większe i wynosiło 6,02 mg·dm⁻³.

Woda pochodząca spod intensywnych upraw warzywnych i rowów melioracyjnych biegnących przez obszary tych upraw była zanieczyszczona związkami azotu pochodzenia rolniczego, ponieważ stężenia N-NO₃ przekraczały w niej 11,3 mg·dm⁻³. Tylko w punkcie 1 (uprawa pietruszki) stężenie było mniejsze (11,04 mg·dm⁻³), co kwalifikuje ją do zagrożonych zanieczyszczeniem azotanami [Rozporządzenie MŚ... 2002].

Podobnie jak w przypadku N-NO₃, największe stężenia N-NH₄ występowały najczęściej w wodzie pod uprawami warzywnymi i wynosiły 0,30–0,52 mg·dm⁻³ (rys. 2b). Wysokie stężenie tego składnika (średnio 0,50 mg N-NH₄·dm⁻³) zanotowano również w wodzie spod pola z uprawą pszenicy (punkt 9). Zdecydowanie mniejsze wartości średniego stężenia N-NH₄ stwierdzono w wodach rowów melioracyjnych (0,14–0,27 mg N-NH₄·dm⁻³ – punkty 4, 8 i 11) i pod łąkami (0,18–0,23 mg N-NH₄·dm⁻³ – punkty 2 i 10). Najmniejsze stężenie tej formy azotu odnotowano w wodzie ze źródła krasowego (0,13 mg N-NH₄·dm⁻³ – punkt 12), a w wodzie rzeki Szreniawa – jedno z największych (0,46 mg N-NH₄·dm⁻³ – punkt 13).

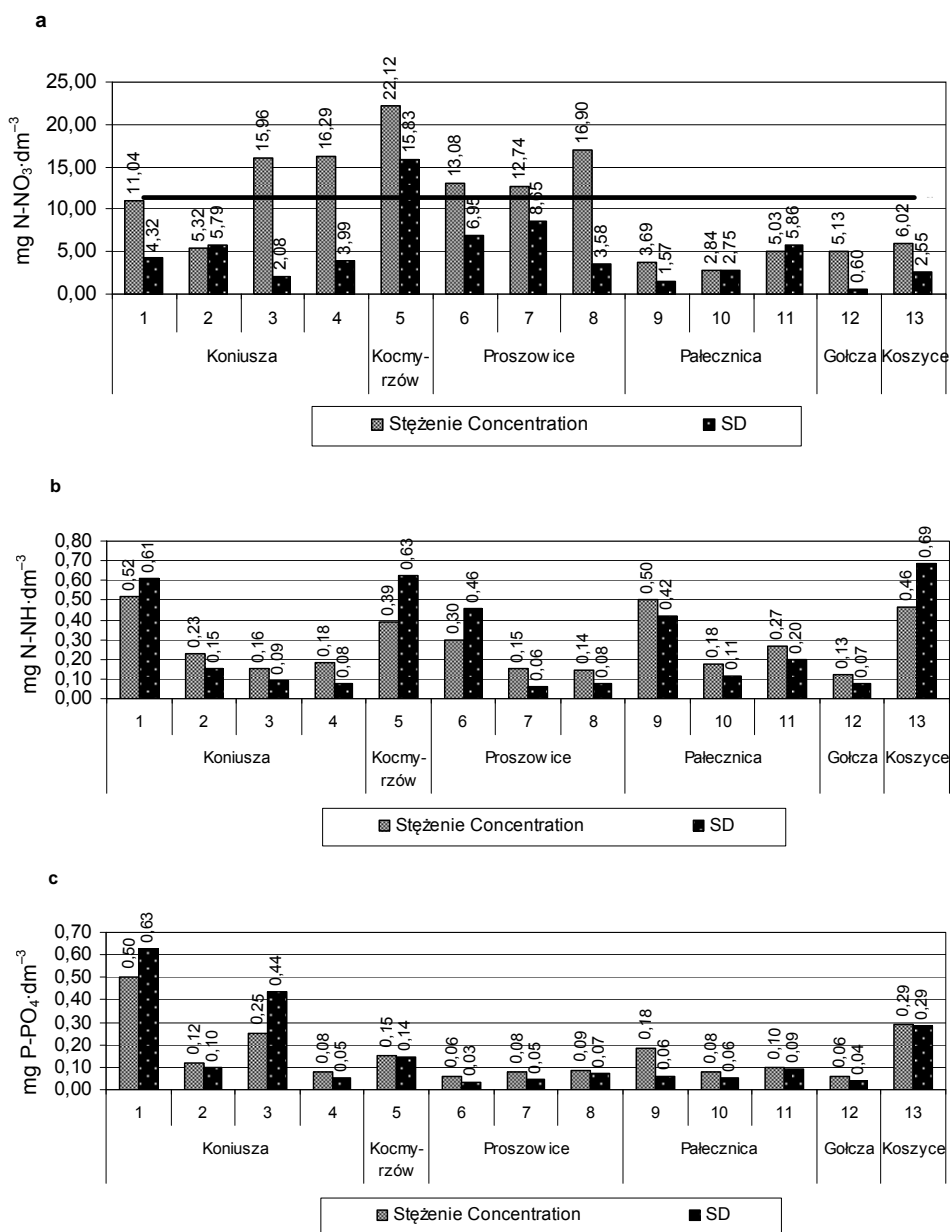
Tabela 1. Charakterystyka punktów poboru próbek wody
Table 1. Characteristics of water sampling points

