

Zbigniew BZOWSKI, Grzegorz KONOPKA,  
Krzysztof KORCZAK

Główny Instytut Górnictwa,  
Katowice

## WPŁYW ZMIANY JAKOŚCI WÓD KOPALNIANYCH NA PARAMETRY EKSPLOATACYJNE INSTALACJI MEMBRANOWEJ PRODUKUJĄCEJ WODĘ PRZEZNACZONĄ DO SPOŻYCIA

IMPACT OF MINE WATERS QUALITY CHANGES IN EXPLOITATION  
PARAMETERS OF THE MEMBRANE INSTALLATION PRODUCING  
DRINKING WATER

*In the paper, experiences gained during the exploitation of the Water Treatment Plant of the Hard Coal Mine “Pokój” were presented. The water treatment plant, founded in year 2000, treats water obtained selectively from the level 450m below ground, coming from the closed region “Wawel”. The mine water is characterised by salt concentrations exceeding levels permitted for the consumption by people. A complex technological system consisting of gravel filters, special filters and the inverse osmosis system is used for the water treatment.*

*During the period of exploitation, the technology has been adapted to variable parameters of the mine water. The treated water has been used for social and industrial purposes in the mine. Based on the analysis of ecological and economic factors, one may conclude that, despite relatively high maintenance costs of the water treatment plant, the overall production costs of the treated water are lower in comparison to the costs of purchasing the water from metropolitan sources.*

### 1. Wprowadzenie

Ochrona wód podziemnych w Unii Europejskiej została zapoczątkowana pod koniec lat 70-tych ubiegłego stulecia, co skutkowało przyjęciem w 1980 roku Dyrektywy dotyczącej ochrony tych wód przed zanieczyszczeniem [1]. Uchwalona po niej Ramowa Dyrektywa Wodna [2] zaleca racjonalne gospodarowanie wodą pobraną ze środowiska, czyli wielokrotne wykorzystanie wody przed jej ponownym wprowadzeniem do wód powierzchniowych w postaci ścieków oczyszczonych do wymaganych parametrów. Wzrost kosztów zaopatrzenia w wodę zwiększa zainteresowanie przedsiębiorstw istniejącymi możliwościami wykorzystania dostępnych zasobów wodnych, nawet gorszej jakości lub ścieków oczyszczonych dla potrzeb przemysłowych [3].

Przeprowadzenie analizy możliwości wykorzystania dostępnych zasobów wodnych, także tych wymagających złożonego procesu uzdatniania wody, w tym metodami membranowymi [4], pozwala na ustalenie kierunków zwiększenia efektywności gospodarki wodno-ściekowej przedsiębiorstwa. Analiza uwarunkowań lokalnych, z uwzględnieniem kryteriów technologicznych, ekonomicznych i ekologicznych, pozwala na wskazanie możliwości optymalizacji systemu zaopatrzenia w wodę [5].

## 2. Charakterystyka procesu uzdatniania wody w Stacji Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój”

### 2.1. Lokalizacja Stacji Uzdatniania Wody

Stacja Uzdatniania Wód Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój” (SUW KWK „Pokój”) funkcjonująca od roku 2000, przeznaczona jest do uzyskiwania ze zmineralizowanej i zanieczyszczonej wody kopalnianej, wody przeznaczonej do spożycia o jakości odpowiadającej obowiązującym normom i rozporządzeniom. SUW KWK „Pokój” zlokalizowana jest w Rudzie Śląskiej przy ul. Czarnoleśnej w pobliżu szybu „Wanda” Kopalni „Pokój” [6]. W sąsiedztwie Stacja Uzdatniania Wód znajdują się zbiorniki wody do których wprowadzane są ścieki z procesu uzdatniania. Na poniższym rysunku 1 przedstawiono lokalizację stacji.

