



mgr inż. Iwona Wiewiórska
mgr inż. Dmytro Levytskyi-Pyrozhenko

Sądeckie Wodociągi Sp. z o.o.
P.P.H.U. Węglo-Stal Sp. z o.o.

DOŚWIADCZENIA W ZASTOSOWANIU KOAGULAN- TÓW GLINOWYCH W ZAKŁADZIE UZDATNIANIA WODY W STARYM SĄCZU

EXPERIENCE OF APPLICATION OF PAC COAGULANTS AT WTP IN STARY SĄCZ

Streszczenie

Artykuł opisuje technologie uzdatniania wody górskiej na SUW w Starym Sączu, podkreślając jej zmienność. Opisuje proces doboru koagulantów dla poszczególnych procesów koagulacji bazując na danych użytkownika szeregu koagulantów glinowych.

Summary

This article describes the treatment process of mountain spring water at WTP in Stary Sącz and emphasizes its variability. It illustrates the process of coagulant selection for particular stages of coagulation. The data provided by WTP shows the results achieved after application of different types of PAC coagulants.

1. Wstęp

Rzeki górskie na terenie Polski narażone są na stały dopływ zanieczyszczeń i szybką zmianę parametrów fizyczno-chemicznych takich jak zawiesina, mętność i barwa wody. Konieczność poprawy jakości wody do spożycia, wynikającej z zaostrzających się przepisów prawnych unijnych i krajowych powodują, że przedsiębiorstwa wodociągowe poszukują rozwiązań, dających gwarancję bezpieczeństwa jakościowego i ilościowego wody, przy równoczesnej optymalizacji kosztów. Dlatego też aby woda przeznaczona do spożycia przez ludzi spełniała wymagania Rozporządzenia Ministra Zdrowia [1], musi być poddawana odpowiednim procesom uzdatniania.

Jednym ze sposobów usuwania zanieczyszczeń z wody zastosowanym w Zakładzie Uzdatniania Wody w Starym Sączu jest proces koagulacji. Koagulacja w przeciągu całej historii rozwoju metodyki uzdatniania wody odgrywa główną rolę w redukcji podstawowych parametrów zanieczyszczeń. Ważnym aspektem technologicznym procesu jest odpowiedni dobór koagulantu. Dlatego na skalę laboratoryjną i procesową prowadzone są badania zależności pomiędzy składem chemicznym ujmowanej wody a rodzajem oraz dawką koagulantu, która dla każdego ujęcia jest unikatowa.

2. Cel i zakres pracy

Celem artykułu jest zaprezentowanie procesu doboru punktów dozowania, rodzajów koagulantów i ich dawek dla ZUW w Starym Sączu oraz zaprezentowanie zaawansowanych rozwiązań technologicznych uzdatniania rzek górskich.

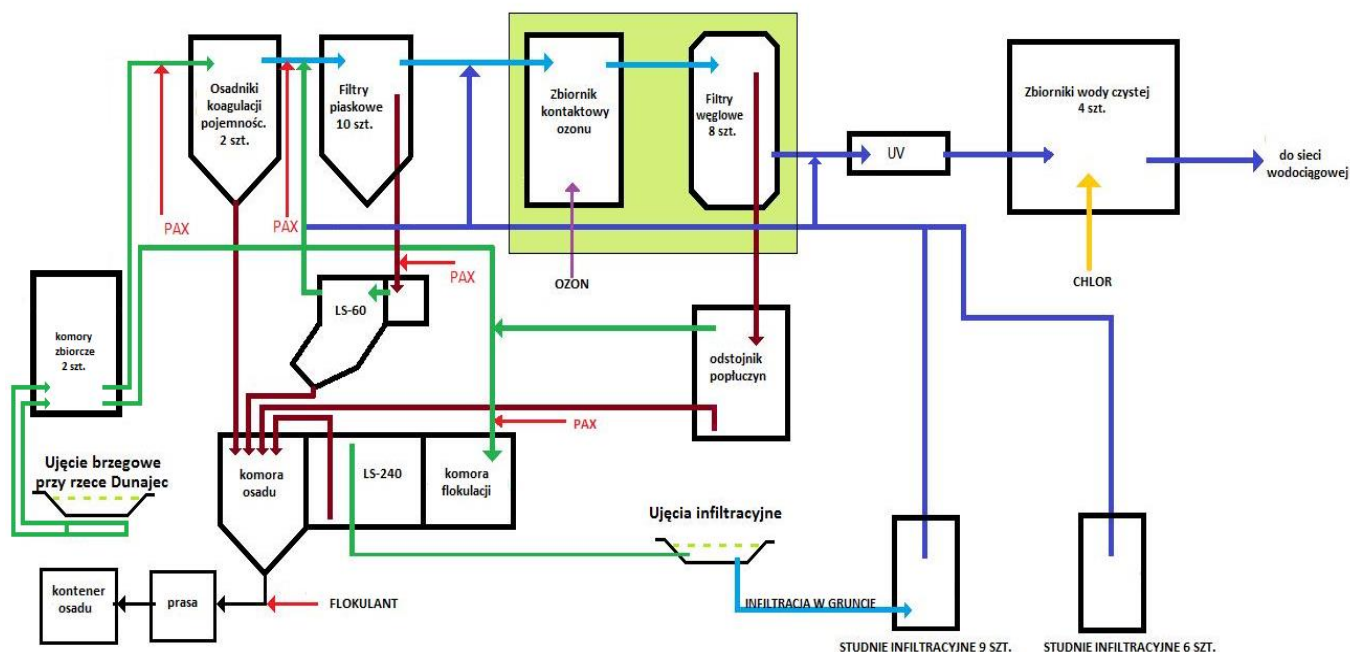
3. Charakterystyka procesu uzdatniania wody

