



Seasonal migration of soil water in the stagnation of vegetation period and evaluation of its suitability for consumption

Małgorzata WIDLAK¹, Monika ŁUKAWSKA²

¹ Politechnika Świętokrzyska, Katedra Inżynierii i Ochrony Środowiska, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, tel.: 41 34 24 807 fax 41 34 24 535, e-mail: mwidlak@tu.kielce.pl

² Politechnika Świętokrzyska, Katedra Inżynierii i Ochrony Środowiska, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, tel.: 72 44 11 520, e-mail: monikalukawska@interia.pl

Abstract

The article contains the characteristics of the soil water forms and discussion of the groundwater role as well as leaching process of biogenic elements from the soil. In the soil and water of studied areas the concentrations of N-NO₃⁻, P-PO₄³⁻, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ and pH were determined. The tested soil samples were collected in the autumn of 2012. and in the spring of 2013., water samples in the spring of 2013., thus in a period of plants vegetative stagnation. Water was collected from dug wells located in the immediate vicinity of the arable land from the developed and undeveloped sources. On the basis of the results it is advisable to extend the study of soil water from usable water intakes in order to ensure the water quality intended for human consumption.

Keywords: soil water, water movement in the soil, macroelement, leaching, pH of water and soil, parameters of drinking water

Streszczenie

Sezonowa migracja wody glebowej w okresie stagnacji wegetacyjnej i ocena jej przydatności do spożycia

Artykuł zawiera charakterystykę form wody glebowej z omówieniem roli wody gruntowej oraz procesu wymywania pierwiastków biogennych z gleby. W glebie i wodzie badanych rejonów oznaczono stężenia N-NO₃⁻, P-PO₄³⁻, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ oraz odczyn. Badane próbki gleby pobierane były jesienią 2012r. i wiosną 2013r., próbki wody wiosną 2013r., czyli w okresie stagnacji wegetacyjnej roślin. Wodę pobierano ze studni kopanych zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie gruntów ornych ze źródeł zagospodarowanych i niezagospodarowanych. Na podstawie uzyskanych wyników wskazane jest rozszerzenie badań wody glebowej z ujęć użytkowych, w celu zapewnienia jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

Słowa kluczowe: woda glebowa, ruch wody w glebie, makroelementy, wymywanie, pH wody i gleby, parametry wody pitnej

1. Wprowadzenie

1.1. Woda w glebie

Woda w przyrodzie jest w ciągłym ruchu w ramach tzw. cyklu hydrologicznego, co m.in. wywołane jest przez szereg czynników w tym przez opady atmosferyczne, powierzchniowy i gruntowy odpływ do różnych cieków i zbiorników oraz parowanie [1]. Pewna ilość wód pochodzących z opadów atmosferycznych wsiąka w glebę, częściowo zostaje zatrzymana i przenika głębiej, zasilając wody gruntowe. Ruch wody glebowej zależy od składu mechanicznego gleby (uziarnienia) i od zawartości w niej próchnicy [2]. Woda glebowa ma istotny wpływ na życie roślin, bierze udział we wszystkich procesach, zachodzących w glebie. Rośliny wykorzystują wodę w procesach fizjologicznych, a także pobierają rozpuszczone w roztworze glebowym składniki pokarmowe. Czynniki takie jak: klimat, rzeźba terenu, budowa gleby, warunki hydrogeologiczne, sposób użytkowania wpływają, na jakość oraz ilość wody w glebie [3]. Jednak opady nie miałyby większego znaczenia dla wzrostu i

rozwoju roślin, gdyby gleba nie miała zdolności do magazynowania pewnej ilości wody na okresy bezdeszczowe. Znaczne ilości wody dostają się także do gleby w wyniku podsiąkania kapilarnego z głębszych warstw, a także z poziomego przesiąkania ze zbiorników wodnych. Woda glebowa, w stosunku do połowej pojemności wodnej gleby, tylko w niewielkim stopniu ulega przemieszczeniu pod wpływem siły ciężenia, różnicy potencjałów uwilgotnienia, temperatury i stężeń glebowych składników chemicznych rozpuszczonych lub rozpuszczalnych w wodzie. Po przekroczeniu połowej pojemności przemieszcza się ona w głąb profilu glebowego do wód gruntowych, natomiast w przypadku obniżania się wilgotności w wierzchniej, najczęściej w korzeniowej strefie profilu glebowego, woda do pewnego stopnia może podsiąkać ku powierzchni terenu, głównie przy pomocy sił panujących w kapilarach włoskowatych, wyrównywania napięcia powierzchniowego wody błonkowej lub w postaci pary wodnej [4].

