

## METODA OCENY SKUTECZNOŚCI OCZYSZCZANIA WODY W DZBANKOWYCH FILTRACH DOMOWYCH

Karolina Jezierska, Wojciech Podraza, Hanna Domek, Joanna Szwed

<sup>1</sup> Zakład Fizyki Medycznej, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, ul. Ku Słońcu 12.  
71-023 Szczecin, e-mail.: karo@pum.edu.pl

### STRESZCZENIE

Celem prezentowanej pracy jest analiza skuteczności filtracji filtrów dzbankowych oraz ukazanie możliwości wykorzystania badań nad reakcją degradacji kwasu askorbinowego w roztworach wodnych do opracowania nowej metody określania skuteczności oczyszczania wody w dzbankowych filtrach domowych. Bazując na pomiarach absorbancji kwasu askorbinowego zdefiniowano nowe parametry WCW (Współczynnik Czystości Wody) oraz SF (Stopień Filtracji). Poszukiwano korelacji pomiędzy SF a ilością przefiltrowanej wody (stopniem zużycia filtra). Wraz ze zużyciem wkładu filtrującego zaobserwowano malejącą efektywność usuwania jonów wapniowych z wody oraz spadek różnic w wartościach przewodności właściwej pomiędzy wodą czystą a filtrowaną. SF okazał się odwrotnie proporcjonalny do ilości przefiltrowanych litrów wody czystej stąd też proponowana metoda może stać się skutecznym narzędziem do określania efektywności oczyszczania wody w dzbankowych filtrach domowych.

**Słowa kluczowe:** jakość wody, filtracja, kwas askorbinowy.

## EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF HOUSEHOLD DRINKING WATER FILTRATION

### ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the effectiveness of household drinking water filtration. This article demonstrates the possibilities of using study on the reaction of ascorbic acid degradation in aqueous solutions to develop a new method for determining the effectiveness of household drinking water filtration. Based on the measurements of absorbance of ascorbic acid a new parameters WCW (Coefficient of Water Purity) and SF (Filtration Degree) were defined. Correlations between the SF and the amount of filtered water (filter usage) were investigated. With the filter usage decreasing effectiveness of calcium ions removal and drop of differences in conductivity between the tap and filtered water were observed. SF decreases proportionally to the filter usage and therefore the proposed method can be an effective tool to determine the effectiveness of domestic water filters.

**Keywords:** water quality, filtration, ascorbic acid.

## WPROWADZENIE

Jakość wód na tle rozwijającej się działalności gospodarczej człowieka jest szeroko dyskutowanym zagadnieniem od wielu lat. Woda, jako nieodłączny element ekosystemu, wciąż zanieczyszczana jest na skutek działalności człowieka, a jej samoistne procesy oczyszczania nie spełniają już swojej roli. Doprowadziło to do degradacji środowiska naturalnego i deficytów dobrej jakościowo wody w Polsce [7, 10, 21]. Zagadnienie jakości wody jest wciąż tematem aktualnym, bowiem jej wpływ na nasze zdrowie jest ogromny. Spożywając wodę dobrej jakości mamy możliwość dostarczenia do organizmu niezbędnych do życia mikroelementów. Z drugiej jednak strony, pijąc wodę o nieznannej czystości narażamy się na spożycie różnego rodzaju zanieczyszczeń, które mogą mieć negatywny wpływ na nasze zdrowie, od kumulacji metali ciężkich w tkankach po działanie rakotwórcze [6, 14, 21]. Analizując problem jakości wody pitnej należy pamiętać, że jej parametry mają również znaczny wpływ na jakość i trwałość produktów spożywczych [3, 11, 12].

Woda pobierana bezpośrednio z ujęć, następnie wtłaczana do sieci wodociągowej, poddawana jest uzdatnianiu i ścisłej kontroli. Powinno to doprowadzić do uzyskania wody spełniającej prawnie określone wymogi jakości [9, 20, 30]. Tymczasem rozwój metod badawczych pozwala na dokładniejszą ocenę jakości wody, co prowadzi z kolei do zaostrzania norm dotyczących czystości wody pitnej. Pojawia się problem spełnienia coraz bardziej restrykcyjnych przepisów. Wymaga to bowiem dużych nakładów finansowych, badań i nowych rozwiązań technologicznych w strefie oczyszczania, a także co jest bardzo istotne, utrzymania sieci wodociągowej w odpowiednim stanie [9, 17, 19, 20, 23, 27].