Zakład Uzdatniania Wody w Starym Sączu zaopatruje w wodę ludność aglomeracji Nowego i Starego Sącza. Maksymalna wydajność stacji to 14 000 m³/dobę. Woda na potrzeby stacji pobierana jest z rzeki Dunajec i studni infiltracyjnych.

Za pomocą ujęcia dennego infiltracyjnego woda powierzchniowa z rzeki doprowadzana jest do dwóch komór zbiorczych. Skąd jej część (maksymalnie 190m³/h) trafia do pierwszego ciągu technologicznego infiltracji w gruncie złożonego z trzech zespołów basenów infiltracyjnych i 15 szt. studni infiltracyjnych. Pozostała część wody (max 500 m³/h) poddawana jest najpierw koagulacji objętościowej w dwóch osadnikach pionowych z sedymentacją na płytach Lamella o czasie zatrzymania 1-3 godzin. Koagulacja objętościowa pozwala w znacznym stopniu zredukować wartości mętności przed następnym stopniem filtracji, czyli koagulacją kontaktową na dziesięciu filtrach pośpiesznych ze złożem piaskowo-antracytowym (czas kontaktu 20-40 minut). W trakcie pracy filtrów powstają wody popłuczne, które oczyszczane są na separatorze Lamella i zawracane z powrotem do układu technologicznego. Po oczyszczeniu na filtrach piaskowych, woda poddawana jest procesowi ozonowania, filtracji w ośmiu filtrach ciśnieniowych ze złożem z węgla aktywnego, dezynfekcji lampami UV i chlorem gazowym.

Rys 1. Schemat technologiczny Zakładu Uzdatniania Wody w Starym Sączu.

Fig 1. A flow diagram of WTP in Stary Sącz.



3. Zmienność jakości wody surowej kierowanej do zakładu uzdatniania

Wody rzeki Dunajec charakteryzują się dużą zmiennością parametrów fizyczno-chemicznych oraz bakteriologicznych. Skład fizyczno-chemiczny rzeki kształtują głównie warunki atmosferyczne oraz spływy powierzchniowe potoków górskich oraz rzek. Nagle, krótkotrwale podwyższone wartości parametrów: mętności, barwy, pH, absorbancji przy długości fali 254 nm, obserwować można w porze wiosenno-letniej, w trakcie roztopów, w okresie burz i nagłych wezbrań potoków.

O zanieczyszczeniu bakteriologicznym wód Dunajca decyduje liczba bakterii grupy *coli* oraz *coli typu fekalnego*. Zanieczyszczenia te dostają się do rzeki wraz ze ściekami bytowo-gospodarczymi. Parametry graniczne oraz średnie wody w poszczególnych etapach procesu uzdatniania przedstawiono w tabelach 2-4.