Gmina (sołectwo) Commune (village council office)	Nr punktu – miejsce poboru No. of point – place of sampling	Rodzaj użytku: roślina Type of agricultural use: plant	Nawożenie N; P ₂ O ₅ ; K ₂ O, kg/ha ⁻¹ Fertilisation of N; P ₂ O ₅ ; K ₂ O, kg/ha ⁻¹
	2	3	4
Koniusza (Niegardów)	1 – studzienka piezometryczna 1 – piezometric well 2 – studzienka piezometryczna 2 – piezometric well 3 – odciek z drenu 3 – effluent from the drain 4 – rów melioracyjny 4 – drainage ditch	grunty orne: pietruszka korzenna arable land: parsley użytek zielony: łąka nienawożona grassland: not fertilised grunty orne: warzywa, okopowe arable land: vegetables, root crops grunty orne: warzywa, okopowe, zboża arable land: vegetables, root crops, cereals	mineralne: 110; 80; 90 mineral: 110; 80; 90 bez nawożenia without fertilization mineralne/naturalne: 60–120; 30–80; 40–110 mineral/organic: 60–120; 30–80; 40–110 mineralne/naturalne: 40–130; 40–90; 60–120 mineral/ organic: 40–130; 40–90; 60–120
Kocmyrzów (Skrzeszowice)	5 – studzienka piezometryczna 5 – piezometric well	grunty orne: kapustia arable land: cabbage	mineralne: 80–120; 80; 120 mineral: 80–120; 80; 120
Proszowice (Łaganów)	6 – studzienka piezometryczna 6 – piezometric well 7 – studzienka piezometryczna 7 – piezometric well 8 – rów melioracyjny 8 – ditch	grunty orne: seler arable land: celery grunty orne: kapustia wczesna, buraki ćwikłowe arable land: early cabbage, beetroots grunty orne: warzywa arable land: vegetables	mineralne: 140; 90; 130 mineral: 140; 90; 130 mineralne: 110; 80; 150 mineral: 110; 80; 150 mineralne: 60–140; 70–90; 80–130 mineral: 60–140; 70–90; 80–130
Pałecznica (Pieczonogi)	9 – studzienka piezometryczna 9 – piezometric well	grunty orne: pszenica arable land: wheat	mineralne: 70; 40; 60 mineral: 70; 40; 60

cd. tab. 1

1	2	3	4
Pałecznica (Pieczonogi)	10 – studzienka piezometryczna	użytek zielony: łąka po nawożeniu małymi dawkami obornika	naturalne obornik: 10 t ha ⁻¹ co 3 lata. natural dung: 10 t ha ⁻¹ every 3 years.
	10 – piezometric well	grassland: meadow after fertilisation with small doses of manure	prosimo o przeleczenie dawki obornika na dawki NPK kg·ha ⁻¹ , tak jak wyżej
Golecza (Wielkanoc)	11 – rów melioracyjny	grunty orne: zboża, bez warzyw	mineralne/naturalne: 40–90; 20–50; 40–80
	11 – reclamation ditch	arable land: cereals, without vegetables	mineral/ organic: 40–90; 20–50; 40–80
Koszyce (Koszyce)	12 – źródło krasowe	wyciek ze skał wapiennych, teren zakrzaczony	
	12 – karst spring	outflow from limestones, bushy area	
Koszyce (Koszyce)	13 – rzeka Szreniawa	wysoki udział gruntów ornych: okopowe, warzywa przemysłowe, zboża	mineralne/naturalne: 20–140; 20–90; 40–130
	13 – the Szreniawa River	high proportion of arable land: root crops, industrial vegetables, cereals	oraz zanieczyszczenia ze źródeł punktowych – dopływy z miejsc składowania nawozów naturalnych, a także często pochodzenia bytowego mineral/organic: 20–140; 20–90; 40–130 and point source pollution – inflow from places of manure storage facilities and often from domestic sewage

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.



