

**IZABELA KRUPIŃSKA\*****PRZYDATNOŚĆ CHLORKÓW POLIGLINU  
W OCZYSZCZANIU WÓD PODZIEMNYCH***Streszczenie*

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że skuteczność badanych koagulantów (SAL, PAX XL-60, PAX-16, PAX-18) zwiększa się wraz ze wzrostem ich dawki, temperatury oczyszczanej wody oraz wraz ze zmniejszającą się wartością współczynnika współwystępowania substancji organicznych i żelaza ogólnego w wodzie surowej. Najlepsze efekty oczyszczania wody podziemnej zapewnił chlorek poliglinu PAX XL-60 o największej alkaliczności.

**Słowa kluczowe:** wody podziemne, koagulacja, chlorki poliglinu

**Wprowadzenie**

Proces koagulacji, stosowany przede wszystkim w układach oczyszczania wód powierzchniowych, jest również niezbędny w przypadku oczyszczania wód podziemnych charakteryzujących się zwiększoną zawartością substancji organicznych (najczęściej substancji humusowych), związków żelaza oraz zwiększoną mętnością i intensywnością barwy. Spowodowane to jest obecnością koloidalnych oraz w różnym stopniu rozpuszczalnych w wodzie połączeń żelazoorganicznych [Krupińska 2006; Perchuc 2004; Świdarska-Bróz, Krupińska 2002]. O całkowitej skuteczności procesu koagulacji stanowią: destabilizacja zanieczyszczeń koloidalnych oraz neutralizacja ładunku anionów organicznych przez kationowe produkty hydrolizy koagulantów, wymiana jonowa, kompleksowanie powierzchniowe, adsorpcja na cząsteczkach wodorotlenków metali stosowanych koagulantów i współstrącanie [Huang 1996; Świdarska-Bróz 1992; Tipping 1998]. W zakresie pH = 4-6 dominuje neutralizacja ujemnego ładunku usuwanych zanieczyszczeń, w tym anionów organicznych, a mniejszą rolę odgrywa adsorpcja zanieczyszczeń na wodorotlenkach metali

---

\* Uniwersytet Zielonogórski; Instytut Inżynierii Środowiska; Zakład Technologii Wody, Ścieków i Odpadów

stosowanych koagulantów. Według Jekela [Rak 2001], adsorpcja na  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ma istotne znaczenie przy  $\text{pH} > 7$ , a zdaniem Dempseya i in. [Dempsey 1984; Dempsey 1984; Eikebrokk 1990] przy  $\text{pH} > 6,25$ . Stwierdzono, że znaczenie wartości  $\text{pH}$  jest większe podczas usuwania zanieczyszczeń decydujących o barwie i poziomie zanieczyszczenia organicznego niż o mętności [Kowal, Świdarska-Bróż 2007]. W przypadku koagulantów niezhydrolizowanych wstępnie takich jak np. siarczan glinu warunkiem uzyskania wymaganej ilości dodatnich produktów hydrolizy jest obniżenie wartości  $\text{pH}$ , zwykle poniżej 6, co powoduje niestety intensyfikację korozyjności wody [Rak 2001]. Ten niepożądany skutek można wyeliminować stosując koagulanty glinowe wstępnie zhydrolizowane o zwiększonej zasadowości, w roztworach których obecne są spolimeryzowane produkty wstępnej hydrolizy glinu o dużym ładunku dodatnim, a ich ilość i stabilność w wodzie w zdecydowanie mniejszym stopniu zależą od  $\text{pH}$  oczyszczanej wody [Edzwald 2000; Rak 2001]. Koagulanty wstępnie zhydrolizowane powodują mniejsze zużycie naturalnej zasadowości wody oraz w mniejszym stopniu obniżają jej  $\text{pH}$  niż niezhydrolizowane wstępnie. O zasadowości chlorków poliglinu decyduje iloraz liczby moli  $\text{OH}^-$  do  $\text{Al}^{3+}$  w koagulancie określany jako współczynnik alkaliczności ( $r$ ) i traktowany jako miara stopnia polimeryzacji. Polimer „ $\text{Al}^{13+}$ ” jest najbardziej stabilny i efektywny w destabilizacji koloidów spośród polimerów glinu, a jego ilość zwiększa się wraz ze wzrostem współczynnika  $r$  do wartości 2 [Kowal, Świdarska-Bróż 2007]. Polimeryczna struktura produktów wstępnej hydrolizy powoduje, że chlorki poliglinu wykazują także właściwości aglomerujące, a tym samym poprawiają warunki flokulacji. Koagulanty z grupy PAX–XL zawierają komponenty takie jak np.  $\text{SiO}_2$ , które dodatkowo poprawiają efekty flokulacji [Kowal, Świdarska-Bróż 2007]. W artykule przedstawiono efekty oczyszczania wody podziemnej siarczanem glinu (SAL) oraz trzema koagulantami wstępnie zhydrolizowanym – chlorkami poliglinu (PAX-16, PAX-18, PAX XL-60).