4. Zastosowane koagulanty

W Zakładzie Uzdatniania Wody aż do roku 2002 do koagulacji stosowano siarczan glinu w postaci stałej, którego dozowanie stwarzało problemy natury eksploatacyjnej (utrudnione przygotowanie roztworu) jak i technologicznej (dostateczny efekt uzdatniania wody obserwowany w okresach wyższych temperatur).

Od roku 2003 do 2009, proces koagulacji prowadzono za pomocą koagulantu PAX XL 3.

W 2010 roku, po bardzo suchym lecie koagulant PAX XL 3 zastąpiono koagulantem PAX XL 19F. Ostatecznie od 2012 roku, po kilku powodziach, wiosennych falach roztopowych, gwałtownych burzach, latach suchych i bardzo mokrych, Sąddeckie Wodociągi wypracowały system dawkowania dwóch koagulantów: PAX XL 19F i PAX XL 10.

Tabela 1. Charakterystyka fizyczno-chemiczna zastosowanych koagulantów.

Table 1. Basic physical and chemical parameters of PAC coagulants used in the process.

Koagulant	Al [%]	Cl [%]	Zasadowość [%]	pH	gęstość [kg/m ³]	Inne
PAX-XL3	5,3 ± 0,3	13,0 ± 2,0	70 ± 5	2,5 ± 0,5	1210 ± 40	zawiera Na ⁺
PAX-XL10	5,0 ± 0,2	11,5 ± 1,0	70 ± 10	2,5 ± 0,5	1220 ± 20	zawiera Na i SO ₄
PAX-19 F	8,5 ± 0,3	5,5 ± 0,5	85 ± 5	4,0 ± 0,5	1220 ± 20	Al/Cl ≥ 1,7

5. Materiały oraz metodyka badań

Ocenę skuteczności koagulantów oparto na badaniach wody wykonywanych przez laboratorium Sąddeckich Wodociągów oraz laboratorium technologiczne. Badania prowadzono zgodnie z obowiązującymi w poszczególnych latach Rozporządzeniami i Normami. Obecnie badania wykonywane są zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w Sprawie Jakości Wody Przeznaczonej Do Spożycia Przez Ludzi.

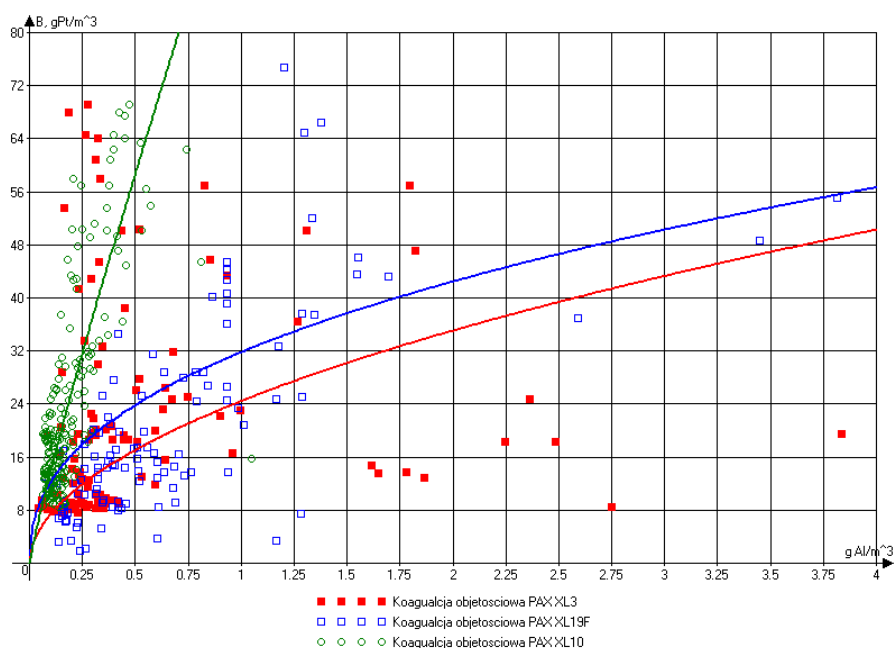
Analizowane próbki wody pobierane były na przełomie kilku lat. Biorąc pod uwagę cel pracy, próbki wody do badań jakościowych, pobierano na różnych etapach procesu uzdatniania tj. z rzeki Dunajec, po osadnikach pionowych i po filtrach piaskowych. Parametry analizowane to: temperatura, barwa, mętność, pH, Abs₂₅₄, glin. Dane statystyczne z przekroju kilku lat ciągłej pracy ZUW z różnymi rodzajami koagulantów przedstawiono na rycinach poniżej w postaci chmury wyników stanów pracy ZUW przy użyciu poszczególnych koagulantów. Przedstawiono także krzywe empiryczne dla ZUW Stary Sącz, otrzymane po obróbce statystycznej zbioru.

