

Waldemar SAWINIAK<sup>1</sup>, Barbara KOTLARCZYK<sup>2</sup>,  
Marek CZECHOWSKI<sup>2</sup>, Maciej MATUSIAK<sup>2</sup>, Katarzyna NADOLSKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Inżynierii Wody i Ścieków  
Politechnika Śląska

<sup>2</sup> Górnśląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów S.A.

## BADANIE SKUTECZNOŚCI USUWANIA ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH W FILTRACH KONTAKTOWYCH Z WARSTWĄ WĘGLA AKTYWNEGO

### RESEARCH ON ORGANIC MATTER REMOVAL BY CONTACT FILTERS WITH ACTIVE CARBON LAYER

*Treatment of surface water, so that it would meet legal requirements and of the quality that ensures its safety when it is supplied to consumers, is the reason of many technological problems. So that to produce water of better quality the exchange of a coagulant type was proposed. The source water was collected from the “Czaniec” intake and treated in contact filtration in WTP “Czaniec”. This water is taken from the upper course of the Soła river and is characterized by changeable amount of NOM and mineral colloids causing turbidity.*

*The technological research on contact coagulation was made with the usage of model filters and pre-hydrolyzed coagulants (Flokor 1A, PAX XL 19F) and alum. The results show that pre-hydrolyzed coagulants are more effective in NOM removal than alum. When the filters were filled with the active carbon bed (0,75 m) the THMs precursors removal was additionally improved. The treated water reveals low concentration of NOM (low absorbance UV) and hence proper filters operation is possible. As a result it also decreases the danger of chloroform formation in a distribution system.*

## 1. Wprowadzenie

Zapewnienie dostaw dobrej jakości wody u odbiorcy stanowi problem nie tylko dla eksploatatorów sieci wodociągowych, lecz również dla stacji oczyszczania wody. Jednym z zagadnień wymagającym rozwiązania jest powstawanie THM-ów (trichlorometanów) w wyniku dezynfekcji wody chlorem. Często obserwuje się taką sytuację, że woda po dezynfekcji na stacji uzdatniania wykazuje dopuszczalne wskaźniki jakości, które pogarszają się w czasie przepływu wody. Obniżenie zużycia wody spowodowało wydłużenie czasu przepływu wody, nawet do 48 godzin. Dlatego dopuszczalne stężenie chloru wynoszące 0,3 mg Cl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> na wyjściu ze stacji uzdatniania zanika i konieczne jest dochlorowanie

wody, głównie w zbiornikach sieciowych. Skutkuje to powstawaniem większych od dopuszczalnych stężeń chloroformu – głównego składnika THM-ów. Stacje wodociągowe ujmujące wody powierzchniowe powszechnie stosują proces koagulacji do usuwania zanieczyszczeń. Z doświadczeń zakładów uzdatniania Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągowych S.A. wynika, że stosowanie po koagulacji ozonowania oraz filtracji przez granulowany węgiel aktywny zapewnia bezpieczną wodę do spożycia mimo stosowania chloru dla końcowej dezynfekcji. Zmniejszenie sprzedaży wody prowadzi do obniżenia środków na kosztowną modernizację stacji uzdatniania. Dlatego prowadzone były badania nad zwiększeniem efektów usuwania prekursorów THM-ów przez zastosowanie koagulantów wstępnie zhydrolizowanych [4,5,6]. Oprócz koagulacji powszechnie wiadomo, że filtracja przez granulowany węgiel aktywny obniża zawartość związków organicznych poprawiając tym samym stabilność biologiczną wody [2].

Jedną ze stacji uzdatniania wody należącą do GPW S.A. jest stacja SUW „Czaniec” (ujmująca wodę z rzeki Soły), dla której należy określić sposób zwiększenia efektów usuwania związków organicznych. Głównym elementem uzdatniania wody jest koagulacja w filtrach kontaktowych. Aby zmniejszyć stężenie prekursorów THM-ów metodą koagulacji postanowiono przeprowadzić badania nad wykorzystaniem warstwy granulowanego węgla aktywnego w istniejącej konstrukcji filtrów kontaktowych.