### **Przedmiot, cel i metodyka badań**

Przedmiotem badań była woda podziemna z utworów czwartorzędowych, której oczyszczanie w układzie konwencjonalnym (napowietrzanie, sedymentacja i filtracja) nie zapewniło wystarczającego usunięcia żelaza oraz zmniejszenia barwy i mętności. Zakresy wartości wybranych wskaźników składu fizyczno-chemicznego wody surowej podano w tabeli 1. Badana woda charakteryzowała się zmiennym poziomem zanieczyszczenia, różniła się wartością ilorazów utlenialności do stężenia żelaza ogólnego (A), OWO do  $\text{Fe}_{\text{og}}$  (D), a także temperaturą. Zawierała znaczne stężenia żelaza oraz podwyższone związków organicznych i manganu, a jej mętność i intensywność barwy wskazywały na obecność koloidalnych oraz rozpuszczonych połączeń żelaza ze związkami orga-

nicznymi. W celu utlenienia Fe (II) do Fe (III) próbki wody surowej poddano 15 minutowemu napowietrzeniu uzyskując stopień utlenienia żelaza (II) ok. 90%. Napowietrzanie wody spowodowało wzrost mętności, barwy oraz odczynu wody o jedną jednostkę. Napowietrzanie, sedymentacja oraz filtracja nie zapewniły wymaganego stopnia obniżenia barwy ( $B_k = 25 \text{ mgPt/dm}^3$ ), mętności (24 NTU), stężenia żelaza ogólnego ( $4,0 \text{ mg Fe/dm}^3$ ) i manganu ( $0,80 \text{ mg Mn/dm}^3$ ).

Tab. 1. Wskaźniki fizyczno-chemiczne badanej wody [Krupińska 2006; Śmiałek 2008]

Tab. 1. Physicochemical parameters of the water [Krupińska 2006; Śmiałek 2008]

Wskaźnik	Jednostka	Wartości		
		Min.	Średnia	Max.
Temperatura (T)	°C	8,0	12,5	13
pH	-	7,00	-	7,28
Tlen rozpuszczony	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	0,40	2,0	2,7
Barwa (B)	mg Pt/dm <sup>3</sup>	16	25	41,00
Mętność (M)	NTU	3,0	17	30
Żelazo ogólne (Fe <sub>og</sub> )	mg Fe/dm <sup>3</sup>	2,80	4,20	7,0
Żelazo (II)- Fe(II)	mg Fe/dm <sup>3</sup>	1,20	1,50	2,0
Żelazo (III)-Fe(III)	mg Fe/dm <sup>3</sup>	1,50	3,00	4,60
Mangan (Mn)	mg Mn/dm <sup>3</sup>	0,40	0,80	1,80
Glin (Al)	mg Al/dm <sup>3</sup>	0,09	0,13	0,17
Zasadowość M (Zas.M)	mval/dm <sup>3</sup>	3,00	3,50	4,10
Utlenialność (Utl.)	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	2,70	4,80	7,00
Ogólny Węgiel Organiczny (OWO)	mg C/dm <sup>3</sup>	4,000	4,726	7,200
Utlenialność/ Żelazo ogólne (A)	-	0,640	1,197	2,583
Ogólny Węgiel Organiczny /Żelazo ogólne (D)	-	0620	1,184	1,754