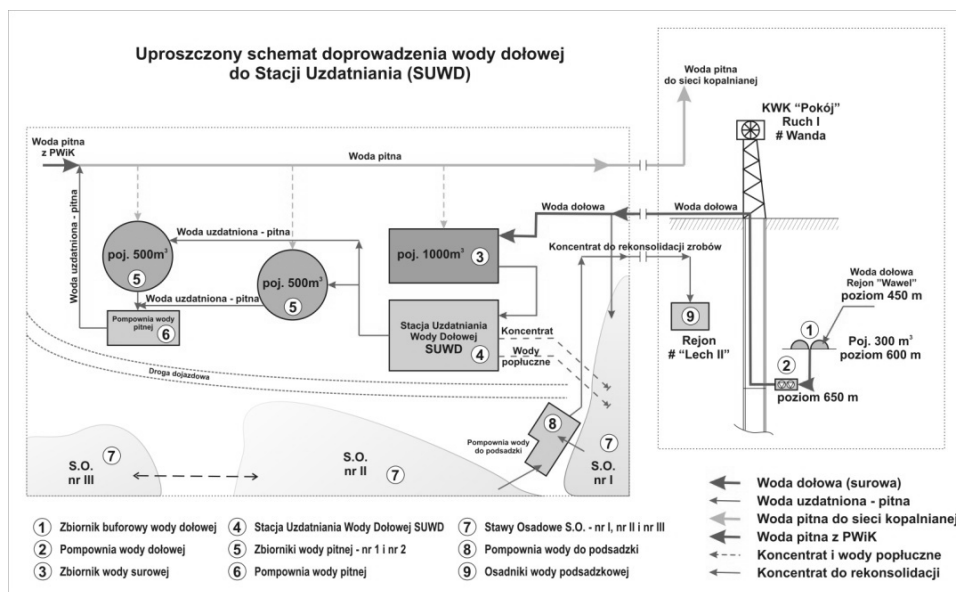


Rys. 1. Lokalizacja Stacji Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój” na mapie satelitarnej – skala 1:2000.

Fig. 1. Location the Water Treatment Plant to the "Pokój" coal mine on a satellite map - the scale of 1:2000.

## 2.2. Uwarunkowania techniczne poboru wody

Stacja Uzdatniania Wody została zaprojektowana na wydajność 1200 m<sup>3</sup>/d, ale w ostatnich latach produkcja wody pitnej kształtuje się w ilości nieprzekraczającej 800 m<sup>3</sup>/d. Źródłem zasilania stacji jest woda kopalniana ze zlikwidowanej części kopalni, która musi być wypompowywana na powierzchnię celem zabezpieczenia kopalni przed zatopieniem. Woda kopalniana poziomu 450 m ppt rejon „Wawel”, wyłączono z eksploatacji węgla kamiennego, jest selektywnie ujmowana i doprowadzana do zbiorników buforowych o pojemności 300 m<sup>3</sup> na poziomie 600 m ppt i dalej do pompowni na poziomie 650 m ppt skąd wypompowywana jest na powierzchnię do zbiornika wody surowej o pojemności 1000 m<sup>3</sup>. Zbiornik ten zapewnia 12-godzinne magazynowanie wody na potrzeby instalacji uzdatniania. W Stacji Uzdatniania Wody (SUW) w procesie technologicznym obejmującym wielostopniową filtrację (filtry żwirowe, filtry dokładne świecowe i workowe oraz układ odwróconej osmozy) i dezynfekcję uzdatniona woda uzyskuje parametry wody przeznaczonej do spożycia. Ścieki powstające w SUW, koncentrat z procesu odwróconej osmozy RO i wody popłuczne z filtrów, kierowane są do stawu osadowego nr I (zbiornik wody podszadkowej), skąd pobierane są do sporządzania mieszanin podszadkowych z odpadami energetycznymi (pyły dymnicowe) wykorzystywanymi do wypełniania starych zrobów Kopalni „Pokój” [7]. Na poniższym rysunku 2 przedstawiono uproszczony schemat doprowadzenia wody kopalnianej do SUW KWK „Pokój”.



Rys. 2. Uproszczony schemat doprowadzenia wody kopalnianej do Stacji Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój”

Fig. 2. Simplified scheme of the Water Treatment Plant of the Coal Mine “Pokój”.

### 2.3. Opis procesu technologicznego uzdatniania wody

Ze zbiornika wody surowej o pojemności 1000 m<sup>3</sup>, zlokalizowanego na powierzchni przy Stacji Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój” woda jest pobierana przez zestaw trzech pomp zasilających i podawana na pierwszy stopień filtracji (filtry żwirowe). Aby zapewnić równomierne obciążenie pomp, pracują one w sposób przemienny, a czas pracy każdej z nich jest zliczany przez sterownik i rejestrowany w komputerze. Przed wprowadzeniem na filtry woda jest poddawana wstępnej obróbce chemicznej poprzez dozowanie KMnO<sub>4</sub> w celu utlenienia resztkowego żelaza Fe<sup>2+</sup>, jonów amonowych oraz manganu Mn<sup>2+</sup>. W celu wspomaganienia filtracji dodawany jest koagulant (FeCl<sub>3</sub>) oraz prowadzona jest korekta odczynu. W praktyce o efektywności technicznej procesu uzdatniania wody decyduje skuteczność usuwania żelaza i manganu na filtrach żwirowych ze złożem katalitycznym [5].