## 2. Metodyka badań

Badania nad wpływem „wkładki” z węgla aktywnego dla zwiększenia skuteczności usuwania związków organicznych prowadzono na stacji modelowej. Stacja modelowa składała się z dwóch filtrów o średnicy 200 mm i wysokości 4,4 m. Filtry wypełniono złożem filtracyjnym takim samym jak w filtrach technicznych z jedną modyfikacją. Polegała ona na zmniejszeniu warstwy filtracyjnej (0,5÷2,0 mm) o 0,75 m i wprowadzeniu w to miejsce warstwy węgla ROW – 0,08. Skład granulometryczny złoża filtracyjnego przedstawiał się następująco:

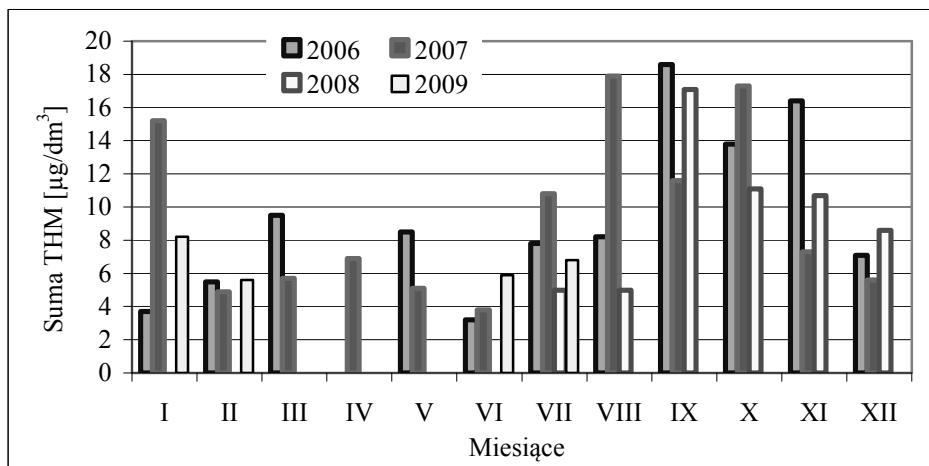
piasek/ żwir	φ 20 ÷ 40 mm	(0,1 m),
	φ 10 ÷ 20 mm	(0,1 m),
	φ 5 ÷ 10 mm	(0,05 m),
	φ 3 ÷ 5 mm	(0,05 m),
	φ 2 ÷ 3 mm	(0,05 m),
	φ 0,5 ÷ 2 mm	(1,4 m)
węgiel aktywny	φ 2 mm	(0,75 m).

Filtry zasilane były wodą surową z rurociągów dostarczających wodę na stację techniczną. Do koagulacji stosowano alternatywnie siarczan glinu, PAX XL 19F oraz Flokor 1A. Podczas serii badań z siarczanem glinu układ doświadczalny zasilano wodą zawierającą ten koagulant z rurociągu technicznego. Koagulanty zhydrolizowane dozowano do wody surowej pobieranej z oddzielnego rurociągu przy pomocy odpowiednich pomp. Prędkość filtracji wynosiła około 4 m/h. Dawki koagulantów dobierano do jakości wody surowej w takich ilościach, aby woda uzdatniona spełniała wymogi wody przeznaczonej do spożycia. Układ badawczy oprócz filtrów zawierał zbiorniki do odpowietrzania wody i oprzyrządowanie pomiarowe [1]. Oprócz analizowania efektów oczyszczania wody, testowano sposób płukania filtrów modelowych w różnych wariantach zastosowania wody i powietrza obserwując czy nie zachodzi mieszanie węgla granulowanego z piaskiem filtracyjnym. Ponieważ w czasie testów z węglem aktywnym pracowała stacja

techniczna, to wyniki otrzymane na stacji badawczej porównywano z wynikami otrzymanymi podczas procesu technologicznego SUW „Czaniec”. Próby wody dla niezbędnych analiz tj. mętności, barwy, absorbancji przy długości fali 254 i 272 nm oraz glinu rozpuszczonego pobierano równocześnie z poborem ze stacji technicznej. Dodatkowo wodę uzdatnioną poddawano dezynfekcji chlorem i oznaczano THM-y. Dawki chloru dobierano doświadczalnie, aby po 0,5h stężenie chloru pozostałego nie przekraczało  $0,3 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$ .

