

**Alina PRUSS<sup>1</sup>, Jan WOJCIECHOWSKI<sup>2</sup>,  
Michał MARCINIAK<sup>3</sup>, Radosław KACZMAREK<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Inżynierii Środowiska  
Politechnika Poznańska

<sup>2</sup>Specjalistyczny Szpital Kliniczny Uniwersytetu Medycznego  
w Poznaniu

<sup>3</sup>B/Braun Avitum Poland Sp. z o.o.  
Nowy Tomyśl

<sup>4</sup>KARES Sp. z o.o.  
Mrowino k. Rokietnicy

## **UZDATNIANIE WODY WODOCIĄGOWEJ DLA POTRZEB DIALIZOTERAPII**

### **DRINKING WATER TREATMENT FOR DIALYSIS**

*Water is an essential element of life and important component of dialysis therapy. Water is used in the preparation of dialysis fluid and for rinsing and disinfection of water supply system and the artificial kidney machines. The permitted water contaminant levels in drinking water are based on annual exposure. Patient with renal failure are not only exposed to higher volumes of water in their lifetime than the general population, but the barrier between blood and dialysis fluid is generally in the form of a nonselective semi-permeable membrane, providing a direct route for any contaminants into the bloodstream. Consequently many of the permitted levels of contaminants in drinking water have the potential to cause problems in dialysis patients. The quality of the water that you can use in the dialysis determine the standards of the Association for the Advancement of Medical Instrumentation and European Pharmacopoeia, which give the maximum allowable concentration of the substance in water intended for dialysis (AAMI 2001, 2004; [www.aami.org](http://www.aami.org); Manitius, 2010, Amato, 2001, 2005; Rutkowski, 1996; Lebedo, 2004). In order to ensure safe and effective treatment, water used for dialysis should be of high quality. Therefore, it is very important to construct an adequate set of water treatment equipment to ensure compliance with the requirements for water purity and quality. The article presents the medical basis for dialysis, water quality requirements for dialysis, as well as a description of the equipment used in the analyzed Dialysis Station. Contains detailed results of physicochemical analysis of water after successive stages of its treatment. The analyses allowed the detailed assessment of the effectiveness of the various processes implemented at the Water Treatment Plant for Dialysis. Studies have shown that the quality of water being prepared for the Hospital Dialysis Center in Poznan was sufficient to ensure a safe and effective dialysis. This demonstrates the high efficiency of the Water Treatment Plant for Dialysis.*

## 1. Wprowadzenie

Woda wodociągowa spełniająca wymagania określone przez Rozporządzenie Ministra Zdrowia (Dz.U. 2007, 2010) oraz Dyrektywę Unii Europejskiej (DWD, 98) nadaje się do spożycia przez ludzi, natomiast nie nadaje się do przygotowywania płynu dializacyjnego. Jakość wody, którą można stosować w dializoterapii określają Standardy Association for the Advancement of Medical Instrumentation oraz Farmakopea Europejska i Polska, które podają maksymalne dopuszczalne stężenia substancji w wodzie przeznaczonej do dializ (AAMI 2001, 2004; [www.aami.org](http://www.aami.org); Manitius, 2010, Amato, 2001, 2005; Rutkowski, 1996; Lebedo, 2004). Zdrowy człowiek spożywa średnio dwa litry wody dziennie, podczas hemodializy wykorzystuje się od 90 do 192 litrów wody, dlatego jej jakość odgrywa bardzo istotną rolę w leczeniu pacjentów poddawanych hemodializie (Hoenich, Levin, 2003). Różnica w wymogach dla wody pitnej i wody do dializ wynika nie tylko z ilości wody, ale ma również związek z tym, że podczas dializy następuje bezpośredni kontakt krwi pacjenta z płynem/wodą, z pominięciem naturalnej bariery obronnej to jest błony śluzowej przewodu pokarmowego, kwaśnego pH soku żołądkowego, biobójczej aktywności enzymów trawiennych i komórek układu immunologicznego związanych ze ścianą jelita. Przede wszystkim ma to znaczenie w przypadku zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Ponadto, ze względu na wprowadzanie nowych, wysokowydajnych technik dializacyjnych (dializa high-flux) w sposób ciągły rosną wymagania co do jakości wody do dializ (Poitierero, et al., 2003; Hoenich, 2003). Rosną również wymagania wobec czułości testów wykrywających zanieczyszczenia (testy LAL, testy oparte na uwalnianiu cytokin, np. THP-1) (Glorieux et al. 2009).

