

APARATURA BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Proste, mobilne i skuteczne stacje oczyszczania wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi i do celów gospodarczych

JAN SZUKALSKI, KRZYSZTOF KULICKI

**CENTRALNY OŚRODEK BADAWCZO ROZWOJOWY APARATURY BADAWCZEJ I DYDAKTYCZNEJ
COBRABiD sp. z o. o.**

STRESZCZENIE

Przedstawiono niektóre istotne problemy związane z uzdatnianiem wód powierzchniowych i podziemnych zanieczyszczonych np. w czasie powodzi. Przeprowadzono badania nad usuwaniem zanieczyszczeń mineralnych (jony żelaza i manganu) i organicznych przy zastosowaniu kolumn adsorpcyjnych oraz zaproponowano sposób eliminowania mikroorganizmów przy użyciu specjalistycznych filtrów. Na podstawie uzyskanych wyników badań wykonano model użytkowy oczyszczalnika, opracowano i zweryfikowano procedurę wykonania prototypu oraz jego powielania. Opracowano procedury obsługi serwisowej oczyszczalnika.

**Simple, handy and effective purifying water station for people
and for household purpose**

ABSTRACT

In this paper certain important issues concerning purifying underground and ground water sources contaminated as a result of, for example, a flood are presented. Studies of techniques used to remove mineral (iron and manganese ions) and organic contaminants with the use of adsorption columns were conducted. Also a way of eliminating microorganisms with the use of specialist filters is proposed. Based on the study results a utility model of the purifier has been created as well as a procedure of its creation and duplication has been designed and verified. Support service procedures for the purifier have also been prepared

1. WSTĘP

Dostarczanie czystej wody, przeznaczonej do spożycia przez ludzi i zwierzęta hodowlane, jest w Polsce problemem, który wyjątkowo ostro pojawia się w czasie wydarzeń nadzwyczajnych, np. podczas powodzi lub podtopień i katastrof ekologicznych. Właśnie wówczas szczególnego znaczenia nabiera konieczność dostarczenia ludności czystej wody przeznaczonej do spożycia. O ile ludziom można wtedy, z niemałym trudem i przy znacznych kosztach, zapewnić okresowe i oszczędne dostawy wody butelkowanej, o tyle zwierzęta zazwyczaj pojęne są w tym czasie po prostu wodą zalewową, zawierającą naniesione nieczystości, w tym również fekalia z rozszczelnionych szamb.

Nie potrzeba jednak sytuacji nadzwyczajnych, aby stwierdzić, że pojenie zwierząt wprost z rzek jest niestety praktyką zbyt często stosowaną przez niektórych hodowców. Trudno zatem oczekiwać w czasie powodzi – w sytuacji, gdy czystej wody przeznaczonej do spożycia brakuje nawet dla ludzi – innego sposobu pojenia zwierząt. Jak wynika z danych monitoringu wód powierzchniowych i podziemnych w Polsce wody te są nadmiernie zanieczyszczone ze względu na ilość zawartych w nich jonów nieorganicznych i zanieczyszczeń substancjami organicznymi.[1, 2].

Nie bez powodu Polska (wśród niewielu krajów świata) nie poparła do tej pory rezolucji ONZ uznającej, że dostęp do czystej wody jest podstawowym prawem człowieka. Wydawać by się mogło, że rezolucja ta powinna dotyczyć tylko krajów najbiedniejszych, gdzie zaopatrzenie w czystą wodę jest godne współczucia i prowadzenia akcji charytatywnych, ale rzeczywistość jest jednak inna. Mieszkańcy polskich wsi, w licznych gospodarstwach nie podłączonych do sieci wodociągowych, z ufnością korzystają z indywidualnych studni tylko dlatego, że wody te z reguły nie są poddawane badaniom. Ten stan będzie trwać tylko do czasu, gdy ostre europejskie zasady higieniczne wymuszą stosowanie atestowanej wody nie tylko do pojenia zwierząt, ale również do mycia warzyw przeznaczonych do obrotu towarowego. Obecnie w Polsce istnieją już warunki ekonomiczne, technologiczne i organizacyjne do tego aby w rolnictwie i hodowli zwierząt powszechnie stosować wodę o czystości zgodnej z normami europejskimi.