Woda w glebie występuje w postaci:

1. wody krystalicznej (woda związana chemicznie z minerałami glebowymi),
2. woda w postaci pary, występuje w powietrzu glebowym,
3. woda higroskopijna i błonkowa związana siłami molekularnymi z cząsteczkami gleby,
4. woda kapilarna, występuje w kapilarach glebowych, utrzymywana siłami kapilarnymi i może poruszać się we wszystkich kierunkach,
5. woda wolna, grawitacyjna porusza się pod wpływem siły ciężkości, które przewyższają siły molekularne i kapilarne. Źródłem tej wody są opady atmosferyczne infiltrujące przez powierzchnie gleby. Woda ta zapewnia większe, niekapilarne przestrzenie gleby,
6. woda gruntowa wypełnia wszystkie pory w glebie i tworzy pierwsze zwierciadło wody. Ruch wody gruntowej odbywa się pod wpływem sił grawitacji od miejsc o wyższym poziomie zwierciadła wody gruntowej do miejsc o niższym poziomie zwierciadła wody gruntowej.

1.2. Woda gruntowa

Życie na Ziemi zależy w równym stopniu od wód podziemnych i powierzchniowych. Część infiltrujących opadów tworzy wody gruntowe. Podczas przenikania w głąb gleby, woda zostaje zatrzymywana przez warstwę nieprzepuszczalną i tworzy płytko zalegającą wodę podziemną [5]. Warstwy geologiczne zachowują się różnie w stosunku do wody opadowej przesiąkającej w naturalny sposób w głąb ziemi. Niektóre warstwy przepuszczają wodę (gleba, piaski, żwiry, niektóre ropy itd.), a inne nie (masywne skały, gliny itd.). To dzięki pierwszej warstwie nieprzepuszczalnej, znajdującej się na głębokości około 25 m, gromadzą się na jej powierzchni wody gruntowe, które można czerpać ze studni. Wody gruntowe są bardzo młode, bo są ciągle zasilane opadami atmosferycznymi. [6]. Wiele zanieczyszczeń znajdujących się w wodach powierzchniowych, które nie zostaną z nich usunięte, czy to przy udziale człowieka czy dzięki biodegradacji, może stać się zanieczyszczeniami wód podziemnych. Dzieje się tak dzięki procesowi naturalnego przesiąkania wód do głębszych warstw gleby gdzie może dojść do spotkania się z wodami gruntowymi. Do wód gruntowych mogą przedostawać się zanieczyszczenia przemysłowe, komunalne, zanieczyszczenia rolnicze zarówno ze stosowanych nawozów jak i środków ochrony roślin, kompostami stosowanymi do celów nawozowych, z osadami ściekowymi oraz ze spływami z dróg. Zanieczyszczenia jakie pojawiają się w glebie to w większości wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Przedostające się do wód gruntowych azotany i fosforany mogą pochodzić z nawozów sztucznych. Natomiast stosowane pestycydy mogą dostarczać wielu bardzo szkodliwych i trudnych do usunięcia zanieczyszczeń [7,8].

Wody gruntowe posiadają zdolność samooczyszczania się, niemniej proces ten uzależniony jest od wielu czynników, głównie od stopnia odizolowania od powierzchni terenu warstwą utworów geologicznych - całkowicie nieprzepuszczalnych (np. gliny, ropy) lub przynajmniej słabo przepuszczalnych (np. piaski gliniaste). Inne czynniki wpływające na proces samooczyszczania się wód gruntowych to: głębokość zalegania tych wód, lokalizacja źródeł zanieczyszczeń oraz sposób użytkowania terenu. Szczególny wpływ, na jakość wód gruntowych ma zły stan lub całkowity brak infrastruktury wodno-kanalizacyjnej. Najsilniej na degradację wód podziemnych narażone są przypowierzchniowe warstwy wód gruntowych, których zwierciadło występuje na głębokości mniejszej niż 5m.

