

Marlena WIKTORSKA^{1*}, Sławomir SZYMCZYK¹ i Oleksii NOVIKOV²

PRZYDATNOŚĆ WODY UJMOWANEJ ZE STUDNI ZLOKALIZOWANEJ W ZAGRODZIE WIEJSKIEJ DO SPOŻYCIA I NAWADNIANIA

THE USEFULNESS OF WATER DRAWN FROM A WELL LOCATED ON THE FARMSTEAD FOR CONSUMPTION AND IRRIGATION

Abstrakt: Celem prowadzonych badań była analiza jakości i wartości użytkowej wody w studni kopanej położonej na terenie zagrody wiejskiej w zlewni Jeziora Wydmiańskiego. Badania prowadzono w okresie od czerwca 2016 do maja 2018 roku w gospodarstwie rolnym w miejscowości Sucholaski (województwo warmińsko-mazurskie). Jest to studnia kopana o głębokości 3,75 m, która w minionym okresie była używana jako ujęcie wody pitnej, a obecnie jest tylko dodatkowym źródłem wody wykorzystywanej na potrzeby gospodarstwa (podlewanie roślin i pojenie bydła). Przeprowadzone badania wykazały, że w wodzie ujmowanej ze studni występują wysokie stężenia zanieczyszczeń mineralnych, wśród których dominowały, m.in. azotany(V) oraz jony potasu. Złą jakość wody potwierdzają również wskaźniki określające ogólną ilość składników chemicznych zawartych w wodzie, tj. przewodnictwo elektrolityczne właściwe (EC) oraz suma składników rozpuszczonych (TDS). Świadczy to o niewystarczającym zabezpieczeniu studni i przenikaniu zanieczyszczeń do wody z najbliższego jej otoczenia. W przeszłości studnia była źródłem wody pitnej, jednak ze względu na wysokie stężenia zanieczyszczeń chemicznych obecnie woda czerpana z tego ujęcia jest niezalecana do spożycia. Ponadto długotrwałe nawadnianie gleby i roślin analizowaną wodą może pogorszyć warunki glebowe oraz zmniejszyć potencjał plonotwórczy upraw. Wynika to w głównej mierze z bardzo dużych stężeń jonów potasu.

Słowa kluczowe: studnia, zanieczyszczenia wód, jakość wody, obszary wiejskie

Wprowadzenie

Przydomowe studnie są często płytkie, zasilane z przypowierzchniowych warstw wodonośnych i dlatego są podatne na zanieczyszczenia ze spływów powierzchniowych oraz z płytkich podziemnych źródeł zanieczyszczeń, m.in. nieszczelnych szamb [1]. Jakość wody studziennej zależy od lokalnych czynników, takich jak: rodzaj warstwy wodonośnej, w tym hydrogeochemia (tj. chemiczne interakcje między wodą, a otaczającymi skałami i glebami), lokalne użytkowanie gruntów, opady atmosferyczne, jakość wody gruntowej oraz stan techniczny studni. Bez regularnego monitorowania i konserwacji studnie przydomowe są narażone na wpływ zarówno zanieczyszczeń chemicznych, jak i mikrobiologicznych, które mogą zwiększać ryzyko niekorzystnych skutków zdrowotnych ludzi i zwierząt [2].

Woda studzienna używana do picia musi spełniać odpowiednie kryteria jakościowe. Długotrwałe używanie wody złej jakości wywiera niekorzystny wpływ na ludzkie zdrowie. Przydatność wody pitnej zależy od obecności i stężeń w niej składników, takich jak:

¹ Katedra Gospodarki Wodnej, Klimatologii i Kształtowania Środowiska, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Łódzki 2, 10-718 Olsztyn, tel. 89 523 43 86

² Ukrainian State University of Chemical Technology in Dnipro, Haharina Ave, 8, Dnipropetrovsk, Dnipropetrovsk Oblast, Ukraina, 49000

*Autor do korespondencji: marlena.wiktorska@uwm.edu.pl

Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole' 18, Polanica-Zdrój, 10-13.10.2018

zawiesiny, rozpuszczone składniki nieorganiczne i organiczne, radiologiczne oraz biologiczne. Również woda używana do nawadniania powinna być odpowiedniej jakości, aby zapewnić maksymalną wydajność upraw. Jakość wody do nawadniania zależy od stężenia rozpuszczonych jonów w zalecanych dopuszczalnych granicach. Stosowanie wody o gorszych parametrach ma wpływ zarówno na rośliny, jak i na glebę. Problemy związane ze stosowaniem wody niskiej jakości obejmują zmniejszenie szybkości infiltracji oraz wystąpienia toksyczności z powodu obecności niektórych jonów oraz nadmiernych ilości składników odżywczych. Wysokie stężenia rozpuszczonych jonów w wodzie do nawadniania wpływają negatywnie na wzrost roślin [3].

