

**Michał MICHAŁKIEWICZ, Dobrochna GINTER – KRAMARCZYK,
Izabela KRUSZELNICKA**

*Institut Inżynierii Środowiska
Politechnika Poznańska*

JAKOŚĆ WODY W UNITACH DENTYSTYCZNYCH

THE QUALITY OF WATER IN DENTAL UNITS

The article presents a preliminary assessment of the quality of water used in dental units. Physico-chemical and microbiological study of cold tap water which supplies a disposable mouthwash cup and demineralized water which flows through a tube into the tool panel of the dental unit were carried out. We analyzed the legal aspects related to the presented subject and noted the lack of legislative considerations regarding the quality of water used in dentistry.

1. Wprowadzenie

W chwili obecnej w Polsce oraz w Unii Europejskiej nie ma dokładnych przepisów dotyczących jakości wody zasilającej unity stomatologiczne. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. (Dz.U. Nr 61, poz. 417) [7] wraz z nowelizacją z 20 kwietnia 2010 r. (Dz.U. Nr 72, poz. 466) [6] w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi określa m.in. wymagania dotyczące wody pobieranej z urządzeń i instalacji wodociągowych oraz pobieranej z indywidualnych ujęć wody, bez względu na ilość dostarczanej wody, jeżeli woda ta służy do działalności handlowej lub publicznej. Można przyjąć, że rozporządzenia te stanowią jedyną normę jakości wody dostarczanej do unitów (gabinetów stomatologicznych) z sieci wodociągowej oraz z prywatnych studni, które mogą znajdować się np. na terenach wiejskich lub tam, gdzie nie dociera woda produkowana przez zakłady wodociągowe. W załącznikach do rozporządzenia [6,7] znajdują się wytyczne dotyczące m.in. wymagań mikrobiologicznych, chemicznych, organoleptycznych, fizyko-chemicznych i radiologicznych jakim powinna odpowiadać woda. W rozporządzeniu przyjęto, że woda jest bezpieczna dla zdrowia ludzkiego, jeżeli jest wolna od mikroorganizmów chorobotwórczych i substancji chemicznych w ilościach zagrażających zdrowiu oraz nie ma agresywnych właściwości korozyjnych.

W unitach dentystycznych wykorzystuje się wodę, która tłoczona jest przewodami wykonanymi najczęściej z tworzyw sztucznych o małej średnicy. Istotnym problemem jest jakość wody zasilającej urządzenia dentystyczne unitu, takie jak: turbina, mikromotor, strzykawka, skaler i jednorazowy kubek z wodą dla pacjenta, w których przewodach

doprowadzających zalega często woda przez dłuższy okres czasu. W przewodach dostarczających wodę do urządzeń unitu osadzają się liczne zanieczyszczenia pochodzące z rur wodociągowych, np.: osady wapnia [Ca] i magnezu [Mg], wodorotlenku żelazowego [Fe(OH)₃], a także może tworzyć się błona biologiczna (biofilm), która jest miejscem występowania licznych mikroorganizmów. Dobra jakość wody decyduje o trwałości i sprawności urządzeń unitu. Zdecydowana większość gabinetów stomatologicznych wykorzystuje w swojej pracy dwa rodzaje wody:

- do napełniania jednorazowego kubka dla pacjenta gdzie wykorzystuje najczęściej wodę wodociągową, oraz
- do zasilania pozostałych urządzeń unitu gdzie używana jest woda destylowana lub demineralizowana

Przyczyną stosowania takiego systemu jest głównie zabezpieczenie urządzeń unitu przed negatywnym wpływem czynników fizyczno-chemicznych wody wodociągowej (twardość, żelazo, barwa, zanieczyszczenia fizyczne itp.). Jednak nawet stosowanie wody destylowanej lub częściej demineralizowanej – nie zapewnia czystości mikrobiologicznej systemów unitów. Woda ta nie podlega bowiem żadnym kontrolom mikrobiologicznym, a w bardzo wielu przypadkach jest źle przechowywana.

