

Ewa PUSZCZAŁO^{1*}, Edyta KUDLEK¹ i Anna MARSZAŁEK¹

OCENA SKUTECZNOŚCI PRACY FILTRÓW PRZELEWOWYCH

EVALUATION OF THE OPERATION EFFECTIVENESS OF OVERFLOW FILTERS

Abstrakt: Celem badań była ocena skuteczności pracy filtrów przelewowych. W dzbanku filtracyjnym o objętości 2,0 dm³ codziennie przez okres jednego miesiąca filtrowano 5 dm³ wody wodociągowej. Próbkę do badań pobierano co 3 dni. Analizie poddano także próbki wody bezpośrednio po przepłukaniu filtra oraz po pierwszej i drugiej filtracji od założenia nowego wkładu. Skuteczność pracy filtrów została oceniona na podstawie pomiaru parametrów fizykochemicznych, tj. stopnia obniżenia twardości wody, pH, zawartość chlorków, absorbancji, barwy, ogólnego węgla organicznego oraz eliminacji zanieczyszczeń z grupy Emerging Pollutants. Ponadto wykonana została analiza toksykologiczna próbek po filtracji, która wykazała ich nietoksyczny charakter na każdym etapie prowadzenia badań. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że po dwóch tygodniach pracy filtra może on nie spełniać już swojej funkcji, natomiast, biorąc pod uwagę możliwość występowania w sieci wodociągowej różnych zanieczyszczeń, stosowanie filtrów wydaje się być niezbędne.

Słowa kluczowe: woda pitna, dzbanek filtracyjny, filtr przelewowy

Wprowadzenie

Woda jest substancją niezbędną do życia i odgrywa znaczącą rolę w zachowaniu homeostazy ustroju. Stanowi około 60 % masy ciała dorosłego człowieka. Spożywanie odpowiednio dużych ilości wody sprzyja spalaniu tłuszczu, oczyszczeniu organizmu z toksyn, wchłanianiu składników odżywczych oraz optymalnemu działaniu enzymów trawiennych [1]. W ostatnich latach bardzo szybko rośnie świadomość społeczeństwa dotycząca zdrowego odżywiania, a co za tym idzie, jakości wody, którą pijemy. W związku z tym coraz większym zainteresowaniem cieszy się pogłębione oczyszczanie wody wtórnie zanieczyszczonej w trakcie transportu w sieci wodociągowej ze stacji uzdatniania do odbiorcy (do kranu). Rury od wewnątrz pokrywają się nie tylko osadami czy kamieniem, lecz również jest w nich bogactwo namnażających się bakterii. Standardowe badanie stwierdzające, czy woda nadaje się do spożycia, polega na weryfikacji obecności bakterii kałowych *Escherichia coli*, paciorkowców kałowych *Enterococcus faecalis* oraz bakterii *Clostridium difficile*. Nie bada się natomiast wody pod kątem obecności innych bakterii, wirusów, pierwotniaków, glonów, wrotków czy grzybów.

Jednym ze sposobów uzdatniania wody pitnej jest zastosowanie filtrów przelewowych. Głównym ich zadaniem jest usunięcie wszelkich substancji, które szkodliwie wpływają na smak, zapach czy barwę wody. Sceptycy użytkowania dzbanków do filtrowania wody podnoszą argument całkowitego oczyszczenia jej z zawartych w niej pierwiastków, także tych korzystnych dla zdrowia. Jednak w rzeczywistości celem działania dzbanków z filtrem do wody jest jedynie pozabawienie jej potencjalnie szkodliwych substancji i zanieczyszczeń [2]. Oprócz wymienionych zanieczyszczeń w wodzie mogą występować

¹ Zakład Chemii Środowiska i Procesów Membranowych, Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, Politechnika Śląska, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

* Autor do korespondencji: ewa.puszczalo@polsl.pl

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

również pestycydy. Dzieje się tak ze względu na nieprawidłowe odprowadzanie ścieków, złe przechowywanie odpadów, nieodpowiednie wykorzystanie nawozów i chemikaliów. Analizy wykazały, że przekroczenia występują głównie na terenach wiejskich [3]. Producenci filtrów dzbankowych gwarantują również redukcję pestycydów obecnych w wodzie. Temat ten jest szeroko komentowany na portalach internetowych, natomiast niewiele jest badań naukowych na temat oczyszczania wody w dzbankach filtracyjnych.