Rys. 2. Średnie roczne stężenie: a) N-NO₃ na tle wartości granicznej (11,3 mg N-NO₃·dm⁻³), powyżej której wody uznaje się za zanieczyszczone azotanami, b) N-NH₄, c) P-PO₄ w wodzie z punktów poboru w gminach; 1–13 – punkty poboru próbek wg tabeli 1.; źródło: opracowanie własne

Fig. 2. Annual mean concentration of a) N-NO₃ in water against a threshold value of 11.3 mg N-NO₃·dm⁻³ above which waters are considered polluted by nitrates, b) N-NH₄, c) P-PO₄ in communes; 1–13 sampling sites as in Table 1; source: own elaboration

Zakres średniego stężenia P-PO₄ był zbliżony do zakresu stężenia N-NH₄ i wynosił 0,06–0,50 mg·dm⁻³ (rys. 2c). Najmniejsze stężenia – od 0,06 do 0,10 mg PO₄·dm⁻³ – stwierdzono w wodzie źródłanej, w rowach melioracyjnych i w płytkiej wodzie gruntowej pod warzywami w gminie Proszowice. Zdecydowanie największe – 0,50 mg PO₄·dm⁻³ wystąpiło w wodzie spod uprawy pietruszki (punkt 1), a z drenu w tym samym gospodarstwie (punkt 3) było o połowę mniejsze, porównywalne ze stężeniem w wodzie rzeki Szreniawa (0,29 mg·dm⁻³).

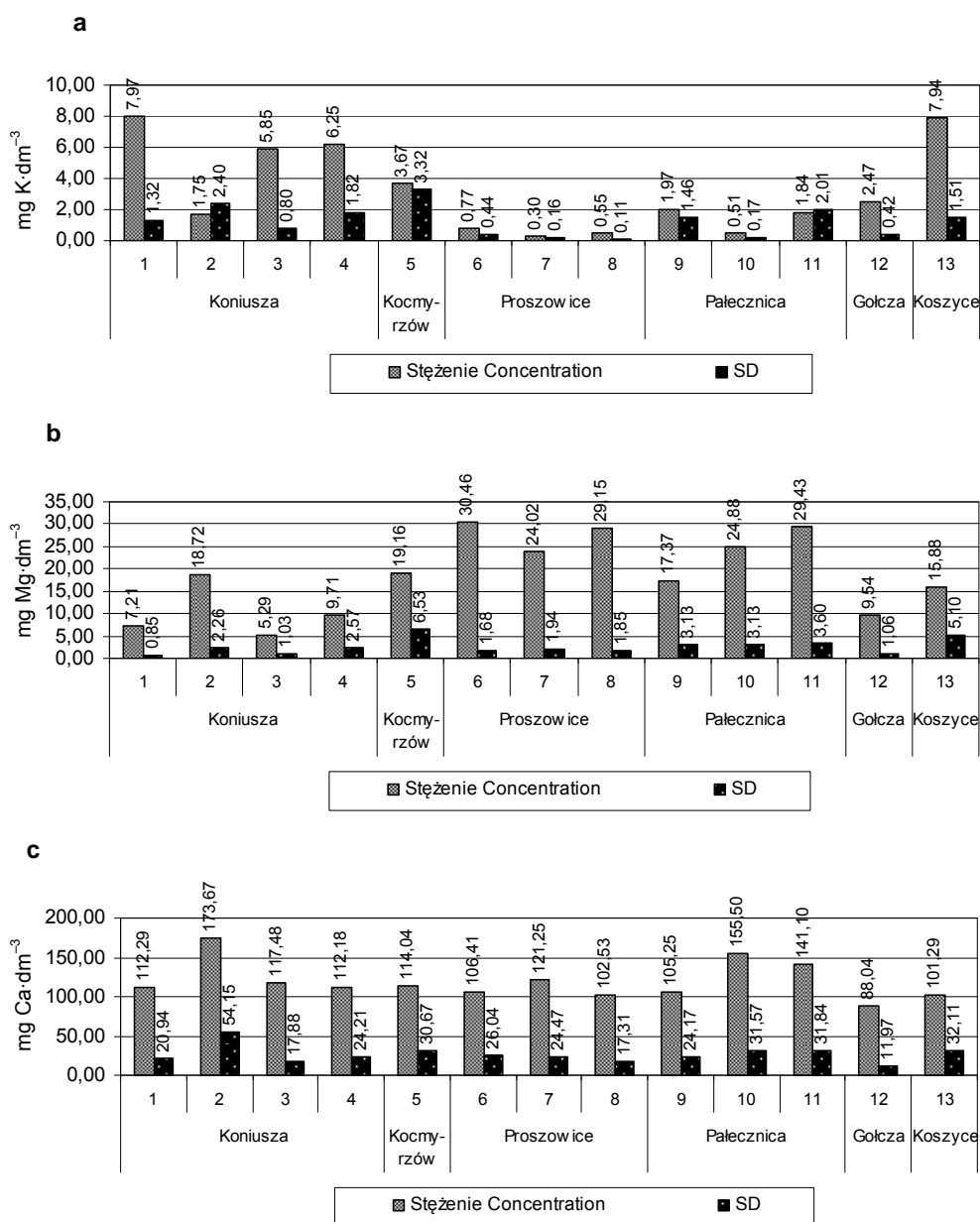
Stężenie potasu w badanych wodach wynosiło od 0,30 do 7,97 mg·dm⁻³ (rys. 3a). W gospodarstwach na terenie gminy Koniusza i Kocmyrzów pod uprawami warzywnymi i w rowach melioracyjnych było największe (od 3,67 do 7,97 mg K·dm⁻³), a w gminie Proszowice – najmniejsze (0,55–0,77 mg K·dm⁻³). W studzienkach zainstalowanych na łąkach wartości te wynosiły 0,51 i 1,75 mg K·dm⁻³. Woda rzeki Szreniawa charakteryzowała się dużym stężeniem tego składnika – 7,94 mg K·dm⁻³, a źródłana – ok. 3 razy mniejszym.

