

Gabriela KAMIŃSKA<sup>1</sup>, Ewa PUSZCZAŁO<sup>2</sup>, Anna MARSZAŁEK<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Silesian University of Technology, Department of Water and Wastewater Treatment, Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, Poland

ORCID / e-mail:

<sup>1</sup> 0000-0002-7992-9888000 / [gabriela.kaminska@polsl.pl](mailto:gabriela.kaminska@polsl.pl)

<sup>3</sup> 0000-0001-6931-1083 / [anna.marszalek@polsl.pl](mailto:anna.marszalek@polsl.pl)

## Skuteczność filtracji dzbankowej w zmiękczeniu wody wodociągowej i usuwaniu chloru

### Słowa kluczowe:

filtry dzbankowe, woda wodociągowa, twardość wody, chlor

## Performance of jug filtration in tap water softening and chlorine removal

### Keywords:

jug filters, tap water, water hardness, chlorine

### Abstract

Water hardness, taste, smell, and color are the most important tap water parameters for consumers. Microbiological and physicochemical parameters of tap water should not exceed the permissible values listed in Regulation of Ministry of Health on the quality of water intended for human consumption. Tap water parameters are regularly monitored, however periodically, deviations are allowed, which make it possible to supply water that does not meet the requirements of quality standards. Such a situation causes that consumers have doubts about the health safety of the supplied water. The organoleptic properties of the water such as taste, smell and color can be easily improved at home using jug filters. In this study, we tested the effectiveness of eight inexpensive and easily available jug water filters to soften and remove chlorine from water. Filters were labeled with symbols A, B, C, D, E, F, G, H. Experiments were performed with model water, which was prepared from drinking water taken directly from a sink and spiked with hypochlorite sodium. The hardness of model water was 7.5 mval/L, while free chlorine concentration was equalled 1.1 mg/L. 200 L of model water was filtered by each filter in duplicates. It was found that jug filtration is an effective method for removal of chlorine from water, provided that a use of proper filter. Although, all used filters are dedicated to removal of chlorine from water, not all of them represented a sufficient removal of chlorine. Filters A, B and C were the most effective for chlorine removal. For these filters, chlorine concentration was reduced to the value of 0.075 mg/L. Moreover, for filters A, B, C and E, the concentration of chlorine in the filtrates remained relatively similar throughout the entire experiment. Filters D and H represented the poorest efficiency of chlorine removal. Concentration of chlorine in these filtrates exceeded permissible value recommended by Regulation of Ministry of Health. Among eight studied filters (i.e. 0.3 mg/L), filters A and B are considered as the most effective for water softening. Generally, the efficiency of jug filtration in water softening was at mediocre level and decrease in time. It could have been caused by the high initial hardness of tap water in Gliwice. In the case of very hard water, more often than recommended by the manufacturers replacing the filter cartridges is recommended.

## 1. WSTĘP

Jakość wody przeznaczonej do spożycia jest ściśle określona parametrami mikrobiologicznymi i fizykochemicznymi zestawionymi w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [Rozporządzenie 2017]. Z reguły wodociągi dostarczają wodę spełniającą kryteria określone w tym dokumencie. Okresowo jednak dopuszczalne są odstępstwa, które umożliwiają dostarczenie wody niespełniającej wymagań normatywów jakościowych. Przykładowo w roku 2020 warunkowa przydatność wody o obniżonej jakości zdarzyła się kilkakrotnie w przypadku wodociągów produkujących poniżej 10 000 m<sup>3</sup> wody na dobę [Stan Sanitarny Kraju za 2020 rok].