Mając na uwadze powyższe fakty, postanowiono zbadać wodę z kilku gabinetów stomatologicznych. W każdym z badanych gabinetów oddzielnie pobierano wodę wodociągową służącą do napełniania jednorazowego kubka dla pacjenta oraz wodę demineralizowaną, która dopływa do panelu wodnego unitu, m.in. do strzykawkodmuchawki. W trakcie badań analizowano podstawowe parametry fizyczno-chemiczne wody oraz mikrobiologiczne. W tym opracowaniu omówione zostaną dokładnie wyłącznie parametry fizyczno-chemiczne wody.

2. Materiały i metody

2.1. Budowa unitu stomatologicznego

W skład unitu stomatologicznego, oprócz fotela dentystycznego wchodzi grupa wodna, spluwaczka z zaworem czerpalnym, panel narzędzi oraz lampa. Najważniejszą częścią unitu jest grupa wodna, do której doprowadzona jest woda oraz przewody odprowadzające ścieki do kanalizacji. Bezpośrednio obok fotela znajduje się zestaw spluwaczki z wodą, który połączony jest z siecią wodociągową zasilającą również zawór napełniający kubek w wodę do płukania jamy ustnej. Ta część grupy wodnej zasilana jest tylko w zimną wodę wodociągową. Ścieki ze spluwaczki unitu odprowadzane są przewodem do instalacji kanalizacyjnej budynku. Do tego przewodu podłączony jest ślinociąg oraz ssak powietrzno-wodny.

Woda doprowadzana do panelu narzędzi unitu pochodzi z osobnego zbiornika wody demineralizowanej lub destylowanej umieszczonego w grupie wodnej. W starszych modelach unitu, wszystkie urządzenia zasilane były wyłącznie wodą wodociągową, a obecnie producenci wybrali takie rozwiązania, które są bezpieczniejsze dla sprzętu.

W skład podstawowego wyposażenia panelu unitu wchodzi: turbina, mikrosilnik, skaler i dmuchawko-strzykawka. Do turbiny oraz mikrosilnika doprowadzona jest woda

chłodząca. Oba narzędzia są chłodzone wodą, która wytryskiwana jest na końcówkę wiertła, a tym samym na operowane miejsce, aby je także schłodzić. Do tej czynności stosuje się wodę demineralizowaną ze zbiornika, co gwarantuje brak pojawiania się m.in. kamienia na sprzęcie. Woda demineralizowana doprowadzana do skalera oraz strzykawki służy także do zwilżania i spłukiwania miejsca operacji.

Podczas wykonywania zabiegów stomatologicznych, do jamy ustnej pacjenta dostaje się zatem zarówno woda wodociągowa, jak i demineralizowana. W szczególnych przypadkach, np. podczas krwawych zabiegów chirurgicznych, stosuje się jałowe roztwory wody lub soli fizjologicznej.

2.2. Stanowiska i metody badawcze

W celu oceny jakości wody wykorzystywanej w unitach stomatologicznych przeprowadzono w 2013 roku w 6-ciu gabinetach stomatologicznych dwie serie badań fizyczno-chemicznych i mikrobiologicznych zimnej wody wodociągowej zasilającej jednorazowy kubek do płukania jamy ustnej oraz wodę demineralizowaną, która dopływa przewodem do panelu narzędzi unitu (turbina, skaler, strzykawko-dmuchałka i mikrosilnik). Próbkę wody do badań pobierano z wylewki zasilającej kubek (woda wodociągowa) oraz ze strzykawko-dmuchałki (woda demineralizowana). Wszystkie oznaczenia fizyczno-chemiczne wykonano w laboratorium Instytutu Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej zgodnie z obowiązującą metodyką według Standard Methods [8] oraz Polskich Norm.

3. Wyniki badań

W tabeli 1 zestawiono wyniki badań fizyczno-chemicznych wody wodociągowej dopływającej do kubka, natomiast w tabeli 2 wyniki wody demineralizowanej z przewodu strzykawko-dmuchałki, która pochodziła z oddzielnego zbiornika wody demineralizowanej.