Woda wodociągowa, będąca bardzo często źródłem zasilania dla stacji uzdatniania wody przygotowującej wodę dla potrzeb stacji dializ, aby sprostać wymaganiom wody przeznaczonej do dializ, musi zostać uzdatniona. Proces uzdatniania, wynikający z różnic pomiędzy jakością wody pitnej i wody przeznaczonej do dializ, najczęściej obejmuje dezynfekcję, zmiękczenie, sorpcję na węglu aktywnym oraz proces odwróconej osmozy.

## 2. Standardy dotyczące jakości wody używanej w dializoterapii

Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) to stowarzyszenie działające na rzecz rozwoju technologii medycznej. W dziedzinie dializoterapii, od 2006 roku AAMI opracowało kilka uaktualnionych standardów. Dotyczą one między innymi urządzeń stosowanych do uzdatniania wody stosowanych w hemodializie (<http://www.aami.org>). Standardy i zalecenia dotyczące dopuszczalnych stężeń związków nieorganicznych w wodzie stosowanej w dializoterapii są podobne we wszystkich krajach, różnice dotyczą natomiast zanieczyszczeń mikrobiologicznych (Hoenich, Levin, 2008; Schindler, 2006; Canaud et al., 2000). Farmakopea Europejska 7.0 i odpowiadająca jej Farmakopea Polska IX są bardziej restrykcyjne od AAMI w zakresie zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Standardy firmy B/Braun Avitum są zgodne z Farmakopeą Europejską (tabela 1).

Tab. 1. Maksymalny poziom zanieczyszczeń mikrobiologicznych w wodzie przeznaczonej do dializ wg AAMI, B/Braun Avitum i Farmakopea Europejska 7.0 (Nephriological Dial Transplant, 2002; B/BRAUN AVITIUM SOP, 2009]

Tab. 1. The maximum level of microbiological contamination in water for dialysis by AAMI, B/Braun Avitum and Pharmacopeia 7.0 (Nephriological Dial Transplant, 2002; B/BRAUN AVITIUM SOP, 2009]

Maksymalny poziom zanieczyszczeń mikrobiologicznych	Woda przeznaczona do dializ			
	AAMI	B/Braun Avitum	Farmakopea Europejska 7.0	
			woda	Woda ultraczysta
Zanieczyszczenia Mikrobiologiczne (jtk/ml)	200	< 100	< 100	< 0,1
Endotoksyny (IU/ml)	< 2	< 0,25	< 0,25	< 0,03

W tabeli nr 2 przedstawiono jakość mikrobiologiczną wody pitnej [RZM, 2007, 2010].

Tab. 2. Wymagania mikrobiologiczne jakim powinna odpowiadać woda pitna [RMZ, 2007, 2010]

Tab. 2. Requirements of the microbiological quality of the drinking water [RMZ, 2007, 2010]

Parametr	Najwyższa dopuszczalna wartość	
	Liczba mikroorganizmów [jtk]	Objętość próbek [ml]
Escherichia coli	0	100
Enterokoki	0	100
Bakterie grupy coli <sup>1)</sup>	0	100
Ogólna liczba mikroorganizmów w (36±2)°C po 48h	50	1
Ogólna liczba mikroorganizmów w (22±2)°C po 72h	100	1
Clostridium perfringens (łącznie ze sporami) <sup>2)</sup>	0	100

<sup>1)</sup> Dopuszcza się pojedyncze bakterie wykrywane sporadycznie, nie w kolejnych próbkach, do 5% próbek w ciągu roku.

<sup>2)</sup> Należy badać w wodzie pochodzącej z ujęć powierzchniowych i mieszanych, a w przypadku przekroczenia dopuszczalnych wartości, należy zbadać, czy nie ma zagrożenia dla zdrowia ludzkiego wynikającego z obecności innych mikroorganizmów chorobotwórczych np.: *Cryptosporidium*.

