

*Justyna Swolkién**

ZASTOSOWANIE PROGRAMU KOMPUTEROWEGO „DYSPOZYTOR” JAKO NARZĘDZIA W PROCESIE REGULACJI ROZPŁYWU WODY W KOLEKTORZE „OLZA”**

1. Wprowadzenie

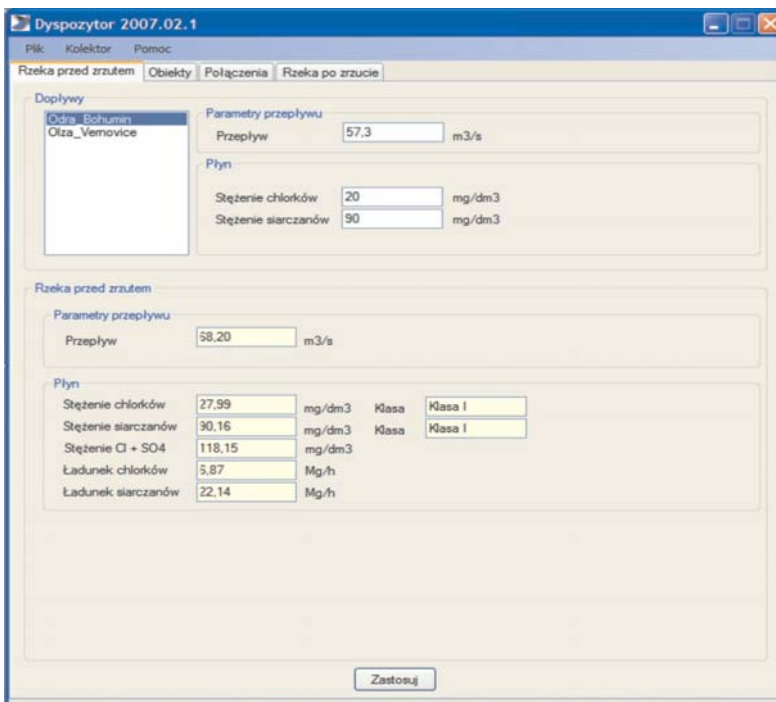
Istotnym problemem, z jakim boryka się system odprowadzania wód kopalnianych „Olza”, jest nadmierne zanieczyszczenie rzeki Odry południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wody kopalniane odprowadzane za pośrednictwem kolektora z kopalń Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. (kopalnia Borynia, Jas-Mos, Krupiński, Pniówek, Zofiówka) i Kompanii Węglowej S.A. (kopalnia Marcel, Chwałowice i Jankowice) są silnie zanieczyszczone przede wszystkim jonami chlorkowymi i siarczanowymi, a także jonami baru i zawiesiną ogólną. Odprowadzanie z kolektora znacznych ilości przede wszystkim ładunków chlorków i siarczanów powoduje silne wahania ich stężeń w rzece, co negatywnie odbija się na stanie jej ekosystemie. Niezmiernie ważne jest więc utrzymanie stężeń tych zanieczyszczeń na stałym poziomie, a możliwe jest to poprzez odpowiednie ich dozowanie do wód kolektora. Celem niniejszego artykułu jest pokazanie zastosowania programu komputerowego „Dyspozytor” do regulacji objętościowego strumienia przepływu wód w kolektorze i utrzymania odpowiednio stałych stężeń jonów chlorkowych i siarczanowych w rzece Odrze.

2. Charakterystyka programu komputerowego „Dyspozytor”

Przedstawiony program komputerowy został dostosowany do istniejącej sieci kolektora „Olza”. Istotne jest to, że program może zostać zmodyfikowany i zastosowany do innych typów sieci wodnych. Zasadniczo składa się on z czterech zakładek, z czego dwie odnoszą się do parametrów związanych z rzeką zarówno przed (zakładka pierwsza), jak i po zrzucie z kolektora (zakładka czwarta). Dwie pozostałe zakładki odnoszą się do obiektów (zakładka druga) i połączeń (zakładka trzecia), czyli tylko do elementów sieci.

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH, Kraków.

