



**Jolanta GUMIŃSKA<sup>1,2</sup>**  
**Marcin KŁOS<sup>1,2</sup>**  
**Paweł MARKOWICZ<sup>2</sup>**

*Instytut Inżynierii Wody i Ścieków<sup>1)</sup>*  
*Politechnika Śląska*  
*ul. Konarskiego 18*  
*44-100 Gliwice*

*Aquaseen Sp. z. o. o.<sup>2)</sup>*  
*Ul. Siennicka 29*  
*04-394 Warszawa*

## **APF W SYSTEMIE KONTROLI PRACY FILTRACJI POSPIESZNEJ I UKŁADÓW KOAGULACJI**

### **APF IN CONTROL OF RAPID FILTRATION AND COAGULATION SYSTEMS**

#### *Streszczenie*

*Ze względu na upowszechnienie się koagulantów wstępnie zhydrolizowanych w procesach uzdatniania wody powierzchniowej, pojawił się problem zapobiegania negatywnym skutkom ich przedawkowania, które objawiają się dużą ilością drobnych cząstek (1-5  $\mu\text{m}$ ). Ze względu na swoje własności cząstki te nie sedymentują w osadnikach i powodują przeciążenie filtrów pospiesznych. Doskonałym narzędziem pozwalającym na kontrolę skuteczności procesu koagulacji i pracy filtrów jest APF (analyzer pracy filtra).*

*Słowa kluczowe: APF, koagulacja, filtracja pospieszna, koagulanty wstępnie zhydrolizowane*

#### *Summary*

*Due to the proliferation of pre-hydrolyzed coagulants in surface water treatment, there is a problem to prevent the adverse effects of their overdosing, which manifest by a large amount of fine particles (1-5 micrometres). Due to their properties, these particles do not sediment in the settling tanks and cause overloading of rapid filters. A very good tool to control the effectiveness of coagulation process and operation of filters is APF (analyser of the filter operation).*