Tab. 1. Wyniki badań wody wodociągowej dopływającej do kubka

Tab. 1. The results of the physico-chemical properties of tap water flowing into the cup

Parametr	Jednostka	Zakres	Wartość średnia	Wariancja (σ^2)	Odchylenie standardowe (σ)	Norma
Odczyn pH		7,19 – 7,26	7,21	0,00192	0,0438	6,5 – 9,5
Przewodnictwo	$\mu\text{S/cm}$	538 – 840	705	12416,6	111,4298	2500
Zapach		Akcept.	Akcept.	-	-	Akcept.
Barwa	mg Pt/l	0,5 – 1,5	0,8	0,16	0,4	15
Zasadowość wobec metyloranżu	mval/l	4,40 – 7,25	5,91	1,2224	1,1056	Zalecana do 5,0
Zasadowość wobec fenoloftaleiny	mval/l	0,00	0,00	0,00	0,0000	
Zasadowość ogólna	mval/l	4,40 – 7,25	5,91	1,2224	1,1056	
Twardość ogólna	$^\circ\text{n}$	13,3 – 20,0	16,7	7,696	2,7742	3,36 – 28,0
Twardość ogólna	mval/l	4,75 – 7,14	5,96	0,97796	0,9889	1,2 – 10,0

Parametr	Jednostka	Zakres	Wartość średnia	Wariancja (σ^2)	Odchylenie standardowe (σ)	Norma
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ /l	237,5 – 357,0	298,2	2444,86	49,4455	60 – 500
Twardość węglanowa	mg CaCO ₃ /l	220,0 – 362,5	295,5	3056	55,2811	
Twardość niewęglanowa	mg CaCO ₃ /l	112,0 – 137,0	124,5	156,25	12,5000	
Zasadowość alkaliczna	mval/l	1,35 – 1,82	1,57	0,0373	0,1931	
CO ₂ wodorowęglanowy	mg/l	193,60 – 319,0	260,04	2366,5664	48,6474	
Wapń	mg Ca/l	37,170 – 100,787	61,473	572,4479	23,9259	
Magnez	mg Mg/l	25,641 – 43,460	35,203	40,4202	6,3577	30 – 125
Żelazo	mg Fe/l	0,068 – 0,180	0,124	0,00211	0,0459	0,200
Mangan	mg Mn/l	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,050
Chlorki	mg Cl/l	18,0 – 55,0	34,6	277,44	16,6565	250
Azot amonowy	mg N _{NH4} /l	0,132 – 0,314	0,215	0,00435	0,0660	0,500
Azot azotynowy	mg N _{NO2} /l	0,0045 – 0,0125	0,0067	0,000009	0,0030	0,50

Tab. 2. Wyniki badań fizyko-chemicznych wody demineralizowanej z przewodu strzykawki

Tab. 2. The results of physico-chemical properties of demineralized water from the syringe tube

Parametr	Jednostka	Zakres	Wartość średnia	Wariancja (σ^2)	Odchylenie standardowe (σ)
Odczyn pH		4,30 – 6,30	5,26	0,6392	0,7995
Przewodnictwo	μS/cm	2 – 20	8	33,1429	5,7570
Zapach		Akceptowalny	Akceptowalny	-	-
Barwa	mg Pt/l	0,5 – 1,0	0,57	0,0306	0,1749
Zasadowość wobec metyloranżu	mval/l	0,40 – 0,50	0,44	0,0017	0,0412
Zasadowość wobec fenoloftaleiny	mval/l	0,00	0,00	0	0
Zasadowość ogólna	mval/l	0,40 – 0,50	0,44	0,0017	0,0412
Twardość ogólna	°n	0,00	0,00	0	0
Twardość ogólna	mval/l	0,00	0,00	0	0
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ /l	0,00	0,00	0	0
Twardość węglanowa	mg CaCO ₃ /l	20,0 – 25,0	22,14	4,3367	2,0825
Twardość niewęglanowa	mg CaCO ₃ /l	-	-	-	-
Zasadowość alkaliczna	mval/l	0,40 – 0,50	0,44	0,0017	0,0412
CO ₂ wodorowęglanowy	mg/l	17,6 – 22,0	19,49	3,3584	1,8326
Wapń	mg Ca/l	0,000	0,000	0	0
Magnez	mg Mg/l	0,000	0,000	0	0
Żelazo	mg Fe/l	0,070 – 0,180	0,111	0,0017	0,0412
Mangan	mg Mn/l	0,00	0,00	0	0
Chlorki	mg Cl/l	10,0 – 15,0	12,29	3,0609	1,7495
Azot amonowy	mg N _{NH4} /l	0,120 – 0,420	0,222	0,0096	0,0980
Azot azotynowy	mg N _{NO2} /l	0,0030 – 0,0050	0,0040	0,0000006	0,00077