Podczas naszej wieloletniej praktyki w zakresie rozpowszechniania nowoczesnych technologii uzdatniania wody bardzo często napotykamy na dziwnie niezrozumiałą i kosztowną bez troskę jej użytkowników. Sytuacja często przedstawia się następująco: osoba myśląca o własnym siedlisku kupuje działkę, na której

buduje dom, po czym okazuje się, że pomimo intensywnego płukania odwiertu, z kranów podawana jest zanieczyszczona woda z nieprzyjemnym odorem, która nie nadaje się ani do spożycia przez ludzi ani do celów gospodarczych.

Pozornie oczyszczanie takiej wody nie powinno stanowić większego problemu, ponieważ na rynku dostępnych jest wiele typów stacjonarnych oczyszczalników, które pracują w automatycznym lub półautomatycznym rytmie płukania wstecznego, czyli regeneracji złoża. Nieświadomym klientom nikt jednak nie wyjaśnia podstawowego problemu, że większość proponowanych oczyszczalników zwykle skutecznie usuwa jedynie jony żelaza i manganu (choć też nie zawsze) oraz zawiesiny. Przez taki oczyszczalnik w nienaruszonym stanie przechodzi cała gama obecnych w wodzie jonów (np. azotynów, azotanów, fosforanów), związków organicznych (często biologicznie czynnych i kancerogennych, np. związki aromatyczne, substancje powierzchniowo czynne), mikroorganizmów (np. sinic) lub nawet bakterii pochodzenia fekalnego (pojawiających się wtedy, gdy np. w sąsiedztwie znajdują się nieszczelne szamba). Mało kto decyduje się na pełne badania analityczne i bakteriologiczne wody, które są kosztowne, ale ze wszech miar wskazane.

Szczególnym przykładem nieuczciwego wykorzystywania niewiedzy klientów było, przed kilku laty, intensywne reklamowanie i oferowanie do sprzedaży domowych układów odwróconej osmozy, które demineralizując wodę, pozbawiają ją pożytecznych mikroelementów.

W tej sytuacji wydawać by się mogło, że przynajmniej gospodarstwa podłączone do miejskiej sieci wodociągowej zawsze dysponują czystą wodą. Niestety, również czystość wody wodociągowej (przeznaczonej przecież do spożycia przez ludzi) pozostawia wiele do życzenia, co wielokrotnie potwierdzaliśmy, rejestrując przekroczenia dopuszczalnych norm. Choć przeważnie nie były to przekroczenia wpływające bezpośrednio na zdrowie konsumentów, to jednak świadczyły o niedostatecznej sprawności systemów oczyszczających oraz o wysokich poziomach zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych w wodzie zasilającej. Należy podkreślić, że także w związku z przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej przepisy dotyczące czystości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi ulegały w ostatnich latach zmianom nowelizacyjnym [3-5].

Ponad 20-letnia współpraca COBRABID (PBR COBRABID–Aqua) z Przedsiębiorstwem **OTAGO** zaowocowała opracowaniem, konstrukcją i zainstalowaniem ponad 400 różnych oczyszczalników, wśród których znalazły się:

- oczyszczalniki do specjalnych celów laboratoryjnych, najgłębiej demineralizujące i dejonizujące wodę,
- oczyszczalniki przemysłowe do głębokiej dejonizacji wody (w tym np. oczyszczalnik naszej produkcji, który od dwudziestu lat pracuje w Przemysłowym Centrum Optyki w Warszawie),
- oczyszczalniki doczyszczające wodę wodociągową z jej jałowieniem metodą filtracji, do zasilania sal operacyjnych i zabiegowych w kilku szpitalach,
- oczyszczalniki doczyszczające wodę wodociągową na potrzeby produkcji farmaceutyków i kosmetyków,
- oczyszczalniki wody pochodzącej z ujęć własnych na potrzeby produkcji rolnej,
- stacjonarne oczyszczalniki wody pochodzącej z ujęć własnych na potrzeby gospodarstw indywidualnych (takich oczyszczalników wykonano i zainstalowano ok. 60 szt.).