Pierwszy stopień filtracji stanowią trzy filtry żwirowe z wypełnieniem piaskowo-antracytowym (złoża katalityczne). Filtry pracują w układzie równoległym dwóch filtrów, a trzeci poddawany jest płukaniu. Na przebieg oczyszczania wody w układzie: utlenianie KMnO<sub>4</sub>, flokulacja i filtracja w złożu mają wpływ następujące czynniki: czas kontaktu KMnO<sub>4</sub> z wodą, dawka KMnO<sub>4</sub> oraz rodzaj złoża filtracyjnego. W celu zapewnienia maksymalnie czasu kontaktu nadmanganianu potasu z wodą surową prędkość filtracji w zestawie ciśnieniowym nie przekracza 6-8 m/h.

Drugi etap filtracji obejmuje zespół filtrów dokładnych, gdzie po oczyszczeniu na filtrach żwirowych woda kierowana jest do zespołu składającego się z dwóch baterii filtrów świecowych (25 μm i 5 μm) oraz filtrów workowych (1 μm). Tak przefiltrowana woda zostaje podzielona na dwa strumienie w proporcji około 1:10. Pierwszy z nich jest wykorzystywany do zapewnienia odpowiedniej mineralizacji wody pitnej po przejściu przez cały proces oczyszczania, drugi kierowany jest na instalację odwróconej osmozy. Na tej instalacji woda pozbawiona jest cząstek stałych o średnicy powyżej 1 μm. Dodawany jest tutaj również kwas solny w celu korekty odczynu oraz specjalny środek zapobiegający wytrącaniu się na powierzchni membran trudno rozpuszczalnych osadów soli. Ciśnienie niezbędne do przeprowadzenia procesu odwróconej osmozy wytwarzane jest przez zestaw pomp wysokociśnieniowych. Po przejściu przez membrany pierwszego stopnia odwróconej osmozy powstaje strumień tzw. permeatu (wody czystej - zdemineralizowanej) oraz koncentratu, który kierowany jest na membrany drugiego stopnia odwróconej osmozy. W tym procesie otrzymywany jest również strumień permeatu łączący się we wspólnym kolektorze z otrzymanym wcześniej na pierwszym stopniu oraz koncentrat stanowiący odpad. W celu usunięcia przez rozpuszczenie zanieczyszczeń stałych i koloidalnych zakłócających proces filtracji moduły membranowe są płukane roztworem kwasu solnego. Natomiast oczyszczona woda kierowana jest do desorbera, gdzie następuje jej odgazowanie. Za desorberem następuje zmieszanie w odpowiednich proporcjach oczyszczonej wody z przefiltrowaną wodą surową oddzieloną wcześniej od strumienia głównego w proporcji 1:10. Zapewnia to wodzie pitnej odpowiedni poziom mineralizacji, gdyż na membranach odwróconej osmozy ulega ona demineralizacji. Ilość dodawanej wody surowej regulowana jest na podstawie pomiaru przewodności elektrycznej wody uzyskiwanej z instalacji przed dezynfekcją.

Końcowe uzdatnianie wody polega na dodaniu zasady sodowej (NaOH) w celu ostatecznej korekty odczynu oraz podchlorynu sodu (NaOCl) dla końcowej dezynfekcji wody. Uzdatniona woda jest przepompowywana do dwóch zbiorników wody przeznaczonej do spożycia, każdy o pojemności 500 m<sup>3</sup>.

### 3. Analiza zmian parametrów wody zasilającej przy efektywnej pracy Stacji Uzdatniania Wody KWK „Pokój”

#### 3.1. Zmiany parametrów wody zasilającej w odniesieniu do założeń projektowych

W latach 2001-2013, w odniesieniu do założeń projektowych z roku 1998 [8], nastąpił znaczący wzrost stężenia manganu ( $Mn^{2+}$ ), żelaza ( $Fe^{2+}$ ) oraz jonów amonowych w wodzie zasilającej. Pojawił się również problem wzrostu ilości zawiesiny, głównie w postaci  $Fe(OH)_3$ . Zawiesina ta w znacznej ilości (5-25 mg/l) wydzielając się, sedymentuje w zbiorniku buforowym o pojemności 300 m<sup>3</sup> na poziomie 600 m ppt. Zmiany parametrów wody kopalnianej wynikają z procesów hydrogeochemicznych zachodzących w górotworze. Wzrost stężeń manganu ( $Mn^{2+}$ ), żelaza ( $Fe^{2+}$ ) i jonów amonowych jest odnotowywany od 2004 roku [7]. W poniższej tabeli 1 przedstawiono wyniki badań wody ze zbiornika wody surowej o pojemności 1000 m<sup>3</sup> zasilającej Stację Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój” w latach 2001-2013, wartości przyjęte w projekcie oraz wartości dopuszczalne zgodne z obowiązującymi Rozporządzeniami [9, 10].