6. Wyniki badań i ich dyskusja

Wszystkie przedstawione w publikacji testy i badania wykonywane były na skalę procesową, z zachowaniem normy dotyczącej jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi i ciągłości jej dostawy. Dawkę koagulantu przy poszczególnych parametrach wody ujmowanej podano w gramach metalu aktywnego na jednostkę objętości wody ujmowanej. Wykresy poniżej przedstawiają dane empiryczne niezbędnej dawki poszczególnych koagulantów oraz uzyskane krzywe empiryczne.

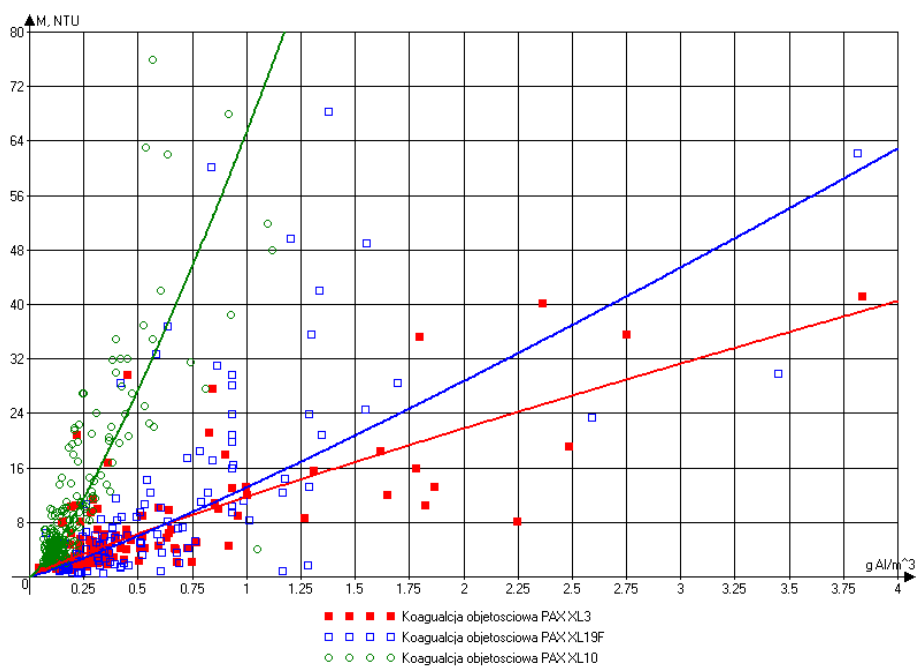
Rys 2. Wymagana dawka koagulantu do koagulacji objętościowej w zależności od barwy ujmowanej wody.

Fig 2. Necessary doses of particular coagulants for direct coagulation in relation to the colour of raw water.



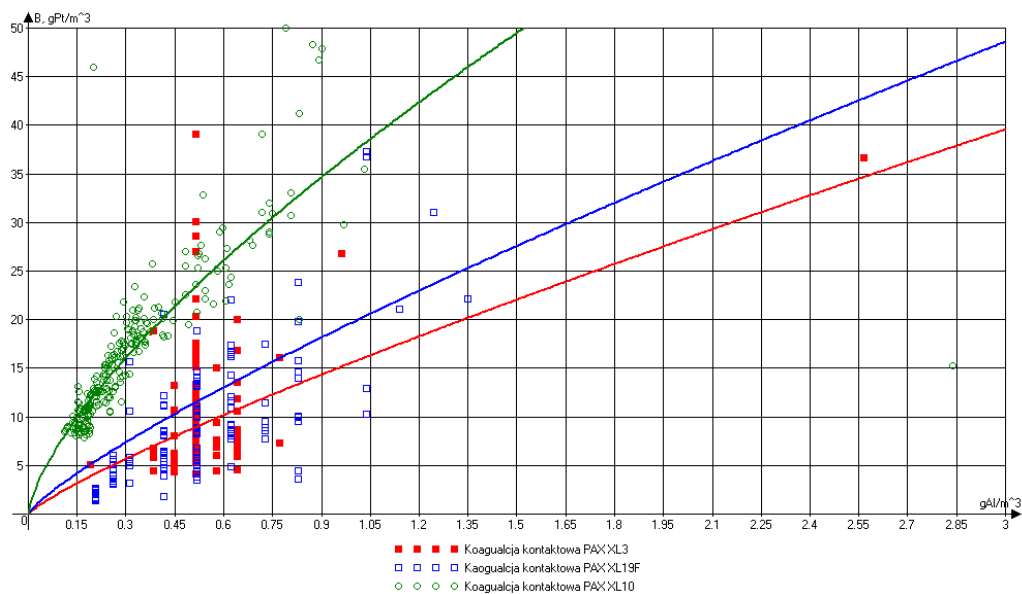
Rys 3. Wymagana dawka koagulantu do koagulacji objętościowej w zależności od mętności ujmowanej wody.