### 3. Wyniki badań i dyskusja

Woda pobierana z ujęcia dla stacji „Czaniec” jest dobrej jakości jak na wodę powierzchniową, poza krótkimi okresami roku hydrologicznego. Skokowe zmiany mętności występują okresowo podczas intensywnych opadów. Zawartość związków organicznych po uzdatnieniu (utlenialność) jest niska i wynosiła od  $0,3 \div 2,3 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ . Pomimo tak niskiej utlenialności zużycie chloru w 2008 ÷ 2009 roku kształtowało się w zakresie  $0,4 \div 1,5 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$ . W wyniku reakcji chloru ze związkami organicznymi (zużycie chloru) powstawały różne ilości THM-ów w zbiorniku wody czystej co ilustrują wyniki przedstawione na rys. 1.



Rys.1. Zmienność wartości  $\Sigma\text{THM}$  wody uzdatnionej w latach 2006 – 2009 na wyjściu z SUW „Czaniec”

Fig.1. Variation of  $\Sigma\text{THM}$  concentration in water after treatment at WTP “Chaniec” in the years 2006-2009

Z przedstawionych wykresów na rys.1 wynika, że nie było problemu z przekraczaniem dopuszczalnych wartości  $\Sigma\text{THM}$ -ów. Analizy wody w magistrali doprowadzającej wodę do Katowic wskazują, że przy  $\Sigma\text{THM}$ -ów rzędu  $17 \text{ µg}/\text{dm}^3$  może powstawać

chloroform rzędu  $30 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  i nawet więcej po dochlorowaniu. Dlatego należy obniżyć stężenie prekursorów tak, aby stężenie THM-ów na wyjściu ze stacji nie przekraczało średnio  $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ .

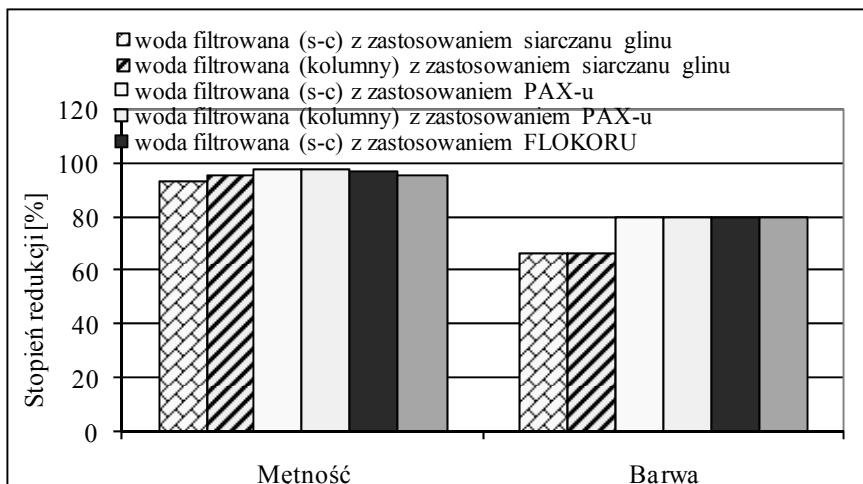
W czasie badań z użyciem "wkładki" z węgla aktywnego jakość wody surowej nie odbiegała od przeciętnych wartości występujących w tym ujęciu, co ilustrują dane w tabeli 1.

Tab. 1. Wybrane parametry wody surowej podczas prowadzonych badań

Tab. 1. Characteristics of raw water in the period of the research

Parametr	Jednostka	woda surowa (24.07.+31.07.2008r.)			woda surowa (15.10.+18.11.2008r.)			woda surowa (13.07.+29.07.2009r.)		
		min	średnia	max	min	średnia	max	min	średnia	max
Mętność	NTU	6,4	11,6	19,3	2,7	4,5	6,7	2,8	6,0	13,8
Barwa	mg Pt/dm <sup>3</sup>	20	25	30	15	15	15	10	20	25
pH		7,4	7,6	7,7	7,2	7,7	8,0	7,1	7,2	7,4
Azotyiny	mg NO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	0,02	0,03	0,06	<0,02	0,02	0,03	<0,02	0,04	0,07
Azotany	mg NO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>	3,2	3,4	3,7	2,7	3,2	3,8	2,4	2,8	3,4
Utlenialność	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	1,3	2,6	3,7	1,0	2,1	2,6	-	-	-
Dwutlenek węgla wolny	mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	9,5	10,1	11,0	2,4	7,1	12,5	5,9	7,6	9,2
Glin	mg Al/dm <sup>3</sup>	0,08	0,13	0,17	<0,04	0,05	0,12	<0,04	0,06	0,15
Absorbancja	254 cm <sup>-1</sup>	0,46	0,61	0,83	0,27	0,37	0,47	0,40	0,50	0,69
Absorbancja	272 cm <sup>-1</sup>	0,39	0,53	0,74	0,23	0,31	0,42	0,34	0,43	0,61