*Keywords: APF, coagulation, rapid filtration, pre-hydrolyzed coagulants*

## 1. Wprowadzenie

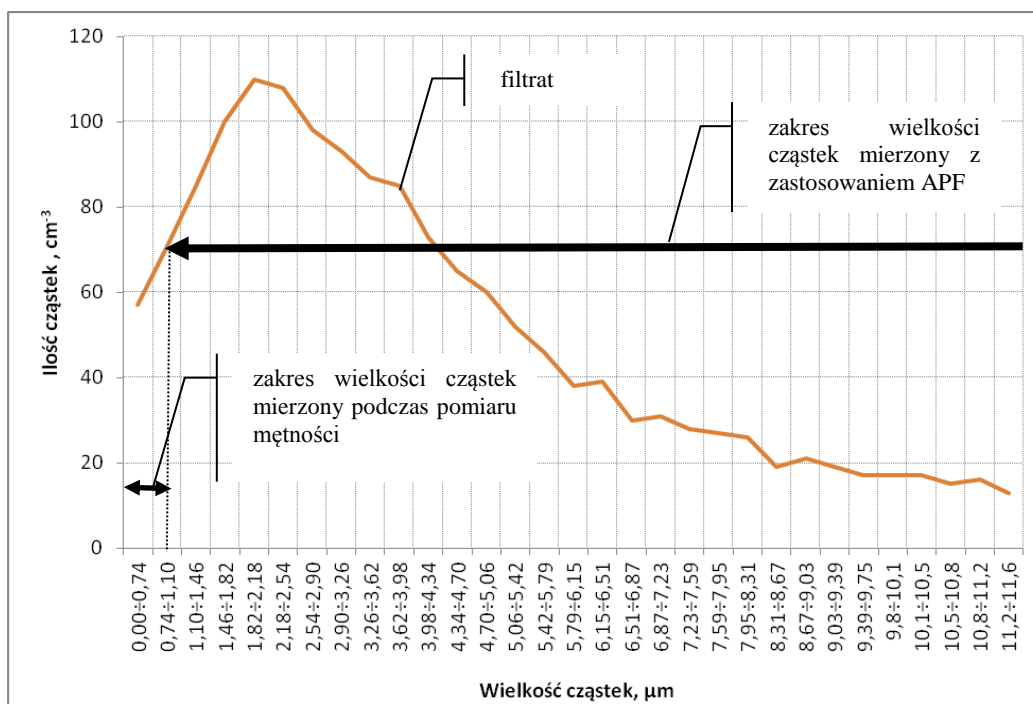
W celu zwiększenia efektywności procesu koagulacji, a tym samym skuteczności całego systemu uzdatniania, w miejsce koagulantów hydrolizujących wprowadzane są koagulanty wstępnie zhydrolizowane. Dotyczy to przede wszystkim stacji ujmujących wody powierzchniowe o małej mętności i zasadowości oraz niskiej temperaturze, dla których stosowanie koagulantu hydrolizującego często nie przynosi pożądanych efektów, a ponadto skutkuje koniecznością wprowadzenia stabilizacji wody. Jednym z podstawowych celów procesu koagulacji tego typu wód jest usuwanie związków organicznych, które mogą stanowić źródło ubocznych produktów utleniania i dezynfekcji metodami chemicznymi. W przypadku, gdy proces koagulacji jest optymalizowany pod kątem minimalizacji zawartości tej grupy związków, oczyszczanie wody prowadzone jest wg mechanizmu koagulacji wymiatającej. Podczas koagulacji wymiatającej, prowadzonej w stanie przesylenia oczyszczanej wody produktami hydrolizy koagulantu może wystąpić zjawisko restabilizacji cząstek koloidów. Oznacza to, że stosowana dawka koagulantu jest zbyt duża w stosunku do ładunku zanieczyszczeń obecnych w uzdatnianej wodzie. W przypadku chlorków poliglinu skutki przedozowania są odmienne w porównaniu do koagulantów hydrolizujących. Związane jest to z formą występowania glinu. W przypadku typowych koagulantów hydrolizujących, takich jak np. siarczan glinu, ich przedozowanie można łatwo zidentyfikować. Objawia się ono wzrostem mętności wody (z uwagi na pojawianie się tzw. koloidów odwrotnych) oraz stężenia glinu (lub żelaza) jonowego, który w prosty sposób można oznaczyć metodami spektrofotometrycznymi. W przypadku koagulantów wstępnie zhydrolizowanych, w których glin występuje w formach polimerowych, przedozowanie koagulantu objawia się zwiększeniem ilości cząstek o małych rozmiarach (ok. 2 do 5  $\mu\text{m}$ ), które mają bardzo negatywny wpływ na następne procesy jednostkowe. Cząstki te z uwagi na swoje rozmiary oraz własności powierzchniowe (nie są elektrycznie obojętne) nie ulegają agregacji i separacji w osadnikach. Przedostają się na filtry pospieszne, powodując ich przeciążenie, co pogarsza zarówno ekonomikę działania tych urządzeń, jak i może zmniejszać ich efektywność technologiczną. Niestety z uwagi na problemy analityczne z oznaczaniem glinu w formie polimerowej oraz niską efektywność oznaczania cząstek z tego zakresu wielkości za pomocą typowych mętnościomierzy (Rys. 1.), w trakcie typowych i rutynowych analiz i oznaczeń analitycznych bardzo trudno jest zidentyfikować pojawiające się problemy i ich przyczyny [1-8].

## 2. Zastosowanie APF do kontroli i sterowania pracą filtrów pospiesznych w układach oczyszczania wód powierzchniowych

W typowych rozwiązaniach układu kontroli i sterowania procesu oczyszczania wody skuteczność pracy filtrów pospiesznych prowadzona jest w oparciu o pomiar mętności. Znaczenie tego wskaźnika w ocenie jakościowej wody jest bardzo duże. Mętność wody po filtrach nie może przekraczać 1 NTU, jednak taki poziom mętności filtratu nie gwarantuje usunięcia z wody form przetrwalnikowych bakterii i pierwotniaków. Dlatego też, dla zwiększenia bezpieczeństwa bakteriologicznego wody zaleca się, aby utrzymywać mętność filtratu na poziomie poniżej 0,1 NTU. Jednak zastosowanie jedynie pomiaru mętności do kontroli efektywności pracy filtra, z uwagi na znaczną selektywność metody nefelometrycznej, nie pozwala w pełni ocenić jakości filtratu uzyskiwanego podczas oczyszczania wód poddawanych koagulacji (Rys. 2.).