Jedną z przyczyn korzystania z dzbanków filtrujących wodę do picia może być usunięcie produktów ubocznych dezynfekcji. W literaturze dostępne są wyniki badania dotyczące wpływu powszechnych metod przetwarzania wody do picia w gospodarstwie domowym na stężenia produktów ubocznych dezynfekcji (DBP) [4]. Zbadano wpływ przechowywania wody w lodówce, filtrowania przez dzbanek filtrujący, gotowania w czajniku elektrycznym. Określono stężenia czterech gatunków trihalometanów (THM) i dziewięciu gatunków kwasów fluorowcooctowych (HAA) w wodzie gotowej do spożycia w Sydney, Australia. Autorzy dowiedli, że nastąpiła znaczna redukcja całkowitych THM w wodzie gotowanej i wodzie przefiltrowanej przez dzbanek. Wynosiła ona odpowiednio 93,5 i 92,6 %. Przechowywanie wody w lodówce nie miało wpływu na stężenie THM oraz HAA.

Barnaby i in. [2] przeprowadzili badania skuteczności usuwania arsenu z wody pitnej w Stanach Zjednoczonych za pomocą filtrów do dzbanka filtrującego. Wykorzystali w tym celu najbardziej popularne w USA firmy, tj. Pur® i Brita® oraz ZeroWater® i Great Value®. Stwierdzili oni, że tylko jeden badany filtr z dzbankiem na wodę, ZeroWater®, zmniejszył stężenie arsenu z 1000 do 2,6 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (wartość znacznie poniżej dopuszczalnych 10 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$). Ponadto stężenie wszystkich rozpuszczonych ciał stałych nie miała znaczącego wpływu na zdolność filtra ZeroWater® do usuwania As^{3+} lub As^{5+} . Na tej podstawie stwierdzono, że dzbanek filtrujący ZeroWater® jest skutecznym sposobem usuwania arsenu z wody pitnej i zmniejsza ilość odpadów plastikowych związanych z butelkowaną wodą [2].

W badaniach prowadzonych przez Kruszelnicą [5] zauważono, że w przypadku przechowywania filtrów dzbankowych i wody niezgodnie z zaleceniami producentów, czyli w temperaturze pokojowej, co bardzo często dzieje się u konsumentów, dopuszczalne liczebności bakterii mezofilnych i psychrofilnych w przefiltrowanej wodzie zostały znacznie przekroczone już w pierwszym tygodniu użytkowania nowego wkładu filtrującego. O ile bakterie psychrofilne są częściowo naturalną mikroflorą występującą w wodach, to obecność bakterii mezofilnych może być niekiedy niebezpieczna, gdyż mezofilami jest większość drobnoustrojów chorobotwórczych [5]. Stwierdzono, że woda z kranu po procesie filtracji zawiera więcej zarazków niż wcześniej. Powodem jest to, że bakterie gromadzą się i namnażają w ciemnych i wilgotnych wkładach filtracyjnych. Poza temperaturą przechowywania filtrów duży wpływ na jakość wody ma również zbyt długie używanie filtra. Dlatego też podjęto próbę oceny skuteczności pracy filtrów przelewowych.