W związku z tym do układu technologicznego oczyszczania wody włączono proces koagulacji. Celem badań było określenie skuteczności usuwania zanieczyszczeń z wody podziemnej (po 15 min. napowietrzeniu) w procesie koagulacji objętościowej siarczanem glinu lub chlorkami poliglinu, po której próbki poddawano sedymentacji przez 1 godzinę i filtracji przez miękki sączek. Koagulację prowadzono w próbkach wody o objętości 1 dm<sup>3</sup>, stosując szybkie mieszanie z intensywnością 250 obr/min przez 1 minutę i wolne mieszanie z intensywnością 30 obr/min przez 25 minut.

Jako koagulanty stosowano: siarczan glinu (SAL) oraz chlorki poliglinu o nazwach handlowych PAX-16, PAX-18 i PAX XL-60, a ich dawki wyrażono w mg Al/dm<sup>3</sup> i zmieniano w zakresie od 1 do 6 mg Al/dm<sup>3</sup>. W tabeli 2 przedstawiono charakterystykę testowanych koagulantów glinowych.

*Tab. 2. Charakterystyka testowanych koagulantów glinowych [Informacje katalogowe Kemipol Spółka z o.o.]*

*Tab. 2. Properties of the aluminum coagulants tested [Kemipol Spółka z o.o.]*

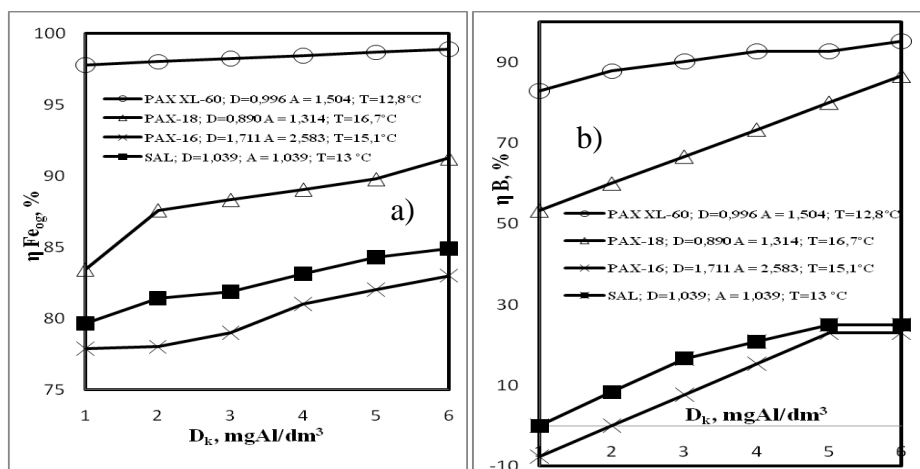
Wskaźnik, jednostka	PAX XL-60	PAX-18	PAX-16	Siarczan glinu
Zasadowość, %	70±10	41±3	8,2±0,2	0
pH	1,5	1	poniżej 1	2,4
Zawartość Al <sup>3+</sup> , %	7,5±0,3	9,0±0,3	8,2±0,2	4,2±0,2
Zawartość Cl <sup>-</sup> , %	17,0±2,0	21±2,0	19±2,0%	-
Zawartość SiO <sub>2</sub> , %	0,5	-	-	-
Współczynnik alkaliczności (r)	2,10	1,23	0,25	-

W artykule jako miarę skuteczności oczyszczania wody ( $\eta$ ) przyjęto iloraz zmniejszenia wartości badanych wskaźników jakości wody do ich zmniejszenia wymaganego dla osiągnięcia wartości dopuszczalnych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi wyrażony w procentach [Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007].