Średnie roczne stężenie magnezu (rys. 3b) w badanych wodach z gospodarstw położonych w gminie Kocmyrzów, Proszowice i Pałecznicza utrzymywało się najczęściej na większym poziomie (17,37–30,46 mg Mg·dm⁻³) niż w gminie Koniusza (5,29–18,72 mg Mg·dm⁻³). Największą koncentrację tego składnika stwierdzono w wodzie pod uprawą selera (punkt 6) oraz w rowie melioracyjnym biegnącym przez to gospodarstwo (punkt 8), a także w rejonie uprawy zbóż (ok. 29–30 mg Mg·dm⁻³ (punkt 11)). W wodzie źródłanej wskaźnik ten był mniejszy i wynosił 9,54 mg Mg·dm⁻³, natomiast w Szreniawie wartość jego była o około połowę mniejsza od największej stwierdzonej na obszarze badań.

Stężenie wapnia w badanych wodach było duże (rys. 3c) i najczęściej wynosiło ok. 102–121 mg Ca·dm⁻³ (8 punktów poboru, głównie w gminach Koniusza, Kocmyrzów, Proszowice). W kilku punktach (2, 10 i 11) było znacznie większe – ok. 141–173 mg Ca·dm⁻³. Najmniejsze stężenie tego składnika (88,04 mg·dm⁻³) zanotowano w wodzie źródłanej, a w rzece Szreniawa – nieco większe (101,28 mg Ca·dm⁻³).