Substrat i metodyka badań

Substratem badań była woda wodociągowa. Badania prowadzono na Politechnice Śląskiej w Gliwicach. W dzbanku filtracyjnym o objętości 2,0 dm^3 codziennie przez okres jednego miesiąca filtrowano 5 dm^3 wody wodociągowej. Próbki do badań pobierano co

3 dni. Analizie poddano także próbki wody bezpośrednio po przepłukaniu filtra oraz po pierwszej i drugiej filtracji od założenia nowego wkładu (która zdaniem producentów dzbanków filtracyjnych nie nadaje się do picia). Działanie dzbanków filtracyjnych jest bardzo proste. Zdejmujemy pokrywę, wlewamy wodę do środka. Pojemnik zwęża się ku dołowi i woda przepływa przez filtr. Po przejściu przez wkład woda spływa do pustej komory i nie miesza się z wodą surową. Czas samego procesu filtracji trwa ok. dziesięć minut. W każdym uniwersalnym wkładzie filtrującym pasującym do większości dzbanków wkład jest złożony z dwóch warstw filtrujących. Pierwsza (węgiel aktywny), zgodnie z informacją od producentów, powinna usuwać z wody chlor, fenole, detergenty oraz niektóre metale ciężkie, jak ołów, rtęć i nikiel. Druga część wkładu filtrującego jest wypełniona żywicą jonowymienną usuwającą z wody jony magnezu i wapnia, odpowiadające za jej twardość, która powoduje osadzanie się kamienia na ściankach naczyń. Skuteczność pracy filtrów oceniona została na podstawie pomiaru parametrów fizykochemicznych, tj. stopnia obniżenia twardości wody, pH, zawartości chlorków, absorpcji, barwy, ogólnego węgla organicznego.

Przewodność właściwą i pH mierzono za pomocą urządzenie wielofunkcyjnego CPC 505 firmy ELMETRON. Węgiel całkowity oznaczono za pomocą analizatora węgla Shimadzu. Absorbancja UV_{254} została zbadana przy pomocy spektrofotometru Cecil 1000. Twardość ogólną oznaczono metodą wersenianową, natomiast do pomiaru chlorków zastosowano chromatograf jonowy firmy Dionex. Barwę zmierzono za pomocą spektrofotometru firmy Merck. Ponadto przeprowadzono badania pod względem toksyczności, które wykonano za pomocą analizatora Microtox. Stopień toksyczności oceniano w oparciu o zmianę emisji natężenia światła przez bakterie *Vibrio fischeri* posiadające własności bioluminescencyjne. Eksperyment wykonano zgodnie z procedurą WET (Whole Effluent Toxicity) systemu MicrotoxOmni.

Omówienie wyników

Głównym zamysłem osób projektujących filtry dzbankowe była możliwość poprawy walorów smakowych, zapachowych i barwy wody, obniżenie twardości, pozbowanie jej chloru i cząstek mechanicznych pochodzących z rur wodociągowych. Trzeba pamiętać, o tym, że z wody nie są usuwane wirusy i bakterie. Stosowanie filtrów może grozić zatem niedoborem ważnych dla zdrowia minerałów, a nawet zakażeniem groźnymi bakteriami, które zbierają się na filtrze.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiarów podstawowych parametrów pracy wybranego filtra. Woda wodociągowa każdorazowo spełniała jakości określone przez Ministerstwo Zdrowia [6].

Stwierdzono, że we wszystkich analizowanych próbkach, zarówno w wodzie wodociągowej, jak i w wodzie po filtracji, zawartość chlorków utrzymywała się na stałym poziomie i wynosiła 70 mg/dm^3 . Również barwa nie uległa zmianie po procesie filtracji. Jej wartość wahała się w granicach $0,008\text{-}0,009 \text{ Pt mg/dm}^3$. Jak widać, uzyskane wyniki nie potwierdzają informacji podawanych przez producentów, czyli zmiany poziomu chlorków w wodzie filtrowanej w stosunku do wody wodociągowej. Podobne zależności zaobserwowali Jezierska i in. [7] w artykule dotyczącym metod oceny skuteczności

oczyszczania wody w dzbankach filtrujących. Otrzymane wyniki badań przedstawiono na rysunku 1.