Tab. 1. Monitoring składu chemicznego wody zasilającej Stację Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój” wraz z założeniami projektowymi.

Tab. 1. The monitoring of chemical composition water supply the Water Treatment Plant of the Coal Mine "Pokój" and project idea.

L.p.	Parametr	Jednostka	Wartości projektowe	Wyniki badań wody zasilającej SUW					*Wartości dopuszczalne
			1998 r.	2001 r.	2005 r.	2010 r.	2013 r.		
1	Barwa	mg Pt/l	10-80	n.o.	n.o.	<5	<5	15	
2	Mętność	NTU	n.o.	n.o.	n.o.	64	70	1	
3	Odczyn	pH	7,65	7,55	7	7	7,4	6,5-9,5	
4	<b>Twardość</b>	<b>mg CaCO<sub>3</sub>/l</b>	<b>2 565</b>	<b>2 000</b>	<b>2055</b>	<b>n.o.</b>	<b>1970</b>	<b>60-700</b>	
5	<b>Przewodność</b>	<b>μS/cm</b>	<b>3550</b>	<b>3410</b>	<b>3100</b>	<b>2850</b>	<b>3190</b>	<b>2 500</b>	
6	Zasadowość m	mval/l	7,85	11,1	12,8	n.o.	12,7	n.o.	
7	Zasadowość p	mval/l	0	0	0,0	n.o.	0	n.o.	
8	<b>Amon</b>	<b>mg/l</b>	<b>&lt;0,15</b>	<b>&lt;0,05</b>	<b>0,53</b>	<b>0,898</b>	<b>0,92</b>	<b>0,5</b>	
9	Potas	mg/l	54,35	43,17	44,57	n.o.	41,5	n.o.	
10	Sód	mg/l	32,19	109,3	75,41	73	76,5	200	
11	Magnez	mg/l	320,8	241,8	250,3	n.o.	233	n.o.	
12	Wapń	mg/l	499	402,8	410,8	n.o.	407	n.o.	
13	Bar	mg/l	<0,03	<0,05	<0,05	n.o.	n.o.	n.o.	
14	Stront	mg/l	4,2	4,3	4,65	n.o.	n.o.	n.o.	

L.p.	Parametr	Jednostka	Wartości projektowe	Wyniki badań wody zasilającej SUW					*Wartości dopuszczalne
			1998 r.	2001 r.	2005 r.	2010 r.	2013 r.		
15	Żelazo ogólne	mg/l	0,2	0,023	0,14	0,18	0,42	0,2	
16	Mangan	mg/l	0,6	0,08	4,58	4,05	2,88	0,05	
17	Węglany	mg/l	0	0	0	n.o.	0	n.o.	
18	Wodorowęglany	mg/l	478,9	677,1	780,8	n.o.	775	n.o.	
19	Chlorki	mg/l	60,62	n.o.	70,84	69,2	74	250	
20	Fluorki	mg/l	<0,1	n.o.	n.o.	0,22	0,21	1,5	
21	Siarczany	mg/l	2070	n.o.	1460	1400	1400	250	
22	Krzemionka rozp.	mg/l	19,2	16,3	18,3	n.o.	n.o.	n.o.	

\*- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [9]  
n.o. - nie oznaczono

Według badań archiwalnych, w wodzie kopalnianej dopływającej do poziomu 450 m ppt zawartość żelaza ( $\text{Fe}^{2+}$ ) wynosiła 5-25 mg/l. W praktyce obecnie proces wytrącania żelaza z wody zachodzi już w trakcie dopływu wody kopalnianej do zbiornika buforowego o pojemności 300 m<sup>3</sup> na poziomie 600 m ppt. Osady gromadzące się w zbiorniku buforowym świadczą o intensywnym wydzielaniu się związków żelazowych zawierających  $\text{Fe}^{3+}$  powstających pod wpływem utleniającego działania powietrza [5].