Aby skutecznie chronić i wykorzystywać źródła wody oraz przewidywać zmiany w wodach gruntowych, konieczne jest poznanie parametrów hydrochemicznych tych wód, takich jak: pH, przewodnictwo elektrolityczne właściwe (*EC*), suma substancji rozpuszczonych (*TDS*), stężenia głównych anionów (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- i SO_4^{2-}) oraz stężenia głównych kationów (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ i K^+). Jakość wody zmienia się podczas obiegu w cyklu hydrologicznym w wyniku działania procesów: parowania, transpiracji, selektywnego pobierania przez roślinność, utleniania/redukcji, wymiany kationów, dysocjacji minerałów, wytrącania minerałów wtórnych, mieszania wód, wymywania nawozów [4].

Podobnie jak azot i fosfor, potas jest podstawowym składnikiem, który określa potencjał produkcyjny gleby. W roślinach potas wpływa na gospodarkę wodną i aktywność enzymatyczną. Jest uważany za wysoce mobilny składnik w glebie, chociaż łatwo ulega absorpcji jako kation, co może doprowadzić do jego deficytu i gorszych plonów. Mimo że sód jest antagonistą potasu, może złagodzić skutki jego niewielkiego deficytu. Jednak wysoka zawartość sodu może wywołać serię negatywnych zmian w właściwościach gleby, takich jak zwiększone zasolenie, gorsza struktura gleby i zakłócenie pobierania potasu przez rośliny. Ponadto z wysokimi stężeniami sodu związane są wysokie wartości pH gleby [5].

Magnez (Mg^{2+}) i wapń (Ca^{2+}) są składnikami występującymi naturalnie w wodach. Ich obecność w wodzie często jest ściśle skorelowana z typem użytkowania gruntów w zlewniach [6]. Magnez, oprócz tego, że jest składnikiem chlorofilu, bierze udział w reakcjach enzymatycznych, a wapń pełni różne funkcje strukturalne w roślinnych błonach komórkowych. Wapń przyczynia się do gromadzenia szczawianów i reguluje transport wody, a także procesy metaboliczne w organizmach. Ponadto indukuje również koagulację koloidów glebowych i odpowiada za odpowiednią strukturę gleby [7, 8].

Materiały i metodyka badań

Analizę wskaźników chemicznych wody w przydomowej studni usytuowanej na terenie zagrody wiejskiej prowadzono od czerwca 2016 do maja 2018 roku w miejscowości Sucholaski (województwo warmińsko-mazurskie). Jest to studnia kopana o głębokości 3,75 m. W minionych latach była używana jako jedyne ujęcie wody pitnej, a obecnie jest dodatkowym źródłem wody wykorzystywanej głównie na potrzeby gospodarstwa - do pojenia bydła oraz podlewania roślin.

W wodzie bezpośrednio w terenie za pomocą sondy wieloparametrycznej YSI oznaczono przewodność elektrolityczną właściwą, sumę substancji rozpuszczonych oraz

wartości pH. Próbki wody pobierano do butelek o pojemności 3 dm³ wykonanych z polietylenu, następnie po utrwaleniu dostarczono do laboratorium, gdzie wykonane zostały analizy składu chemicznego powszechnie stosowanymi metodami [9]. Stężenia jonów wapnia, sodu i potasu zostały oznaczone za pomocą chromatografii jonowej.

Otrzymane wyniki poddano podstawowym analizom statystycznym (minimum, maximum, średnia, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności). W celu określenia przydatności wody do spożycia wyniki odniesiono do standardów określonych przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) [10] i Organizację Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) [11]. Dodatkowo, wyniki analiz porównano również z rozporządzeniem ministra zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. [12]. Ponadto obliczono wskaźniki powszechnie stosowane do określania przydatności wody do nawadniania roślin - procent rozpuszczonego sodu (*SSP*), współczynnik adsorpcji sodu (*SAR*), wskaźnik przepuszczalności (*PI*), współczynnik Kelly'ego (*KR*), wskaźnik adsorpcji magnezu (*MAR*) oraz posłużono się klasyfikacją opierającą się na wartościach przewodnictwa elektrolitycznego właściwego (*EC*) (tab. 1-6).

Wskaźniki określające przydatność wody do nawadniania:

- a) procent rozpuszczonego sodu (*SSP*) został obliczony na podstawie wzoru [13]:

$$SSP = \frac{(Na^+ + K^+) \div (Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+)}{100}$$

Stężenia zostały wyrażone w [meq·dm⁻³].