W tabelach podano zakresy uzyskanych wyników badań (minimum i maksimum), wartość średnią, wariancję (σ^2) oraz odchylenie standardowe (σ). W przypadku wody wodociągowej zestawiono również dopuszczalne wartości poszczególnych oznaczeń według obowiązujących przepisów wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [6,7].

4. Omówienie wyników

W obowiązujących przepisach Rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [6,7] podane są m.in. graniczne wartości takich oznaczeń, jak: odczyn pH (6,5÷9,5), przewodnictwo (maksymalna wartość 2500 $\mu\text{S/cm}$), zapach (akceptowalny), barwa (15 mg Pt/l), twardość ogólna (3,36÷28,0 $^\circ\text{n}$), magnez (30-125 mg Mg/l), żelazo (0,200 mg Fe/l), mangan (0,050 mg Mn/l), chlorki (250 mg Cl/l), jon amonowy (0,50 mg/l) i azotyny (0,50 mg N/l).

Na podstawie uzyskanych wyników badań wody wodociągowej można stwierdzić, że odczyn pH wody we wszystkich próbkach był lekko zasadowy i niewiele odbiegał od średniej wartości 7,21. Przewodnictwo elektrolityczne właściwe było raczej niskie i wahało się w zakresie od 538 do 840 $\mu\text{S/cm}$. Zapach wody we wszystkich próbkach był akceptowalny i zgodny z zaleceniami. Barwa wody była bardzo niska, a jej średnia wartość wynosiła 0,8 mg Pt/l. Ze względu na odczyn pH poniżej 8,20, w badanych próbkach wody stwierdzono tylko zasadowość wobec metyloranżu, która była jednocześnie zasadowością ogólną i wahała się ona od 4,40 do 7,25. Mimo, że zasadowość nie jest normowana polskimi przepisami, często zaleca się, aby zasadowość w wodzie do picia nie przekraczała 5,0 mval/l.

Zdecydowana większość wód była o znacznej twardości (15,0÷20,0 $^\circ\text{n}$), a 1 próbka miała wodę o średniej twardości (10,0÷15,0 $^\circ\text{n}$) [2]. Woda we wszystkich gabinetach posiadała jednak twardość zgodną z zalecanymi wytycznymi w sprawie wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Koncentracje magnezu w 1 gabinecie były niższe niż proponowana wartość minimalna 30 mg Mg/l, natomiast w pozostałych były zbliżone do wartości średniej około 35 mg Mg/l. Natomiast stężenia wapnia były dość zróżnicowane i zawierały się w przedziale od 37,170 do 100,787 mg Ca/l.

We wszystkich próbkach wody odnotowano obecność ditlenku węgla wodorowęglanowego, którego wartość średnia wynosiła 260,04 mg CO_2/l , a także nie stwierdzono obecności manganu, natomiast koncentracje żelaza były raczej niskie i wahały się od 0,068 do 0,180 mg Fe/l. Stężenia chlorków były raczej niskie i oscylowały wokół wartości średniej, 34,6 mg Cl/l. W analizowanych próbkach wody stwierdzono bardzo niskie wartości azotu azotynowego i niskie koncentracje jonu amonowego.

Podsumowując wyniki analiz fizyko-chemicznych wody wodociągowej zasilającej kubek można stwierdzić, że wszystkie próbki wody wskazywały na typową, dobrą jakość wody, jaka przeznaczona jest do spożycia przez ludzi. Mimo, że we wszystkich próbkach wody twardość mieściła się w normie, należy stwierdzić, że zdecydowana większość gabinetów posiadała wodę o znacznej twardości, co może negatywnie wpływać na jakość sprzętu, w którym ta woda jest wykorzystywana.