Jako zmniejszenie wartości wskaźnika traktowano efekt oczyszczania uzyskany w wyniku napowietrzania, koagulacji i sedymentacji zawiesin pokoagulacyjnych.

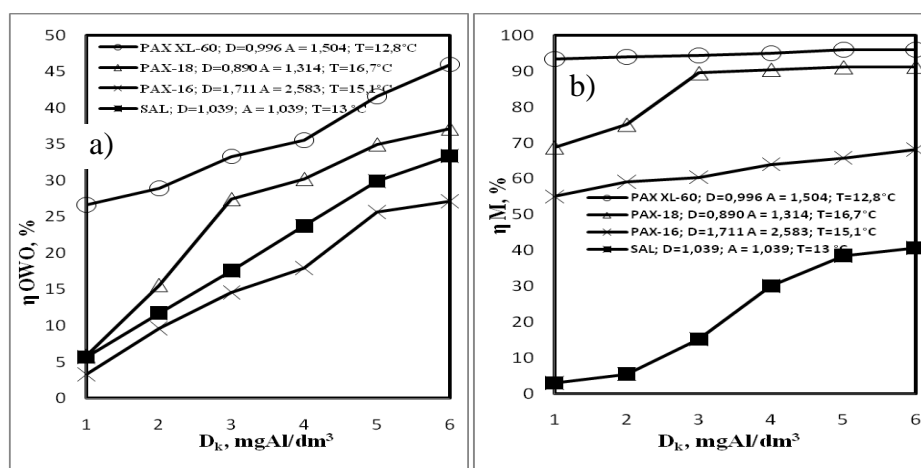
### **Wpływ rodzaju i dawki koagulantu na skuteczność usuwania zanieczyszczeń**

Bez względu na skład fizyczno-chemiczny oczyszczanej wody skuteczność usuwania zanieczyszczeń (z wyjątkiem manganu) zwiększała się wraz ze wzrostem dawek testowanych koagulantów. Efekty badań przedstawione na rysunkach 1 i 2 wykazały również, że skuteczność badanych koagulantów zmniejszała się wraz ze wzrostem ilorazu stężeń substancji organicznych i żelaza ogólnego (A, D).



Rys.1. Wpływ rodzaju i dawki koagulantu na skuteczność usuwania żelaza (a) oraz obniżenia barwy (b) [Krupińska 2006; Śmiałek 2008]

Fig.1. Effect of the type and dose coagulant on the removal efficiency of iron (a) and colour (b) [Krupińska 2006; Śmiałek 2008]



Rys. 2. Wpływ rodzaju i dawki koagulantu na skuteczność usuwania OWO (a) oraz obniżenia mętności (b) [Krupińska 2006; Śmiałek 2008]

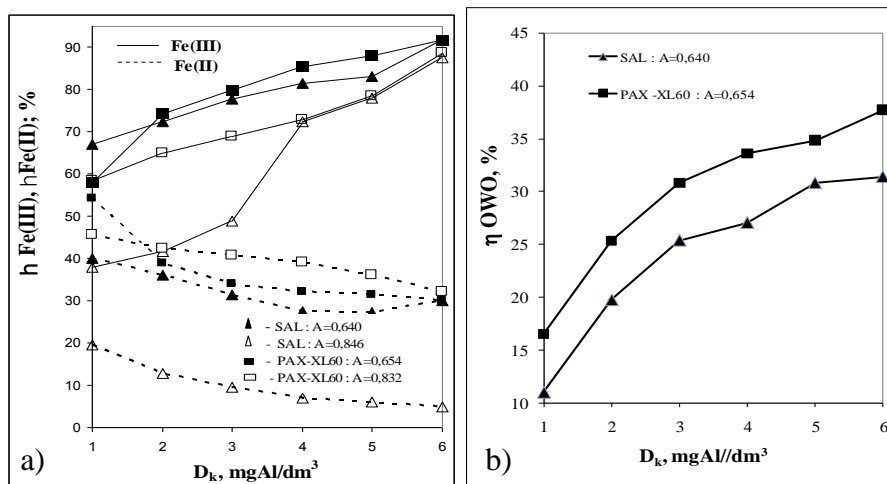
Fig. 2. Effect of the type and dose coagulant on the removal efficiency of TOC (a) and turbidity (b) [Krupińska 2006; Śmiałek 2008]