Woda stanowi ponad 90% płynu dializacyjnego jej jakość mikrobiologiczna i fizykochemiczna odgrywa bardzo istotną rolę w leczeniu pacjentów poddawanych hemodializie. Woda, o nieodpowiedniej jakości, stosowana do zabiegów hemodializy może u pacjentów spowodować zagrożenie zdrowia, a nawet życia (tabela nr 3).

Tab. 3. Objawy i składniki jakości wody mogące je powodować (Amato, 2001)

Tab. 3. The symptoms and the components of the water's quality which may cause them (Amato, 2001)

Objawy	Składniki wody je powodujące
Anemia	Glin, chloramina, miedź, cynk
Choroby kości	Glin, fluor
hemoliza	miedź, azotany, chloramina
Niedociśnienie	bakterie, endotoksyny, azotany
Nadciśnienie	sód, wapń
Kwasica metaboliczna	niskie pH, siarczany
Zaburzenia neurologiczne	glin
Mdłości i wymioty	bakterie, wapń, miedź, endotoksyny, niskie pH, magnez, azotany, siarczany, cynk
zgon	glin, fluor, endotoksyny, bakterie, chloramina

Woda wodociągowa nadaje się do celów spożywczych, jednak zawiera zbyt wiele zanieczyszczeń, aby mogła być wykorzystana do hemodializy. Standardy AAMI, Farmakopea Europejska i Polska oraz firma B/Braun Avitum podają maksymalne dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń, które są bezpieczne w wodzie stosowanej podczas dializ i nie stanowią zagrożenia dla pacjentów (tabela nr 4). Dla zapewnienia skuteczności, a przede wszystkim bezpieczeństwa hemodializy niezmiernie istotnym jest utrzymywanie wysokiej jakości wody używanej do przygotowania płynów dializacyjnych. Dla porównania w tabeli nr 4, podano maksymalne dopuszczalne stężenia istotnych dla dializoterapii parametrów jakości w wodzie pitnej [RMZ, 2010]. Praktycznie, prawie dla wszystkich podanych parametrów jakości wody, stężenia dopuszczalne w wodzie pitnej są wyższe.

Tab. 4. Maksymalne dopuszczalne stężenia substancji (MDS) w wodzie do dializ oraz wodzie pitnej [Nephrol Dial Transplant, 2002; B/BRAUN AVITIUM SOP, 2009; RMZ 2010, DWD 1998]

Tab. 4. Maximum permissible concentrations of substances in water for dialysis and drinking water [Nephrol Dial Transplant, 2002; B/BRAUN AVITIUM SOP, 2009; RMZ 2010]

Parametr	Maksymalne dopuszczalne stężenie [mg/l]			
	Woda do dializ			Woda pitna
	Farmakopea Europejska	AMMI	B/Braun Avitum	Polska
Beryl	0,0004	0,0004	0,0004	-
Sód	50,0000	50,0000	50,0000	200
Magnez	2,0000	2,0000	2,0000	30-125*
Glin	0,0100	0,0100	0,0100	0,200
Potas	2,0000	2,0000	2,0000	-
Wapń	2,0000	2,0000	2,0000	-
Chrom	0,0140	0,0140	0,0140	0,050
Miedź	0,1000	0,1000	0,1000	2,0**
Cynk	0,1000	0,1000	0,1000	-
Arsen	0,0050	0,0050	0,0050	0,010
Selen	0,0900	0,0900	0,0900	0,010
Srebro	0,0050	0,0050	0,0050	0,010
Kadm	0,0010	0,0010	0,0010	0,005
Antymon	0,0060	0,0060	0,0060	0,005
Bar	0,1000	0,1000	0,1000	-
Tal	0,0020	0,0020	0,0020	-
Ołów	0,0050	0,0050	0,0050	0,025 <sup>c</sup> / 0,010 <sup>d</sup>
Rtęć	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
Cyjanki	0,0200	0,0200	0,0200	0,050
Fluorki	0,2000	0,2000	0,2000	-
Azotany	2,0000	2,0000	2,0000	50
Siarczany	100,0000	100,0000	100,0000	250 <sup>e</sup>
Chlor wolny	0,1000	0,1000	0,1000	0,3 <sup>f</sup>
Chloramina	0,1000	0,1000	0,1000	0,5

a - nie więcej niż 30mg/l magnezu jeśli siarczanów jest równe lub większe niż 250mg/l. Przy niższej zawartości siarczanów dopuszczalne stężenie magnezu wynosi 125 mg/l, jest to wartość zalecana ze względów zdrowotnych.