Wyniki wody demineralizowanej (destylowanej) wskazują, że jest to typowa woda o odczynie kwaśnym (średnie pH = 5,26), dość niskim przewodnictwie (w zakresie od 2 do 20 $\mu\text{S/cm}$), bardzo dobrej, niskiej barwie i akceptowalnym zapachu. Wszystkie próbki tej wody były bardzo miękkie i posiadały twardość ogólną równą 0,00 $^\circ\text{n}$, w wodach tych nie stwierdzono wapnia, magnezu i manganu. Stwierdzono natomiast

obecność żelaza i amoniaku w ilościach zbliżonych do badanej wody wodociągowej, bardzo niskie koncentracje azotynów i chlorków. W wodzie tej był obecny ditlenek węgla wodorowęglanowy i minimalna zasadowość ogólna.

Biorąc pod uwagę zastosowanie tej wody do zasilania unitów stomatologicznych, można stwierdzić, że zdecydowana większość oznaczeń fizyko-chemicznych spełnia wymagania urządzeń unitu. Mimo wszystko, można się było spodziewać, że pod względem niektórych oznaczeń będzie to woda zdecydowanie lepsza. Dotyczy to m.in. takich parametrów jak: żelazo, czy amoniak.

Woda demineralizowana pochodziła w zdecydowanej większości z zakupu w marketach, a tylko w jednym gabinecie była produkowana z własnej destylarki. I właśnie ta woda posiadała zdecydowaną większość oznaczeń najlepszej jakości, w tym m.in. najniższe koncentracje żelaza i azotynów.

Mimo, że w pracy tej nie podano szczegółowych wyników badań mikrobiologicznych, to należy wspomnieć, że w wodach tych badano także bakterie grupy coli, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, ogólną liczbę bakterii mezofilnych i psychrofilnych [3,4,5]. W żadnej z badanych próbek wody nie stwierdzono *Escherichia coli* i *Pseudomonas aeruginosa*, natomiast w jednej próbce z sieci wodociągowej i jednej demineralizowanej występowały pojedyncze bakterie grupy coli. Zdecydowanie gorsza sytuacja występowała w przypadku bakterii mezofilnych i psychrofilnych, przy czym znacznie większe ich koncentracje występowały w wodzie demineralizowanej pobranej z przewodu strzykawkowo-dmuchawki. Podsumowując wyniki badań bakteriologicznych można stwierdzić, że 33% próbek wody wodociągowej dopływającej do kubka i 91% próbek wody demineralizowanej dopływającej do panelu była niezgodna z mikrobiologicznymi wytycznymi Rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [6,7].

5. Dyskusja

Woda doprowadzana do unitów musi być odpowiedniej jakości, ponieważ bakterie występujące w niej mogą powodować infekcję u pacjentów i pracowników gabinetu. W badanych próbkach wody z sieci wodociągowej oraz wody dopływającej do strzykawki stwierdzono, że występują w niej liczne bakterie psychrofilne i mezofilne, w tym m.in. pojedyncze bakterie grupy coli. Zachowaniu odpowiednich parametrów jakości wody nie sprzyja instalacja wodna w unitach, która zbudowana jest z cienkich rurek doprowadzających wodę do kubka oraz wszystkich narzędzi panelu. W przewodach tych może rozwijać się biofilm zawierający bakterie, co powoduje wtórne skażenie wody przepływającej przez instalację wodną unitu. Czynnikiem sprzyjającym rozwojowi biofilmu jest podwyższona temperatura panująca w gabinetach, stagnacja wody w przewodach, gdy nie odbywa się leczenie pacjentów, a także obecność w wodzie anionów i kationów, które szczególnie liczne są w wodzie wodociągowej.

Badania wykazały, że we wszystkich analizowanych gabinetach stomatologicznych używano wody wodociągowej do napełniania kubka oraz wody demineralizowanej do zasilania urządzeń panelu unitu. Mimo, że w wodzie wodociągowej nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych wartości wybranych parametrów fizyko-chemicznych, to można zauważyć, że zawierała ona niekiedy stosunkowo wysoką koncentrację wybranych jonów, które decydują m.in. o twardości, lub mają wpływ na trwałość i niezawodność sprzętu podłączonego do instalacji wodnej unitu. Zdecydowanie mniej szkodliwych substancji znajdowało się w wodzie demineralizowanej.