Sytuacje takie powodują, że konsumenci mają wątpliwości co do bezpieczeństwa zdrowotnego dostarczanej wody. Badania sondażowe prowadzone przez Pracownię Realizacji Badań Socjologicznych Uniwersytetu Gdańskiego pokazały, że w Gdańsku, w roku 2015, 61% ankietowanych nie piło wody bezpośrednio z kranu. W powodach takiego podejścia ankietowani podali m.in. brak zaufania do jej jakości (22%), wysoką twardość wody (17%), wrażenie, że woda z kranu jest niezdrowa (18%) [Woda 2015]. Badania prowadzone na terenie miasta Gliwice w roku 2019 pokazały podobną tendencję. Jedynie 22,5% ankietowanych regularnie piło wodę bezpośrednio z kranu. Ponadto niepokojący jest fakt, że 92% ankietowanych kupowało wodę butelkowaną [Puszczalo i Marszałek 2020]. Z badań prowadzonych w roku 2020 na terenie Rybnika wynika z kolei, że niemal połowa ankietowanych oczekuje poprawy jakości wody. Większość respondentów miała zastrzeżenia do stopnia jej twardości (48,3%), czystości (61,5%), smaku (44,1%) i zapachu (26,3%) [Kamińska i in. 2021].

Dla wielu konsumentów zniechęcenie do picia wody wodociągowej wynika zatem z jej wysokiej twardości oraz niewłaściwego smaku i zapachu. Twarda woda jest źle odbierana przez konsumentów, gdyż tworzący się kamień kotłowy skraca żywotność czajników, ekspresów do kawy i innych urządzeń, w których woda jest podgrzewana. W stacjach uzdatniania wody nie prowadzi się procesu ukierunkowanego na usuwanie twardości, a zmiękczenie wody odbywa się niejako przy okazji innych procesów, których celem jest usunięcie np. jonów amonowych albo kwasów humusowych [Jamsheer-Bratkowska i in. 2010]. Efektem tego jest powszechna opinia, że woda wodociągowa jest twarda [Stankiewicz i in. 2018].

Odbiorcy wody zwracają również dużą uwagę na zapach wody, w której często jest wyczuwalny chlor. Woda wodociągowa jest chlorowana dla zapewnienia jej prawidłowych parametrów bakteriologicznych. Chlor jest niebezpieczny dla zdrowia, dlatego ustawodawca rekomenduje dążenie do jak najniższej zawartości chloru w wodzie, nawet dla wody dezynfekowanej poprzez chlorowanie (99% wody wodociągowej w Polsce jest dezynfekowane chlorem). Mimo to, w następstwie awarii sieci wodociągowych lub innych losowych zdarzeń w sieci, zawartość chloru może być okresowo podniesiona [Rozporządzenie 2017].

Właściwości organoleptyczne wody, takie jak smak, zapach i barwa, można poprawić w warunkach domowych, stosując filtry dzbankowe. Dzięki tym filtrom w łatwy i szybki sposób można uzyskać wodę znacznie lepszej jakości niż woda wodociągowa i również z powodzeniem zastąpić wodę butelkowaną [Chaffin i in. 2019, Puszczalo i in. 2019]. Podejście takie jest nie tylko źródłem znacznych oszczędności, ale także nie generuje dużej ilości odpadów plastikowych.

Z badań prowadzonych przez wielu autorów wynika, że filtracja w warunkach domowych umożliwia poprawę smaku i zapachu wody, eliminuje twardość, a także usuwa z wody niebezpieczne dla zdrowia substancje, takie jak np. chlor, metale ciężkie, pestycydy, pozostałości farmaceutyków [Gizińska i in. 2014, Barnaby i in. 2017, Puszczalo i in. 2021].

Celem pracy było określenie skuteczności filtracji dzbankowej w zmiękczeniu twardej wody wodociągowej i usuwaniu chloru. W badaniach porównano osiem wkładów filtracyjnych znanych na rynku producentów.