Klasyfikacja wody na podstawie wartości *SSP*

Tabela 1

Water classification based on *SSP* values

Table 1

<i>SSP</i> [%]	Klasa jakości wody
< 20	Doskonała
20-40	Dobra
40-60	Dopuszczalna
60-80	Wątpliwa
> 80	Nieodpowiednia

- b) Współczynnik adsorpcji sodu (*SAR*) został obliczony na podstawie wzoru [14]:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Stężenia zostały wyrażone w [meq·dm⁻³].

Klasyfikacja wody na podstawie wartości *SAR*

Tabela 2

Water classification based on *SAR* values

Table 2

<i>SAR</i> [meq·dm ⁻³]	Klasa jakości wody
< 10	Doskonała
10-18	Dobra
18-26	Zadawalająca
> 26	Słaba

- c) Wskaźnik przepuszczalności (*PI*) został obliczony na podstawie wzoru [15]:

$$PI = \frac{(\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-) \div (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+)}{100}$$

Stężenia zostały wyrażone w [$\text{meq} \cdot \text{dm}^{-3}$].

Klasyfikacja wody na podstawie wartości *PI*

Tabela 3

Water classification based on *PI* values

Table 3

<i>PI</i> [%]	Klasa jakości wody
> 75	I
75-25	II
< 25	III (nieodpowiednia do nawadniania)

- d) Współczynnik Kelly'ego (*KR*) został obliczony na podstawie wzoru [16]:

$$KR = \frac{\text{Na}^+}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}$$

Stężenia zostały wyrażone w [$\text{meq} \cdot \text{dm}^{-3}$].

Klasyfikacja wody na podstawie wartości *KR*

Tabela 4

Water classification based on *KR* values

Table 4

Wartość <i>KR</i> [$\text{meq} \cdot \text{dm}^{-3}$]	Klasa jakości wody
< 1	bezpieczna
> 1	nieodpowiednia

- e) Wskaźnik adsorpcji magnezu (*MAR*) został obliczony na podstawie wzoru [17]:

$$MAR = \frac{\text{Mg}^{2+}}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} \cdot 100$$

Stężenia zostały wyrażone w [$\text{meq} \cdot \text{dm}^{-3}$].

Klasyfikacja wody na podstawie wartości *MAR*

Tabela 5

Water classification based on *MAR* values

Table 5

Wartość <i>MAR</i> [%]	Klasa jakości wody
< 50	odpowiednia
> 50	nieodpowiednia

f) Przewodność elektrolityczna właściwa (*EC*):Klasyfikacja wody na podstawie wartości *EC* [18]

Tabela 6

Water classification based on *EC* values [18]

Table 6

Wartość <i>EC</i> [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	Wpływ na glebę i rośliny
0-250	Niski
251-750	Średni
751-2250	Wysoki
2251-6000	Bardzo wysoki

Wyniki i ich dyskusja*Wskaźniki określające jakość wody do spożycia*

W celu określenia przydatności wody do spożycia użyto porównań do standardów wyznaczonych przez WHO i FAO. Dodatkowo, w celu odniesienia do polskiego prawodawstwa wyniki analiz porównano również do rozporządzenia ministra zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. (tab. 7).

Ocena jakości wody przeznaczonej do spożycia [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]

Tabela 7

Assessment of the quality of water intended for human consumption [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]

Table 7

Parametr	Standardy WHO	Standardy FAO	Rozporządzenie MZ	Zakres wartości uzyskanych w analizowanej wodzie	Średnia wartość wskaźnika
K^+	12	2	-	143-340	275
NO_3	11	10	50	34-101	69
SO_4^-	250	960	250	20-274	90
HCO_3^-	120	610	-	348-625	524
Ca^{2+}	75	400	-	41-145	86
Mg^{2+}	50	60	7 - 125	12-27	20
Cl^-	250	1063	250	11-35	29
Na^+	200	919	200	12-33	23
pH	8,5	8,5	6,5-9,5	6,0-9,8	-
TDS	500	2000	-	640-1032	930