b - wartość dopuszczalna, jeżeli nie powoduje zmiany barwy wody spowodowanej agresywnością korozyjną wody dla rur miedzianych

c - do 1 stycznia 2013

d - od 1 stycznia 2013

e - parametr powinien być uwzględniony przy ocenie agresywnych właściwości korozyjnych wody

f - w punkcie czerpalnym u konsumenta, jeżeli woda jest dezynfekowana chlorem lub jego związkami

### **3. Stacja Uzdatniania Wody Stacji Dializ przy szpitalu MSWiA w Poznaniu**

#### **3.1. Jakość wody z sieci miejskiej dostarczanej do Szpitala MSWiA w Poznaniu**

Na podstawie informacji uzyskanych z firmy AQUANET S.A. woda wodociągowa dostarczana do Szpitala MSWiA przy ul. Dojazd 34 tłoczona jest z Magistrali Mosińskiej. Najbliższy punkt monitoringu jakości wody w sieci wodociągowej znajduje się przy ul. Palacza w Poznaniu.

Analiza średnich wartości parametrów fizyko-chemicznych i bakteriologicznych wody w sieci wodociągowej przy ul. Palacza pozwala przypuszczać, że woda dopływająca do Szpitala MSWiA w Poznaniu zlokalizowanego przy ul. Dojazd 34 może zawierać, ze względu na ewentualne wymywanie osadów z sieci wodociągowej: żelazo ( $>0,053$  mg/l), mangan ( $>0,01$  mg/l), mineralne formy azotu ( $>8$  mg/l), chlorki (44 mg/l), siarczany (100 mg/l) ponadto prawdopodobnie będzie się charakteryzowała odczynem obojętnym oraz przewodnością elektryczną właściwą około  $700 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Woda w sieci jest znacznej twardości (280 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ) przy czym 70 % tej twardości stanowi twardość węglanowa (195 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ).

Zawartość substancji organicznych jest dość wysoka (OWO na poziomie  $4,7 \pm 0,5$  mg/l). Wysoka zawartość związków organicznych może korzystnie wpływać na rozwój bakterii w sieci wodociągowej. Ze względu na dość niską temperaturę wody w sieci przede wszystkim mogą się rozwijać bakterie psychrofilne oznaczane w temp.  $22 \pm 2$  po  $68 \pm 4$  godzinach.

Ze względu na dezynfekcję wody chlorem gazowym i dwutlenkiem chloru realizowaną na Stacji Uzdatniania Wody w Mosinie, woda w sieci może zawierać produkty uboczne dezynfekcji (np. Bromodichlorometan, Tetrachlorometan, Trichlorometan, Benzen, Trichloroeten, Tetrachloroeten) – w ilościach dopuszczalnych w wodzie przeznaczonej do spożycia [Rozporządzenie Ministra Zdrowia, 2010].

#### **3.2. Procesy technologicznych i urządzenia zainstalowane na Stacji Uzdatniania Wody dla Stacji Dializ (SUW SD) przy szpitalu MSWiA w Poznaniu**