## 2. METODY BADAŃ

W badaniach stosowano wodę modelową sporządzoną na bazie wody wodociągowej domieszkowanej podchlorynem sodu. Wodę wodociągową pobrano z kranu na Politechnice Śląskiej w Gliwicach. Barwa i pH wody wodociągowej były odpowiednio w zakresach 6,8–7,2 i 4–6 mg Pt·dm<sup>-3</sup>. Chlor wolny był na poziomie 0 mg·dm<sup>-3</sup>. Twardość wody była stała i wynosiła 7,5 mval·dm<sup>-3</sup>. Po dodaniu podchlorynu sodu charakterystyka fizykochemiczna wody modelowej (poddanej filtracji) przedstawiała się następująco:

- twardość – 7,5 mval·dm<sup>-3</sup>,
- chlor wolny – 1,1 mg·dm<sup>-3</sup>,
- pH – 6,8–7,2,
- barwa – 4–6 mg Pt·dm<sup>-3</sup>.

Badania prowadzono z wykorzystaniem dzbanków filtracyjnych, w których umieszczono osiem różnych wkładów filtrujących znanych na rynku producentów. Wkłady filtrujące oznaczono symbolami od A do H. Ich wydajność oraz rodzaj materiału stanowiącego wypełnienie przedstawia się następująco:

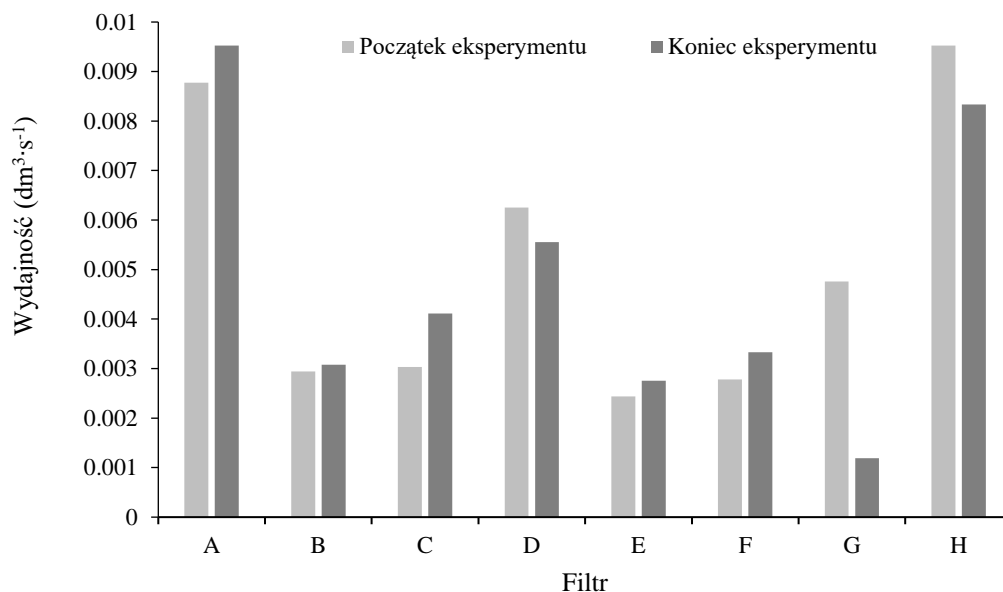
- A: 500 dm<sup>3</sup>, włókniste materiały sorpcyjne;
- B: 350 dm<sup>3</sup>, brak danych dotyczących wypełnienia;
- C: 200 dm<sup>3</sup>, żywica jonowymienna i węgiel aktywny, włókno Aqualen;
- D: 200 dm<sup>3</sup>, żywica jonowymienna, węgiel aktywny;
- E: 200 dm<sup>3</sup>, węgiel aktywny i żywica jonowymienna;
- F: brak danych dotyczących wydajności i wypełnienia;
- G: 150 dm<sup>3</sup>, brak danych dotyczących wypełnienia;
- H: 200 dm<sup>3</sup>, żywica jonowymienna i węgiel aktywny.