Na ich podstawie stwierdzono, że woda z analizowanej studni nie może być bezpośrednio użytkowana jako woda pitna (ewentualnie po uzdatnieniu). Wynika to z licznych przekroczeń wskaźników określonych w powyższych standardach. Przede wszystkim należy zwrócić uwagę na wystąpienie w wodzie stężenia potasu, które było ponad 28-krotnie wyższe niż standardy wyznaczone przez WHO i prawie 169-krotnie wyższe niż standardy FAO. Są to bardzo duże przekroczenia, dlatego w przypadku systematycznego picia wody z analizowanej studni istnieje ryzyko negatywnego wpływu na zdrowie. Potas może być wykorzystywany jako wskaźnik zanieczyszczeń antropogenicznych, w tym spowodowanych użytkowaniem gruntów rolnych [19]. Wysokie stężenia potasu często można zaobserwować na terenach użytkowanych rolniczo, na obszarach infiltracji, gdzie zachodzi wymywanie składników

pokarmowych [20]. Szczególne znaczenie mają tzw. obszary krytycznego źródła (CSA) charakteryzujące się wysokimi stężeniami składników pokarmowych w glebie przy korzystnych warunkach do ługowania [21]. Burzyńska i Pietrzak [22] zwrócili uwagę, iż przeważająca część potasu pochodzi z moczu i ściółki, a już w świeżym oborniku potas występuje w formie łatwo rozpuszczalnej. W wyniku wieloletniego niewłaściwego przechowywania tego nawozu ulega on wpływowi czynników atmosferycznych, w tym opadom, co prowadzi do wymywania składników mineralnych. Wykazali również w swoich badaniach, że w miejscu wieloletniego składowania obornika średnia zawartość łatwo rozpuszczalnego potasu w glebie może wynieść $804 \text{ mg K} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Stężenie azotanów w badanej wodzie w całym cyklu badawczym również nie odpowiadało powyższemu standardom. Wartość minimalna, która wystąpiła w cyklu badawczym, przekracza wartości dopuszczalne określone przez WHO i FAO ponad 5-krotnie. Mimo iż wartość dopuszczalna zawarta w rozporządzeniu ministra zdrowia jest kilkakrotnie większa, to stężenie minimalne azotanów w badanej wodzie było wyższe i nie spełniało standardów wody pitnej. Stężenie maksymalne azotanów było z kolei 10-krotnie wyższe niż stężenia określone przez WHO i FAO oraz 2-krotnie wyższe w odniesieniu do rozporządzenia ministra zdrowia. Azotany zawarte w wodach uważane są za jeden z groźniejszych czynników toksycznych występujących w środowisku człowieka. Wysokie stężenia azotanów w wodzie to problem spotykany w wielu regionach świata. Jest to w dużej mierze skutek nadmiernego stosowania nawozów organicznych oraz mineralnych. Azotany mogą prowadzić do problemów zdrowotnych m.in. do methemoglobinemii, nowotworów, problemów z tarczycą, poronień i wad wrodzonych dzieci. Szkodliwe działanie azotanów(V) jest związane głównie z ich podatnością na redukcję przez bakterie do niebezpiecznych azotynów(III), które są m.in. prekursorami rakotwórczych N-nitroamin [23]. Według danych WHO/FAO, dzienna dawka azotanów(V) wynosi $3,65 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ masy ciała na dzień [24]. Naturalne zasoby wód gruntowych, które są wolne od wpływu zanieczyszczeń antropogenicznych, zawierają na ogół azotany(V) na poziomie poniżej $3 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ [25]. Przeważająca część azotu znajdującego się w wodach gruntowych i powierzchniowych w Polsce dostaje się w wyniku działalności rolniczej. Omawiana studnia jest umiejscowiona 10 metrów od obory i nie jest zabezpieczona przed spływami powierzchniowymi i gruntowymi. Daje to podstawę do przypuszczenia, że podwyższone stężenia azotanów(V) są związane głównie z pobliskim sąsiedztwem obory i zlokalizowanej tuż za nią gnojowni.

Kolejną substancją, która może świadczyć o zanieczyszczeniu antropogenicznym wody, jest jon siarczanowy. Stężenia tego składnika w cyklu badawczym wykazały bardzo dużą zmienność, jednakże stężenie maksymalne było relatywnie wysokie i przekroczyło normy ustalone przez FAO oraz rozporządzenie MZ. Aniony te, podobnie jak chlorki, występując w ilościach zwykle spotykanych w wodach mineralnych, nie wykazują negatywnego wpływu na organizm człowieka, jednakże siarczany w ilościach powyżej $1000 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ mogą działać drażniąco na przewód pokarmowy, a działanie toksyczne u dzieci narażonych na ekspozycję siarczanami może ujawnić się przy stężeniu $630 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ [26].