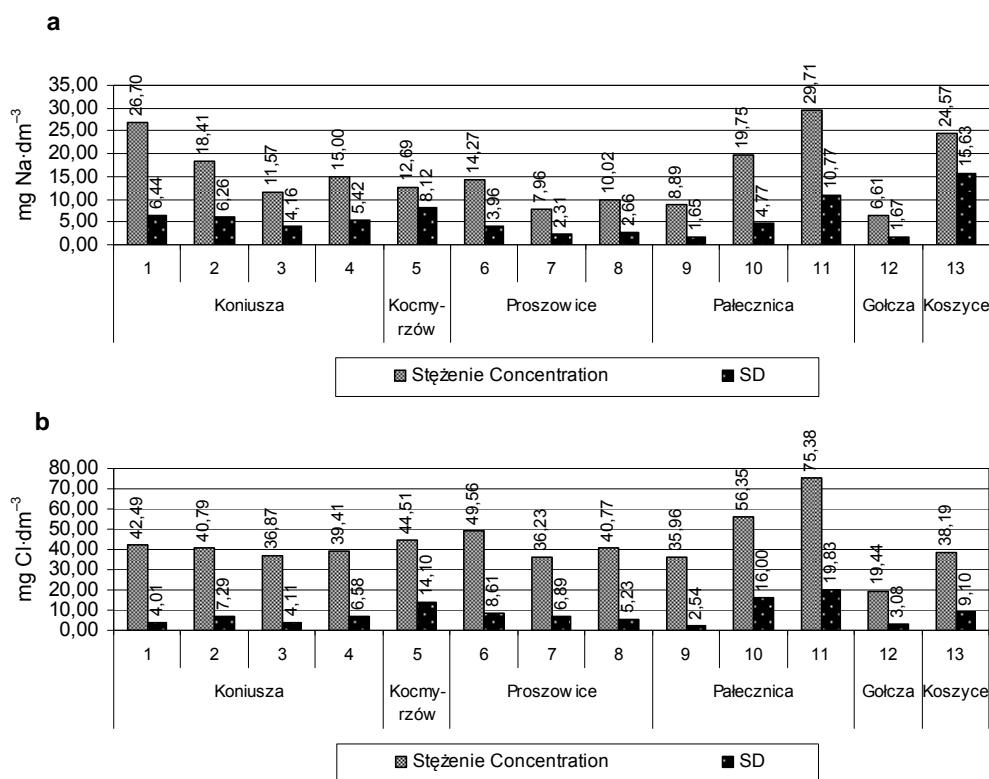
Stężenie sodu w dwóch punktach poboru (1 i 11) było duże i wynosiło odpowiednio 26,70 i 29,71 mg Na·dm⁻³ (rys. 4a). W większości pozostałych punktów poboru mieściło się ono w przedziale ok. 10–18 mg Na·dm⁻³, przy czym wartościami na poziomie ok. 10 mg·dm⁻³ cechowała się woda z drenu (punkt 3) i jednego rowu melioracyjnego (punkt 8) na terenie upraw warzyw. Najmniejsze stężenie Na wystąpiło w źródle krasowym (6,61 mg·dm⁻³).

Zakres stężenia chloru był duży (rys. 3b). Wynosiło ono od 19,44 (woda źródłana, punkt 12) do 75,38 mg Cl·dm⁻³ (woda z rowu melioracyjnego na terenie uprawy zbóż w punkcie 11). W wodzie rzeki Szreniawa stężenie Cl było ok. dwukrotnie większe (38,19 mg Na·dm⁻³) niż w źródłanej. W pozostałych punktach poboru stężenie Cl wynosiło najczęściej 35,96–56,35 mg Cl·dm⁻³.



Rys. 3. Średnie roczne stężenie a) K, b) Mg i c) Ca w wodzie z punktów poboru w gminach; objaśnienia jak pod rysunkiem 2.; źródło: opracowanie własne

Fig. 3. Annual mean concentration of a) K, b) Mg and c) Ca in water from sampling sites in communes; explanations as in Fig. 2; source: own elaboration



Rys. 4. Średnie roczne stężenie a) Na i b) Cl w wodzie z punktów poboru w gminach; objaśnienia, jak pod rysunkiem 2; źródło: opracowanie własne

Fig. 4. Annual mean concentration of Na (a) and Cl (b) in water from sampling sites in communes; explanations as in Fig. 2; source: own elaboration

DYSKUSJA WYNIKÓW

Przeprowadzone badania umożliwiły określenie jakości środowiska wodnego na lessowych rolniczych obszarach Małopolski, cechujących się intensywną gospodarką rolną, z różnym sposobem użytkowania gruntów rolnych. Już na podstawie wstępnych badań stwierdzono znaczne zróżnicowanie zawartości niektórych składników chemicznych, zwłaszcza dostarczanych z nawozami, w wodach spod różnych upraw polowych.

Najbardziej stabilny spośród omawianych wskaźników w rozpatrywanych 13 punktach poboru okazał się odczyn wód. Wykazywał on cechy obojętnego i był kształtowany zasadowym charakterem podłoża glebowego (Jura Krakowsko-Częstochowska). Świadczą o tym mało zróżnicowane wartości pH pobieranych próbek wody (7,37–7,83), pochodzących spod różnych upraw polowych.