Precyzyjne i kosztowne narzędzia unitu, od których wymaga się niezawodności, a których praca związana jest z wodą, potrzebują odpowiedniego traktowania. Niska jakość wody, jej skład, często powodują powstawanie kamienia i osadów, a przez to uszkodzenia urządzeń, nieprzyjemny zapach i smak wody, co może być z kolei przyczyną niepotrzebnych strat i wydatków. Woda wodociągowa zwykle jest zbyt twarda i często posiada nieprzyjemny zapach chloru. Natomiast awarie na sieci wodociągowej powodują, że do instalacji może dopływać woda o zmienionej barwie, zawierająca piasek i inne zanieczyszczenia mechaniczne.

Inaczej potraktujemy wodę, jeśli do gabinetu dentystycznego doprowadzono wodę wodociągową, a inaczej jeśli jest to woda z lokalnego ujęcia (studni). Zwykle woda ze studni zawiera zanieczyszczenia i domieszki naturalne, takie jak żelazo i mangan, które powodują powstawanie osadów żelazisto-manganowych, ma ona podwyższoną barwę i często nieakceptowalny zapach (siarkowodorowy, metaliczny, gnilny), może być mętna, twarda, czyli z wysokim stężeniem soli wapnia i magnezu. Aby zatem chronić unity dentystyczne należy odpowiednio przygotować wodę, kierując się m.in.:

- wyciecznymi producenta unitu – jeśli takie istnieją,
- jakością wody dopływającej do urządzenia – czy spełnia normy wody do picia,
- zależnością składu wody i skutków jakie może wywołać.

W wielu przypadkach, gdy jakość wody nie spełnia odpowiednich wymogów, w celu ochrony unitu dentystycznego należy stosować odpowiednie filtry do wody lub należy instalować osobne stacje uzdatniania wody, szczególnie wówczas, gdy mamy zainstalowanych kilka unitów w jednym gabinecie. Znając skład fizyko-chemiczny wody dopływającej do unitu można tak dobrać filtry, aby zapewniały:

- wstępną filtrację mechaniczną, polegającą na zatrzymywaniu np. piasku;
- zmiękczenie, umożliwiające obniżenie twardości wody i zapobieganie powstawania kamienia;
- filtrację na węglu aktywnym, umożliwiającą usuwanie chloru i innych substancji pogarszających zapach i smak wody;
- filtrację dokładną, która powoduje ostateczne klarownie wody.

Zastosowanie odpowiedniego układu zależy od jakości wody i warunków montażowych. W najnowszych unitach zaawansowane rozwiązania do uzdatniania wody gwarantują, że woda używana do zabiegów jest zawsze czysta, zapewniając bezpieczne leczenie dla pacjenta i bezpieczne środowisko pracy dla zespołu stomatologicznego.

Bibliografia

- [1] Dyrektywa Rady 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
- [2] Hermanowicz W., Dojlido J., Dożańska W., Kozirowski B., Zerby J. *Fizyko-chemiczne badanie wody i ścieków*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1999.
- [3] PN-EN ISO 16266: 2009P. Jakość wody. Wykrywanie i oznaczanie ilościowe *Pseudomonas aeruginosa*. Metoda filtracji membranowej.
- [4] PN-EN ISO 6222: 2002. Jakość wody. Oznaczanie żywych organizmów. Określanie ogólnej liczby kolonii na agarze odżywczym metodą posiewu powierzchniowego lub wgłębnego.

- [5] PN-EN ISO 9308-1: 2004/AC: 2009. Jakość wody. Wykrywanie i oznaczanie ilościowe *Escherichia coli* i bakterii grupy coli. Część 1: Metoda filtracji membranowej.
- [6] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. Nr 72, poz. 466.
- [7] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. Nr 61, poz. 417.
- [8] *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. APHA, AWWA, WEF. 20th Edition, Washington, D.C., 1999.