Wymienione powyżej oczyszczalniki, za wyjątkiem dwóch ostatnich pozycji, zostały dostosowane do oczyszczania wody wodociągowej.

Oddzielną, ważną grupę urządzeń stanowią oczyszczalniki opracowane i zainstalowane w gospodarstwach indywidualnych korzystających z własnych studni. W tych przypadkach oczyszczalniki nasze spełniały kluczową rolę w procesie uzdatniania wody, jak wcześniej wspomniano, często bardzo silnie zanieczyszczonej. Należy nadmienić, że niejednokrotnie napotykał się na trudności w doborze właściwych parametrów skutecznego strącania jonów żelaza i manganu, szczególnie, gdy przy $\text{pH} < 7$ występowały wysokie stężenia związków organicznych, przejawiające się wysokimi wartościami chemicznego zapotrzebowania tlenu (ChZT) wody. W takich przypadkach odpowiednio elastycznie reagowaliśmy, modyfikując procesy oczyszczania. Dzięki temu obecnie dysponujemy szeroką paletą różnorodnych metod i technologii uzdatniania wody. Znane są opracowania wysokowydajnych wojskowych stacji uzdatniania wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, jednak są one przeznaczone do celów specjalnych i pracy w warunkach operacyjnych [6, 7]. Stacje te są drogie i wymagają specjalistycznej obsługi. Dokładniej problemy związane z oczyszczaniem zostaną omówione w punkcie 3.

Doświadczenia nabyte przy wytwarzaniu i instalowaniu dotychczasowych oczyszczalników wytworzonych w COBRABiD oraz przegląd ofert innych dostawców funkcjonujących na polskim rynku, ujawniły poważną lukę w zaspokajaniu gospodarczych i społecznych potrzeb w tym zakresie. Idea skonstruowania mobilnego oczyszczalnika, który nie musiałby być trwale

związany z miejscem użytkowania lecz mógłby pracować bezpośrednio w miejscu wystąpienia nagłej konieczności, zapewniając tym samym dostawę czystej wody w obszarze ekologicznej katastrofy, stała się napędem naszych działań. W dobie coraz częściej powtarzających się powodzi, podtopień i awarii (np. skażeń) sieci wodociągowych, zaopatrzenie jednostek ratowniczych oraz służb komunalnych i medycznych w awaryjne oczyszczalniki, umożliwiające natychmiastowe dostawy czystej wody ludziom i zwierzętom w okresie co najmniej początkowych dwóch dób, stało się potrzebą chwili. Oferowane oczyszczalniki muszą posiadać następujące ogólne cechy użytkowe:

- szerokie spektrum działania, pozwalające na oczyszczanie wód nie tylko lecz także innych, silnie zanieczyszczonych,
- autonomiczność pracy z niezależnym zasilaniem z pompy spalinowej,
- stałą gotowość do pracy w ciągu jednej godziny od ogłoszenia akcji.

Wymagania stawiane oczyszczalniki, w powiązaniu z jego aplikacjami, szczegółowo zostały omówione w rozdziale 2.

2. CEL PRACY

Celem pracy jest skonstruowanie oczyszczalnika spełniającego wstępnie założone warunki:

- wydajność wody oczyszczonej ok. $400 \text{ dm}^3/\text{h}$,
- uniwersalność zastosowań do pracy w każdych warunkach z możliwością poboru wody zasilającej z każdego źródła (zarówno ze zbiorników bezciśnieniowych wody silnie zanieczyszczonej w czasie powodzi, jak i wody z sieci wodociągowej celem jej doczyszczania),
- szerokie i elastyczne spektrum parametrów oczyszczania wody, dostosowane do określonych wymagań.
- mobilność oraz łatwość przewozu i instalacji,
- objętość poniżej $0,5 \text{ m}^3$,
- ciężar poniżej 80 kg ,
- ciągłość i niezależność pracy (realizowana przez zainstalowanie własnej pompy spalinowej),
- łatwość eksploatacji (realizowana przez sprawną wymianę kolumn wysyconych na kolumny z wkładami aktywnymi),
- niezależność badawcza (realizowana przez wyposażenie w podręczny zestaw analityczny, pozwalający na wykonywanie podstawowych analiz wody surowej i oczyszczonej),
- sprawny serwis techniczny (zajmujący się m.in. regeneracją lub utylizacją kolumn poza miejscem pracy oczyszczalnika, wyposażony w podręczny

zestaw analityczny, dzięki któremu możliwa jest szybka interwencja w przypadku konieczności zainstalowania dodatkowych kolumn czyszczących).