Wszystkie zastosowane wkłady filtrujące są przeznaczone do poprawy smaku wody oraz usuwania twardości i chloru. Przed rozpoczęciem badań dzbanki umyto, a filtry dwukrotnie przepłukano zgodnie z zaleceniami producentów. Następnie przez każdy dzbanek przepuszczono 200 dm<sup>3</sup> wody modelowej. Eksperyment prowadzono w dwóch powtórzeniach dla każdego rodzaju wkładu filtracyjnego. W filtratach oznaczono chlor wolny metodą spektrofotometryczną przy użyciu testów kuwetowych firmy Merck i spektrofotometru Prove 100 oraz twardość metodą miareczkową. Oznaczenie chloru wolnego i twardości wykonywano w zależności od uzyskiwanych wartości z różną częstotliwością, tj. na początku eksperymentu po przefiltrowaniu 5–10 dm<sup>3</sup>, a w jego trakcie po przefiltrowaniu każdych 20 dm<sup>3</sup>. Eksperyment zakończono po przefiltrowaniu 200 dm<sup>3</sup> wody. Analizy fizykochemiczne powtarzano dwukrotnie i przedstawiono jako wartość średnią.

## 3. WYNIKI I DISKUSJA

### 3.1. Porównanie wydajności filtrów

Na Rysunku 1 pokazano porównanie wydajności filtracji na początku (filtrat 20 dm<sup>3</sup>) i końcu eksperymentu (filtrat 200 dm<sup>3</sup>). Dla większości wkładów wydajność filtracji utrzymywała się na względnie stałym poziomie. Wyjątek stanowił wkład G, dla którego wydajność filtracji była pod koniec eksperymentu czterokrotnie niższa niż na początku.



**Rys. 1.** Średnia wydajność filtracji na początku i na końcu eksperymentu.

**Fig. 1.** Average filtration performance at the beginning and the end of experiment.

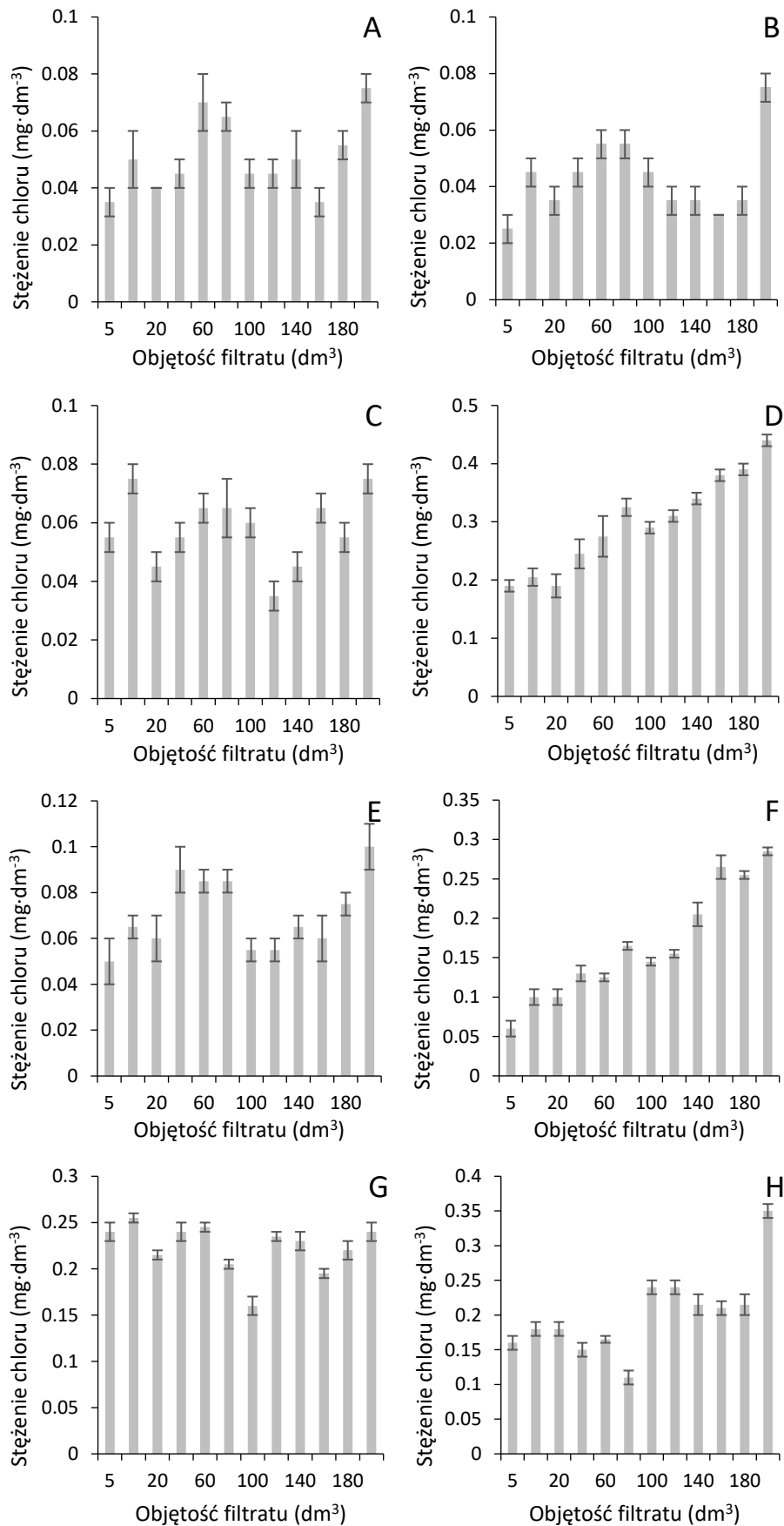
### 3.2. Usuwanie chloru w filtracji dzbankowej