Tabela 1

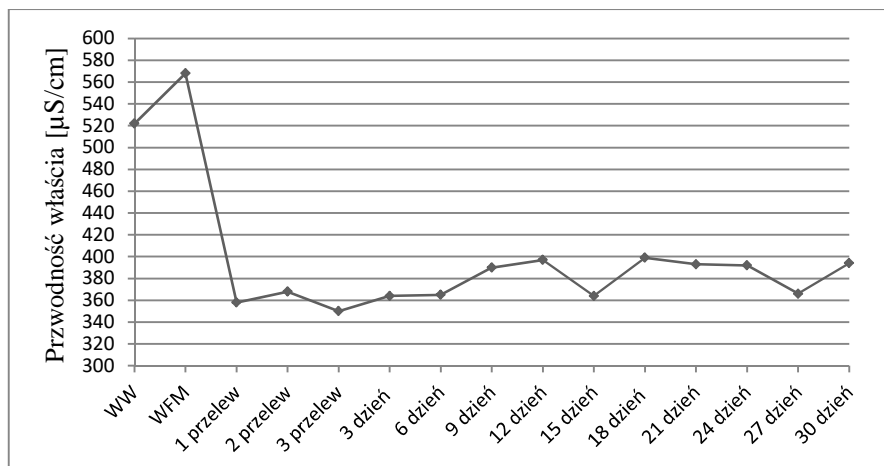
Charakterystyka fizykochemiczna wody przed i po filtracji

Table 1

Physico-chemical characteristics of water before and after filtration

Próbka	Jednostka	WW	3 dzień	30 dzień	WFM	1 przelew	2 przelew	3 przelew
pH	[-]	6,6	6,9	7,1	7,6	6,7	6,7	6,6
Przew. wł.	[$\mu\text{S}/\text{cm}$]	522	364	394	568	358	368	350
Abs	[m^{-1}]	0,01	0,003	0,007	0,016	0,003	0,001	0,003
Barwa	[mg/dm^3]	0,009	0,008	0,008	0,009	0,009	0,009	0,009
TC	[mg/dm^3]	35,43	11,03	29,62	39,86	19,17	17,72	16,27
Tw. og.	[mg/dm^3]	316	168	300	284	92	108	112
Cl ⁻	[mg/dm^3]	70	70	70	70	70	70	70

WW - woda wodociągowa, WFM - woda z filtra po zamoczeniu, Przew. wł. - przewodność właściwa, Abs. - absorpcja, TC - węgiel całkowity, Tw. og. - twardość ogólna



Rys. 1. Zmiana przewodności właściwej podczas prowadzenia procesu filtracji

Fig. 1. Changes in conductivity during the process of filtration

Wartość pH wynosiła od 6,6 do 7,6. Nie zaobserwowano również wyraźnej zależności potencjału redoks po filtracji wody w dzbanku filtracyjnym. Potencjał oksydacyjno-redukcyjny wahał się w całym zakresie przebadanych wartości w granicach 404-472 mV.

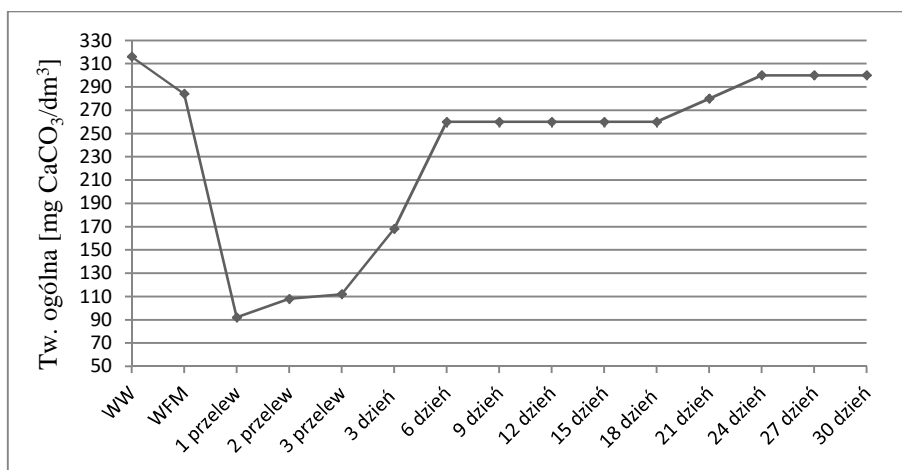
Analizując wartość przewodności właściwej, zaobserwowano obniżenie tego parametru po procesie filtracji. W wodzie wodociągowej wynosiła ona 522 $\mu\text{S}/\text{cm}$, natomiast po procesie filtracji została obniżona do 350-399 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (24-33 %).