Resumując, projektowane oczyszczalniki służą zapewnieniu dostaw czystej wody w następującym zakresie:

- do celów pitnych i gospodarczych przy spełnieniu wymogów Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 29.03.2007 i z dnia 20.04.2019 [5, 8].
- do celów produkcyjnych (w niewielkich terenowych zakładach spożywczych i farmaceutycznych),
- do celów spożywczych (jako woda pitna dla ludzi i zwierząt w przypadkach nadzwyczajnych zagrożeń, powodzi lub gwałtownych wylewów zanieczyszczeń, gdzie istotne jest zastosowanie bakteriostatyku uniemożliwiającego namnażanie mikroorganizmów albo zastosowanie filtrów jałowiących lub zmniejszających miano bakterii),
- do celów laboratoryjnych w ruchomych laboratoriach polowych,
- do zasilania małych terenowych ośrodków zdrowia.

3. PRACE BADAWCZE

Z przeglądu wymagań oraz możliwości zastosowania oczyszczalników wody w różnych dziedzinach wynika, że przy ich projektowaniu i konstruowaniu przydatne będą nasze dotychczasowe doświadczenia, wzmocnione nowymi badaniami, które omówiono w tym rozdziale.

Zgodnie z sugestiami wynikającymi z prac wcześniejszych [9-12], które dotyczyły warunków uzdatniania wód silnie zanieczyszczonych, zestawiono badawczy ciąg wodny, przedstawiony na Rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat badawczego przenośnego ciągu wodnego: F – wstępny filtr zgrubny; P – pompa;

FO – filtr wstępny z możliwością korekty pH; FW/KDF – filtr węglowy zawierający węgiel aktywny i bakteriostatyk (KDF); Fe/Mn – aktywne złożo adsorbujące sole żelaza i manganu; FD – końcowy filtr dokładny

Oczyszczalnik stacjonarny, uzdatniający wodę pobieraną ze źródła podziemnego zwykle ma ograniczone możliwości usuwania jonów żelaza i manganu. Specyfika polskich wód (często zanieczyszczonych związkami organicznymi, utrudniającymi wytrącanie nierozpuszczalnych soli żelaza i manganu) sprawia, że cały układ czyszczący musi być niejednokrotnie powiększany o wstępną filtrację na złożu węgla aktywnego, adsorbującego związki organiczne. Ogromna różnorodność tych związków sprawia,

że nie tylko utrudniają one sam proces czyszczenia wody, ale również mogą szkodliwie działać na zdrowie konsumentów. W tej sytuacji pomocne bywa zastosowanie filtrów węglowych z dodatkiem bakteriostatyku lub zastosowanie nowoczesnych żywic jonowymiennych.

Prace badawcze w tym zakresie są determinowane złożonością i różnorodnością zanieczyszczeń w układach wodnych, gdzie istotnym czynnikiem utrudniającym określenie pewności procedury są nieostre warunki brzegowe dla sformułowania skuteczności pracy zestawu kolumn z wkładami aktywnymi w całym ciągu oczyszczającym oraz każdej kolumny indywidualnie. Jest to spowodowane skomplikowanym zespołem wzajemnych oddziaływań substancji jonowych, niejonowych, organicznych (przy utlenialności zwykle przekraczającej 2) i kompleksotwórczych, których wpływy są dodatkowo determinowane poziomem pH [1]. Z tych powodów w naszej pracy musieliśmy określić pojęcie „silnego zanieczyszczenia” i arbitralnie zdefiniować je jako co najmniej 10-krotne przekroczenie podstawowych wymogów pod względem utlenialności, mętności oraz stężenia jonów żelaza i manganu, co regulowane jest wspomnianym ostatnim Rozporządzeniem Ministra Zdrowia. Niestety, tok prac nad poszukiwaniem parametrów zapewniających skuteczność oczyszczania wody jest dodatkowo komplikowany niepewnością rezultatu. Wpływ na to ma nie tylko pH, ale również nieoznaczoność przebiegu oddziaływań autokatalitycznych przy usuwaniu soli żelaza i manganu na złożach mineralnych. W naszej praktyce spotkaliśmy się ze złożem, które wydajnie pracowało w wodzie zawierającej aż 10 mg Fe/dm³ oraz ze złożem zupełnie nieaktywnym wobec tzw. „pink water” o wysokiej utlenialności.