W warunkach Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój” rejon „Wawel”, w wodzie kopalnianej stężenia żelaza  $\text{Fe}^{2+}$  wahają się od ok. 5 do 25 mg/l, a w czasie przepływu przez wyłączone z eksploatacji wyrobiska żelazo ulega utlenieniu do  $\text{Fe}^{3+}$ , co w konsekwencji prowadzi do wytrącania głównie wodorotlenku żelaza  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Wodorotlenek ten podczas spływu wody sedymentuje i gromadzi się w zbiorniku buforowym o pojemności użytkowej  $V=300 \text{ m}^3$  zlokalizowanym na poziomie 600 m ppt. Zawiesina gromadząca się w zbiorniku ogranicza jego pojemność eksploatacyjną, w związku z czym woda surowa wraz ze znaczną ilością zawiesiny kierowana jest do zbiornika wody surowej o pojemności  $V=1000 \text{ m}^3$  zlokalizowanym na powierzchni i dostarczana jest na instalację uzdatniania. Wysokie stężenia zawiesiny w wodzie surowej przyczyniają się do mało efektywnej pracy filtrów zwirowych w zakresie usuwania żelaza i manganu. Powoduje to skrócenie pracy filtrów, a także wzrost stężeń żelaza i manganu w wodzie, która jest kierowana na dalsze stopnie uzdatniania. Na skutek wprowadzania dużej ilości zawiesiny oblepiającej ziarna wypełnienia złoża filtracyjnego, złożo katalityczne pracuje nieprawidłowo, co skutkuje niewielką redukcją żelaza i manganu w wodzie [3].

Na podstawie przedstawionych powyżej informacji stwierdzono, że praca instalacji Stacji Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój” w takich warunkach podnosi koszty eksploatacyjne poprzez wzrost zużycia energii i ilości dozowanych chemikaliów oraz znaczne skrócenie okresu eksploatacji poszczególnych urządzeń. Powoduje to zmniejszenie produkcji wody oraz wzrost kosztów jednostkowych jej produkcji.

### 3.2. Monitoring wody zasilającej

W tabelach 2, 3, 4 i 5 przedstawiono wyniki badań chemicznych, organoleptycznych i fizykochemicznych oraz mikrobiologicznych wody zasilającej (kopalnianej) dostarczanej ze zbiornika wody surowej o pojemności 1000 m<sup>3</sup> zlokalizowanego na powierzchni przy Stacji Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój”. Wyniki tych badań odniesiono do obowiązujących wymagań dla wody pitnej oraz do funkcjonującej technologii uzdatniania wody w stacji [8].

Tab. 2. Wyniki badania wody kopalnianej zasilającej Stację Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój”.

Tab. 2. The results of the study of mine water supply the Water Treatment Plant of the Coal Mine "Pokój".

Lp.	Parametry	Jednostka	Najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS)*	Wynik	Uwagi
1	Antymon	mg/l	0,005	< 0,005	w normie
2	Arsen	mg/l	0,01	< 0,01	w normie
3	Azotany	mg/l	50	0,047	w normie
4	Azotyny	mg/l	0,5	< 0,02	w normie
5	Benzen	µg/l	1	< 1,0	w normie
6	Benzo(a)piren	µg/l	0,01	< 0,002	w normie
7	Bor	mg/l	1	0,4	w normie
8	Bromiany	mg/l	0,01	< 0,01	w normie
9	Chrom	mg/l	0,05	< 0,003	w normie
10	Cyjanki	mg/l	0,05	< 0,002	w normie
11	1,2-dichloroetan	µg/l	3	< 2,0	w normie
12	Fluorki	mg/l	1,5	0,21	w normie
13	Kadm	mg/l	0,005	< 0,001	w normie
14	Miedź	mg/l	2	< 0,003	w normie
15	Nikiel	mg/l	0,02	< 0,01	w normie
16	Ołów	mg/l	0,025	< 0,005	w normie
17	Pestycydy	µg/l	0,1	< 0,01	w normie
18	Σ pestycydów	µg/l	0,5	< 0,01	w normie
19	Rtęć	mg/l	0,001	< 0,001	w normie
20	Selen	mg/l	0,01	0,018	przekroczenie - zastosowanie odwróconej osmozy
21	Σ trichloroetenu i tetrachloroetenu	µg/l	10	< 0,4	w normie
22	Σ WWA	µg/l	0,1	0,006	w normie
23	Σ THM	µg/l	100	< 0,4	w normie

Źródło: Wyniki badań – GIG Zakład Monitoringu Środowiska – marzec 2013 r.  
 \* - wg. Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [9]  
 n.o. - nie oznaczono

Tab. 3. Wyniki badań organoleptycznych i fizykochemicznych wody zasilającej Stację Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój”.