1.2. Wykorzystanie wód podziemnych

Duże ośrodki miejskie posiadają najczęściej systemy zaopatrzenia w wodę zasilane wodami powierzchniowymi. Wody podziemne wykorzystywane są do zaopatrzenia ludności, przeważnie na terenach wiejskich i małych miast. Wody do celów pitnych pozyskiwane są ze studni i źródeł. Istnieje kilka rodzajów studni i w zależności od możliwości pozyskania możemy mówić o studni kopanej, w której ujmowana jest woda zaskórna lub gruntowa o zasięgu zaledwie kilka metrów, z uwagi na to, woda jest najczęściej zanieczyszczona i jej picie nie jest wskazane. Studnie głębinowe zwane też wierconymi mogą sięgać ponad 30 m w głąb ziemi, dzięki czemu może dostarczać wodę z głębszych, mniej narażonych na zanieczyszczenie warstw wodonośnych.

Wszystkie wody wykorzystywane do celów pitnych powinny być poddawane procesom uzdatniania, polegającym na dostosowaniu ich właściwości i składu do wymagań wynikających z ich przeznaczenia. Wody podziemne w Polsce posiadają na ogół dobre właściwości fizykochemiczne. Stan jakościowy wody określają wskaźniki fizyczne, chemiczne oraz biologiczne [9,10].

1.3. Wymywanie składników biogennych z gleb

Mikropierwiastki glebowe odgrywają znaczącą rolę w kształtowaniu żyzności gleby, co jest niezbędne dla rozwoju roślin. W glebie występują one w dużych ilościach i w dużych ilościach pobierane są przez rośliny. Wymywanie składników biogennych z terenów rolniczych do wód spowodowane jest wieloma czynnikami takimi jak: opady atmosferyczne, ukształtowanie terenu, żyzność gleby i sposób jej użytkowania [11]. W okresie wegetacji upraw ryzyko wymywania jest niewielkie ponieważ rośliny pobierają je z gleby. Nasilenie zjawiska rozpoczyna się wczesną jesienią, po zbiorze plonów i trawa przez cały okres zimowy aż do rozpoczęcia sezonu wegetacyjnego. Wymywanie występuje w ściśle określonych warunkach glebowych. Fosfor w przeciwieństwie do azotu jest pierwiastkiem słabo przemieszczającym się w glebie i najłatwiej wymywany jest z gleb o odczynie $\text{pH} = 6 - 7$. Azot w postaci amonowej jest bardzo mobilny i podatny na wymywanie podobnie jak wapń, magnez i potas. Kumulacja związków biogennych w glebach prowadzi do ich przemieszczania w głąb profilu glebowego, co powoduje zanieczyszczenie warstw wodonośnych [12,13].

2. Metodyka badań

Celem pracy była ocena przydatności wody do celów pitnych w oparciu o porównanie wyników obejmujących pH oraz skład chemiczny wody i gleby w zakresie form przyswajalnych pierwiastków azotu, fosforu, potasu, magnezu i wapnia. Badaniom poddano glebę i wodę w okresie stagnacji wegetacyjnej, na przykładzie wybranych regionów województwa świętokrzyskiego.

Obszar województwa świętokrzyskiego ma silnie zróżnicowane warunki glebowe, ze względu na budowę geologiczną, rzeźbę terenu, stosunki wodne oraz warunki klimatyczne. Na terenie województwa świętokrzyskiego przeważają gleby zakwaszone. Udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych w największym stopniu występuje w powiatach: skarżyskim, koneckim, włoszczowskim, gdzie przeważają gleby bielcowe. Na kwasowość gleb wpływają również czynniki antropogeniczne: melioracje terenów, regulacja cieków wodnych, zmiany struktury wykorzystania gruntów, ilość wprowadzonych zanieczyszczeń do wód i ziemi, urbanizacja i związany z nią przyrost powierzchni trudno przepuszczalnej. Oddziaływania antropogeniczne dotyczą przemysłu hutniczego, ceramicznego, energetycznego i materiałów budowlanych zlokalizowanego w północnozachodniej i południowo zachodniej części województwa [14].