Na Rysunku 2 przedstawiono zmiany stężenia chloru wolnego w trakcie filtracji 200 dm<sup>3</sup> wody modelowej (WM). W zależności od rodzaju filtra odnotowana zawartość chloru w filtratach była różna.

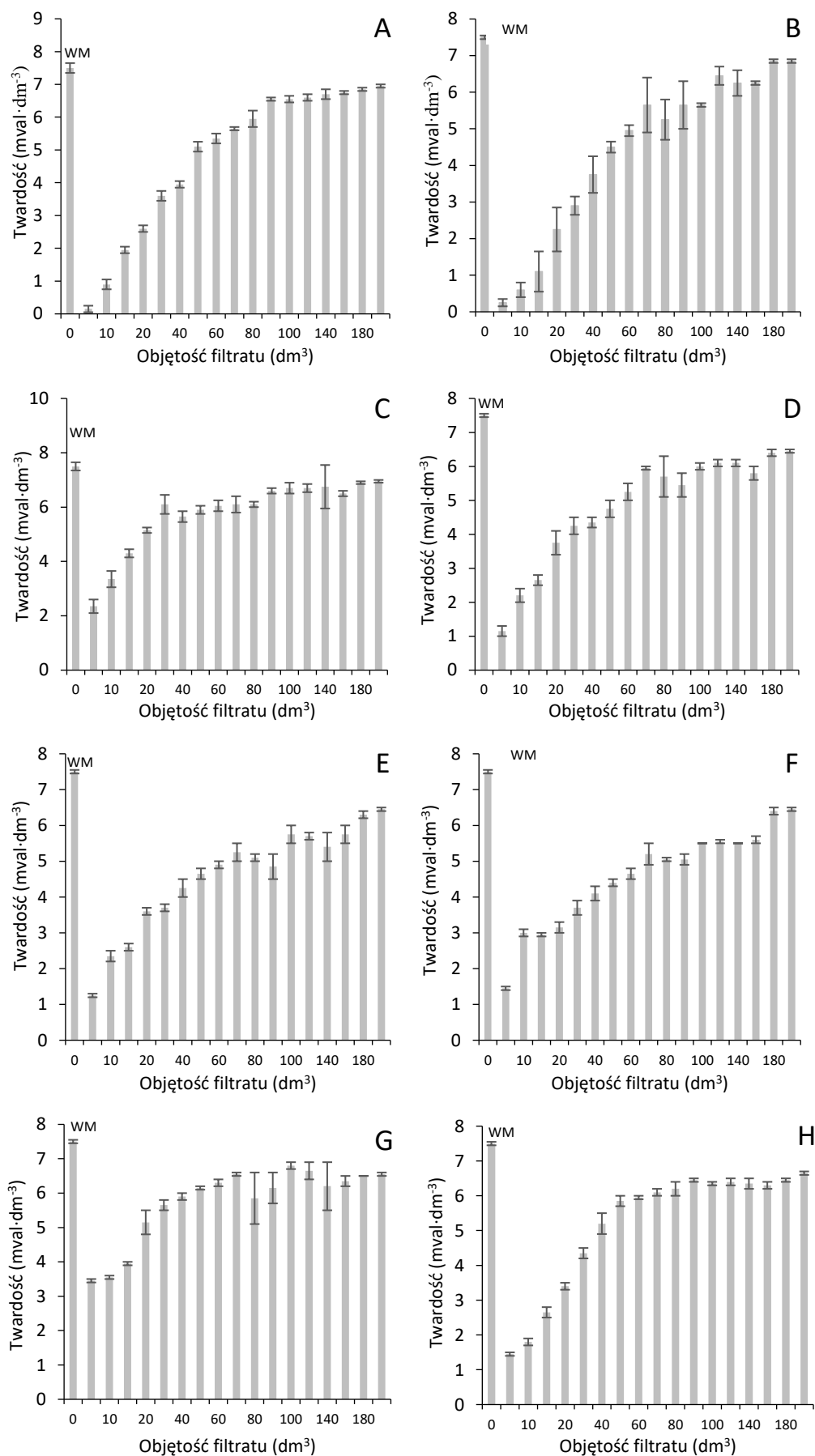
Dla filtrów A, B i C stężenie chloru wolnego podczas trwania całego eksperymentu było bardzo niskie, tj. nie przekraczało poziomu 0,075 mg·dm<sup>-3</sup>. Dobre wyniki uzyskano również dla filtra E, dla którego stężenie chloru wolnego w filtratach nie przekroczyło wartości 0,09 mg·dm<sup>-3</sup>. Można stwierdzić, że mimo wysokiej początkowej zawartości chloru w wodzie modelowej, w wodzie przefiltrowanej stężenie chloru nie przekraczało wartości normowanej, tj. 0,3 mg·dm<sup>-3</sup>. Ponadto dla filtrów A, B, C i E stężenie chloru w filtratach utrzymywało się na względnie zbliżonym poziomie w trakcie trwania całego eksperymentu. Jest to ważne dla utrzymania odpowiedniej jakości wody w trakcie całego czasu użytkowania wkładu filtrującego.

Dla filtrów F i G stężenie chloru w wodzie przefiltrowanej było wyższe i kształtowało się odpowiednio w zakresie od 0,06 do 0,285 mg·dm<sup>-3</sup> oraz od 0,16 do 0,255 mg·dm<sup>-3</sup>. Wkłady D i H charakteryzowały się najmniejszą skutecznością – oznaczone w filtratach stężenie chloru wolnego przekraczało wartości normatywne [Rozporządzenie 2017], mimo, że w badaniach nie przekroczone zalecanej przez producentów wydajności wkładów, czyli zakładanej objętości wody, dla której wkłady są wydajne (200 dm<sup>3</sup>). Dla wkładu D przekroczenie nastąpiło po przefiltrowaniu 80 dm<sup>3</sup> wody modelowej, z poziomem chloru wolnego wynoszącym 0,325 mg·dm<sup>-3</sup>, wzrastającym do poziomu 0,44 mg·dm<sup>-3</sup> dla filtratu 200 dm<sup>3</sup>. Z kolei dla wkładu H stężenie chloru wolnego przekroczyło wartość normowaną w filtracie uzyskanym po przefiltrowaniu 200 dm<sup>3</sup> wody modelowej i wynosiło 0,35 mg·dm<sup>-3</sup>.