Najniższą efektywność w usuwaniu zanieczyszczeń uzyskano dla koagulantu PAX-16 stosowanego do oczyszczania wody charakteryzującej się dwukrotnie wyższą wartością współczynnika współwystępowania substancji organicznych i żelaza ogólnego ( $A=2,583$ ,  $D=1,711$ ) niż w przypadku wód oczyszczanych

pozostałymi testowanymi koagulantami. Stwierdzona prawidłowość potwierdza doniesienia literaturowe [Krupińska 2006], że wraz ze wzrostem ilości ligandów organicznych w wodzie surowej zwiększała się trwałość połączeń żelazoorganicznych oraz udział rozpuszczonych barwnych kompleksów żelazoorganicznych, trudnych do usunięcia w procesie koagulacji. Przy porównywalnych wartościach współczynników współwystępowania substancji organicznych i żelaza ogólnego (A, D) w wodzie surowej skuteczność usuwania zanieczyszczeń w przypadku pozostałych testowanych chlorków poliglinu (PAX XL-60 i PAX-18) zwiększała się wraz ze wzrostem wartości ich współczynnika alkalicznego ( $r$ ), traktowanego jako miara stopnia polimeryzacji, decydującego o ilości polikationów glinu o dużym dodatnim ładunku. Najmniej skutecznym koagulantem okazał się niezhydrolizowany wstępnie siarczan glinu. Skuteczność testowanych koagulantów w oczyszczaniu wody podziemnej o zbliżonych wartościach współczynników współwystępowania związków organicznych i żelaza ogólnego (A, D) zmniejszała się zgodnie z szeregiem:

$$\text{PAX XL-60 } (r=2,10) > \text{PAX-18 } (r=1,23) > \text{SAL } (r=0)$$

Niezależnie od rodzaju koagulantu glinowego, zwiększenie jego dawki powodowało obniżenie pH wody, co tym samym skutkowało zmniejszeniem skuteczności usuwania Fe(II). Odwrotny wpływ wzrostu dawki koagulantów oraz stężenia jonów  $\text{H}^+$  stwierdzono na stopień usuwania żelaza (III) oraz zanieczyszczeń organicznych, co przykładowo dla siarczanu glinu i PAX XL-60 przedstawiono na rysunkach 3a i 3b.



Rys. 3. Wpływ rodzaju i dawki koagulantu na skuteczność usuwania Fe(II) i Fe(III) (a) oraz obniżenia OWO (b) [Krupińska, Świdowska-Bróz 2008]

Fig. 3. Effect of the type and dose coagulant on the removal efficiency of Fe(II) and Fe(III) (a) and colour (b) removal

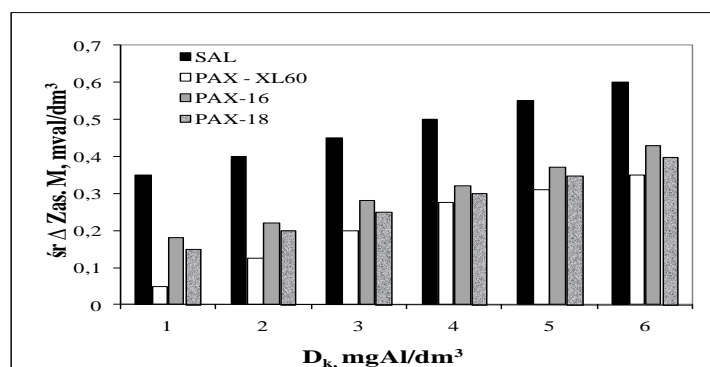
Porównanie dawek SAL i chlorków poliglinu stosowanych do oczyszczania tej samej wody surowej zapewniających porównywalny, ale niewystarczający, stopień zmniejszenia stężenia żelaza ogólnego (60%), OWO (22%), mętności (86%), barwy (87%) i utlenialności (30%) przedstawione w tabeli 3, jednoznacznie wskazuje na największą skuteczność koagulantu wstępnie zhydrolizowanego PAX XL-60.