Tabela 2.1. Kryteria kwasowości gleb [1]

bardzo kwaśna	kwaśna	lekko kwaśna
$\text{pH} < 4,5$	$\text{pH} 4,5 - 5,5$	$\text{pH} 5,5 - 6,5$

Próby wody zostały pobrane ze zróżnicowanych pod względem kwasowości terenów województwa świętokrzyskiego: gleb lekko kwaśnych, kwaśnych i bardzo kwaśnych (tab.2.2; rys.2.1). Glebę pobrano z warstwy ornej, bezpośrednio po zbiorach letnich i wczesną wiosną przed nawożeniem wiosennym. Próbkę

wody pobrano z zagospodarowanych i niezagospodarowanych ujęć wody, w niewielkim oddaleniu od obszarów rolnych, w tym samym czasie co wiosenne próbki gleby. Ujęcia takie, często, nie są objęte badaniami z zakresu przydatności wody do spożycia, mogą one zawierać szkodliwe dla człowieka zanieczyszczenia. Wody ze studni kopanych są szczególnie narażone na związki azotu i fosforu. Jesienne i wiosenne pobranie próbek gleby oraz wiosenne próbek wody, dało możliwość porównania pH i zawartości pierwiastków: K, Mg, Ca, P, N po swobodnym przemieszczeniu wody w gruncie w okresie stagnacji wegetacyjnej. Miejsca pobierania próbek wody dobrano tak, aby były one zlokalizowane w obszarze różnych typów gleb. Rejony pobierania prób to ziemie: brunatne, rdzawe, bielcowe i mady rzeczne [14].

Oznaczenie pH gleby wykonano metodą potencjometryczną w 1n KCl, oznaczenie pH wody również wykonano potencjometryczne na pehametrze Mettler Toledo typ S220-Kit. Formy przyswajalne pierwiastków oznaczono w wyciągu po ekstrakcji 0,01 molowym kwasem octowym na chromatografie jonowym z detektorem konduktometrycznym METROHM.

Tabela 2.2. Punkty poboru prób wody i gleby do badań w województwie świętokrzyskim

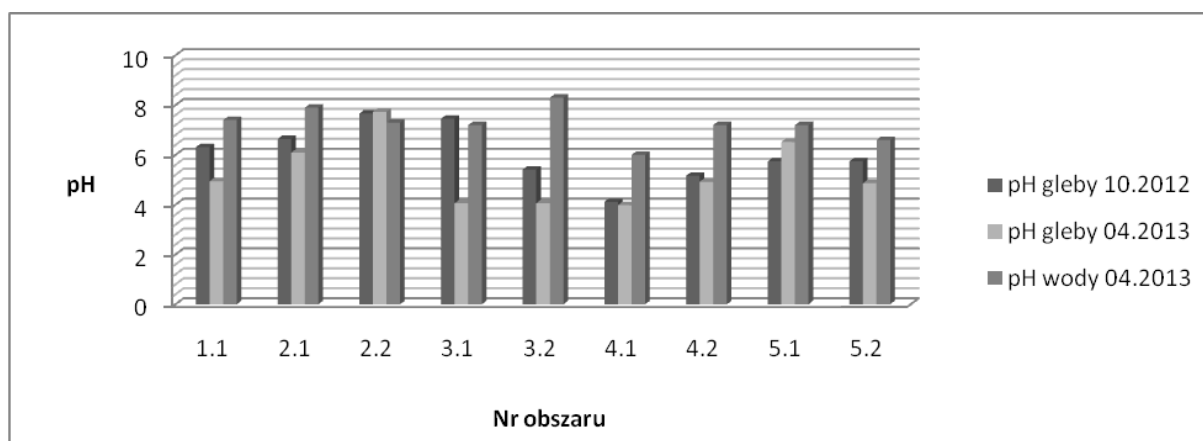
Nr rejonu poboru próby	Powiat	Gmina	Nr obszaru próby	Miejscowość	Rodzaj ujęcia wody	Rodzaj kwasowości gleb w regionie
1	Ostrowiec	Ćmielów	1.1	Buszkowice	Źródło użytkowane niezagospodarowane	lekko kwaśna
2	Ostrowiec	Bodzechów	2.1	Chmielów	Źródło użytkowane sezonowo, niezagospodarowane	lekko kwaśna
			2.2	Goździelin	Źródło użytkowane okresowo, zagospodarowane	lekko kwaśna
3	Opatów	Sadowie	3.1	Zochcin	Źródło użytkowane zagospodarowane	lekko kwaśna
			3.2	Łężyce	Studnia użytkowana okresowo, zagospodarowana	kwaśna
4	Kielce	Górno	4.1	Wola Jachowa	Studnia użytkowana zagospodarowana	kwaśna
			4.2	Bęczków	Studnia użytkowana zagospodarowana	bardzo kwaśna
5	Końskie	Fałków	5.1	Sulborowice	Studnia użytkowana zagospodarowana	bardzo kwaśna
			5.2	Turowice	Studnia użytkowana okresowo, zagospodarowana	bardzo kwaśna