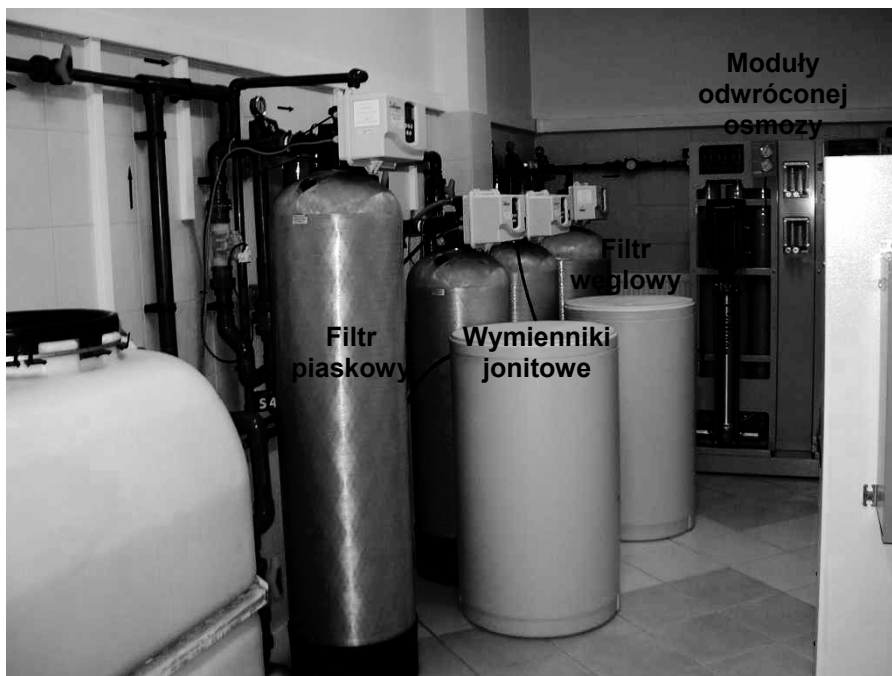
Woda dopływająca do SUW SD pobierana jest z sieci miejskiej. Woda ta, po wstępnej filtracji realizowanej w filtrze GOLD 16<sup>cc</sup> przepływa do zbiornika wody surowej. Woda przed zbiornikiem wody surowej jest dezynfekowana. Do dezynfekcji używany jest podchloryn sodu, którego roztwór dodawany jest do wody w ilości zapewniającej stężenie chloru wolnego przed wymiennikami jonitowymi wynoszące  $0,8 - 1,2$  mg/l. Woda ze zbiornika jest pompowana, przy pomocy dwóch pomp pracujących na przemian, na filtr piaskowy, w którym zachodzi proces filtracji. Następnym procesem technologicznym jest proces zmiękczenia wody realizowany przez dwa połączone równoległe wymienniki jonitowe. Wymienniki jonitowe wypełnione są żywicą CULLEX firmy Culligan o charakterze silnego kationitu pracującego w cyklu sodowym. Oba wymienniki pracują równocześnie. Woda zmiękczona kierowana jest na drugi stopień filtracji (filtr

wypełniony węglem aktywnym). Filtr węglowy pracujący na stacji w dniu wykonywania analiz był zasypywany granulowanym węglem aktywnym typu AQUASORB HS, który charakteryzuje się następującymi parametrami:

- powierzchnia właściwa 1050 m<sup>2</sup>/g
- gęstość nasypowa 520 kg/m<sup>3</sup>
- liczba jodowa min. 1000 mg/g,
- wilgotność max. 5 %,
- zawartość popiołu max. 0,8 %,
- pH 5 – 7,
- twardość min. 98 %.

Jest to węgiel bardzo dobrej jakości, produkowany z łupin orzecha kokosowego. Woda po filtrze węglowym przepływa przez dwa podwójne filtry mechaniczne umożliwiające zatrzymanie cząstek o średnicy większej niż odpowiednio 5 µm i 1 µm. Tak przygotowana woda kierowana jest do modułu odwróconej osmozy (dwustopniowej).

Zgodnie z wytycznymi firmy B/Braun Avitum (B.BRAUN AVITUM SOP, 2009,2010) wszystkie urządzenia zainstalowane na stacji uzdatniania wody przygotowującej wodę do dializy muszą być eksploatowane z należytą starannością. Złoża filtrów piaskowych i węglowych muszą być codziennie płukane. Podobnie żywice jonowymiennne muszą być codziennie regenerowane. Ponadto, niezależnie od zużycia złoż filtracyjnych (piaskowych, węgla aktywnego) oraz żywic jonowymiennych, powinny one zostać raz w roku wymienione na nowe.



Rys. 1. Stacja Uzdatniania Wody Stacji Dializ przy Szpitalu MSWiA w Poznaniu

Fig. 1. Water Treatment Plant for dialysis MSWiA hospital in Poznan.