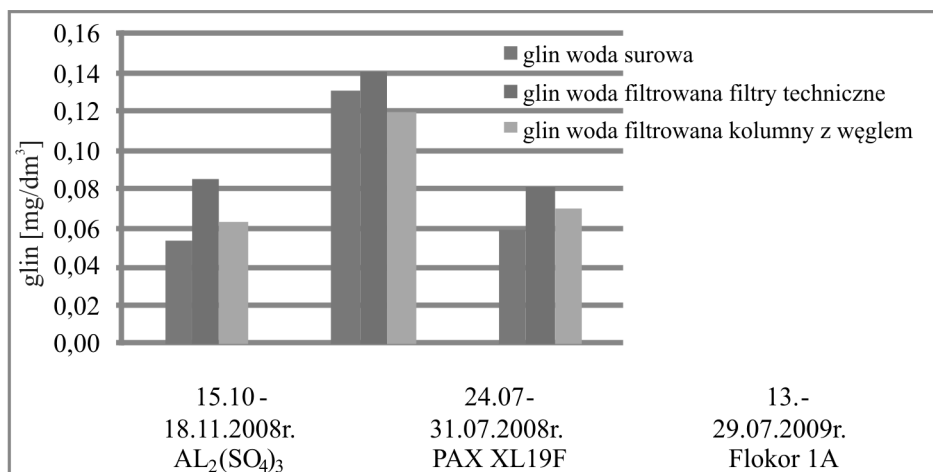
Analizując wyniki zawarte w tabeli 1 można stwierdzić, że parametry wody ujmowanej podczas próby technicznej charakteryzowały się stosunkowo niskimi wartościami. Oczyszczanie wody o takich parametrach, na filtrach technicznych (segment C) oraz w filtrach modelowych (kolumny) metodą koagulacji kontaktowej nie stwarzało problemów technologicznych. Mętność i barwę usuwano w wysokim stopniu uzyskując zadawalające wartości poniżej wartości dopuszczalnych, co ilustruje rys.2.



Rys.2. Średni stopień obniżenia mętności i barwy w stosunku do wody surowej podczas przeprowadzonych badań przy zastosowaniu PAX XL 19F, Flokoru 1A oraz siarczanu glinu

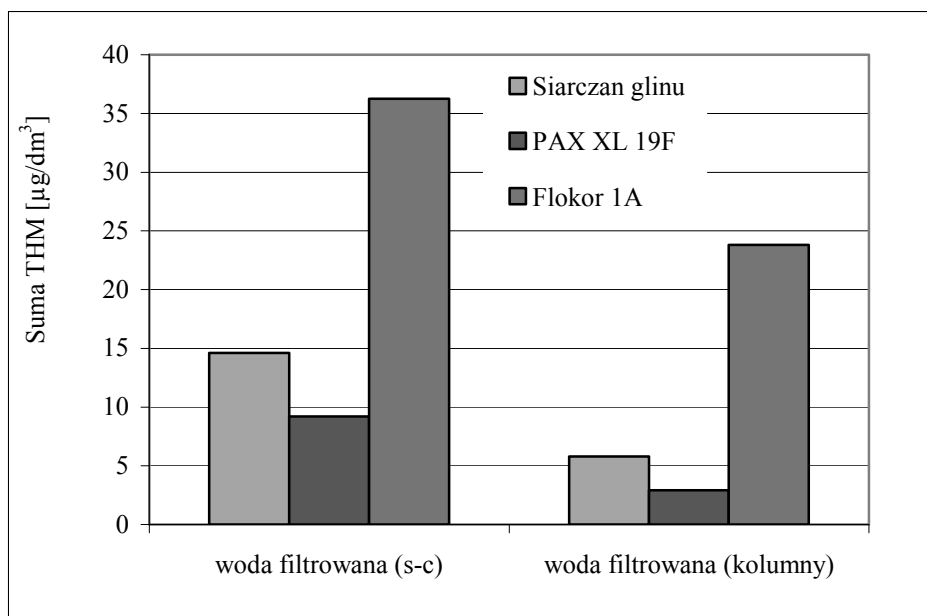
Fig.2. Average decrease of turbidity and colour by coagulation with PAX XL 19F, Flokor 1A and ALS in comparison to raw water

W wyniku dozowania poszczególnych koagulantów zawartość glinu pozostałego nie przekraczała dopuszczalnej wartości dla wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Średnie wartości glinu po procesie koagulacji ilustruje rys. 3.