Można stwierdzić, że filtracja dzbankowa jest skuteczną metodą usuwania chloru z wody pod warunkiem zastosowania odpowiedniego filtra. Mimo, iż wszystkie zastosowane filtry są przeznaczone do usuwania chloru z wody, nie wszystkie z nich charakteryzowały się zadowalającą efektywnością jego usuwania.



**Rys. 2.** Stężenie chloru wolnego w filtratach dla filtrów A-H (stężenie początkowe chloru wolnego w wodzie modelowej  $1,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).  
**Fig. 2.** Concentration of free chlorine in filtrates during jug filtration with refill A-H (initial concentration of free chlorine in model water =  $1,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).



**Rys. 3.** Zmiany twardości wody modelowej w trakcie filtracji dzbankowej z użyciem wkładów A-H.  
**Fig. 3.** Change in water hardness during jug filtration with refill A-H.

### 3.3. Zmiękczenie wody w filtracji dzbankowej

Rysunek 3 prezentuje wyniki analizy twardości wody w trakcie filtracji 200 dm<sup>3</sup> wody modelowej.

W początkowej fazie eksperymentu (filtrat 10 dm<sup>3</sup>) dla wkładów A i B twardość wody obniżyła się z poziomu 7,5 mval·dm<sup>-3</sup> (woda modelowa) do poziomu odpowiednio 0,9 i 0,6 mval·dm<sup>-3</sup>, co odpowiadało wodzie bardzo miękkiej. Dalsza filtracja skutkowała stopniowym wzrostem twardości wody przefiltrowanej aż do poziomu zbliżonego dla wody modelowej, a mianowicie twardość wody w końcowym filtracie (200 dm<sup>3</sup>) wynosiła odpowiednio 6,95 i 6,85 mval·dm<sup>-3</sup>. Dla wspomnianych wkładów filtracyjnych po przefiltrowaniu 40 dm<sup>3</sup> efektywność zmiękczenia wody wynosiła około 50%, co pozwalało na uzyskanie twardości odpowiadającej wodzie miękkiej.

W przypadku pozostałych wkładów filtracyjnych efektywność zmiękczenia wody była niższa niż dla wkładów A i B. Dla wkładów C, D, E, F, G i H, po przefiltrowaniu 10 dm<sup>3</sup> wody, jej twardość była równa odpowiednio: 3,35, 2,2, 2,35, 3,0, 3,55 i 1,8 mval·dm<sup>-3</sup>. Filtracja kolejnych litrów wody modelowej skutkowała stopniowym obniżeniem efektywności zmiękczenia, kształtującym się dla wkładów filtrujących C, D, E, F, G i H w zakresie od 7,3% do 14% dla filtratu 200 dm<sup>3</sup>.

Przeprowadzone testy pokazały, że skuteczność filtracji w zmiękczeniu wody jest na średnim poziomie i znacznie obniża się w czasie. Wpływ na to mogła mieć wysoka początkowa twardość wody wodociągowej w Gliwicach. W przypadku wody bardzo twardej należy rozważyć częstszą niż zalecają producenci wymianę wkładów filtrujących.

## 4. WNIOSKI

1. Filtracja dzbankowa jest skuteczną metodą usuwania chloru z wody pod warunkiem zastosowania odpowiedniego filtra. Mimo, iż wszystkie zastosowane filtry były przeznaczone do usuwania chloru z wody, nie wszystkie z nich charakteryzowały się zadowalającą efektywnością jego usuwania.
2. W usuwaniu chloru najskuteczniejsze rezultaty uzyskano dla filtrów: A, B i C.
3. Wkłady D i H charakteryzowały się najmniejszą skutecznością usuwania chloru. W uzyskanych filtratach stężenie chloru wolnego przekraczało wartości normowane określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia.
4. Skuteczność filtracji dzbankowej w zmiękczeniu jest na średnim poziomie i znacznie obniża się w czasie. Spośród badanych ośmiu wkładów najskuteczniejsze w zmiękczeniu wody okazały się filtry A i B. W przypadku wody bardzo twardej należy rozważyć częstszą niż zalecają producenci wymianę wkładów filtrujących.