## 4. Metodyka badań

Badania przeprowadzono w skali technicznej na Stacji Uzdatniania Wody dla Stacji dializ przy szpitalu MSWiA w Poznaniu. Wykonywano analizy fizyko-chemiczne jakości wody po kolejnych etapach jej uzdatniania. Przed pobraniem próbek odpuszczano około 8 litrów wody, a następnie w każdym punkcie poboru pobierano próbkę wody. Do badań wytypowano następujące miejsca poboru próbek wody:

S1 – woda dopływająca do stacji (woda wodociągowa)

S4 – woda po filtrze piaskowym

S5 – woda po wymienniku jonitowym nr 1

S6 – woda po wymienniku jonitowym nr 2

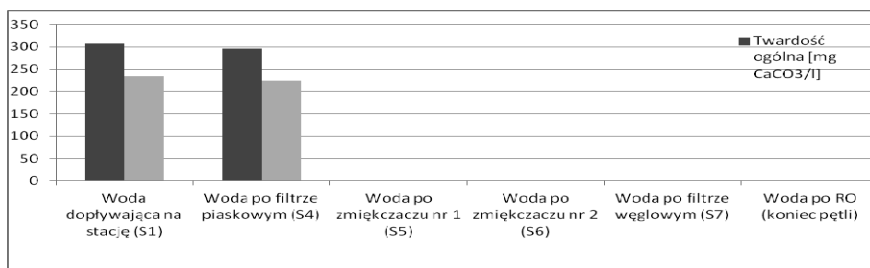
S7 – woda po filtrze węglowym

S10 – woda po module odwróconej osmozy (początek pętli dializacyjnej).

Oznaczenia zasadowości, pH, zawartości chloru całkowitego i wolnego wykonywano bezpośrednio po poborze próbek wody (na SUW SD). Oznaczenia zawartości chloru całkowitego i wolnego dokonywano przy użyciu TESTU CHLORU firmy Merck Spectroquant zatwierdzonego przez USEPA do oznaczeń chloru wolnego i całkowitego w wodzie pitnej i ściekach (metoda DPD). Pozostałe oznaczenia wykonywano zgodnie z Polskimi Normami.

## 5. Wyniki badań

Odczyn wody po kolejnych etapach jej uzdatniania zmieniał się nieznacznie i wynosił od 6,6 do 6,7. Zasadowość wody wynosiła 3,9 mval/l, znaczny jej spadek zanotowano tylko po module odwróconej osmozy (1 mval/l). Utlenialność wody, wskaźnik obrazujący zawartość substancji organicznych wynosiła około 4,0 mg O<sub>2</sub>/l, jej spadek zauważono tylko po module odwróconej osmozy. Twardość wody dopływającej do SUW SD przy szpitalu MSWiA w Poznaniu wynosiła około 300 mg CaCO<sub>3</sub>/l, z czego około 234 mg CaCO<sub>3</sub>/l stanowiła twardość wapniowa. Zastosowana żywica jonowymienna umożliwiła usunięcie twardości ogólnej wody. Proces zmiękczenia przebiegał prawidłowo o czym świadczył brak twardości wody po zmiękczeniu (rys.2).



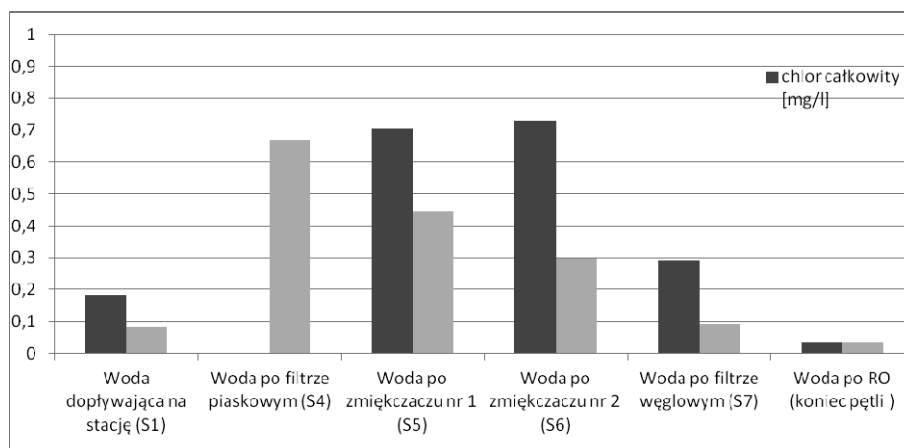
Rys.2. Zmiany twardości ogólnej i wapniowej wody po kolejnych etapach jej uzdatniania na SUW stacji dializ w Poznaniu.