*Tab. 3. Wymagane dawki koagulantów ( $D_{kw}$ ) zapewniające porównywalny stopień zmniejszenia stężenia żelaza ogólnego i substancji organicznych oraz zanieczyszczeń powodujących barwę i mętność [Krupińska 2006; Śmiałek 2008]*

*Tab. 3. Required doses of the coagulants ( $D_{kw}$ ) the assuring comparable degree of the diminution of the concentration of iron and organic matters and pollutions causing the colour and turbidity [Krupińska 2006; Śmiałek 2008]*

Rodzaj koagulantu	$D_{kw}$ , mgAl/dm <sup>3</sup> z uwagi na:				
	Fe <sub>og</sub>	B	M	Utl.	OWO
SAL	5	5	5	4	4
PAX-16	4	4	3	3	3
PAX-18	3	3	3	3	3
PAX XL-60	2	2	2	2	2

Chlorki poliglinu powodowały również znacznie mniejsze zakwaszenie wody i zmniejszenie zasadowości niż siarczany glinu, co jest istotne w aspekcie stabilności chemicznej wody. Różnice w średnim zmniejszeniu zasadowości ogólnej wody (śr.  $\Delta$  Zas. M) obrazuje rysunek 4.



*Rys. 4. Wpływ rodzaju i dawki koagulantu na średnie zużycie zasadowości ogólnej oczyszczanej wody [Krupińska 2006, Śmiałek 2008]*

*Fig. 4. Effect of the type and dose coagulant on general alkalinity the water treated [Krupińska 2006, Śmiałek 2008]*



Koagulacja oraz dodatkowa filtracja były nieskuteczne w usuwaniu manganu, którego stężenie w wodzie oczyszczonej zwiększało się wraz z dawką koagulantów. Największe stężenie manganu pozostałego stwierdzono w wodzie oczyszczanej siarczanem glinu, który powodował największe zakwaszenie wody. W badaniach określono również stężenie glinu pozostałego w wodzie po koagulacji i sedymentacji oraz dodatkowej filtracji. Stwierdzono, że i w tym aspekcie bardziej przydatne były chlorki poliglinu. Stężenia glinu w wodzie po koagulacji koagulantami wstępnie zhydrolizowanymi i sedymentacji były około dwukrotnie mniejsze niż w wodzie oczyszczanej siarczanem glinu. Filtracja przez bibułę filtracyjną zapewniła dalszą eliminację zawiesin pokoagulacyjnych i zmniejszenie stężenia glinu pozostałego, żelaza ogólnego, manganu i mętności. Znaczenie filtracji było najmniejsze po zastosowaniu koagulantu o największej wartości współczynnika alkaliczności tj. PAX XL-60, natomiast największe dla najmniej skutecznego siarczanu glinu, co obrazują zależności przedstawione w tabeli 4.

*Tab. 4. Wpływ rodzaju koagulantu ( $D_K=4 \text{ mg Al/dm}^3$ ) na skuteczność filtracji w usuwaniu żelaza ogólnego, mętności, manganu oraz glinu pozostałego [Krupińska 2006, Śmiałek 2008]*

*Tab. 4. Relation among the type coagulant and the removal efficiency of the iron and turbidity and manganese and aluminium in the filtration [Krupińska 2006, Śmiałek 2008]*

Rodzaj koagulantu	$\Delta\eta, \%$			
	Fe <sub>og</sub>	Mn	M	Al
PAX XL-60	5,0	2,0	5,0	15
PAX-18	8,0	3,0	10	20
PAX-16	10	4,0	13	22
SAL	15	10,0	20	35