Fig 3. Necessary doses of particular coagulants for direct coagulation in relation to turbidity of raw water.



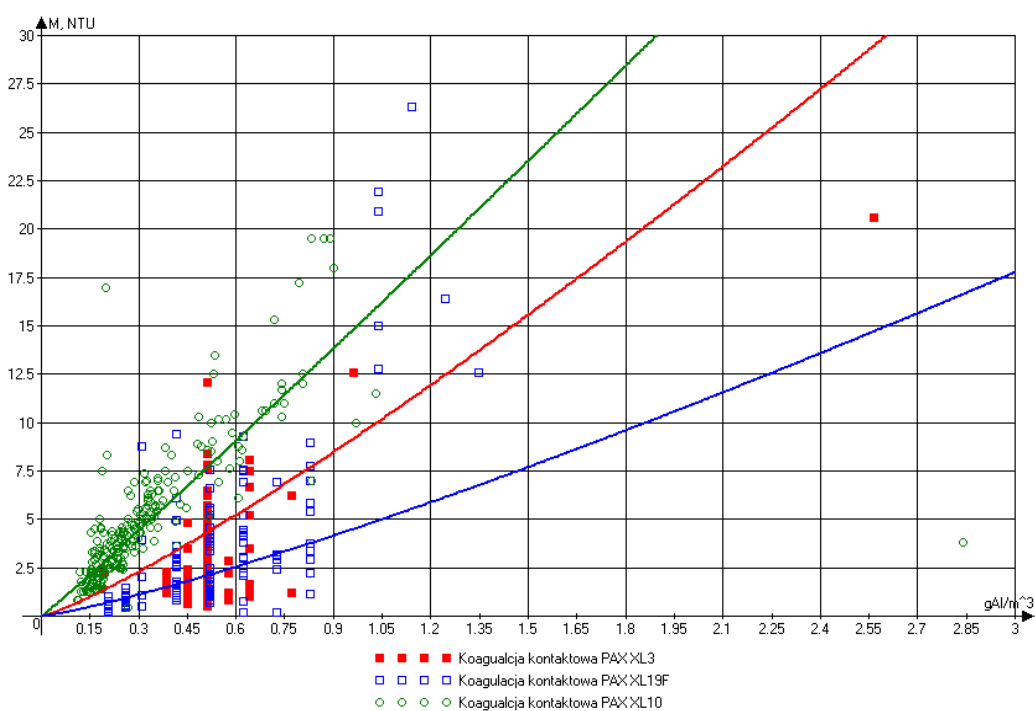
Rys 4. Wymagana dawka koagulantu do koagulacji kontaktowej na filtrach pospiesznych w zależności od barwy ujmowanej wody.

Fig 4. Necessary doses of particular coagulants for coagulation during sand filtration in relation to the colour of raw water.



Rys 5. Wymagana dawka koagulantu do koagulacji kontaktowej na filtrach pospiesznych w zależności od mętności ujmowanej wody.

Fig 5. Necessary doses of particular coagulants for coagulation during sand filtration in relation to turbidity of raw water.