Stężenie jonów wapnia i magnezu również uległo zmianie. Woda, która zawiera dużą ilość tych jonów, jest wodą twardą. W Polsce zgodnie z obowiązującym rozporządzeniem ministra zdrowia [6], twardość wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi musi zawierać się w przedziale 60-500 $\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$, czyli zgodna z normą jest woda od bardzo

miękkiej do twardej. Przeprowadzone analizy wykazały, iż woda wodociągowa jest wodą średnio twardą wg skali twardości wody [8].

Rosen i in. [9] przeprowadzili szerokie analizy wody z kranu pod względem zawartości jonów Mg w różnych rejonach Izraela. Ocenili wpływ filtracji na zawartość tych jonów w wodzie do picia. Analizy te zostały przeprowadzone, ponieważ wielu badaczy zaobserwowało dodatnią korelację między niedoborem Mg a śmiertelnością z powodu choroby wieńcowej. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na niedobór Mg w diecie konsumenta mogła być filtracja wody wodociągowej w gospodarstwie domowym, ponieważ wapń i magnez spożywany z wodą jest łatwiej przyswajalny niż z innego źródła [7, 9]. Autorzy zastosowali dzbanki filtrujące firmy Brita. Obniżenie stężenia Mg w wodzie w Rehovot i Jerozolimie było na poziomie 89,5 i 88,3 %. Stężenia Mg w wyniku filtracji Brita były na poziomach niższych niż ustalone przez Światową Organizację Zdrowia (minimalne wartości stężenia Mg dla wody pitnej wynoszą 10 mg/dm³). Wywnioskowano, że w przypadku filtracji wody wodociągowej w gospodarstwie domowym w Izraelu stężenie Mg zostało znacznie obniżone, co może być szkodliwe dla zdrowia konsumenta [9].

Zmiany wartości twardości ogólnej w wodzie wodociągowej w Gliwicach po procesie filtracji dzbankiem Brita przedstawiono na rysunku 2.



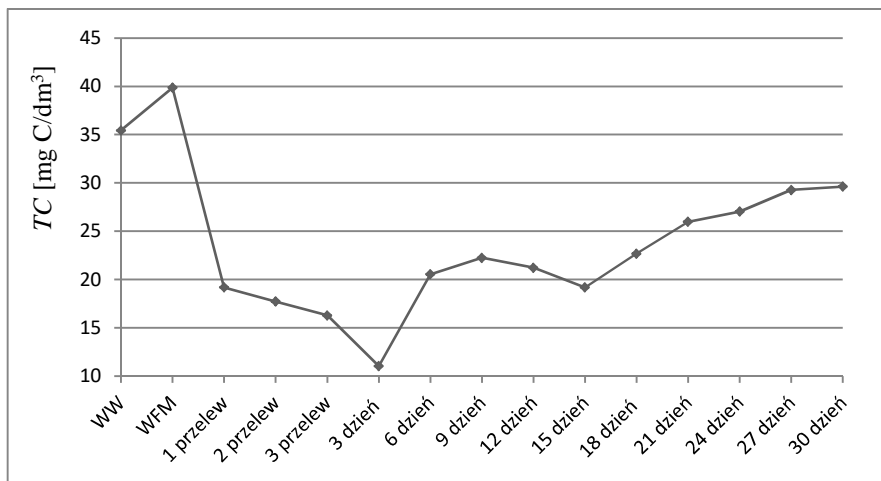
Rys. 2. Zmiana wartości twardości ogólnej podczas prowadzenia procesu filtracji