Fig. 2. Change in total and calcium hardness of the water after stages of its treatment WTP for dialysis MSWiA hospital in Poznań.



Woda zmiękczona kierowana była na filtr węglowy. Filtr węglowy powinien w wyniku procesu sorpcji usunąć pozostałe w wodzie zanieczyszczenia (metale ciężkie, substancje organiczne) łącznie z chlorem. Badania zawartości chloru całkowitego po kolumnie węglowej wykonywane na SUW SD wykazywały jego obecność w stężeniu 0,292 mg/l, co niewątpliwie mogło świadczyć o nieprawidłowej pracy złoża (rys. 4). Czas kontaktu wody ze złożem wynosił 2,7 min. Z uwagi na fakt zasypania filtra węglem o bardzo dobrej jakości (z łupin orzecha kokosowego) prawdopodobną przyczyną nieprawidłowej pracy filtra węglowego był niewystarczający do usunięcia chloru związanego (chlora-min) z wody czas kontaktu [Adams, 2004].

Należy podkreślić, że pomimo obecności chloru całkowitego po kolumnie węglowej, woda po module odwróconej osmozy nie zawierała chloru. W celu zwiększenia bezpieczeństwa pacjentów dializowanych Kierownictwo zleciło dodatkowe pomiary zawartości chloru całkowitego i wolnego po modułach odwróconej osmozy (woda w pętli dializacyjnej).



Rys.4. Zmiany chloru całkowitego i wolnego wody po kolejnych etapach jej uzdatniania na SUW Stacji dializ w Poznaniu.

Fig. 4. Changes of total and free chlorine of the water after its treatment's stages WTP for dialysis MSWiA hospital in Poznan.

## 6. Wnioski

Woda wodociągowa bardzo często zasila stacje uzdatniania wody przygotowujące wodę dla potrzeb dializoterapii. Jej jakość nie odpowiada jakości wody używanej w dializoterapii. Aby sprostać wymaganiom wody przeznaczonej do dializ należy ją uzdatnić. Technologia uzdatniania wynika z różnic pomiędzy jakością wody pitnej i wody przeznaczonej do dializ.

Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowana technologia uzdatniania wody dopływającej do SUW Stacji dializ przy szpitalu MSWiA w Poznaniu jest właściwa, dzięki czemu woda przygotowana dla potrzeb dializoterapii jest bezpieczna i spełnia wymagania jakościowe wody przeznaczonej do tego celu określone przez Standardy AAMI, Farmakopei Europejskiej oraz zalecenia firmy B/Braun Avitum.

Badania twardości ogólnej wody wykonywane po kolejnych etapach uzdatniania wykazały skuteczność i właściwą, zgodną z wytycznymi firmy B/Braun Avitum, eksploatację zastosowanych na SUW Stacji dializ wymienników jonitowych.

Badania zawartości chloru wolnego i całkowitego po filtrze węglowym wykazały jego niewystarczającą skuteczność. Najprawdopodobniej przyczyną tego zjawiska był zbyt krótki czas kontaktu lub obecność jakiejś substancji organicznej, która powodowała zakłócenie pomiaru stężenia chloru. Należy podkreślić, że pomimo obecności chloru całkowitego po kolumnie węglowej, woda uzdatniona używana do przygotowania płynu dializacyjnego była cały czas odpowiedniej jakości.