W analizowanej wodzie studziennej wystąpiły relatywnie wysokie stężenia wodorowęglanów oraz wapnia. Należy zauważyć znaczne różnice w standardach jakości w odniesieniu do tych składników chemicznych. Wartości dopuszczalne określone przez

WHO są kilkukrotnie mniejsze od wartości określonych przez FAO. Z kolei rozporządzenie MZ nie określa wartości dopuszczalnych tych substancji. Wodorowęglany oraz wapń z reguły wpływają pozytywnie na organizmy żywe, stąd nawet ich przekroczenia nie są zjawiskiem wysoce niepokojącym. Podobnie wygląda sytuacja w przypadku magnezu, jednakże w analizowanej wodzie nie wykazano przekroczeń stężeń tego jonu. Również substancje, takie jak chlorki i sól w całym cyklu badawczym nie przekroczyły stężeń dopuszczalnych w żadnej z klasyfikacji stanowiących podstawę oceny wody przeznaczonej do picia.

Zakres wartości pH, które wystąpiły w analizowanej wodzie, to 6,0-9,80 i w zasadzie jest on podobny do standardowego zakresu określonego rozporządzeniem MZ: 6,5-9,5. Przekroczenia dopuszczalnych wartości wystąpiły trzy razy w okresie pomiarowym: w listopadzie 2016 (6,4), styczniu 2017 (9,8) oraz w kwietniu 2018 (6,0). Z kolei w standardach WHO i FAO została określona jedna wartość progowa: 8,5. Zasadniczo bezpośrednio odczyn nie decyduje o ryzyku zdrowotnym, jednakże kształtuje smak wody [27]. Dopływ zanieczyszczeń może przyczyniać się do obniżenia wartości pH, ponadto niskie wartości tego wskaźnika sprzyjają większej rozpuszczalności wielu składników chemicznych [28].

Całkowita zawartość substancji rozpuszczonych (TDS) w analizowanej wodzie uplasowała się pomiędzy wartościami określonymi w klasyfikacjach - wartość minimalna przekroczyła normy WHO, natomiast wartość maksymalna nie osiągnęła progu wyznaczonego przez FAO.

Szymczyk i Świtajska [29] udowodnili w swoich badaniach, że zagrody wiejskie często stanowią wieloletnie źródła zanieczyszczeń rolniczych, co prowadzi do obciążenia gleb składnikami chemicznymi, które następnie migrują do wód gruntowych, prowadząc do pogorszenia ich jakości. Zdarza się, że w takich gospodarstwach brak jest płyt obornikowych oraz szczelnych zbiorników na gnojówkę i gnojovicę, z tego względu stanowią one istotne punktowe źródła zanieczyszczeń. Podobny problem istnieje również w analizowanym gospodarstwie.

Wskaźniki jakości wody obrazujące przydatność do nawadniania

Oczywiste jest, że woda pitna musi spełniać odpowiednie standardy, aby mogła być spożywana przez ludzi. Analogicznie jest w przypadku wody wykorzystywanej do nawadniania - nie wszystkie jej rodzaje wpływają pozytywnie na rozwój roślin oraz na warunki glebowe. Woda nadmiernie zanieczyszczona nie może być wykorzystywana do nawadniania. Nadmiar rozpuszczonych składników, takich jak m.in. sól, potas czy węglany, wpływa negatywnie na rośliny oraz zmniejsza produktywność gleby. Fizyczne działanie zanieczyszczonej wody polega na obniżeniu ciśnienia osmotycznego w komórkach strukturalnych roślin, co uniemożliwia przedostawanie się wody do ich części nadziemnych. Przewodność elektrolityczna właściwa i wskaźniki, takie jak wskaźnik przepuszczalności (*PI*), współczynnik adsorpcji sodu (*SAR*), współczynnik Kelly'ego (*KR*), procent rozpuszczonego sodu (*SSP*), wskaźnik adsorpcji magnezu (*MAR*), są ważnymi parametrami określającymi przydatność wód podziemnych do nawadniania [30].

Na podstawie stężeń składników mineralnych takich, jak: K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , HCO_3^- oraz przewodności elektrolitycznej właściwej określono sześć wskaźników obrazujących możliwość wykorzystania wody z badanej studni do nawadniania (tab. 8).