Fig. 2. Changes of total hardness value during the process of filtration

W pierwszym dniu pracy filtra stopień obniżenia twardości ogólnej wynosił 65 %. W kolejnym etapie filtracji redukcja tego parametru znacznie się zmniejszyła. Po 5 dniach wynosiła 17,7 %, natomiast po 24 dniach zaledwie 5 %. Należy zwrócić uwagę na to, że najwyższą efektywność usuwania jonów wapnia i magnezu zaobserwowano dla próbek wody bezpośrednio po przepłukaniu filtra oraz po pierwszej i drugiej filtracji od założenia nowego wkładu. Można stwierdzić, że pojemność sorpcyjna węgla aktywnego została wyczerpana w tym czasie w ok. 50 %. Na podstawie badań i dostępnej literatury

wywnioskowano, iż dużą korzyścią ze zredukowania twardości wody jest ochrona czajników i garnków przed osadzaniem kamienia. Filtrowana woda może poprawiać także smak potraw. Jednak, aby lepiej poznać wpływ zastosowania tej metody na jakość wody, należy przeprowadzić jeszcze szereg badań.

Podobną zależność zaobserwowano, analizując węgiel całkowity. Wraz ze zużyciem wkładu filtrującego zaobserwowano malejącą efektywność usuwania węgla. Otrzymane wyniki badań przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Zmiana stężenia węgla całkowitego (TC) podczas prowadzenia procesu filtracji

Fig. 3. Changes in total carbon (TC) concentration during the filtration process

W pierwszym dniu filtracji TC został obniżony o 54 %, natomiast po 24 dniach już tylko o 23 %. Można zauważyć iż po dwóch tygodniach pracy filtra stężenie węgla całkowitego zaczęło wzrastać z 19,2 do 29,6 mg/dm³.

Biorąc pod uwagę omawiane parametry stwierdzono, iż już po dwóch tygodniach pracy filtra przestaje on spełniać swoją funkcję. Podobne zależności zaobserwowali Gizińska M. i in. [10]. Autorzy oceniali skuteczność działania i żywotności filtrów dzbankowych wytwarzanych przez trzech różnych producentów. Przeprowadzone badania również wykazały, że filtry dzbankowe charakteryzowały się niską skutecznością zatrzymywania chlorków oraz niewielkim obniżeniem twardości ogólnej. Gizińska i in. [10] w swojej pracy przeprowadzili również badania dotyczące liczby drobnoustrojów mezofilnych. W czwartym tygodniu stosowania filtrów zaobserwowano ich ilość na poziomie powyżej 50 jtk cm⁻³, co wyklucza możliwość dłuższego stosowania filtra.

Podczas prowadzenia badań wykonana została również analiza toksykologiczna próbek po filtracji, która wykazała ich nietoksyczny charakter na każdym etapie prowadzenia badań.

Ponieważ w ramach badań wstępnych wykonano mało oznaczeń, należałoby potwierdzić poszczególne tezy dalszymi badaniami.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Stwierdzono, że we wszystkich analizowanych próbkach, zarówno w wodzie wodociągowej, jak i w wodzie po filtracji, zawartość chlorków utrzymywała się na stałym poziomie i wynosiła 70 mg/dm^3 .
2. Zaobserwowano, iż stopień obniżenia twardości ogólnej po dwóch tygodnia pracy filtra wynosił 17 %, a po trzech tygodniach zmalał do 5 %.
3. Stężenie węgla całkowitego po dwóch tygodniach prowadzenia badań wynosiło $19,2 \text{ mg/dm}^3$, a w ostatnim dniu filtracji kształtowało się na poziomie $29,6 \text{ mg/dm}^3$.
4. Biorąc pod uwagę omawiane parametry, stwierdzono, iż już po dwóch tygodniach pracy filtra może nie spełniać on swojej funkcji.