Ze składników o charakterze biogenym, największym zróżnicowaniem średniego stężenia w wodach cechował się N-NO₃. Największe stężenie – od 11,04 do nawet 22,12 mg N-NO₃·dm⁻³ – występowało w wodach związanych z intensywnymi uprawami warzyw. Wody te wykazywały cechy zanieczyszczonych azotanami ze źródeł rolniczych (stężenie N-NO₃ > 11,3 mg·dm⁻³). Najprawdopodobniej jest to powodowane mechaniczną uprawą gleby, która sprzyja mineralizacji materii organicznej i uwalnianiu mineralnych związków azotu, zwłaszcza w okresie wczesnowiosennym, przed ruszeniem wegetacji roślin [SMOROŃ 2009]. Niezależnie od tego, warzywa – ze względu na płytkie systemy korzeniowe i stosunkowo duże odległości między rosnącymi roślinami, a ponadto brak okrywy roślinnej przez około 5 miesięcy w roku na terenie ich upraw – w mniejszym stopniu wykorzystują składniki ze stosowanych nawozów [HARTZ 2006], co powoduje wymywanie większych ilości tych składników z profilu glebowego do płytkich wód podziemnych.

Jakość wody pod łąkami i polem z uprawą pszenicy ozimej, cechującej się dłuższym okresem wegetacji, oraz wody źródła krasowego była znacznie lepsza. Stężenie N-NO₃ było kilkakrotnie mniejsze niż w przypadku intensywnych upraw warzywnych (2,84–5,32 mg·dm⁻³). Podobne zróżnicowanie stężenia tego składnika w wodach infiltrujących w warunkach lizymetrycznych spod upraw polowych z uprawą mechaniczną gleby i trwale zadarnionych stwierdzono w badaniach KAJAKA [1984], SAPKA [1996] oraz SMORONIA i in. [1966]. W wodach powierzchniowych, płynących rowami melioracyjnymi i rzeką Szreniawa, stężenie tego składnika było wysokie i wynosiło więcej niż 5,0 mg·dm⁻³.

Podobnie jak w przypadku N-NO₃, stężenie N-NH₄ najczęściej było większe w wodzie pod uprawami warzyw – sięgało nawet 0,52 mg N-NH₄·dm⁻³. W wodzie rowów melioracyjnych było mniejsze, co najprawdopodobniej jest wynikiem silnej sorpcji tego składnika w glebie i procesu nityfikacji [KOC i in. 1996; SAPEK 1996]. Najczystsza pod tym względem była woda ze źródła krasowego i spod łąk (do 0,13 mg N-NH₄·dm⁻³). W wodzie rzeki Szreniawa stężenie tego składnika było ok. 3 razy większe.

Stężenie P-PO₄ w wodach z terenów uprawnych, gdzie stosowano fosfor z nawożeniem mineralnym, było zbliżone do stężenia N-NH₄ i mieściło się najczęściej w granicach 0,06–0,25 mg P-PO₄·dm⁻³. W wodzie rzeki Szreniawa utrzymywało się na nieco wyższym poziomie (0,29 mg·dm⁻³), przy bardzo dużej wartości współczynnika zmienności *SD* – 0,29, a ze źródła krasowego należało do najmniejszych (0,06 mg·dm⁻³).

Stężenie K było najmniejsze w wodach pod nienawożonymi łąkami. Na wyższym poziomie utrzymywało się w niektórych rejonach pod uprawami warzyw nawożonych tym składnikiem. W Szreniawie stężenie K należało do największych, co świadczy o możliwości przenikania do jej wód zanieczyszczeń pochodzenia obszarowego i punktowego z terenu zlewni [TWARDY, SMOROŃ 2011].

Stężenia Ca i Mg, które nie były stosowane z nawozami, były zróżnicowane w poszczególnych punktach poboru, ale jest to najprawdopodobniej uwarunkowane zmienną lokalną zasobnością w te składniki, zwłaszcza w Ca, skały macierzystej, stanowiącej podłoże glebowe.