Konsumenci wymagają aby woda dostarczana bezpośrednio do punktów czerpania była czysta, smaczna i zdrowa. Niestety na skutek złego stanu sieci wodociągowej bywa, że woda dostarczana do odbiorców nie spełnia powyższych wymogów [13, 19, 24, 27]. Problem ten stał się podstawą do rozwoju rynku domowych filtrów wodnych. Oferta jest szeroka, a dobór metody filtracji powinien zależeć od kilku parametrów takich, jak: zużycie wody, rodzaj zanieczyszczeń czy możliwości finansowe [4, 26]. Największą popularnością, zapewne ze względu na stosunkowo niewielki koszt zakupu i eksploatacji, prostotę użytkowania oraz dostępność, cieszą się wolnostojące filtry dzbankowe. Zasada ich działania jest niezwykle prosta. Należy napełnić dzbanek wodą z kranu i pozwolić, aby przepłynęła przez składniki wkładu filtrującego. Powyższe wkłady oferowane przez poszczególnych producentów mogą różnić się nieco składem i zasadą działania. W większości urządzeń dostępnych na rynku polskim składają się one z żywicy jonowymiennnej oraz węgla aktywnego. Obydwa składniki występują w postaci granulatu. Zgodnie z zapewnieniem producentów żywica jonowymienna, syntetyczny, nierozpuszczalny produkt, pobiera z wody kranowej pewną ilość jonów, oddając przy tym do wody taką samą ilość obojętnych jonów wodorowych. Pozwala to wychwycić sole magnezu i wapnia (związki powodujące wytrącanie się kamienia) oraz zredukować stężenie jonów metali, takich jak ołów i miedź. Zastosowany węgiel

aktywny, uważany za produkt całkowicie naturalny, jest szeroko stosowaną i badaną substancją filtrującą [1, 2, 5, 15, 16, 22, 23, 28]. Zgodnie z opisem produktu pochłania on chlor, pestycydy oraz zanieczyszczenia organiczne, polepsza smak, zapach, a także barwę wody.

Problem zachowania jakości wód wodociągowych jest tematem dość skomplikowanym, bowiem woda czysta może zawierać śladowe ilości substancji, które nie wykraczają poza ustalone normy. Niestety interakcje na przykład z pożywieniem oraz długoletnie spożywanie wody z jednego źródła może doprowadzić do kumulacji określonego składnika i niekorzystnych efektów zdrowotnych [6, 14, 10]. Jak donoszą badacze woda wodociągowa może zawierać pewne ilości farmaceutyków, które potencjalnie mogą doprowadzić nawet do mutacji organizmów znajdujących się w wodzie [10, 25]. Odkryto również istnienie w sieci wodociągowej substancji niezidentyfikowanych nie objętych żadnymi regulacjami prawnymi np. bardzo niebezpieczne połączenia chloroorganiczne [21]. W świetle przedstawionych faktów badania nad skutecznością poszczególnych metod filtracji wody oraz poszukiwanie nowych metod określania jej jakości są ciągle istotne.

Celem prezentowanej pracy jest analiza skuteczności filtracji filtrów dzbankowych oraz ukazanie możliwości wykorzystania badań nad reakcją degradacji kwasu askorbinowego w roztworach wodnych do określania efektywności oczyszczania wody w dzbankowych filtrach domowych. Proponowana metoda jest metodą czułą, prostą, szybką i niedrogą.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W Zakładzie Fizyki Medycznej Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie opracowano nową, skryningową metodę określania jakości wody opartą na pomiarze zmian absorbancji roztworów kwasu askorbinowego [8]. W celu wykorzystania powyższej metody do określania skuteczności dzbankowych filtrów wodnych wykonano pomiary szybkości zaniku kwasu askorbinowego (Polskie Odczynniki Chemiczne, Gliwice, Polska) w roztworach wodnych, dla wody czystej (wodociągowej) i czystej filtrowanej. Do filtracji zastosowano popularny filtr dzbankowy. Wkład filtrujący składał się z węgla aktywnego i żywic jonowymiennych. Dla obydwu rodzajów wód sporządzono roztwory kwasu askorbinowego o stężeniu – 1 mg/100 ml. Pomiar widm absorpcji roztworów wodnych kwasu askorbinowego odbywał się metodą spektroskopii UV przy pomocy spektrofotometru PHARO (Merck Sp. z o.o, Warszawa, Polska) w 10 mm kuwetach kwarcowych, na długości fali 260 nm (odpowiadającej maksimum absorpcji). Wszelkie oznaczenia wykonywane były trzykrotnie – dla nowego filtra, a następnie po przefiltrowaniu 40 i 120 litrów, co odpowiadało miesięcznemu i trzymiesięcznemu okresowi użytkowania. Każdorazowo pomiary wykonywano dla wody czystej i przefiltrowanej, ponieważ jakość wody pobieranej z sieci wodociągowej może ulegać zmianie w zależności od