Rys.3. Porównanie wartości glinu w wodzie surowej oraz filtrowanej podczas przeprowadzonych badań przy zastosowaniu PAX XL 19F, Flokoru 1A oraz siarczanu glinu

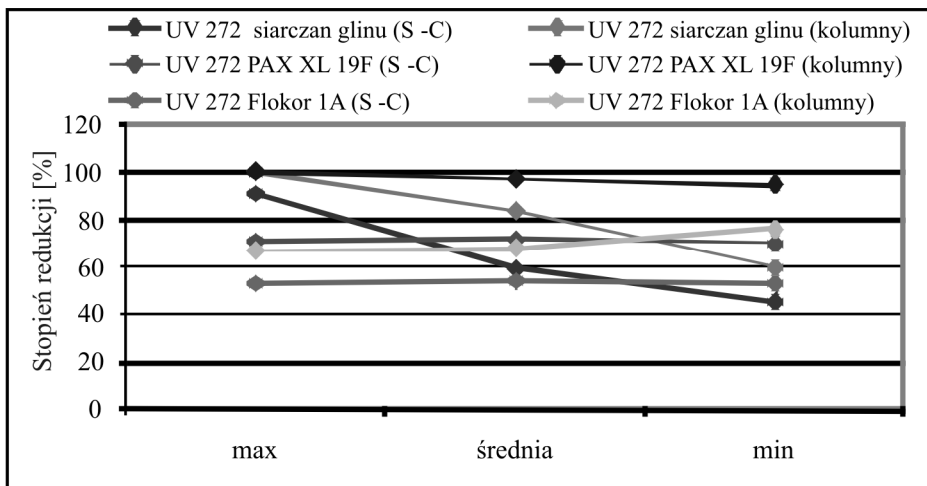
Fig.3. Comparison of Al concentration in raw water to water after "in-bed" coagulation with PAX XL 19F, Flokoru 1A and ALS



Rys.4. Porównanie wartości  $\Sigma THM$  dla wody filtrowanej na segmencie C oraz na kolumnach z różnymi koagulantami

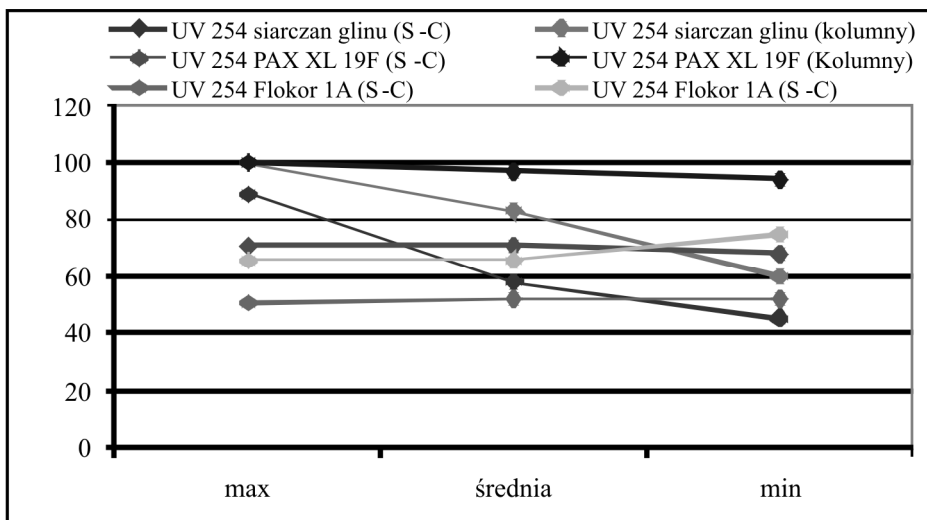
Fig.4. Variation of  $\Sigma THM$  concentration in water after filtration in C segment and after "in-bed" coagulation in columns with various coagulants

Pozytywny wpływ "wkładki" węglowej na usuwanie związków organicznych potwierdzają wyniki pomiarów absorbancji UV przedstawione na rys. 5 i 6. Ponadto porównując 3 koagulanty (siarczan glinu, PAX XL 19F, Flokor 1A) użyte podczas przeprowadzania próby technicznej na filtrach z wkładką węglową można zauważyć, iż najlepsze wyniki redukcji związków wartości  $\Sigma THM$ -ów uzyskano z PAX-em XL 19F (rys. 4).