Jednym z najważniejszych wskaźników bieżącej kontroli skuteczności koagulacji jest mętność wody na poszczególnych etapach jej uzdatniania. Najlepsze efekty redukcji mętności na osadnikach pionowych i filtrach piaskowych osiągnięto przy użyciu koagulantu PAX XL10 (32% - średnia redukcja po osadnikach i 94,7% po filtrach piaskowych). Ważnym parametrem analizowanym w przypadku koagulacji jest temperatura wody surowej. Procesy koagulacji zachodzą zdecydowanie lepiej, kiedy temperatura wody jest wyższa, co również potwierdzają wyniki badań prowadzonych w Zakładzie Uzdatniania. Szczególne problemy pojawiają się, podczas wiosennych roztopów, kiedy to temperatura wody pobieranej z rzeki Dunajec waha się w granicach 1°C a jej mętność kształtuje się na poziomie kilkuset NTU. Koagulant PAX XL10 sprawdził się w warunkach ekstremalnych, w przypadku koagulacji wody roztopowej o obniżonej temperaturze i wysokiej mętności. Dodatkowo, PAX XL10 cechował się kilkukrotnie mniejszą dawką w przeliczeniu na substancje aktywną względem PAX XL3 oraz PAX XL19F oraz stabilnością pracy przy różnych warunkach.

Pozostałe koagulanty nie wykazywały tej prawidłowości, pomimo ich porównywalnej skuteczności w warunkach wyższej temperatury i mętności. Koagulant PAX XL3 wykazywał podobne właściwości strącające z wody wartości mętność (po osadnikach 36,5% i po filtrach piaskowych 86,5%), natomiast cechowała go stosunkowo wyższa dawka w przeliczeniu na m³ wody, którą należało dawkować do wody aby osiągnąć efekty porównywalne do koagulantu PAX XL10.

Koagulant PAX XL10 wykazywał zdecydowanie niższą skuteczność usuwania z wody związków organicznych oznaczanych jako Abs₂₅₄, jak również pozostawiał wyższe wartości glinu reszkowego w wodzie po osadnikach pionowych 0,170mg/l i filtrach samopłuczających 0,052mg/l. Redukcja Abs_{254nm} kształtowała się na poziomie 17,1% po osadnikach i 51,6% po filtrach.

Średnia redukcja barwy w przypadku PAX XL10 wynosiła po koagulacji objętościowej 23,3%, natomiast po koagulacji kontaktowej 71,9%. Wynik ten jest wynikiem dobrym.

Koagulant PAX XL19F w doskonały sposób usuwa z wody związki organiczne nadające jej barwę (redukcja średnia na poziomie 53,30% po osadnikach i 62,0% po filtrach piaskowych) i Abs_{254nm} przy zastosowaniu niewielkich ilości koagulantu. Wartości związków organicznych rozpuszczonych w wodzie również charakteryzuje wysoki stopień redukcji rzędu 38,60% po osadnikach i 30,0% po filtrach piaskowych. Koagulant PAX XL19F pozostawia również w wodzie niewielkie ilości glinu reszkowego w porównaniu do innych koagulantów (po osadnikach średnio 0,020mg/l i po filtrach 0,000mg/l).

Zastosowane na terenie Zakładu Uzdatniania Wody w Starym Sączu koagulanty PAX XL10 i PAX XL19F uzupełniają się wzajemnie i efektywnie uskuteczniają procesy koagulacji zachodzące na stacji. Koagulanty dozowane są w sposób automatyczny w zależności od przepływu i mętności wody surowej.

ZAŁĄCZNIKI

Tabela 2. Fizyczno-chemiczne wskaźniki zanieczyszczenia wody na poszczególnych etapach jej uzdatniania z zastosowaniem koagulantu PAX XL 3.

Table 2. Physical and chemical parameters of water at various stages of PAX XL3 coagulation treatment process

Wskaźnik, Jednostka		Etap procesu uzdatniania wody przy $Q_{sr}=310m^3/h$								
		woda surowa z rzeki przed osadnikami			woda przed filtrami piaskowymi			woda po filtrach piaskowych		
dawka koagulantu [ml/h]		120	1200	10 000	542	1635	5636	-	-	-
temperatura [°C]	wartość min,śr,max	1,2	10,6	18,8	-	-	-	-	-	-
barwa [mgPt/dm ³]	wartość min,śr,max	7,6	39,5	346,8	4,10	10,51	48,90	1,2	4,0	14,0
	% redukcji min,śr,max	-	-	-	0,44	47,40	96,9	13,21	61,49	95,32
mętność [NTU]	wartość min,śr,max	1,0	13,2	340,5	0,5	3,1	30,10	0,1	0,25	1,0
	% redukcji min,śr,max	-	-	-	1,2	36,5	99,0	60	86,5	98,3
odczyn [pH]	wartość min,śr,max	7,5	7,9	8,8	7,4	7,6	8,4	7,4	7,7	8,3
Abs _{254 nm} [-]	wartość min,śr,max	0,150	0,347	2,473	0,080	0,210	0,617	0,071	0,141	0,350
	% redukcji min,śr,max	-	-	-	5,00	32,2	91,5	0,00	30,86	56,0
glin [mg/l]	wartość min,śr,max	-	-	-	0,016	0,170	0,383	0,020	0,052	0,161
	% redukcji min,śr,max	-	-	-	-	-	-	0,3	63,4	95,0