wielu parametrów (np. aktualnego poboru wody z sieci czy pory roku). Dla obydwu rodzajów wody siedmiokrotnie rejestrowano zmiany maksymalnej absorpcji roztworów w czasie. Wszystkie pomiary wykonywano w temperaturze 20 °C.

Zaproponowano definicję nowych parametrów: WCW (Współczynnik Czystości Wody) oraz SF (Stopień Filtracji):

$$WCW = A_1 / (A_1 - A_{20})$$

$$SF = |WCW_{Cz} - WCW_F|$$

gdzie:  $A_1$  i  $A_{20}$  – wartości absorpcji odpowiednio po upływie pierwszej i dwudziestej minuty od momentu sporządzenia roztworu witaminy C,

$WCW_F$  i  $WCW_{Cz}$  – współczynniki czystości wody odpowiednio dla wody filtrowanej i czystej.

Dodatkowo dla obydwu rodzajów wody siedmiokrotnie wykonano oznaczenia jonów wapnia oraz przewodności właściwej. Poziom jonów zbadano metodą fotometryczną przy pomocy spektrofotometru PHARO, korzystając z zestawu testowego Spectroquant firmy Merck. Pomiary przewodności właściwej wykonano przy pomocy konduktometru laboratoryjnego GLP31 firmy Crison.

W ramach badań wstępnych oprócz pomiarów stopnia filtracji, przewodności właściwej i poziomu jonów wapniowych dla obydwu rodzajów wód wykonano dodatkowo oznaczenia jonów żelaza i miedzi, chlorków, pH oraz wolnego dwutlenku węgla. Na podstawie uzyskanych wyników ustalono, że wraz ze stopniem zużycia filtra wodnego różnica w oznaczeniach chlorków, pH oraz wolnego dwutlenku węgla dla wody filtrowanej i czystej nie ulega znaczącej zmianie. Dodatkowo stężenie jonów żelaza i miedzi w obydwu rodzajach wody nie osiągało granicy czułości metody. Stąd w badaniach głównych zrezygnowano z pomiarów wyżej wymienionych parametrów.

Analizując wyniki brano pod uwagę różnice między wartościami WCW, zawartością jonów wapniowych oraz przewodnością właściwą dla wody filtrowanej i czystej. Poszukiwano korelacji pomiędzy SF, a ilością przefiltrowanej wody (stopniem zużycia filtra). Do statystycznej analizy wyników użyto testu t-Studenta lub gdy rozkład wartości nie był normalny testu Wilcoxon. W celu zbadania normalności rozkładu zmiennych użyto testu Shapiro-Wilka. Analizy dokonano przy pomocy programu Statistica (StataSoft Polska).

## WYNIKI I DYKUSJA

Jak już wspomniano każdorazowo przed przystąpieniem do badania skuteczności filtracji zbadano odpowiednie parametry wody czystej, którą następnie przefiltrowano. Pozwalało to uniknąć wpływu na wyniki badań okresowych własności fizyko-chemicznych wody pobieranej z sieci wodociągowej. Średnią z siedmiokrotnych oznaczeń dla wody czystej potraktowano jako tło pomiarowe. Wyniki podane w tabelach dla wody

filtrowanej są więc wartościami względnymi, przedstawiają bowiem różnicę pomiędzy średnią z pomiarów dla wody czystej, a pomiarami dla wody filtrowanej. Wielkości podane w nawiasach są bezpośrednimi wynikami pomiaru. Przedstawiają bowiem różnicę pomiędzy średnią z pomiarów dla wody czystej, a pomiarami dla wody filtrowanej. W przypadku WCW, jak podaje definicja, należy wziąć pod uwagę wartość bezwzględną omawianej różnicy. Tabele 1, 2, 3 i 4 przedstawiają uzyskane wyniki.