Wybrane miejsca poboru prób wody charakteryzują się lekko kwaśnym, kwaśnym oraz bardzo kwaśnym odczynem gleby.

Województwo Świętokrzyskie



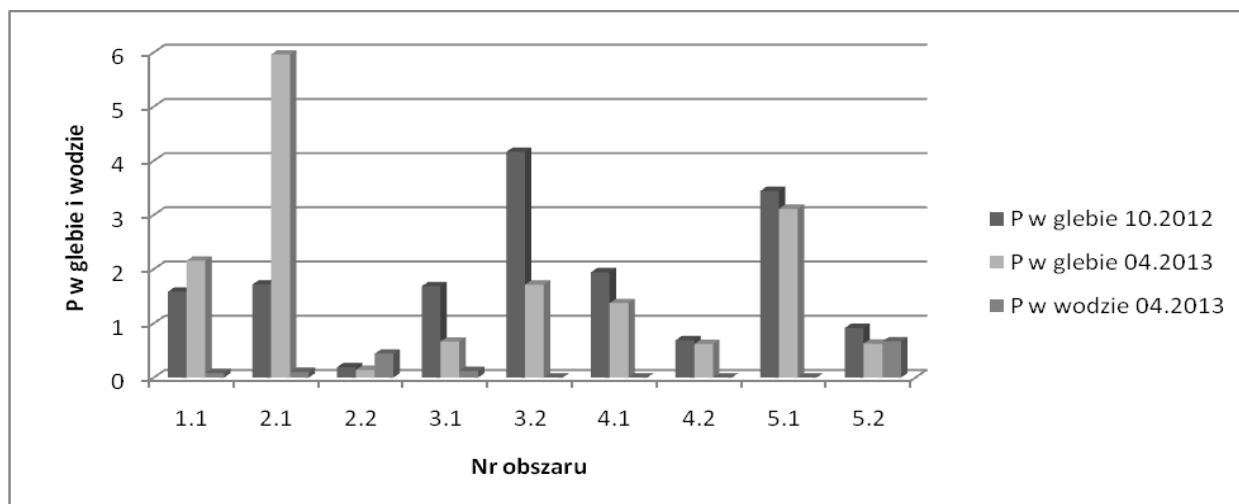
Rys. 2.1. Punkty poboru prób wody i gleby (Mapa odczynu gleb w warstwie orno-próchnicznej na terenie województwa świętokrzyskiego – Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Puławy 2001)