W związku z powyższym, przy konstruowaniu oczyszczającego ciągu wodnego zwrócono szczególną uwagę na zastosowanie kolumny z węglem aktywnym (Rys. 1) wzbogaconym o silnie działający bakteriostatyk (KDF), który zabezpiecza układ przed namnażaniem mikroorganizmów, w tym również (niesłusznie lekceważonych) sinic. Zastosowano tu wymienny wkład GACKDF 20BB produkcji UST-M, zawierający 5 dm³ czynnika aktywnego.

Katalityczne złożo odżelaziająco-odmanganowujące stanowiła kolumna IR 20 BB tego samego dostawcy. Szczególną rolę w ciągu oczyszczającym odgrywają media filtracyjne, w tym filtr zmywalny 120 µm produkcji OTAGO, który zastosowano jako filtr wstępny (FO). Jest on wygodny w eksploatacji, a dodatkowo można w nim umieścić substancję podwyższającą pH.

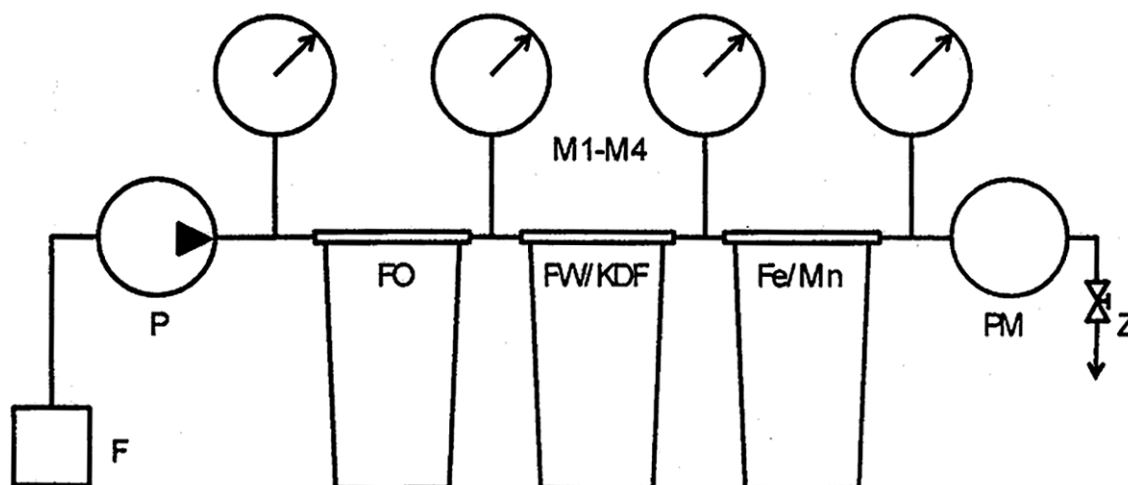
Jako końcowy filtr dokładny (FD) zastosowano filtr polipropylenowy PS5/5, prod. UST-M o skuteczności filtracji 5µm, który usuwa z wody zawiesiny reszkowe.

Funkcjonowanie układu oczyszczającego (przedstawionego na Rys. 2) zbadano przy polowym oczyszczaniu wody zastojowej, czerpanej z fosi znajdującej się na Okęciu w Warszawie. Jakość tej wody, zdaniem autorów, odzwierciedla silnie zanieczyszczoną wodę zalewową.