Tab. 3. The results of organic and physicochemical water supply the Water Treatment Plant of the Coal Mine "Pokój".

Lp.	Parametry	Jednostka	Najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS)*	Wyniki	Uwagi
1	Amonowy jon	mg/l	0,5	0,92	przekroczenie - zastosowanie utleniania
2	Barwa	mg/l	15	< 5	w normie
3	Chlorki	mg/l	250	74	w normie
4	Glin	mg/l	0,2	< 0,005	w normie
5	Mangan	mg/l	0,05	2,88	przekroczenie - zastosowanie utleniania i filtracji na złożu katalitycznym
6	Mętność	NTU-IR	1	70	przekroczenie - zastosowanie filtracji wielostopniowej
7	OWO	mg/l	5	1,9	w normie
8	Odczyn	pH	6,5-9,5	7,4	w normie
9	Przewodność	µS/cm	2500	3190	przekroczenie - zastosowanie procesu odwróconej osmozy (RO)
10	Siarczany	mg/l	250	1400	przekroczenie - zastosowanie procesu odwróconej osmozy (RO)
11	Smak	-	akceptowalny	n.o.	-
12	Sód	mg/l	200	76,5	w normie
13	Utlenialność KMnO <sub>4</sub>	mg/l	5	1,2	w normie
14	Zapach	-	akceptowalny	bez zapachu	w normie
15	Żelazo	mg/l	0,2	0,42	przekroczenie - zastosowanie utleniania i filtracji na złożu katalitycznym

Źródło: Wyniki badań – GIG Zakład Monitoringu Środowiska – marzec 2013 r.

\* - wg Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [9]

n.o. - nie oznaczono



Tab. 4. Wyniki badań mikrobiologicznych wody zasilającej Stację Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój” SUW.

Tab. 4. The results of microbiological water supply the Water Treatment Plant of the Coal Mine "Pokój".

Lp.	Parametr	Jednostka	Najwyższa dopuszczalna wartość*	Objętość próbki [ml]	Wynik	Uwagi
			Liczba mikroorganizmów			
1	Bakterie grupy coli	NPL/100ml	0	100	8	przekroczenie - zastosowanie procesu odwróconej osmozy (RO) oraz dezynfekcji
2	Escherichia coli	NPL/100ml	0	100	< 1,0	
3	Enterokoki	jtk/100ml	0	100	< 1,0	
4	Ogólna liczba mikroorganizmów w temp. 22°C	jtk/1ml	100	1	64	w normie

Źródło: Wyniki badań – GIG Zakład Monitoringu Środowiska – marzec 2013 r.  
 \* - wg Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [9]

Tab. 5. Wymagania radiologiczne wraz z uzyskanymi wynikami badań.

Tab. 5. Requirements radiological together with the results obtained research.

Lp.	Parametr	Dopuszczalne zakresy wartości*	Jednostka	Wynik	Uwagi
1	Tryt	100	Bq/l	< 1,60	w normie
2	Całkowita dopuszczalna dawka	0,10	mSWrok	< 0,07	w normie

\* - wg Rozporządzenia zmieniającego z dnia 20 kwietnia 2010r. [10]

Na podstawie przeprowadzonych badań wody kopalnianej z poziomu 600 m ppt Kopalni „Pokój”, stwierdzić należy, że woda ta może być wykorzystywana w procesie uzdatniania wody prowadzonym w Stacji Uzdatniania Wody. Technologia uzdatniania wody jest zaprojektowana do usuwania ponadnormatywnych zawartości jonów amonowych, żelaza, manganu, siarczanów oraz pośrednio obniżenia przewodności właściwej uzdatnianej wody. Pozwala ona również na dezynfekcję uzdatnianej wody. Przy prawidłowej eksploatacji Stacji Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój” woda z poziomu 600 m ppt, po uzdatnieniu, będzie spełniała wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [9]