### **Wpływ temperatury na skuteczność procesu koagulacji**

Temperatura jest ważnym parametrem technologicznym procesu koagulacji. Na podstawie różnych doniesień literaturowych [Rak 2001; Krupińska 2006; Kowal, Świdorska-Bróz 2007] przypuszcza się, że zmniejszenie sprawności koagulacji w niskich temperaturach, może być spowodowane wpływem zmniejszenia szybkości reakcji hydrolizy i strącania wodorotlenków kationów stosowanych koagulantów, wzrostu lepkości wody, który zmniejsza prędkość sedymentacji kłaczków, a także może powodować wzrost stabilności usuwanych koloidów. W celu weryfikacji wpływu temperatury na efektywność procesu koagulacji siarczanem glinu i chlorkami poliglinu (PAX-18 i PAX XL-60) wykonano serię badań dla wód o takiej samej wartości współczynnika  $D = 1,22$



w dwóch temperaturach: 15°C i 25°C. Wyniki badań przedstawione w tabeli 5 wykazały, że niezależnie od rodzaju testowanego koagulantu większą skuteczność usuwania związków żelaza, substancji organicznych oraz zmniejszenia barwy i mętności uzyskano podczas oczyszczania wody o wyższej temperaturze (25°C).

Tab. 5. Wpływ temperatury i rodzaju koagulantu ( $D_K=3 \text{ mg Al/dm}^3$ ) na skuteczność usuwania zanieczyszczeń ( $\eta$ , %) [Krupińska 2006, Śmiałek 2008]

Tab. 5. Relation among the type coagulant and the removal efficiency of the pollutants ( $\eta$ , %) [Krupińska 2006, Śmiałek 2008]

Rodzaj koagulantu	Temperatura wody; °C							
	15				25			
	$\eta$ , %							
	Fe <sub>og</sub>	B	M	OWO	Fe <sub>og</sub>	B	M	OWO
PAX XL-60	90	75	90	20	97	90	97	25
PAX-18	78	60	75	12	90	88	90	21
SAL	50	45	52	10	70	82	83	20

Podobnie jak we wcześniej omówionych seriach badań w których określono wpływ dawki i rodzaju koagulantu na efektywność usuwania zanieczyszczeń z wody podziemnej, koagulant PAX XL-60 był najskuteczniejszy w usuwaniu zanieczyszczeń. Wpływ temperatury oczyszczanej wody na różnicę w efektywności koagulantów był największy w przypadku zastosowania niezhydrolizowanego wstępnie siarczanu glinu. Potwierdza to doniesienia literaturowe, że koagulanty wstępnie zhydrolizowane są mniej wrażliwe na ujemny wpływ niskiej temperatury oczyszczanej wody [Kowal, Świdorska-Bróz 2007, Rak 2001].

## Wnioski

Analiza wyników badań wykazała, że:

- Skuteczność badanych koagulantów zwiększała się wraz ze wzrostem ich dawki, temperatury oczyszczanej wody oraz wraz ze zmniejszającą się wartością współczynników współwystępowania substancji organicznych i żelaza ogólnego (A, D) w oczyszczanej wodzie.
- Najlepsze efekty usuwania związków żelaza oraz zanieczyszczeń organicznych, a także związków powodujących barwę i mętność zapewnił koagulant wstępnie zhydrolizowany PAX XL-60.
- Wstępnie zhydrolizowany koagulant glinowy PAX XL-60 był najskuteczniejszy w usuwaniu zanieczyszczeń spośród testowanych koagulantów ze względu na największą ilość polimerycznych kompleksów glinu o dużym

- dotatnim ładunku, skutecznie destabilizujących zanieczyszczenia koloidalne, a także na zawartość krzemionki poprawiającej przebieg flokulacji.
- Zaletą chlorków poliglinu było również mniejsze zakwaszenie oczyszczonej wody oraz mniejsze zużycie zasadowości, co jest istotne w aspekcie usuwania manganu oraz stabilności chemicznej wody.