**Tabela 1.** Porównanie względnej różnicy poziomu jonów wapniowych w zależności od stopnia zużycia filtra wodnego

**Table 1.** Comparison of relative difference of the level of calcium ions

Zużycie filtra [l]	0	40	120
Poziom jonów wapniowych w wodzie czystej Ca [mg/l]*	80	99	129
	89	86	98
	87	86	85
	86	88	101
	80	85	115
	81	112	105
	87	96	99
Średnia	84	93	105
Względna różnica poziomu jonów wapniowych (poziom jonów wapniowych) w wodzie filtrowanej $\Delta$ Ca [mg/l]	67 (17)	48 (45)	16 (89)
	66 (18)	53 (40)	14 (91)
	68 (16)	54 (39)	27 (78)
	65 (19)	49 (44)	21 (84)
	69 (15)	41 (52)	25 (80)
	67 (17)	52 (41)	25 (80)
	67 (17)	52 (41)	19 (86)
Średnia	67 (17)	50 (43)	21 (84)

\* Zaobserwowany w trakcie badań wzrost poziomu jonów wapniowych w wodzie czystej jest przypadkowy.

Celem stosowania domowych filtrów wodnych powinna być zmiana twardości oraz eliminacja zanieczyszczeń wody. Ma to ochronić urządzenia gospodarstwa domowego przed degradującym wpływem wód złej jakości oraz poprawić smak i wygląd spożywanych napojów przygotowywanych na bazie wody wodociągowej. Badane próbki wody czystej każdorazowo spełniały wymogi jakości określone przez Ministerstwo Zdrowia, stąd stosowanie dodatkowych filtrów nie było konieczne w przypadku analizowanego ujęcia [30]. Niestety producenci zapewniając o krystaliczności czystej wodzie uzyskiwanej dzięki ich wkładom filtrującym nie zwracają uwagi na to, że nie zawsze taki filtr jest niezbędny i przy niskim stężeniu jonów w wodzie wodociągowej jego stosowanie może być niebezpieczne dla zdrowia [6]. Wciąż nie do

**Tabela 2.** Porównanie względnej różnicy przewodności właściwej w zależności od stopnia zużycia filtra wodnego**Table 2.** Comparison of relative difference of the electrical conductivity

Zużycie filtra [l]	0	40	120
Przewodność właściwa wody czystej $\sigma$ [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	560	536	561
	560	557	561
	559	558	559
	546	558	560
	548	553	557
	550	550	557
	558	558	559
Średnia	554	553	559
Względna różnica przewodności właściwej (przewodność właściwa) wody filtrowanej $\Delta\sigma$ [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	147 (407)	155 (398)	64 (495)
	147 (407)	155 (398)	63 (496)
	147 (407)	156 (397)	62 (497)
	145 (409)	157 (396)	60 (499)
	187 (367)	109 (444)	69 (490)
	154 (400)	153 (400)	69 (490)
	145 (409)	156 (397)	61 (498)
Średnia	153 (401)	149 (404)	64 (495)

**Tabela 3.** Porównanie poziomu stopnia filtracji w zależności od stopnia zużycia filtra wodnego**Table 3.** Comparison of filtration degree

Zużycie filtra [l]	0	40	120
$WCW_{CZ}$	2,1	1,7	1,9
	2,1	1,7	2,0
	2,0	1,5	1,7
	2,0	1,2	1,6
	1,7	1,9	2,2
	1,8	2,3	2,2
	1,7	1,5	1,6
Średnia	1,9	1,7	1,9
$SF(WCW_F)$	3,3 (5,2)	1,5 (3,2)	0,8 (2,7)
	4,5 (6,4)	1,2 (2,9)	1,1 (3,0)
	3,5 (5,4)	0,8 (2,5)	0,9 (2,8)
	2,7 (4,6)	1,0 (2,7)	0,9 (2,8)
	3,3 (5,2)	2,1 (3,8)	1,4 (3,3)
	3,7 (5,6)	1,5 (3,2)	0,9 (2,8)
	3,7 (5,6)	1,1 (2,8)	1,0 (2,9)
Średnia	3,5 (5,4)	1,3 (3,0)	1,0 (2,9)