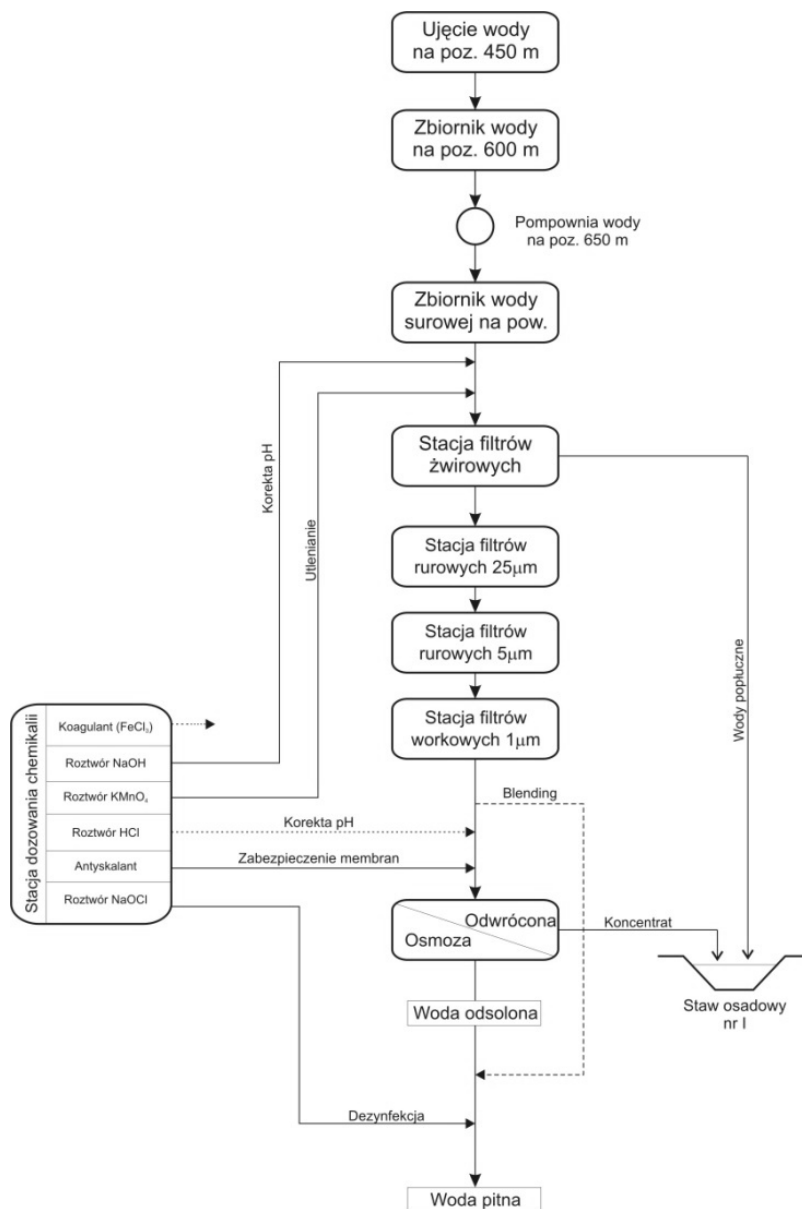
Technologia stosowana w Stacji Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój” gwarantuje uzyskanie wymaganych parametrów jakościowych wody uzdatnionej, nawet w przypadku wzrostu stężeń zanieczyszczeń zawartych w wodzie zasilającej.

#### 4. Proponowana optymalizacja procesu uzdatniania

Woda kopalniana będąca surowcem do produkcji wody pitnej dopływa z poziomu 450 m ppt zlikwidowanego rejonu „Wawel” Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój”, a proces wytrącania osadów związków żelaza ( $\text{Fe}^{2+}$ ) z badanej wody występuje na trasie jej przepływu (kanały, rurociągi) oraz w zbiorniku buforowym o pojemności  $300 \text{ m}^3$  na poziomie 600 m ppt. W celu optymalizacji procesu uzdatniania, na podstawie prezentowanych badań, analiz i obserwacji istniejącego systemu uzdatniania wody w Stacji Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój” zaproponowano:

- ograniczenie możliwości wprowadzania wody kopalnianej z nadmierną ilością zawiesiny do zbiornika wody surowej o pojemności  $1000 \text{ m}^3$  na powierzchni poprzez systematyczne i częste usuwanie osadu ze zbiornika buforowego wody na poziomie 600 m ppt, co poprawi jakość wody kierowanej do uzdatniania,
- modernizację zbiornika wody surowej (zmiana konstrukcji) dla ograniczenia możliwości wprowadzania dużej ilości zawiesiny z wodą zasilającą kierowaną na układy filtracyjne,
- wstrzymanie dozowania substancji koagulującej ( $\text{FeCl}_3$ ) przed stacją filtrów żwirowych, z możliwością jego stosowania tylko w przypadku zmiany jakości wody zasilającej,
- dodawanie roztworu NaOH w ilości odpowiedniej dla jakości wody zasilającej potwierdzonej badaniami oraz prowadzenie korekty odczynu przed stacją filtrów żwirowych,
- dozowanie, w ilości odpowiedniej dla jakości wody zasilającej potwierdzonej badaniami, utleniacza w postaci roztworu  $\text{KMnO}_4$  przed stacją filtrów żwirowych dla utlenienia manganu, żelaza i jonów amonowych.