Tabela 3. Fizyczno-chemiczne wskaźniki zanieczyszczenia wody na poszczególnych etapach jej uzdatniania z zastosowaniem koagulantu PAX XL 19F.

Table 3. Physical and chemical parameters of water at various stages of PAX XL19F coagulation treatment process

Wskaźnik, jednostka		Etap procesu uzdatniania wody przy $Q_{sr}=310m^3/h$								
		woda surowa z rzeki przed osadnikami			woda przed filtrami piaskowymi			woda po filtrach piaskowych		
dawka koagulantu [ml/h]		100	1200	15 000	240	700	1700	-	-	-
temperatura [°C]	wartość min,śr,max	1,1	9,0	18,0	-	-	-	-	-	-
Barwa [mgPt/dm ³]	wartość min,śr,max	1,6	20,9	129,05	0,77	8,76	37,32	0,00	2,60	12,78
	% redukcji min,śr,max	-	-	-	0,47	53,30	96,45	2,24	62,02	100,00
mętność [NTU]	wartość min,śr,max	0,56	23,20	506	0,18	3,59	26,30	0,06	0,22	0,60
	% redukcji min,śr,max	-	-	-	2,84	59,0	99,7	0,00	7,7	100,0
odczyn [pH]	wartość min,śr,max	7,5	7,8	8,1	7,5	7,9	8,2	7,6	7,9	8,2
Abs _{254 nm} [-]	wartość min,śr,max	0,120	0,344	1,680	0,090	0,190	0,440	0,080	0,121	0,220
	% redukcji min,śr,max	-	-	-	1,4	38,6	92,9	1,48	30,6	63,0
glin [mg/l]	wartość min,śr,max	-	-	-	0,000	0,170	0,383	0,000	0,000	0,02
	% redukcji min,śr,max	-	-	-	-	-	-	0,3	99,4	100

Tabela 4. Fizyczno-chemiczne wskaźniki zanieczyszczenia wody na poszczególnych etapach jej uzdatniania z zastosowaniem koagulantu PAX XL 10

Table 4. Physical and chemical parameters of water at various stages of PAX XL10 coagulation treatment process

Wskaźnik, jednostka		Etap procesu uzdatniania wody przy $Q_{sr}=310m^3/h$								
		woda surowa z rzeki przed osadnikami			woda przed filtrami piaskowymi			woda po filtrach piaskowych		
dawka koagulantu [ml/h]		271	1200	10 000	542	1635	5636	-	-	-
temperatura [°C]	wartość min,śr,max	1,2	10,6	18,8	-	-	-	-	-	-
barwa [mgPt/dm ³]	wartość min,śr,max	7,6	32,5	420,8	7,8	16,7	50,0	2,6	4,0	6,7
	% redukcji min,śr,max	-	-	-	0,1	23,3	95,7	23,4	71,9	91,7
mętność [NTU]	wartość min,śr,max	1,0	14,2	237,0	0,4	5,0	19,5	0,1	0,2	0,5
	% redukcji min,śr,max	-	-	-	0,0	32,5	97,6	11,4	94,7	98,8
odczyn [pH]	wartość min,śr,max	7,8	8,1	8,4	7,4	8,1	8,5	7,3	7,7	8,2
Abs _{254 nm} [-]	wartość min,śr,max	0,180	0,447	2,973	0,113	0,309	0,617	0,071	0,141	0,200
	% redukcji min,śr,max	-	-	-	0,00	17,1	90,1	26,5	51,6	77,8
glin [mg/l]	wartość min,śr,max	-	-	-	0,016	0,170	0,383	0,008	0,052	0,161
	% redukcji min,śr,max	-	-	-	-	-	-	0,3	63,4	95,0