**Tabela 4.** Porównanie stopnia filtracji, względnej różnicy przewodności właściwej oraz poziomu jonów wapniowych w zależności od stopnia zużycia filtra wodnego. Różnice pomiędzy poszczególnymi próbkami są istotne statystycznie na poziomie  $p < 0,05$

**Table 4.** Comparison of filtration degree, relative difference of the electrical conductivity and level of calcium ions. The differences between the indicated samples are shown with  $p$  values (it was significant for  $p < 0,05$ )

Porównywane próbki	Wartość $p$		
	SF	$\Delta\sigma$	$\Delta\text{Ca}$
Użyty test	t - Studenta	Wilcoxon	t - Studenta
0 i 40	<0,05	0,31	<0,05
0 i 120	<0,05	<0,05	<0,05
40 i 120	<0,05	<0,05	<0,05

końca zbadany jest również wpływ zakwaszania wody poprzez zastosowanie żywic jonowymiennych we wkładach filtrujących.

Twardość tymczasowa jest ściśle powiązana i proporcjonalna do stężenia jonów wapniowych. Jak pokazują uzyskane wyniki względna różnica poziomu jonów wapniowych w wodzie przefiltrowanej spada wraz ze stopniem zużycia filtra wodnego. Sugeruje to, nieustanny spadek skuteczności filtracji jonów wapniowych wraz z ilością przefiltrowanych litrów. Podobną tendencję zaobserwowano dla przewodności właściwej, parametru pozwalającego na ocenę zawartości jonów rozpuszczonych w wodzie. W tym przypadku względna różnica przewodności właściwej wody filtrowanej była istotnie statystycznie niższa po okresie trzymiesięcznego użytkowania filtra (po przefiltrowaniu 120 litrów). Po pierwszym miesiącu użytkowania nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic co sugerowałoby brak zmian w skuteczności filtracji w tym zakresie w ciągu pierwszych 30 dni.

Uzyskane wyniki zdają się nie potwierdzać informacji podawanych przez producentów zgodnie, z którymi filtry nie zmieniają swojej efektywności pracy przez cały czas użytkowania. Zalecana jest wymiana wkładu filtrującego po 30 dniach jednak po tym czasie zmniejszać powinna się jedynie prędkość filtracji, a nie jej efektywność (zanieczyszczenia nie powinny przedostawać się do wody). Co ciekawe zgodnie z badaniami wstępnymi nie udało się potwierdzić zmiany poziomu chlorków w wodzie filtrowanej w stosunku do wody wodociągowej, co również nie jest zgodne ze specyfikacją produktu. Ponieważ w ramach badań wstępnych wykonano mało oznaczeń należałoby potwierdzić tą tezę dalszymi badaniami.

Kwas askorbinowy dzięki swojej budowie chemicznej, jest witaminą bardzo dobrze rozpuszczalną w wodzie, jednak w roztworach tych jest wyjątkowo nietrwały. Szybko się utlenia, jest bardzo wrażliwy na zmiany temperatury oraz promieniowanie ultrafioletowe. O szybkości degradacji witaminy C w roztworach wodnych decyduje jakość samego rozpuszczalnika, czyli obecność zanieczyszczeń, takich jak jony niektórych metali ciężkich (na przykład żelazo, miedź, mangan, rtęć czy nikiel) [18, 29].



Powyższe właściwości witaminy C stały się podstawą do opracowania metody określania jakości wody, a otrzymane wyniki zdają się potwierdzać możliwość jej zastosowania do oceny skuteczności filtracji dzbankowych filtrów wodnych. Badany SF okazał się maleć wraz ze stopniem zużycia wkładu filtrującego. Parametr ten jest bardzo czułym wskaźnikiem w najistotniejszym okresie eksploatacji wkładu - w pierwszym miesiącu. Co ciekawe w analizowanym okresie nie zarejestrowano zmian we względnej różnicy przewodności właściwej, a jedynie zmiany względnej różnicy poziomu jonów wapniowych w wodzie filtrowanej. Najprawdopodobniej SF jest parametrem wrażliwym na pewne specyficzne zanieczyszczenia nie mające lub mające znikomy wpływ na przewodność właściwą roztworu. Określenie rodzaju, tych być może występujących w śladowych ilościach substancji, wymaga dalszych badań. Warto jednak zauważyć, że sposób i koszt oznaczania jonów wapniowych w badanych próbkach jest bardziej skomplikowany i droższy w porównaniu z metodyką oznaczania SF. Biorąc pod uwagę dodatkowo fakt, że przewodność właściwa roztworów nie ulega zmianie w ciągu pierwszego miesiąca wydaje się, że wybór metody oznaczania jakości przy pomocy kwasu askorbinowego jest trafny, bowiem jest to metoda czuła, nieskomplikowana, szybka i niedroga. Proponowana metoda ze względu na wyżej wymienione cechy zdaje się być metodą konkurencyjną również w stosunku do innych niż stosowane w przedstawionych badaniach, znanych metod określania jakości wody. Warto dodać, że posiada ona potencjalnie duże możliwości wykorzystania nie tylko do oceny skuteczności filtracji, ale wszędzie tam gdzie jakość wody jest istotnym parametrem. Oczywiście nie jest to metoda, z której korzystać będzie użytkownik instalacji domowej, natomiast może ona być stosowana jako dodatkowe narzędzie określania skuteczności oczyszczania wody w odpowiednich laboratoriach.