## Podziękowania

*Autorzy chcieliby podziękować Panu Arturowi Pawlakowi pracownikowi firmy B/Braun Avitum za pomoc w trakcie realizacji badań.*

## Bibliografia

- [1] Adams P.: Chloramines removal by activated carbon. Water Technology Magazine, Volume 27, Issue 3 - March 2004.
- [2] Amato R. L. Water Treatment for Hemodialysis, including the latest AAMI Standards. Nephrology Nursing Journal, Vol. 28, No. 6, December 2001:619-629
- [3] Amato R. L. Water treatment for hemodialysis – updated to include the latest AAMI standards for dialysate. Nephrology Nursing Journal, 2005;332 (2):151-167
- [4] Association for the Advancement of Medical Instrumentation. Water treatment equipment for hemodialysis applications, ANSI/AAMI RD62:2001. Arlington, VA:Association for the Advancement of Medical Instrumentation, 2001
- [5] Association for the Advancement of Medical Instrumentation. Dialysate for hemodialysis, ANSI/AAMI RD52:2004. Arlington, VA:Association for the Advancement of Medical Instrumentation, 2004
- [6] B.BRAUN AVITUM SOP. Stacja Uzdatniania Wody Specyfikacje Minimalne - instrukcje wewnętrzne, 2010 .
- [7] B.BRAUN AVITUM SOP. Przygotowanie wody. DIV-QA\_01-3-12-01-00 - instrukcje wewnętrzne, 2010

- [8] Canaud B, et al. Microbiologic purity of dialysate: rationale and technical aspects. *Blood Purif* 2000; 18:200-213
- [9] Dz.U. 2007, nr 61, poz. 417: Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi z dnia 29 marca 2007
- [10] Dz.U. 2010, nr 72, poz. 466: Rozporządzenie Ministra Zdrowia zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi z dnia 20 kwietnia 2010
- [11] DWD, 98, Council directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. *Official Journal L* 330, 05/12/1998 p. 0032 – 0054
- [12] Glorieux G., Schepers E., Schindler R., Lemke H.D., Verbeke F., Dhondt A., Lameire N., Vanholder R.: A novel bio-assay increases the detection yield of microbiological impurity of dialysis fluid, in comparison to the LAL-test *Nephrol. Dial. Transplant.* (2009) 24(2): 548-554
- [13] Hoenich N.A., Levin R., The implication of water quality in hemodialysis. *Semin. Dial.* 2003;16:492-497
- [14] Hoenich N.A., Levin R., Water treatment for dialysis: technology and clinical implications. W: Ronco C., Cruz D.N. (red) *Hemodialysis-from basic research to clinical trials.* *Contrib. Nephrol.* Basel, Karger 2008; 161: 1-6
- [15] <http://www.aami.org>
- [16] Kaczmarek R.: Jakość wody przygotowywanej dla centrum dializ w szpitalu MSWiA w Poznaniu. Praca magisterska. Inżynieria Środowiska. Politechnika Poznańska 2011, Promotor: dr inż. Alina Pruss
- [17] Lee W., Westerhoff P., Yang X., Shang C.: Comparison of colorimetric and membrane introduction mass spectroscopy techniques for chloramines analysis. *Water Research*, 41 (2007) 3097 – 3102.
- [18] Lebedo I. Ultrapure dialysis fluid-direct and indirect benefits in dialysis therapy. *Blood Purif* 2004; 22 (Suppl 2):20-25
- [19] Manitus J., Woda i płyn dializacyjny- zasady przygotowania i kontroli. *Forum Nefrologiczne* 2010, tom 3, nr 2, 114-117
- [20] Pontoriero G., Pozzoni P., Andrulli S., Locatelli F.: The quality of dialysis water *Nephrol. Dial. Transplant.* (2003) 18(suppl 7)
- [21] Potwora R.: Chlorine and Chloramine Removal with Activated Carbon. *Water Conditioning & Purification Magazine*, Volume 51, Number 6 – June 2009.
- [22] Podręcznik dializoterapii Redakcja: John T.Daugirdas, Peter G.Blake, Todd S. Ing; II Wydanie Polskie, Redakcja naukowa wydania polskiego Andrzej Książek, Wydawnictwo CZELEJ, Lublin 2008
- [23] Pruss A., Michałekiewicz M., Wojciechowski J., Marciniak M. „Uzdatniania wody dla potrzeb dializoterapii na przykładzie stacji dializ przy szpitalu MSWiA w Poznaniu/ Lublin, 2012, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN. – w druku

- [24] Rutkowski B. Dializoterapia – przewodnik dla pacjentów. Wydawnictwo medyczne Makmed s.c., Gdańsk, 1996
- [25] Schindler R. Inflammation and dialysate quality. Hemodial. Int. 2006; 10: 56-59