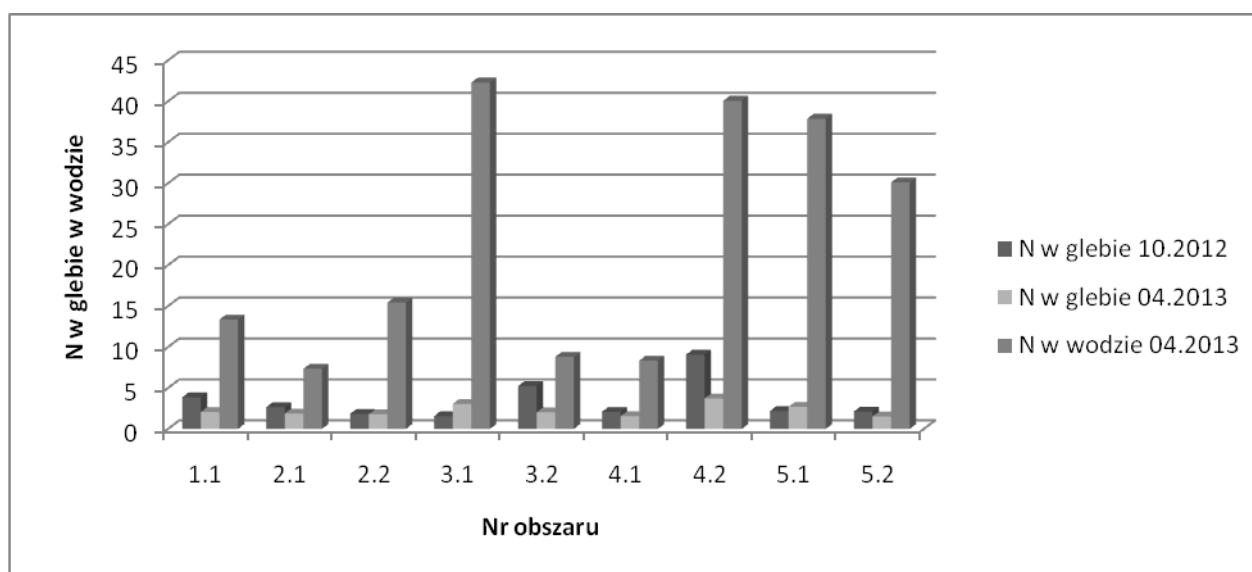
Rys. 2.2. Wartości pH gleby i pH wody w okresie stagnacji wegetacyjnej roślin

Rysunek 2.2 przedstawia wartości pH gleby w sezonie jesiennym i wiosną oraz pH wody pobranej do badań wiosną po zimowym okresie stagnacji wegetacyjnej roślin, przed nawożeniem gleby. Wodę do badań pobierano ze źródeł zagospodarowanych tzn. zabudowanych w postaci żurawia studziennego lub studni z kołowrotem i źródeł niezagospodarowanych oraz studni z wodą gruntową.

Wymienione miejscowości leżą na obszarach wiejskich i pomimo dostępu mieszkańców do sieci wodociągowej, wyżej wymienione ujęcia wody są w ciągłym użytkowaniu do celów konsumpcyjnych i gospodarczych. W przypadku studni użytkowanych okresowo, dotyczy to wzmożonego zapotrzebowania na wodę, tylko do celów gospodarczych w okresie wiosenno-letnio-jesiennym.



Rys. 2.3. Zawartość azotu azotanowego (V) [mgN-NO₃⁻/dm³] w glebie po jesiennych zbiorach i wiosną oraz w wiosennej wodzie, po stagnacji wegetacyjnej roślin.



Rys. 2.4. Zawartość fosforu fosforanowego (V) [mgP-PO₄³⁻/dm³] w glebie po jesiennych zbiorach i wiosną oraz w wiosennej wodzie, po stagnacji wegetacyjnej roślin.

Tabela 2.3. Wartości średnie, minimalne i maksymalne zawartości potasu [mgK^+/dm^3], magnezu [$\text{mgMg}^{2+}/\text{dm}^3$] i wapnia [$\text{mgCa}^{2+}/\text{dm}^3$] w rejonach badawczych.