Należy pamiętać, że duży wpływ na efektywność filtracji może mieć sposób użytkowania wkładu filtrującego (czas kontaktu wkładu z wodą, długość przerw w użytkowaniu itp.), a przedstawione badania dotyczyły wkładu eksploatowanego w warunkach domowych [1, 22]. Oczywiście ocena jakości wody powinna być dokonana w dużo szerszym zakresie (zarówno oznaczeń wskaźników fizyko-chemicznych jak i metod analitycznych), a proponowana metoda wymaga dalszych badań w celu ustalenia korelacji pomiędzy SF, a innymi standardowymi oznaczeniami, czego nie dokonano. Podstawowym celem prezentowanej pracy nie było bowiem poszukiwanie nowej metody określania jakości wody, a ukazanie ciekawego i nieskomplikowanego narzędzia pomiarowego i potencjalnych możliwości jego wykorzystania.

## WNIOSKI

1. Wraz ze zużyciem wkładu filtrującego zaobserwowano malejącą efektywność usuwania jonów wapniowych z wody oraz spadek różnic w wartościach przewodności właściwej pomiędzy wodą czystą a filtrowaną.



2. SF maleje wraz z ilością przefiltrowanych litrów wody czystej – stopnia zużycia wkładu filtrującego.
3. Proponowana metoda określania jakości wody oparta na pomiarze zmian absorpcji roztworów kwasu askorbinowego może być skutecznym narzędziem do określania efektywności oczyszczania wody w dzbankowych filtrach domowych.

## Podziękowania

Autorzy dziękują Zakładowi Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Szczecinie za udostępnienie wyników badań oraz wszelką pomoc przy powstawaniu tej publikacji.

## LITERATURA

1. Bao ML, Griffini O, Santianni D, Barbieri K, Burrini D, Pantani F. Removal of bromate ion from water using granular activated carbon. *Water Research* 1999; 33(13): 2959-2970.
2. Biniak S, Pakuła M, Świątkowski A, Trykowski G. Porównanie metod oceny stopnia zużycia węgla aktywnego stosowanego w procesie uzdatniania wody. *Węgiel Aktywny w Ochronie Środowiska i Przemysle* 2006: 286-296.
3. Boguszewska D. Wpływ niedoboru wody na zawartość wybranych składników chemicznych w bulwach ziemniaka, żywność. *Nauka. Technologia. Jakość* 2007; 5(54): 93-101.
4. Daschner ED, Rtiden H, Simon R, Clotten J. Microbiological contamination of drinking water in a commercial household water filter system. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases* 1996; 15: 233-237.
5. Derakhshi P, Ghafourian H, Khosravi M, Rabani M. Optimization of molybdenum adsorption from aqueous solution using granular activated carbon. *World Applied Sciences Journal* 2009; 7(2): 230-238.
6. Derkowska-Sitarz M, Adamczyk-Lorenc A. Wpływ składników mineralnych rozpuszczonych w wodzie pitnej na organizm człowieka. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej* 2008; 123: 39-48.
7. Durkowski T, Burczyk P, Królak B. Ocena wpływu składników nawozowych ze zlewni rolniczych jeziora Miedwie w okresie restrukturyzacji rolnictwa. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 2006; 2(18): 51-63.
8. Jezierska K, Gonet B, Podraza W, Domek H. A new method for the determination of water quality. *Water SA* 2011; 37: 127-129.
9. Kiedryńska L. Zasiedlenie granulowanych węgla aktywnych przez mikroorganizmy w procesie uzdatniania wody. *Ochrona Środowiska* 2004; 26(1): 39-42.
10. Kowal AL. Przyczyny i zapobieganie zmianom jakości wody w systemach wodociągowych. *Ochrona Środowiska* 2003; 25(4): 3-6.
11. Kowalska J, Majewska E, Lenart A. Aktywność wody napoju kakaowego w proszku o zmodyfikowanym składzie surowcowym. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2011; 4(77): 57-65.
12. Krzywdzińska-Bartkowiak M, Dolata W. Wpływ dodatku wody na mikrostrukturę drobnorozdrobnionych farszów mięsnych i wyprodukowanych z nich wędlin. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2005; 3(44): 121.