## LITERATURA

- Barnaby R., Liefeld A., Jackson B.P., Hampton T.H., Stanton B.A. 2017. Effectiveness of table top water pitcher filters to remove arsenic from drinking water. *Environmental Research*, 158, 610–615.
- Chaffin J.D., Fox E.L., Nauman C.A., Slodysko K.L. 2019. The ability of household pitcher-style water purifiers to remove microcystins depends on filtration rate and activated carbon source. *Water Supply*, 19, 336–345.
- Gizińska M., Pytka A., Skwarzyńska A., Micek A., Józwiakowski K., Marzec M. 2019. Porównanie skuteczności działania i żywotności filtrów dzbankowych do wody. *Technologia wody*, 2, 25–29.
- Jamsheer-Bratkowska M., Stankiewicz A., Skotak K., Bratkowski J. 2010. Twardość wody w krajowych wodociągach publicznych w świetle współczesnych poglądów na znaczenie zdrowotne składników mineralnych wody. *Technologia wody*, 6, 26–32.

- Kamińska G., Żabczyński S., Ober J.P., Karwot J., Kuzior A., Puszczalo E., Pieczykolan B., Barbusiński K., Kudlek E., Dudziak M., Płonka I., Wyczarska-Kokot J., Banach-Wiśniewska A., Cema G., Cwierniewicz-Wojciechowska M., Gamoń F., Gutwiński P., Surmacz-Górska J., Tomaszewski M., Ziemińska-Buczyńska A., Gnida A., Marciocha D., Choiński D., Metzger M., Nocoń W., Pośpiech J., Skupin P., Przystaś W., Willner J., Fornalczyk A., Przypis M., Gruszka A., Gillner D. 2021. Gospodarka wodno-ściekowa oraz biotechnologia środowiskowa. [W:] Ochrona klimatu i środowiska, nowoczesna energetyka (red. S. Werle, J. Ferdyn-Grygierek, M. Szczygieł). Politechnika Śląska, Gliwice, MGW PIB, Warszawa, 161–229.
- Puszczalo E., Kudlek E., Marszałek A. 2019. Ocena skuteczności pracy filtrów przelewowych. *Proceedings of Ecopole*, 13, 155–162.
- Puszczalo E., Marszałek A. 2020. Problem wtórnego zanieczyszczenia wody w województwie śląskim. *Proceedings of Ecopole*, 14, 129–134.
- Puszczalo E., Marszałek A., Kamińska G. 2021. Application of jug filters for the treatment of model well water. *Desalination and Water Treatment*, 242, 31–37.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. 2017, poz. 2294.
- Stan Sanitarny Kraju za 2020 rok. Witryna Głównego Inspektora Sanitarnego <https://www.gov.pl/web/gis/stan-sanitarny-kraju-w-2020-roku> (dostęp 02 VIII 2022 r.).
- Stankiewicz A., Jamsheer-Bratkowska M., Maziarka D. 2018. Wysoka twardość wody przeznaczonej do spożycia a jej bezpieczeństwo dla zdrowia w świetle współczesnych badań. *Instal*, 12, 52–54.
- Woda 2015. Jakość wody w opinii mieszkańców Gdańska i Sopotu. Raport z badań. Uniwersytet Gdański. Witryna <https://docplayer.pl/28233214-Woda-jakosc-wody-w-opinii-mieszkancow-gdanska-i-sopotu-raport-z-badan-uniwersytet-gdanski-pracownia-realizacji-badan-socjologicznych.html> (dostęp 02 VIII 2022 r.).