Tabela 8

Wartości wskaźników jakości wody ze względu na nawadnianie

Table 8

The values of the indicators of water quality due to irrigation

	<i>SSP</i> [%]	<i>SAR</i> [meq·dm ⁻³]	<i>PI</i> [%]	<i>KR</i> [meq·dm ⁻³]	<i>MAR</i> [%]	<i>EC</i> [μS·cm ⁻¹]
Minimum	51	0,56	25	0,12	15	984
Maksimum	71	1,23	83	0,33	40	1588
Średnia	59	0,86	57	0,19	28	1431
Odchylenie standardowe <i>S(x)</i>	7	0,20	17	0,06	7	148
Współczynnik zmienności <i>V(x)</i>	12	24	31	34	26	10

Woda charakteryzująca się wartością rozpuszczonego sodu (*SSP*) poniżej 20 % cechuje się najwyższą jakością (tab. 1). Określone wartości *SSP* w badanej wodzie wahały się od 51 do 71 %. Oznacza to, że jej jakość była, odpowiednio, na poziomie dopuszczalnym bądź wątpliwym. Na tej podstawie można wywnioskować, że woda nadaje się do nawadniania, lecz należy nadal monitorować jej parametry, gdyż pod względem *SSP* znajdują się one na granicy dopuszczalności. Mimo iż wartości innych wskaźników charakteryzujących zawartość sodu w wodzie wskazywały na bardzo jej wysoką jakość, należy mieć na uwadze fakt, iż w przypadku *SSP* oprócz sodu bierze się pod uwagę zawartość potasu, która w analizowanej studni była bardzo wysoka. Odegrało to kluczową rolę w zakwalifikowaniu badanej wody jako „wątpliwej jakości”.

Współczynnik adsorpcji sodu (*SAR*) wskazuje na stopień, w jakim woda do nawadniania ma tendencję do wchodzenia w reakcje wymiany kationowej gleby. Sód zastępujący zaadsorbowane wapń i magnez jest niebezpieczny, ponieważ powoduje uszkodzenie struktury gleby, która pod jego wpływem staje się zwarta i nieprzepuszczalna [30]. Wskaźnik *SAR* w badanej wodzie osiągnął wartości w przedziale 0,56-1,23. Analizowana woda mieści się w klasie charakteryzującej najwyższą jakość pod względem wskaźnika *SAR* (< 10) (tab. 2). Wskazuje to, że nawadnianie roślin analizowaną wodą nie niesie ze sobą niebezpieczeństwa uszkodzenia struktury gleby, gdyż zawartość sodu jest relatywnie niska.

Długotrwałe nawadnianie gleby wodą zawierającą takie składniki, jak: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} i HCO_3^- wpływa na jej przepuszczalność. Wskaźnik przepuszczalności (*PI*) jest parametrem określającym przydatność wody gruntowej do nawadniania. Jego wartości w analizowanej wodzie studziennej w okresie realizacji badań wahały się od 25 do 83 %. Wynika z tego, że jakość wody w okresie realizacji badań wahała się między drugą (25-75 %) a pierwszą klasą (≥ 75 %) (tab. 3). Oznacza to, że badana woda może zostać użyta do nawadniania, jednakże należy mieć na uwadze dużą zmienność jej jakości podczas cyklu badawczego.

Współczynnik Kelly’ego (*KR*) wyznacza zawartość sodu względem wapnia i magnezu. Woda, którą można wykorzystać do nawadniania bez szkody dla roślin i gleby, powinna charakteryzować się wartością współczynnika Kelly’ego poniżej 1 (tab. 4). W niniejszych

badaniach KR oscylował między 0,12, a 0,33 meq·dm⁻³. Biorąc pod uwagę powyższe wartości, woda z analizowanej studni może być używana do nawadniania bez niebezpieczeństwa negatywnego jej wpływu na glebę i rośliny.

Nadmiar magnezu w wodach jest szkodliwy, gdyż ma negatywny wpływ na jakość gleby poprzez zmniejszenie plonów. Wskaźnik adsorpcji magnezu (*MAR*) klasyfikuje wodę na dwie szerokie klasy - wodę o *MAR* < 50 uważa się za odpowiednią do nawadniania, natomiast wodę o *MAR* > 50 za nieodpowiednią (tab. 5). W analizowanej studni *MAR* wahał się od 15 do 40, co oznacza, iż badana woda nadaje się pod tym względem do nawadniania, jednakże należy zwrócić uwagę na bardzo duże wahania wartości tego wskaźnika.

Przewodność elektrolityczna właściwa (*EC*) jest istotnym parametrem obrazującym przydatność wody do nawadniania. Informuje ona o potencjalnym zagrożeniu zasoleniem gleby, w przypadku gdy nawadnia się ją wodą z dużą zawartością rozpuszczonych substancji mineralnych. Im wyższa wartość *EC*, tym mniejsza jest możliwość wykorzystywania wody przez rośliny, gdyż są one w stanie pobierać tylko wodę wolną od zanieczyszczeń. Wynika z tego, że wraz ze wzrostem *EC* zmniejszają się zasoby wody użytecznej dla roślin w glebie [31]. Badana woda studzienna charakteryzowała się pod względem wartości przewodności elektrolitycznej wysokim wpływem na glebę i rośliny (tab. 6). Oznacza to, iż długotrwałe nawadnianie gleby tą wodą może doprowadzić do pogorszenia się warunków glebowych oraz zmniejszyć potencjał plonotwórczy upraw.