4. PRACE APLIKACYJNE. KONSTRUKCJA OCZYSZCZALNIKA

Na podstawie przebiegu prób i wyników analiz zebranych w Tabeli 1 oraz po upewnieniu się o słuszności założeń, leżących u podstaw projektowanych układów i przedstawionych na Rysunku 1 i 2, podjęto prace nad projektowaniem skonkretyzowanego prototypu.

Prace te mogły być podjęte bezzwłocznie, gdyż już wcześniej (praktycznie w momencie rozwinięcia badań analitycznych), wykonano model funkcjonalny oczyszczalnika. Dopracowano w nim zasady korzystnego rozmieszczenia kolumn i usytuowania pompy oraz pozostałej armatury. Na Rysunku 3 przedstawiono schemat urządzenia, a na Rysunku 4 jego fotografię.



Rysunek 2. Schemat układu oczyszczającego: F – wstępny filtr zgrubny; P – pompa; FO – wstępny filtr mechaniczny, dyskowy z możliwością korekty pH; FW/KDF – filtr węglowy zawierający węgiel aktywny i bakteriostatyk (KDF); Fe/Mn – aktywne złożo adsorbujące sole żelaza i manganu; PM – przeływomierz; Z – zawór wylotowy; M1-M4 –manometry

Zastosowano ssąco-tłoczącą pompę spalinową, uzyskując ciśnienie 0,25 MPa i przepływ wody 200-500 dm³/h. Inne serie badań wykonano na wodzie podskórnej czerpanej przy ul. Głębockiej w Warszawie. Wyniki przedstawiono w Tabeli 1. Badania analityczne wykonano w SANEPID w Warszawie, za wyjątkiem poz. 7 i 8, które zbadano już tylko za pomocą wskaźników.

Wyniki cytowane w Tabeli 1 w pełni potwierdzają, że na sprawność pracy układu oczyszczającego korzystny wpływ wywiera podwyższanie pH oraz zastosowanie kolumny z węglem aktywnym. W kolejnych etapach prób i badań uzyskiwano coraz lepsze wyniki, a w próbie 9 można było już powiedzieć o należyтым oczyszczeniu wody i tym samym o osiągnięciu sukcesu.

Zgodnie z Rysunkami: 1, 2 i 3, prototyp będzie zawierać:

- filtr zgrubny,
- pompę spalinową,
- filtr wstępny,
- kolumnę podwyższania pH,
- kolumnę ze złożem węgla aktywnego z bakteriostatykiem,
- kolumnę odżelaziająco-odmanganowującą ,
- filtr polipropylenowy 5 µm,
- opcjonalnie filtry 0,3 µm i 0,1 µm.

Specyfikację poszczególnych elementów podano wcześniej, w rozdz. 3.

Jedną z głównych cech konstrukcyjnych układu jest typowość zastosowanych elementów aktywnych (kolumn) i biernych (przyłączy, mierników, zaworów,

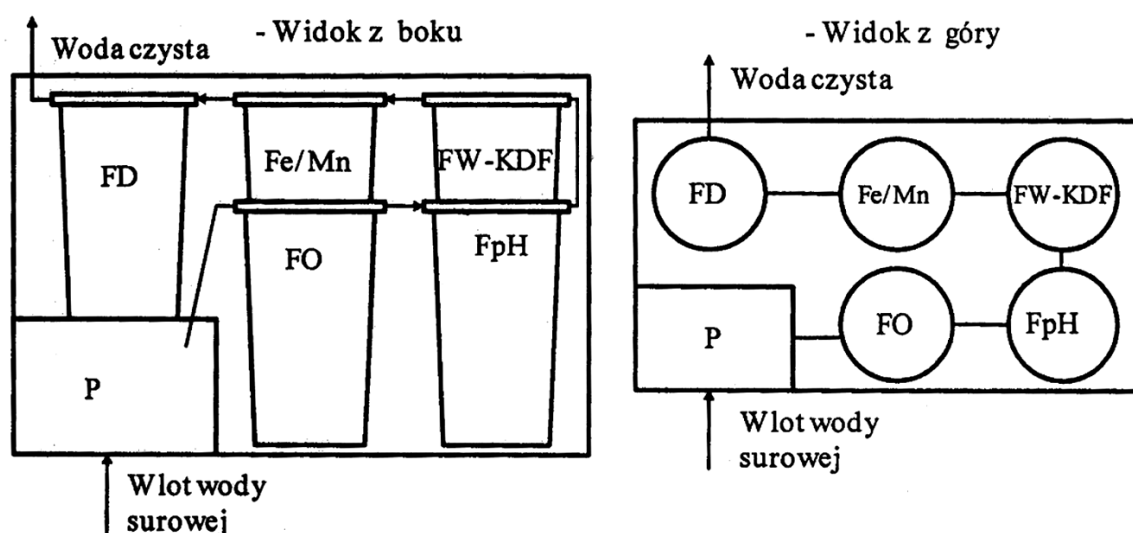
Tabela 1. Wyniki analiz wody oczyszczanej urządzeniem