Literatura

- [1] Jarosz M., Normy żywienia dla populacji Polski, Instytut Żywności i Żywienia, ISBN 978-86-86060-89-4 2017; <https://ncez.pl/upload/normy-net-1.pdf>.
- [2] Barnaby R, Liefeld A, Jackson BP, Hampton TH, Stanton BA. Effectiveness of table top water pitcher filters to remove arsenic from drinking water. *Environ Res.* 2017;158:610-615. DOI: 10.1016/j.envres.2017.07.018.
- [3] Sjerps RMA, Kooij PJJ, Loon A, Wezel APV. Occurrence of pesticides in Dutch drinking water sources. *Chemosphere.* 2010;235:510-518. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.06.207.
- [4] Rahman B, Driscoll T, Clements M, Armstrong BK, Cowie CK. Effects of tap water processing on the concentration of disinfection by-products. *J Water Health.* 2011;9(3):507-514. DOI: 10.2166/wh.2011.155.
- [5] Kruszelnicka I, Ginter-Kramarczyk D, Michałkiewicz M. Czy warto stosować filtry dzbankowe? *Technologia Wody.* 2017;4(54):16-21. <https://technologia-wody.eu/tw/article/view/713>.
- [6] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20170002294/O/D20172294.pdf>.
- [7] Jezierska K, Podraza W, Domek H, Szwed J. Metoda oceny skuteczności oczyszczania wody w dzbankowych filtrach domowych. *Inż Ekolog.* 2014;37:62-71. DOI: 10.12912/2081139X.17.
- [8] Główny Inspektorat Sanitarny. Twardość wody. <https://gis.gov.pl/zywnosc-i-woda/twardosc-wody/>.
- [9] Rosen VV, Garber OG, Chen Y. Magnesium deficiency in tap water in Israel: The desalination era. *Desalination.* 2018;426:88-96. DOI: 10.1016/j.desal.2017.10.027.
- [10] Gizińska M, Pytka A, Skwarzyńska A, Micek A, Józwiakowski K, Marzec M, i in. Porównanie skuteczności działania i żywotności filtrów dzbankowych do wody. *Technologia Wody.* 2014;2(34):25-29. <https://pbn.nauka.gov.pl/polindex-webapp/browse/article/article-3c3a5d5e-288f-45aa-86d3-b99bf66ac183>.

EVALUATION OF THE OPERATION EFFECTIVENESS OF OVERFLOW FILTERS

Division of Environmental Chemistry and Membrane Processes, Institute of Water and Wastewater Treatment
Silesian University of Technology, Gliwice

Abstract: The aim of the study was to evaluate the effectiveness of overflow filters. The tests were carried out in a 2.0 dm^3 filter jug. Each filter was tested for a period of 1 months. 5 dm^3 of tap water were filtered every day. Samples for analyzes were taken every 3 days. The water samples were collected immediately after the filter was rinsed. Water samples taken after the first and second filtration through a new cartridge (such water is according to filter jugs producers not suitable for drinking) were also analyzed. The effectiveness of the tested filters was evaluated based on the monitoring of physicochemical parameters such as: water hardness, pH, chloride content, absorbance, color, total organic carbon and also by the elimination of pollutants from the Emerging Pollutants group. In addition, a toxicological analysis of the samples after filtration was carried out. A non-toxic nature of each sample at every stage of the test has been proved. Based on the conducted tests, it can be concluded that after

two weeks of filter operation, it may no longer fulfill its function. However, taking into account the possibility of occurrence of even pollution in the water supply network, the use of filters seems to be necessary.

Keywords: drinking water, filter jug, overflow filter