Wnioski

Woda z analizowanej studni może być wykorzystywana do nawadniania roślin, jednakże z powodu bardzo wysokiej zawartości potasu oraz wysokiej wartości przewodnictwa elektrolitycznego właściwego istnieje ryzyko pogorszenia się właściwości gleby poprzez jej zasolenie, co może wpłynąć negatywnie na rozwój roślinności. Ze względu na przekroczenie stężeń K⁺, NO₃⁻, SO₄⁻, HCO₃⁻, Ca²⁺ oraz wysokie wartości TDS woda ze studni znajdującej się na terenie zagrody wiejskiej nie spełnia standardów przewidzianych przez WHO i FAO oraz rozporządzenie ministra zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. Spożywanie analizowanej wody wiąże się ryzykiem zdrowotnym, dlatego jest niezalecane. Analogicznie niezalecane jest także pojenie nią zwierząt gospodarskich. Aktualny stan jakości wody wskazuje, że studnia znajdująca się na terenie omawianej zagrody wiejskiej nie powinna być dalej eksploatowana, gdyż w obecnym stanie stanowi potencjalne zagrożenie dla zasobów wód podziemnych. W celu poprawy jakości wody w studni należy ją pogłębić i uszczelnić. Ograniczy to dopływ do wody zanieczyszczeń. Powinno się regularnie monitorować stan jakości wody w studni. Ponadto należy również zadbać o właściwe przechowywanie obornika w obrębie zagrody wiejskiej, aby ograniczyć migrację zanieczyszczeń chemicznych do gleb i wód gruntowych.

Literatura

- [1] Schaider LA, Ackerman JM, Rudel R. Sci Total Environ. 2016;547:470-481. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.081.
- [2] Ridpath A, Taylor E, Greenstreet Ch, Martens M, Wicke H, Martin C. Sci Total Environ. 2016;544:601-605. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.141.
- [3] Parimalarenganayaki S, Elango L. Arab J Geosci. 2014;7(8):3119-3129. DOI: 10.1007/s12517-013-0989-z.