13. Kuś K, Gamrot B, Malicka K, Ścieranka G. Wpływ eksploatacji i stanu technicznego sieci na jakość wody wodociągowej. *Ochrona Środowiska* 2001; 3(82): 17-20.
14. Langauer-Lewowicka H. Glin – zagrożenia środowiskowe. *Medycyna Środowiskowa* 2005; 8(1): 59-64.
15. Lobanga KP, Haarhoff J, Van Staden SJ. Treatability of South African surface waters by activated carbon. *Water SA* 2013; 39(3): 379-384.
16. Magic-Knezev A, Van Der Kooij D. Optimisation and significance of ATP analysis for measuring active biomass in granular activated carbon filters used in water treatment. *Water Research* 2004; 38: 3971–3979.
17. Michel MM, Kiedrzyńska L, Tyszko E. Badania skuteczności odmanganiania wody podziemnej na modyfikowanym chalcedonicie i masie katalitycznej Purolite MZ-10. *Ochrona Środowiska* 2008; 30(3): 15-20.
18. Miktus M. Witaminy część II: ogólna charakterystyka witaminy C. *Żywność i Zdrowie* 2000; 1(12): 1-4.
19. Mossakowska A. Wpływ wybranych parametrów pracy filtrów węglowych na jakość wody z Wodociągu Praskiego w Warszawie. *Ochrona Środowiska* 2001; 3(82): 41-44.
20. Nawrocki J. Uboczne produkty utleniania i dezynfekcji wody – doświadczenia ostatnich 30 lat. *Ochrona Środowiska* 2005; 27(4): 3-12.
21. Pawlaczyk-Szpilowa M. Jakość zdrowotna wody przeznaczonej do picia. *Ochrona Środowiska* 1993; 3(50): 11-15.
22. Pruss A. Wpływ przerw w eksploatacji filtrów węglowych na ich aktywność biologiczną. *Ochrona Środowiska* 2007; 29(34): 55-58.
23. Pruss A, Maciołek A, Lasocka-Gomuła I. Wpływ aktywności biologicznej złóż węglowych na skuteczność usuwania związków organicznych z wody. *Ochrona Środowiska*, 2009; 31(4): 31-34.
24. Sawiniak W, Kotlarczyk B, Matusiak M. Skuteczność usuwania związków organicznych w złożu filtrów kontaktowych z warstwą węgla aktywnego. *Ochrona Środowiska* 2009; 31(3): 29-31.
25. Ternes TA, Meisenheimer M, McDowell D, Sacher F, Brauch HJ, Haist-Gulde B, Preuss G, Wilme U, Zulei-Seibert N. Removal of pharmaceuticals during drinking water treatment. *Environmental Science & Technology* 2002; 36: 3855-3863.
26. Toczyłowska B. Domowe stacje oczyszczania wody wodociągowej – rodzaje i warunki stosowania. *Ochrona Środowiska* 1995; 3(58): 69-72.
27. Toczyłowska B, Rutkiewicz A. Zastosowanie licznika cząstek do oceny wtórnego zanieczyszczenia wody produktami korozji przewodów wodociągowych. *Ochrona Środowiska* 2002; 1(84): 21-26.
28. Wilmański K. Usuwanie substancji organicznych z wód podziemnych na pylistym węglu aktywnym. *Ochrona Środowiska* 2005; 27(3): 13-16.
29. Yuan JP, Chen F. Degradation of ascorbic acid In aqueous solution. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1998; 46(12): 5078-5082.
30. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.