Symbol próby	pH	Zawartość żelaza	Zawartość manganu	Utlalność	Mętność	Warunki poboru i przygotowania próbek
Wymagania*	6,9-9,5	0,200 mg/l	0,050 mg/l	5 mg/l	1 NTU	
A	7,7	1,24	————**	17,1	276	woda surowa, pobrana z dna fosy
B	9,2	0,024	————	6,34	————	woda z dna fosy, oczyszczona w ciągu bez kolumny węglowej
C	9,4	<0,020	————	0,64	0,87	woda j. w. lecz z zastosowaniem kolumny węglowej
1	7,0	5,3	0,469	8,84	226	woda podskórna, surowa z ul. Głębockiej w Warszawie
2	8,1	0,057	0,114	2,26	1,2	woda j. w., oczyszczona
3	7,6	0,610	0,218	2,99	---	j. w.
4	6,8	---	---	---	---	j. w., surowa
5	7,3	---	---	---	---	j. w., oczyszczana i podwyższone pH
6	7,0	5,58	---	9,96	---	j. w. woda surowa, warunki jak w próbce 1
7	7,0	7,5	0,6	---	---	j. w., woda surowa
8	7,0	1,0	0,3	---	---	j. w. woda uzdatniana na złożu mało aktywnym
9	7,6	<0,02	0,027	<0,5	<0,2	j. w. pełny układ oczyszcz. z podwyższaniem pH i filtrem FD

* dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń wg Rozp. RM z dnia 29.03.2007 [13]

** badanie nie było wykonywane

próbki ABC pobrano z wody zastojowej w fosie (Okęcie), próbki 1-9 pobrano ze studni o głębokości 5 m (na ul. Głębockiej)



Rysunek 3. Schemat budowy oczyszczalnika. Widok z boku i z góry: P – pompa; FO – filtr wstępny; FpH – kolumna podwyższania pH; FW - KDF – filtr węglowy z bakteriostrykiem; Fe/Mn – kolumna odżelaziająco-odmanganowująca; FD – filtr końcowy dokładny 0,5 µm z możliwością wydłużenia ciągu wodnego o dodatkowy filtr np. 0,3 µm

filtrów mechanicznych). Ogromną zaletą oczyszczalnika jest możliwość pracy bez angażowania wyspecjalizowanej obsługi i bez narażenia na niebezpieczeństwo wtórnego skażenia środowiska odpadami poregeneracyjnymi.

Należy tu podkreślić ważny aspekt praktyczny zastosowania naszego oczyszczalnika, a mianowicie fakt, że wymiana każdego z wysyconych wkładów kolumn na nowy nie trwa dłużej niż 5 minut i nie wymaga wyspecjalizowanej obsługi, co zostało potwierdzone doświadczalnie. Tym sposobem, warunek nieskomplikowanej eksploatacji urządzenia (również w trudnych warunkach) został spełniony.

W kontekście wyżej opisanych prób i uzyskanych rezultatów odnajdujemy potwierdzenie, że ok. 5 dm³ substancji aktywnej, zastosowanej w kolumnie z węglem aktywnym, jest ilością wystarczającą do pracy oczyszczalnika przez ok. 2 doby. Zatem, biorąc pod uwagę fakt łatwej i sprawnej wymiany kolumn, spełniony zostaje również warunek ciągłości działania stacji w długim czasie.