- [4] Ghalib HB. *Appl Water Sci.* 2017;7(7):3447-3467. DOI: 10.1007/s13201-017-0575-8.
- [5] Długosz J, Kobierski M, Piotrowska-Długosz A, Gozdowski D. *J Elementol.* 2014;19(2):339-350. DOI: 10.5601/jelem.2014.19.2.663.
- [6] Wons M, Szymczyk S, Glińska-Lewczuk K. Ekologiczne podejście do monitorowania twardości wód podziemnych. *Inż Ekolog.* 2012;31:137-143. <http://www.archive.ineko.net.pl/pdf/31/14.pdf>.
- [7] Pulikowski K, Kostrzewa S, Paluch J, Szewrański S. Concentration and load of magnesium and calcium in drainage waters. *J Elementol.* 2006;11(4):483-493. <http://www.uwm.edu.pl/jold/index.1142006.pdf>.
- [8] Orzepowski W, Pulikowski K. Magnesium, calcium, potassium and sodium content in groundwater and surface water in arable lands in the commune (gmina) of Kąty Wrocławskie. *J Elementol.* 2008;13(4):605-614. <http://www.uwm.edu.pl/jold/index.1342008.pdf>.
- [9] American Public Health Association (APHA) 1999: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf.
- [10] World Health Organization (WHO) 2004: Guidelines for Drinking-water Quality. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf.
- [11] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 1994: Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage (by Ayers RS, Westcot DW). <http://www.fao.org/docrep/003/t0234e/t0234e00.htm>.
- [12] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Dz.U.* 2017, poz. 2294. <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20170002294/O/D20172294.pdf>.
- [13] Todd DK. *Groundwater Hydrology*. 3rd Ed. New York: John Wiley and Sons Publications; 2005. <https://igitgeotech.files.wordpress.com/2014/09/ground-water-hydrology-by-dk-tood.pdf>.
- [14] DeSutter T, Franzen D, He Y, Wick A, Lee J, Deutsch B, et al. *Soil Sci Soc Am J.* 2015;79:1261-1264. DOI: 10.2136/sssaj2015.01.0010n.
- [15] Domenico PA, Schwartz FW. *Physical and Chemical Hydrology*. New York; John Wiley and Sons: 1998:410-420. ISBN: 0471597627
- [16] Kelly WP. Use of saline irrigation water. *Soil Sci.* 1963;95(4):355-391. https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1963/06000/Use_of_Saline_Irrigation_Water.3.aspx
- [17] Raghunath HM. *Groundwater*. 2nd Ed. New Delhi, India; Wiley Eastern Ltd:1987:344-369. ISBN: 0852262981.
- [18] Reddy SK. *Int J Water Res Environ Eng.* 2013;5(7):418-425. DOI: 10.5897/IJWREE2012.0375.
- [19] Bu H, Tan X, Li S, Zhang Q. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2010;73(5). DOI: 10.1016/j.ecoenv.2009.11.007.
- [20] Griffioen J. *J Hydrol.* 2001;254(1-4). DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00503-0.
- [21] Frey, MP, Schneider MK, Dietzel A, Reichert P, Stamm C. *J Hydrol.* 2009;365(1-2):23-36. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2008.11.015.
- [22] Burzyńska I, Pietrzak S. Ocena zawartości rozpuszczalnych form potasu i RWO w warstwie gleby stanowiącej podłoże długoletniego składowania obornika. *Woda Środ Obsz Wiejs.* 2010;10,4(32):23-32. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BATC-0005-0097>.
- [23] Ward MH, Jones RR, Brender JD, De Kok TM, Wryer PJ, Nolan BT, et al. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(7):1557. DOI: 10.3390/ijerph15071557.
- [24] Pawęska K, Bawiec A, Malczewska B, Bauerek A. *Inż Ekol.* 2017;18(1):216-226. <https://doi.org/10.12912/23920629/67740>.
- [25] Koc J, Wons M, Glińska-Lewczuk K, Szymczyk S. *J Environ Eng.* 2014;140(9). DOI: 10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000775.
- [26] Pasternakiewicz A, Bilek M, Stawarczyk K. Badania zawartości wybranych anionów nieorganicznych w wodach mineralnych i źródłanych - pod kątem bezpieczeństwa zdrowotnego wody. *Probl Hig Epidemiol.* 2014;95(3):788-793. <http://www.phie.pl/pdf/phe-2014/phe-2014-3-788.pdf>.
- [27] Żurek N, Bilek M. *Med Środ.* 2016;19(4):12-18. DOI: 10.19243/2016402.
- [28] Boyd Craig CE, Tucker S, Somridhivej B. *J World Aquac Soc.* 2016;47(10):6-41. DOI: 10.1111/jwas.12241.
- [29] Szymczyk S, Świtajńska I. *Inż Ekol.* 2013;34:214-221. DOI: 10.12912/23920629/336.
- [30] Nag KS, Das Sh. Deciphering groundwater quality for irrigation and domestic purposes - a GIS based case study of Suri I and II blocks, Birbhum District, West Bengal, India. *Front Earth Sci. - Scientific Publishers (India)* 2016:483-498. ISBN: 9788172339296.
- [31] Delgado C, Pacheco J, Cabrera A, Battlori E, Orellana R, Bautista F. *Agric Water Manage.* 2010;97(10):1423-1433. DOI: 10.1016/j.agwat.2010.04.006.

THE USEFULNESS OF WATER DRAWN FROM A WELL LOCATED ON THE FARMSTEAD FOR CONSUMPTION AND IRRIGATION

¹ Department of Water Resources, Climatology and Environmental Management, Faculty of Environmental Management and Agriculture, University of Warmia and Mazury, Olsztyn

² Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract: The aim of the research was to analyze the quality and utility value of water in a dug well located in the farmstead in the Wydminskie Lake catchment. The analysis of chemical indicators of water in a backyard well located on the rural area was conducted from June 2016 to May 2018 in a farmstead in Sucholaski (Warmian-Masurian Voivodeship). It is a dug well with a depth of 3.75 m. Once it was used as a drinking water intake, now it is an additional source of water used for the needs of the farm. The research carried out showed in the water drawn from the well there are high concentrations of mineral pollutions, among which dominated, nitrates(V) and potassium ions. Poor water quality is also confirmed by indicators determining the total amount of chemical components contained in water e.g.: electrolytic conductivity (*EC*) and total dissolved solids (*TDS*). This indicates insufficient protection of the well and penetration of pollution to water from the environment. In the past, the well was a source of drinking water, however, due to high concentrations of chemical pollution, currently the water drawn from this intake is not recommended for consumption. In addition, long-term irrigation of soil and plants with the analyzed water may worsen soil conditions and decrease crop yield potential. This is mainly due to very high concentrations of potassium ions.

Keywords: well, water pollution, water quality, rural areas