Na rysunku 3 przedstawiono uproszczony schemat technologiczny zoptymalizowanego procesu uzdatniania wody kopalnianej w Stacji Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój”.



Rys. 3. Uproszczony schemat technologiczny zoptymalizowanego procesu uzdatniania wody kopalnianej w Stacji Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój”.

Fig. 3. Simplified scheme of technological made optimum process of clean-up the mine water in the Water Treatment Plant of the Coal Mine "Pokój".

## 5. Podsumowanie

Woda kopalniana z wyłączonego z eksploatacji poziomu 450 m ppt Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój”, Rejon „Wawel” jest wykorzystywana przez Stację Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój”. Do uzdatniania wody kopalnianej zastosowano złożony układ technologiczny obejmujący między innymi filtry żwirowe ze złożem katalitycznym, filtry dokładne oraz instalację odwróconej osmozy.

W wyniku procesów hydrogeochemicznych zachodzących w górotworze, w pobieranej wodzie kopalnianej znacznie wzrosło stężenie manganu, żelaza i jonów amonowych w stosunku do założeń projektowych. W związku z tym zaproponowano modyfikacje dla efektywnego przebiegu procesu uzdatniania wody kopalnianej realizowane poprzez:

- systematyczne i częste usuwanie osadu ze zbiornika buforowego wody na poziomie 600 m ppt, co poprawi jakość wody kierowanej do uzdatniania,
- modernizację zbiornika wody surowej (zmiana konstrukcji) dla ograniczenia możliwości wprowadzania dużej ilości zawiesiny na układy filtracyjne,
- wstrzymanie dozowania substancji koagulującej ( $\text{FeCl}_3$ ) przed stacją filtrów żwirowych,
- dodawanie roztworu NaOH w ilości odpowiedniej dla jakości wody zasilającej potwierdzonej badaniami,
- dozowanie przed stacją filtrów żwirowych utleniacza  $\text{KMnO}_4$ , w ilości odpowiedniej dla jakości wody zasilającej potwierdzonej badaniami.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że pomimo wzrostu stężeń manganu, żelaza i jonów amonowych w surowej wodzie kopalnianej możliwe jest uzyskanie poprawy efektywności techniczno-ekonomicznej instalacji uzdatniania wody. Zastosowana w Stacji Uzdatniania Wody Kopalni Węgla Kamiennego „Pokój” technologia uzdatniania wody kopalnianej gwarantuje uzyskanie wymaganych parametrów dla wody przeznaczonej do spożycia nawet w sytuacji niekorzystnej zmiany parametrów wody zasilającej.

## Bibliografia

- [1] Dyrektywa dotycząca ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniami. Bruksela 1980/68/WE.
- [2] Dyrektywa ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej. (Ramowa Dyrektywa Wodna). Bruksela 2000/60/WE.
- [3] Gimbel R., Jekel M. and Liebfeld R. Podstawy i technologie uzdatniania wody. Oficyna Wydawnicza ProjPrzem-EKO, Bydgoszcz, 2008.
- [4] Bodzek M., Konieczny K. Wykorzystanie technik membranowych w uzdatnianiu wody do picia. Technologia Wody nr 2, 2010, 15-31.
- [5] Kowal A.L., Świdarska-Bróż M. Oczyszczanie wody. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 2000.

- [6] Korczak K. Założenia projektowe i wyniki eksploatacji membranowej instalacji do uzdatniania wód głębinowych o podwyższonej mineralizacji. W Mat. Sympozjum HYDROPREZENTACJE IV 2001, NOT Katowice, 2001.
- [7] Korczak K., Konopka G. Koncepcja dostosowania technologii Stacji Uzdatniania Wody Dołowej (SUWD) KWK „Pokój” do zmiany parametrów wody zasilającej, Dokumentacja GIG Katowice, 2013, (niepublikowane).
- [8] Projekt budowlano-wykonawczy – Stacja Uzdatniania Wód Dołowych KWK „Pokój”. Dokumentacja GIG Katowice, 1998, (niepublikowane).
- [9] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007r., w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi - Dz. U. Nr 61, poz. 417 wraz z późniejszymi zmianami.
- [10] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi - Dz. U. Nr 72, poz. 466 wraz z późniejszymi zmianami.