W przypadku Na i Cl nie jest możliwe jednoznaczne określenie przyczyn zróżnicowania ich stężeń w badanych wodach. W wodzie źródlanej ich stężenia były małe, a w pozostałych punktach poboru prób – zdecydowanie większe, co dowodzi, że sposób użytkowania i zasobność gleby ma wpływ na ich zawartość w płytkich wodach gruntowych i w wodach powierzchniowych. Chlorki, a w mniejszych ilościach również sódy, wchodzi w skład soli potasowej, która była najczęściej stosowana do nawożenia pól uprawnych i to może być przyczyną ich zwiększonej zawartości w wodach gruntowych. Jednak w wodzie spod łąk niewożonych solą potasową stężenia Na i Cl były większe lub zbliżone do stężeń w wodzie pobranej spod intensywnie nawożonych upraw warzywnych.

WNIOSKI

1. Najwięcej N-NO₃, a także niekiedy N-NH₄, przenikało do płytkich wód gruntowych pod intensywnie nawożonymi warzywami i do rowów melioracyjnych przebiegających przez tereny tych upraw.

2. Z pola nawożonej pszenicy, a także z ekstensywnych łąk przenikało mniej związków azotu, co przejawiało się znacznie lepszą jakością wód głębszych.

3. Nawożenie fosforowe nie wpływało znacząco na jakość wód pod poszczególnymi uprawami polowymi.

4. Pomimo zróżnicowania w poszczególnych punktach poboru, stężenie K oraz składników chemicznych niestosowanych z nawożeniem utrzymywało się na niskim poziomie.

5. Najlepszą jakością cechowała się woda źródła krasowego, jednak stężenie N-NO₃ było tam dość duże i porównywalne z zawartością w wodzie Szreniawy. Tylko w wodzie Szreniawy istnieje możliwość wystąpienia procesu eutrofizacji.

6. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że na obszarach leśnych Małopolski tylko intensywna uprawa warzyw stwarza realne zagrożenie dla jakości wód.

Pracę zrealizowano w ramach działania nr 1.3 programu wieloletniego ITP pt.: „Monitoring skuteczności ograniczania emisji zanieczyszczeń z gospodarstw domowych i źródeł rolniczych do wód powierzchniowych i gruntowych”.

LITERATURA

- BOMBÓWNA M. 1983. Chemical composition of water. W: Stream ecosystems in mountain grassland (West Carpathians). Acta Hydrobiologica. Vol. 24 s. 321–335.
- HARTZ T.K. 2006. Vegetable production best management practices to minimize nutrient loss. Hort Technology. Vol. 16. Num. 3 s. 398–403.
- ILNICKI P. 2004. Polskie rolnictwo a ochrona środowiska. Wyd. I. Poznań. AR. ISBN 83-7160-369-X ss. 485.
- KAJAK Z. 1984. Wpływ rolnictwa na eutrofizację zbiorników wodnych. W: Skład chemiczny wód glebowych i powierzchniowych w warunkach intensywnej produkcji rolniczej. Pr. zbior. Red. H. Kukurenda. Cz. I. Sympozjum Naukowe. 11–12.06.1979. Puławy. Wydaw. IUNG s. 94–110.
- KOC J., CIEĆKO C., JANICKA R., ROCHWERGER A. 1996. Czynniki kształtujące poziom mineralnych form azotu w wodach obszarów rolniczych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 440. s. 177–183.
- KOSZELNIK P., BARTOSZEK L. 2011. Spływy powierzchniowe związków biogenych ze zlewni dwóch dopływów zbiornika Solina o różnym stopniu zagospodarowania zlewni. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska. Z. 58. Nr 4 s. 99–106.
- NEETESON J.J., CARTON O.T. 2001. The environmental impact of nitrogen in field vegetable production [online]. Acta Horticulturae 563 s. 21–28. [Dostęp 29.07.2014]. Dostępny w Internecie: <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/315671>
- NETT L. 2012. N use efficiency in field vegetable production systems – Catch crop strategies and fertilization history effects on organic fertilizer turnover [online]. Humboldt Universität zu Berlin. Praca doktorska. ss. 105. [Dostęp 29.07.2014]. Dostępny w Internecie: <http://edoc.hu-berlin.de/docviews/abstract.php?id=39146>
- PAWLIK-DOBROWOLSKI J. 1990. Źródła substancji chemicznych w zlewni, ich klasyfikacja i metody obliczania. Materiały Seminaryjne IMUZ. Nr 26. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 7–15.
- PIETRZAK S., WESOŁOWSKI P., BRYŚIEWICZ A., DUBIL M., 2013. Chemizm polowego spływu powierzchniowego na tle uwarunkowań agrotechnicznych, w wybranym gospodarstwie w województwie zachodniopomorskim. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie T. 13. Z. 3 (43) s. 115–129.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. Dz.U. 2002. Nr 241 poz. 2093.
- SAPEK A. 1996. Zagrożenie zanieczyszczenia wód azotem w wyniku działalności rolniczej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 440 s. 309–329.
- SAPEK B. 1995. Wymywanie azotanów oraz zakwaszenie gleby i wód gruntowych w aspekcie działalności rolniczej. Materiały Informacyjne. Nr 30. Falenty. Wydaw. IMUZ. ISSN 08060-1410 ss. 31.
- SMOROŃ 2009. Wpływ upraw polowych i użytków zielonych na jakość wód w południowych rejonach Polski. W: Badania chemiczne w służbie rolnictwa i ochrony środowiska. Pr. zbior. Red. B. Sapek. Zeszyty Edukacyjne. Nr 12. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 151–160.
- SMOROŃ S. 2012. Zagrożenie erozją wód powierzchniowych wyżyn lessowych Małopolski. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 12. Z. 1 (37) s. 181–191.
- SMOROŃ S., KOPEĆ S., MISZTAŁ A. 1996. Dynamika azotanów w wodach infiltrujących przy różnych uprawach rolniczych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 440 s. 365–374.
- SMOROŃ S., KOWALCZYK A., KOSTUCH M. 2009. Użytkowanie gruntów zlewni Szreniawy w kontekście ochrony gleby i wody w latach 1995-2005. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 9. Z. 3 (27) s. 167–179.