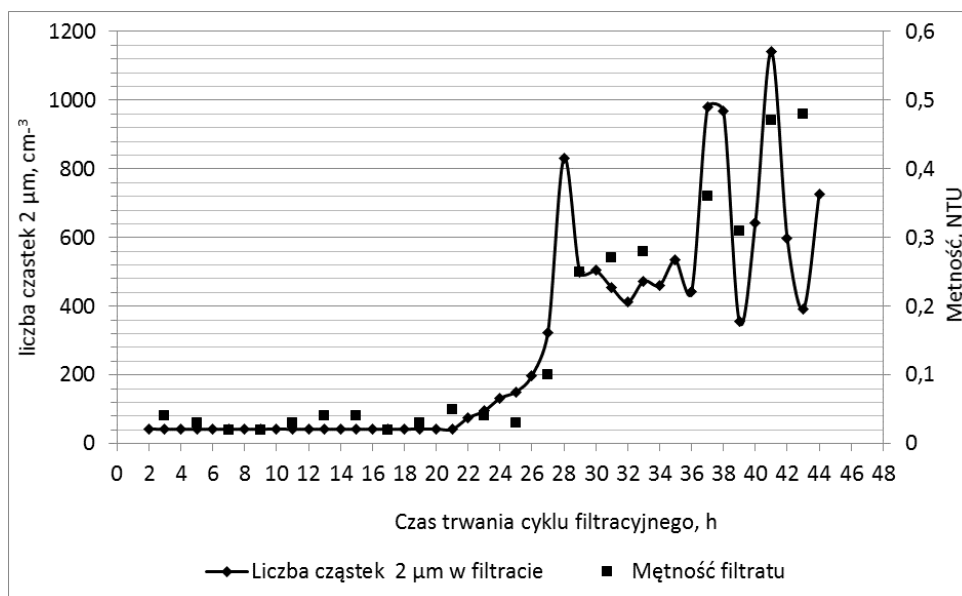
Rys. 1. Zakresy pomiarowe mętnościomierza i APF dla przykładowego rozkładu wielkości cząstek w filtracie

Fig. 1. Measurement ranges of turbidimeter and APF for a selected PSD in filtrate



Rys. 2. Zmiany mętności oraz liczby cząstek w filtracie podczas cyklu filtracyjnego [9]

Fig. 2. Turbidity and particle number changes in filtrate during filtration cycle [9]



Podczas pomiaru mętności analizowane są jedynie cząstki o wielkości rzędu 0,2 μm. W przypadku gdy w filtracie pojawiają się cząstki o większych rozmiarach, pomiar mętności nie wykazuje żadnych zmian. Tym samym nawet znaczące pogorszenie jakości filtratu może pozo-

stać niezauważone podczas standardowej kontroli jakości wody. Potwierdzają to wyniki badań prowadzonych w układzie technicznym dla wybranego cyklu filtracyjnego. Z przebiegu zmian mętności i liczby cząstek przedstawionych na rysunku 2 wynika, że krzywe ilustrujące zmiany mętności i liczby cząstek w filtracji nie pokrywają się. W 21 godzinie cyklu filtracyjnego zaobserwowano wzrost ilości cząstek w filtracji z notowanego do tej pory poziomu ok. 40 sztuk w  $1 \text{ cm}^3$  do ponad  $70 \text{ cm}^{-3}$ . W dalszym ciągu trwania cyklu filtracyjnego liczba cząstek ciągle wzrastała, przekraczając wartość  $150 \text{ cm}^{-3}$  w 24 godzinie pracy filtra. Poziom 150 cząstek w  $1 \text{ cm}^3$  był wartością określona jako maksymalna wartość dopuszczalna, z uwagi na to, że po przekroczeniu tej liczby cząstek w filtracji obserwowano pojawianie się pojedynczych komórek bakterii grupy Coli.

Mętność filtratu aż do 25÷26 godziny cyklu filtracyjnego była poniżej 0,05 NTU. W 27 godzinie pracy filtra osiągnęła wartość 0,1 NTU a następnie rosła już do końca trwania cyklu filtracyjnego, osiągając wartość ok. 0,5 NTU. Oznacza to, że w analizowanym przypadku zwłoka czasowa pomiędzy zmianą jakości filtratu kontrolowana poprzez pomiar cząstek  $2 \mu\text{m}$  a mętności wynosiła ok.  $5 \div 6$  godzin.

### 3. Zalety Analizatora Pracy Filtra

Analizator Pracy Filtra może być wykorzystany w systemach uzdatniania wód powierzchniowych i podziemnych. Zalety wynikające z jego stosowania są następujące:

- analiza zmian liczby cząstek umożliwia wiarygodną kontrolę jakości filtratu,
- odpowiednio zaprojektowane algorytmy sterowania umożliwiają sterowanie pracą filtra w czasie rzeczywistym. Dzięki prowadzonemu w czasie rzeczywistym pomiarowi liczby i wielkości cząstek APF umożliwia kontrolę poszczególnych faz cyklu filtracyjnego, dzięki czemu pozwala na optymalizację i automatyzację procesu płukania filtra oraz odprowadzenia pierwszego filtratu w aspekcie końcowej jakości wody przefiltrowanej,
- analiza zmian liczby cząstek dostarcza informację o konieczności korekty dawki koagulantu. Niedostosowanie dawki koagulantu do zmian jakości wody skutkuje zarówno skróceniem cyklu filtracyjnego oraz nieprawidłową jakością filtratu. W celu prawidłowej oceny pracy filtra istnieje konieczność określenia wielkości cząstek, które muszą podlegać bieżącej kontroli,
- w układach uzdatniania wód podziemnych system APF pozwala na efektywną kontrolę skuteczności procesu napowietrzania w aspekcie strącania i separacji zawiesiny wodorotlenku żelaza i manganu,
- analiza zmian liczby cząstek w wodzie umożliwia uzyskanie informacji o ryzyku skażenia mikrobiologicznego. Ze względu na znacznie większe rozmiary form wegetatywnych i przetrwalnikowych większości bakterii patogennych występujących w wodach powierzchniowych (np. dla *Clostridium perfringens* wynoszą one ok.  $2 - 4 \mu\text{m}$ ), opieranie się na samym pomiarze mętności nie zawsze jest wiarygodne,
- wzrost liczby cząstek o określonych wymiarach w sposób pośredni informuje o wzroście stężenia glinu resztkowego. Wzrost wartości tego parametru może być niezauważalny podczas standardowego pomiaru metodą kolorymetryczną, jeśli glin występuje w połączeniach ze związkami organicznymi,
- zmniejszenie liczby cząstek w filtracji pozwala na zwiększenie skuteczności dezynfekcji z zastosowaniem lamp UV, a tym samym zwiększenie bezpieczeństwa bakteriologicznego wody,

- kontrola jakości filtratu w oparciu o pomiar liczby cząstek umożliwia dostosowanie harmonogramu pracy filtrów do zmieniającej się jakości wody surowej,
- analiza zmian liczby cząstek zwiększa bezpieczeństwo prawidłowej pracy filtra. W okresach przedawkowania koagulantu wstępnie zhydrolizowanego, w przypadku braku kontroli procesu uzdatniania, wzrost stężenia glinu resztkowego w postaci drobnych cząstek powoduje gwałtowne pogorszenie jakości filtratu,
- poprawa jakości filtratu może ograniczać zagrożenie powstawania ubocznych produktów dezynfekcji wody (THM).

## Bibliografia

- [1] Ch. Hu, G. Chen, H. Liu, H. Zhao, J. Qu: Characterization of flocs generated by pre-formed and in situ formed Al13 polymer. *Chemical Engineering Journal*, 2012, 197, 10–15.
- [2] P. Zhang, Z. Wu, G. Zhang, g. Zeng, H. Zhang, J. Li, J. Dong: Coagulation characteristics of polyaluminum chlorides PAC-Al30 on humic acid removal from water. *Separation and Purification Technology*, 2008, 63, (3), 642–647.
- [3] M. Yan, D. Wang, J. Qu, W. He, C. Chow: Relative importance of hydrolyzed Al(III) specie during coagulation with polyaluminum chloride: A case study with the typical micro-polluted source waters. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2007, 316 (2), 482–489.
- [4] D. Wang, W. Sun, Y. Xu, H. Tang, J. Gregory: Speciation stability of inorganic polymer flocculant–PACl. *Colloids and surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 2004, 243 (1–3), 1–10.
- [5] W. Xu, B. Gao, Q. Yue, Q. Wang: Effect of preformed and non-preformed Al13 species on evolution of floc size, strength and fractal nature of humic acid flocs in coagulation process. *Separation and Purification Technology*, 2011, 78 (1), 83–90.
- [6] J. Gumińska: Zastosowanie pomiaru liczby cząstek do analizy mechanizmu i skuteczności procesu koagulacji zanieczyszczeń wody. *Ochrona Środowiska*, 2010, 32 (2), 21–26.
- [7] J. Gumińska, M. Kłós: Analiza konsekwencji przedawkowania koagulantu wstępnie zhydrolizowanego. *Ochrona Środowiska*, 2011, 33 (3), 15–18.
- [8] M. Kłós, J. Gumińska: Zastosowanie sterowania dawką koagulantu w czasie rzeczywistym w celu zwiększenia skuteczności procesu koagulacji. *Ochrona Środowiska* 2011, 33 (4), 71–76.
- [9] M. Kłós: Zastosowanie licznika cząstek do kontroli i sterowania pracą filtrów pospiesznych w układzie oczyszczania wody powierzchniowej. *Ochrona Środowiska*, 2014, 36 (2), 17–20.