Jesień 2012		Wiosna 2013		Wiosna 2013	
Zawartość K w glebie [mg/dm^3]				Zawartość K w wodzie [mg/dm^3]	
Wartość średnia	Wartość min.	Wartość średnia	Wartość min.	Wartość średnia	Wartość min.
3,068	2,121	7,631	3,664	6,826	1,571
	Wartość max.		Wartość max.		Wartość max.
	6,016		17,739		10,332
Zawartość Mg w glebie [mg/dm^3]				Zawartość Mg w wodzie [mg/dm^3]	
Wartość średnia	Wartość min.	Wartość średnia	Wartość min.	Wartość średnia	Wartość min.
8,971	1,163	8,945	1,850	15,889	0,216
	Wartość max.		Wartość max.		Wartość max.
	28,954		18,757		38,385
Zawartość Ca w glebie [mg/dm^3]				Zawartość Ca w wodzie [mg/dm^3]	
Wartość średnia	Wartość min.	Wartość średnia	Wartość min.	Wartość średnia	Wartość min.
85,263	8,403	81,245	18,542	96,982	19,189
	Wartość max.		Wartość max.		Wartość max.
	277,592		309,128		153,126

3. Wyniki i dyskusja

Odczyn gleb w okresie badawczym – jesień 2012, mieścił się w zakresie pH 4,11 – 7,76; wiosną 2013 obejmował wartości od 3,98 – 7,73. Na obszarach badanych, gdzie występują gleby kwaśne, miało miejsce widoczne obniżenie odczynu gleby w okresie wiosennym w stosunku do okresu jesiennego, natomiast pH pozostawało w tym samym przedziale kwasowości lub jednostkowo obniżyło zakres. W dwu przypadkach, gdzie nastąpił wzrost pH, odczyn gleby pozostał w tym samym przedziale kwasowości (Sulborowice wzrost z pH 5,74 do 6,62 – odczyn gleb lekko kwaśnych). Wahanie odczynu gleby spowodowane były użytkowaniem, budową geologiczną podłoża oraz czynnikami antropogenicznymi. Do uzyskania niniejszych wyników przyczyniła się akumulacja opadów atmosferycznych oraz topniejący wiosną śnieg. W przypadku wody pobieranej do badań, wartości pH mieściły się w zakresie 6,00- 8,30. Generalnie we wszystkich rejonach badanych, pH wody w stosunku do pH gleby wzrosło, wyjątek stanowi Goździelin, gdzie pH nieznacznie zmalało z 7,66 do 7,30 (rys.2.2). Odczyn badanej wody występuje w zakresie bardzo dobrej wody pitnej (70% to $\text{pH} \geq 7,2$) tj. pH 6,5 – 9,5. Na obszarze 4.1 gdzie w okresie badawczym gleba miała odczyn bardzo kwaśny, odczyn wody znajdował się poniżej normy - pH = 6,0.

Wszystkie rejonu badawcze wykazywały bardzo niską zawartość azotu azotanowego (V) rys.2.3 w glebie pobieranej do badań jesienią i wiosną, natomiast zawartość azotanów w wodzie kształtowała się w górnej granicy normy dla czterech obszarów badawczych w trzech różnych rejonach, najwyższe stężenie odnotowano dla obszaru 3.1 o wartości 42, 293 mg/dm^3 (norma do 50 mg/dm^3). Zawartość fosforu fosforanowego (V) rys.2.4 w glebie w okresie wiosennym i jesiennym kształtowała się, dla rejonów badawczych województwa świętokrzyskiego, na średnim poziomie 1,817 mg/dm^3 , natomiast w badanej wodzie odpowiadała zawartości fosforanów dla wody pitnej I klasy czystości tzn. do 0,2 $\text{mgPO}_4/\text{dm}^3$. Wyjątek stanowią Goździelin-obszar 2.2 i Turowice- obszar 5.2 rys.2.1, rys.2.4, na tych obszarach norma została przekroczona i bezpośrednie użytkowanie wody stanowiłoby zagrożenie dla zdrowia, woda wymaga uzdatniania do celów konsumpcyjnych. Zawartość potasu w glebie kształtuje wysoką zawartość potasu w wodzie gruntowej w zakresie 1, 571 – 10, 332 mg/dm^3 przy nienormowanym stężeniu dla wody pitnej (tab.2.3). Najwyższe stężenie wystąpiło w punkcie badawczym 3.2, rys.2.1 gdzie gleba wykazywała pH 4,06 - 5,41; woda pH 8,30. Średnia zawartość potasu w glebie (pobranej na wiosnę) wykazywała zbliżoność stężenia do średniej zawartości potasu w wodzie - 6,826 mg/dm^3 . Natomiast na poziomie dwukrotnie wyższym w badanych wodach, w stosunku do gleby, występuje stężenie magnezu. Wysoka zawartość magnezu skorelowana jest dużą zawartością wapnia, obszar badawczy: 1.1; 3.1; 3.2; 4.2; 5.2 (tab.2.3). Obecność w wiosennej wodzie gruntowej kationów wapnia stanowi ścisłą zależność z jesiennym odczynem gleby i okresem wiosennego wymywania. Dużą zawartość wapnia odnotowano na obszarach badanych gdzie pH gleby wynosiło 4,11-5,74; ale również przy pH gleby w zakresie