- SMOROŃ S., KUŹNIAR A., KOWALCZYK A. 2011. The Loads of Chemical Components (NPK) in the Proszowice Plateau (the Given Example Being of the Szreniawa Catchment). Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 20. No 4A s. 312–316.
- SZMIGIEL A., KOŁODZIEJCZYK M. 2004. Wybrane wskaźniki efektywności nawożenia ziemniaka. Annales UMCS. Sec. E. Vol. 59. Nr 3 s. 1445–1453.
- TWARDY S., SMOROŃ S. 2011. Wpływ obornika owczego składowanego na zadarnionym stoku górskim na jakość wód spływających. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T.11. Z. 2 (34) s. 167–179.
- WITEK T., GÓRSKI T., KERN H., ŻUKOWSKI B., BUDZYŃSKA K., FILIPIAK K., FIUT M., STRZELEC J. 1994. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin. Supl. A-57. Pr. zbior. Red. T. Witek. Puławy. Wydaw. IUNG ss. 248.
- ZUPANC V., STURM M., LOJEN S., MARSIC-KACJAN N., ADU-GYAMFI J., BRACIC-ZELEZNIK B., URBANC J., PINTAR M. 2011. Nitrate leaching under vegetable field above a shallow aquifer in Slovenia. Agriculture, Ecosystems and Environment. Vol. 144 (1) s. 167–174.

Sylwester SMOROŃ, Stefan PIETRZAK

**PRELIMINARY RECOGNITION OF GROUND AND SURFACE WATER QUALITY
IN VARIOUSLY USED AGRICULTURAL AREAS
IN THE SZRENIAWA RIVER CATCHMENT**

Key words: nutrients, concentration of components, water, threat of nitrates

S u m m a r y

Studies of aquatic environment in agricultural loess areas located in the Szreniawa River catchment of the Małopolska region were conducted to define the impact of various agricultural land use on surface and ground water quality. Samples of shallow ground waters from under intensive cultivation of vegetables, cereals, unfertilized or weakly fertilized with manure meadows, from drains and drainage ditches were taken monthly in selected farms. For comparison, water samples from the karst spring and the Szreniawa River at its outflow to the Vistula River were also collected. Concentrations of N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄, K, Mg, Ca, Na, and Cl in water samples were measured with methods used in ITP. Based on chemical analyses of water samples collected from April 2012 till March 2013 it was found that only intensive cultivation of vegetables on loess areas of the Małopolska region posed a real threat for water quality. Contribution of N-NO₃ in shallow ground waters under intensively fertilized vegetables and in adjoining field drain were very high (up to 22.12 mg·dm⁻³). In the case of other field crops, concentrations of analysed components were substantially lower, and the purest water was found under meadows and in the karst spring. The Szreniawa River offered favorable conditions for the eutrophication process.

Adres do korespondencji: dr inż. S. Smoroń, Małopolski Ośrodek Badawczy ITP w Falentach, ul. Ułanów 21b, 31-450 Kraków; tel. +48 12 412-52-08, e-mail: S.Smoron@itp.edu.pl