5. WNIOSKI

Wykonano i zbadano funkcjonowanie nowo zaprojektowanego oczyszczalnika, którego pracę oceniono jako należytą.

Stwierdzono, że wykonywanie „in situ” wymian wkładów wysyconych (przekazywanych następnie do utylizacji w placówce serwisowej) na wkłady aktywne przebiega sprawnie w czasie ok. 5 minut. Przy przewidywanym na 40 h okresie czynnej eksploatacji każdego wkładu, koszt oczyszczania 1 dm³ wody szacuje się na ok. 0,10 zł.



Rysunek 4. Fotografia modelu funkcjonalnego oczyszczalnika

Budowanie i stosowanie proponowanych urządzeń ma istotne znaczenie zarówno w kategorii zaspokajania podstawowych potrzeb bytowych ludności w trudnych chwilach nadzwyczajnych zagrożeń (w gospodarstwach indywidualnych, lokalnych przedsiębiorstwach wytwórczych, służbie zdrowia i innych) jak również w aspekcie ochrony środowiska.

Proponowane oczyszczalniki niewątpliwie stanowić mogą nową jakość w sposobach oczyszczania wody na skalę krajową.

LITERATURA

- [1] Raport Państwowego Instytutu Geologicznego pod red. A. Kuczyńskiej „Ocena stanu chemicznego jednolitych części wód podziemnych zagrożonych nieosiągnięciem dobrego stanu wg danych z monitoringu operacyjnego w 2009 r.”, cz. I i II, Państwowy Instytut Geologiczny 2010.
- [2] Główna Inspekcja Ochrony Środowiska, Raport o stanie środowiska w Polsce, praca zbiorowa pod kier. L. Dygas Ciołkowskiej i red. B. Albinia, Biblioteka Monitoringu Środowiska 2010.
- [3] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 4 września 2000 r. w sprawie warunków, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze, woda w kąpieliskach, oraz zasad sprawowania kontroli jakości wody przez organy Inspekcji Sanitarnej (Dz.u. Nr 82 poz. 937 z 2000 r.)
- [4] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 listopada 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. Nr 203 poz. 1718 z 2002 r.
- [5] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. Nr 61 poz. 417 z 2007 r.
- [6] Bogdan L., Szczodrowska B., Kwak A., Królikowski W., Zaopatrzenie pododdziałów w wodę w warunkach polowych, rozdział w monografii pt. „Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia”, Wydawnictwo WAT, praca zbiorowa pod redakcją naukową Z. Mierczyka, Warszawa 2008.

- [7] Szyszka K., Maliszewski W., Bogdan L., Metoda usuwania radionuklidów w wojskowych filtrach i stacjach uzdatniania wody, rozdział w monografii pt. „Ochrona ludności przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń”, Wydawnictwo WAT, praca zbiorowa pod redakcją naukową Z. Mierczyka, Warszawa 2010.
- [8] 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 z 2010 r.
- [9] Szukalski J., Kulicki K., Budowa oczyszczalników o wydajności do 5m³/dobę przeznaczonych do celów technologicznych oraz problemy i rezultaty realizacji technicznej rozwiązań. Wyd. SGGW Przegląd Naukowy Wydz. Melioracji i Inżynierii Środowiska, 1997, s. 45-52, vol. 13.
- [10] Kulicki K., Kozak T., Ecology and Eco-Technologies, wyd.: Scientific Centre of the Polish Academy of Sciences, Vienna Austria, t. 1, str. 243-245, 2002.
- [11] Szukalski J., Kulicki K., System mobilnych, modułowych stacji uzdatniania wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi w sytuacjach nadzwyczajnych (oprac. Analityczne wewnętrzne COBRABID, niepublikowane – 2009).
- [12] Kulicki K., Szukalski J.: Nowe, przenośne oczyszczalniki do zaopatrywania ludzi w wodę pitną w przypadkach nadzwyczajnych zagrożeń, XXI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna ECOMILITARIS 2010 „Ochrona ludności przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń” wrzesień 2010 Zakopane, str. 183-87.
- [13] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. Nr 61 poz. 417 z 2007 r.