Rys.5. Porównanie stopnia redukcji absorbancji przy długości fali 272 nm dla wody filtrowanej na segmencie C oraz na kolumnach z różnymi koagulantami

Fig. 5. Comparison of absorbance UV272 decrease in water after filtration in C segment and after "in-bed" coagulation in columns with various coagulants



Rys.6. Porównanie stopnia redukcji absorbancji przy długości fali 254 nm dla wody filtrowanej na segmencie C oraz na kolumnach z różnymi koagulantami

Fig.6. Comparison of absorbance UV254 decrease in water after filtration in C segment and after "in-bed" coagulation in columns with various coagulants

Istotną częścią badań było określenie warunków i skutków płukania filtrów z „wkładką” węgla aktywnego. Przeprowadzone płukanie samą wodą, (tak jak jest stosowane w skali technicznej) wykazało, że węgiel nie ulegał wynoszeniu z filtra. Cykle filtracyjne po takim płukaniu wynosiły około 32 godziny zarówno w filtrach modelowych oraz w filtrach technicznych.

Zastosowano także inny sposób płukania według następującej procedury [1]:

- powietrze (4 min.),
- woda z powietrzem (4 min.),
- woda (4 min.).

Taki sposób płukania pozwolił na trzykrotne wydłużenie cyklu filtracyjnego w stosunku do długości filterocyklu uzyskanego poprzez płukanie samą wodą. Woda przefiltrowana utrzymywała w tym wydłużonym cyklu filtracyjnym parametry zgodne z obowiązującym Rozporządzeniem [3].

## 4. Podsumowanie

Badania w skali ułamkowo-technicznej wykazały, że można zastąpić część piasku filtracyjnego warstwą granulowanego węgla aktywnego. Wprowadzenie „wkładki” węgla aktywnego poprawiło dodatkowo usuwanie związków organicznych (oznaczanych przez absorbancję przy długości fali 254 i 272 nm). Wprowadzenie do górnej części filtrów kontaktowych warstwy węgla aktywnego nie utrudniło eksploatacji filtrów podczas uzdatniania i ich płukania. Zastosowanie sekwencyjnego płukania filtrów modelowych powietrzem i wodą pozwoliło znacznie wydłużyć czas trwania cyklu filtracyjnego nawet trzykrotnie bez obniżenia jakości uzdatnionej wody. Wykazano, że proces koagulacji koagulantem PAX XL 19F na filtrach kontaktowych z warstwą węgla aktywnego zapobiegnie powstawaniu nadmiernych ilości chloroformu w sieci dystrybucyjnej.

## Bibliografia

- [1] Kłós, M., Tokarczyk, J. Możliwości modernizacji filtrów kontaktowych w układzie uzdatniania wody powierzchniowej. *Mat. Konf. Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód, Poznań – Zakopane*, 2006, 553-563.
- [2] Raczyk – Stanisławiak, U., Świetlik, J., Nawrocki J. Badania biodegradowalnej materii organicznej w wodzie po biologicznie aktywnych filtrach węglowych w trakcie długotrwałej eksploatacji. *Mat. Konf. Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód, Poznań – Zakopane*, 2006, 725-738.
- [3] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia. (Dz. U. Nr 204, poz. 1728).



- [4] Sawiniak, W., Zimoch, I., Kotlarczyk, B., Nadolska, K., Czechowski, M., Matusiak, M. Badania w skali technicznej przy użyciu różnych koagulantów. *Mat. Konf. Zastosowanie koagulantów w nowoczesnych technologiach uzdatniania wody pitnej i przemysłowej, Darłówek*, 2008, 3-12.
- [5] Zimoch, I., Kotlarczyk, B., Sawiniak, W. Doświadczenia z zastosowania koagulantów płynnych na SUW Czaniec jako narzędzie wytyczające kierunki modernizacji układu technologicznego. *Mat. Konf. Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód, Gniezno*, 2008, 773-782.
- [6] Zimoch, I., Kotlarczyk, B., Sołtysik, A. Doświadczenia z zastosowania koagulantów wstępnie zhydrolizowanych w SUW Czaniec jako narzędzie wytyczające kierunki modernizacji układu technologicznego. *Ochrona Środowiska* 3/2007, (867) 45-50.