### Literatura

1. DEMPSEY B.A. GANHA R.M., O'MELIA CH. R.: *The coagulation of humic substances by means of aluminum salts*, JAWWA, 1984/4, s.141
2. DEMPSEY B.A., SHEU H., TANZEER AHMED T.M., MENTINK J.: *Polyaluminum chloride and alum coagulation of clay-fulvic acid suspensions*, JAWWA, 1985/3, s.74
3. EDZWALD D.K., PERNITSKY D.J., PARMENTER W.L.: *Polyaluminum coagulants for drinking water treatment, chemistry and selection*, Chemical Water and Wastewater Treatment VI, Springer-Verlag 2000, s. 3
4. EIKEBROKK B., FETTIG J.: *Treatment of coloured surface water by coagulation. Direct filtration: effect of water quality, type of coagulant and filter aids*, Chemical Water and Wastewater Treatment, Springer-Verlag 1990, s. 361
5. HUANG C., SHIU H.: *Interactions between alum and organics in coagulation*, Colloids and Surface, 1996/ 113 s. 155
6. INFORMACJA KATALOGOWA Kemipol Spółka z o.o.(koagulant PAX XL-60)
7. INFORMACJA KATALOGOWA Kemipol Spółka z o.o.(koagulant PAX - 16)
8. INFORMACJA KATALOGOWA Kemipol Spółka z o.o.(koagulant PAX - 118)
9. INFORMACJA KATALOGOWA Kemipol Spółka z o.o.(siarczan glinu)
10. KOWAL A. L., ŚWIDERSKA-BRÓŹ M., *Oczyszczanie wody*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa-Wrocław 1997
11. KRUPIŃSKA I.: *Przydatność koagulacji w oczyszczaniu wody podziemnej ze szczególnym uwzględnieniem usuwania związków żelaza*, Rozprawa doktorska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006
12. KRUPIŃSKA I., ŚWIDERSKA-BRÓŹ M.: *Skuteczność koagulacji siarczanem glinu lub chlorkiem poliglinu w oczyszczaniu wody podziemnej*, GWITS, 2008/10, s. 13
13. ŚMIAŁEK M.: *Zastosowanie wstępnie zhydrolizowanych koagulantów glinowych w oczyszczaniu wód podziemnych*, praca magisterska, promotor Izabela Krupińska, Uniwersytet Zielonogórski 2008

14. PERCHUĆ M.: *Współdział żelaza i kwasów humusowych w kształtowaniu sposobu uzdatniania barwnych wód podziemnych*, Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004
15. RAK M.: *Wpływ alkaliczności koagulantów glinowych na ich skuteczność oraz agresywność kwasowęglową wody po koagulacji*, Rozprawa doktorska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001
16. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U.nr 61 , poz.417
17. ŚWIDERSKA-BRÓŹ M., Krupińska I.: *Skuteczność procesu koagulacji w usuwaniu związków żelaza z wód podziemnych*. Ochrona Środowiska, 2002/3(86), s. 9
18. ŚWIDERSKA-BRÓŹ M.: *Interakcja kwasów humusowych z kationami koagulantów oraz wybranymi metalami ciężkimi*, Archiwum Ochrony Środowiska, 1992/1, s.181

## SUITABILITY OF POLYALUMINIUM CHLORIDES FOR TREATMENT OF GROUNDWATERS

### *S u m m a r y*

*The results of conducted investigation shown that the effectiveness of studied coagulants (SAL, PAX XL-60, PAX-16, PAX-18) grown together with growth their dose, temperature of treatment water as well as together with getting smaller value of co-occur coefficient of organic substances and general iron in raw water. The best effects of groundwater treatment assured polyaluminium chloride about the highest value of alkalinity coefficient.*

**Key words:** groundwaters, coagulation, polyaluminium chlorides