7,45-7,68 (rys.2.1). Na tych obszarach zawartość jonów wapniowych przekroczyła dwukrotnie wartość graniczną wskaźników w klasach jakości wód powierzchniowych, w przypadku wody pitnej wartości nie są normowane.

4. Wnioski

- Wartości pH badanej wody, ze studni zagospodarowanych i użytkowanych, zlokalizowanych na glebach kwaśnych i lekko kwaśnych, spełniają normy wody pitnej.
- Wskazane kontynuowanie badań wody pitnej ze studni użytkowanych całorocznie, w zakresie pH - w różnych porach roku, w celu kontrolowania spełniania normy wody pitnej dla ujęć użytkowanych, na obszarach badanych.
- Kontynuowanie i rozszerzenie badań wody glebowej o inne wskaźniki chemiczne i fizyczne w celu zapewnienia bezpiecznego użytkowania wody przez mieszkańców.
- Wskazana współpraca rolników ze Stacją Chemiczno-Rolniczą w zakresie nawożenia pól.

Literatura

1. Mocek A., Drzymała S., Maszner P., Geneza, analiza i klasyfikacja gleb, Poznań 2000
2. Anigacz W., Zakowicz E., Ochrona Środowiska, Politechnika Opolska, Opole 2003
3. Świętokrzyski Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych w Kielcach, Program małej retencji dla województwa świętokrzyskiego cz. III: Synteza, Wrocław 2006
4. Skawina T., Kosowski J., Stępniewski W., „Fizyczne właściwości gleb” w: „Gleboznawstwo”, pod red. prof.dr hab. B. Dobrzańskiego i prof. dr hab. S. Zawadzkiego, Warszawa 1981
5. Alley W.M., Ground Water, Reference Module In Earth Systems and Environmental sciences, Pages 684-690, 2009
6. Zawadzki S. (red.), Gleboznawstwo Państwowe, Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1999
7. Wandrasz J.W., Czop M., Badania procesu ruchu węglowodorów aromatycznych w glebie, Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, Vol. 3 (2006)
8. Woroniecki T.K., Rumas-Rudnicka E., Groundwaters pollution by NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} and K^+ near places of natural fertilizers storage, Acta Agrophysica, 11(2), 527-538, 2008
9. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. 2010 nr 72 poz.466)
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz.U. 2004 nr 32 poz. 284)
11. Gondek K., Kopeć M., Wpływ nawożenia na wymywanie wybranych składników pokarmowych roślin w doświadczeniu wazonowym, Acta Agrophysica, 12(1), 79-89, 2008
12. Parzych A., Zawartość związków azotu i fosforu w wodach gruntowych wybranych zespołów leśnych Słowińskiego Parku Narodowego, Archives of Environmental Protection, 37(4), 95-105, 2011
13. Rauba M., Zawartość związków azotu i fosforu w wodach gruntowych zlewni użytkowanej rolniczo na przykładzie zlewni rzeki Śliny, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 40, 505-512, 2009
14. RAPORT o stanie zagospodarowania przestrzennego województwa świętokrzyskiego, Zarząd Województwa Świętokrzyskiego, Kielce 2011