** Artykuł zrealizowano w ramach pracy statutowej nr: 11.11.101.281.



Rys. 1. Obraz pierwszej zakładki programu „Dyspozytor”

Pierwsza zakładka programu „Dyspozytor” (rys. 1) składa się z dwóch głównych bloków, z których pierwszy charakteryzuje dopływy, a drugi rzekę przed zrzutem.

Zarówno pierwszy, jak i drugi blok składa się z:

- parametrów przepływu – określają objętościowy strumień przepływu rzek, zarówno w pierwszym, jak i drugim bloku,
- płyn – dla pierwszego bloku zawiera informacje dotyczące jakości rzek będących dopływami (stężenia chlorków i siarczanów), a dla bloku drugiego jakości rzeki przed zrzutem (stężenia i ładunki chlorków i siarczanów, oraz sumę stężeń chlorków i siarczanów), a także podaje jej klasę czystości ze względu na wymienione wyżej zanieczyszczenia.

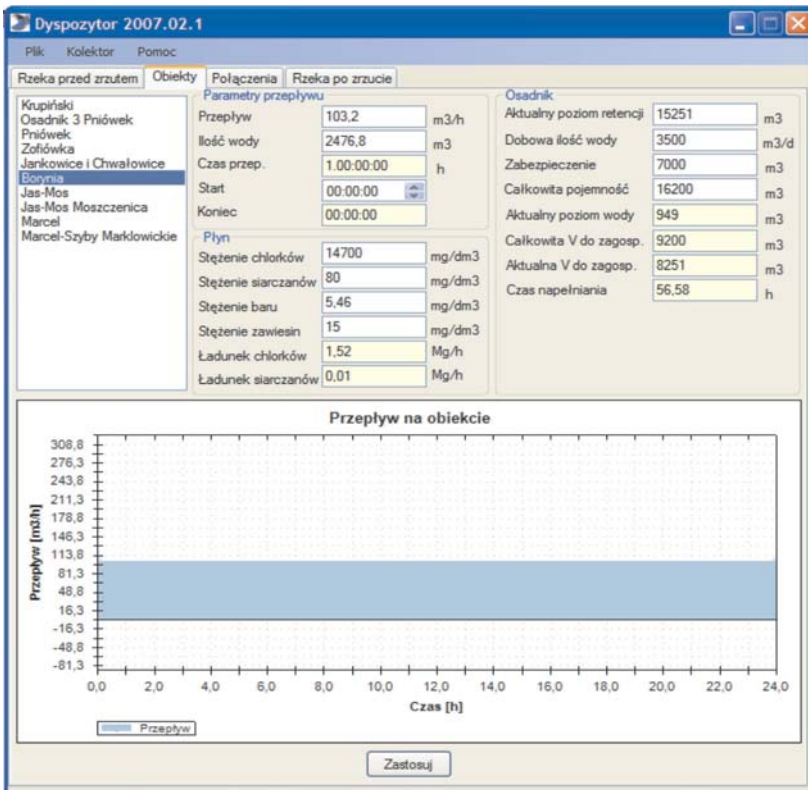
Wyznaczenia parametrów rzeki przed zrzutem dokonuje się na podstawie zadanych przez użytkownika parametrów charakteryzujących jej dopływy. W przypadku kolektora „Olza” są to Odra Bohumin i Olza Vernovice. Wybór klasy czystości odbywa się zgodnie z normami prawnymi odnośnie wskaźników jakości i ich wartości granicznych dla wód powierzchniowych [1].

Podstawą konstrukcji drugiej i trzeciej zakładki programu było zdefiniowanie sieci kolektora, czyli określenie jego obiektów, węzłów, a następnie połączeń. Obiekty w programie odpowiadają poszczególnym kopalnią, a węzły węzłom technologicznym systemu „Olza”.

Połączenia w sieci są następujące:

- obiekt węzeł,
- obiekt obiekt,
- węzeł węzeł.

Algorytm opracowany dla omawianych dwóch zakładek pozwala wyznaczyć objętościowe natężenia przepływu, ilość wody, a także stężenia zanieczyszczeń i ciśnienia na poszczególnych połączeniach. Dodatkowo obliczane są parametry związane z osadnikami powierzchniowymi zlokalizowanymi na poszczególnych obiektach. Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono okna dialogowe bloku drugiego i trzeciego.



Rys. 2. Obraz drugiej zakładki programu „Dyspozytor”

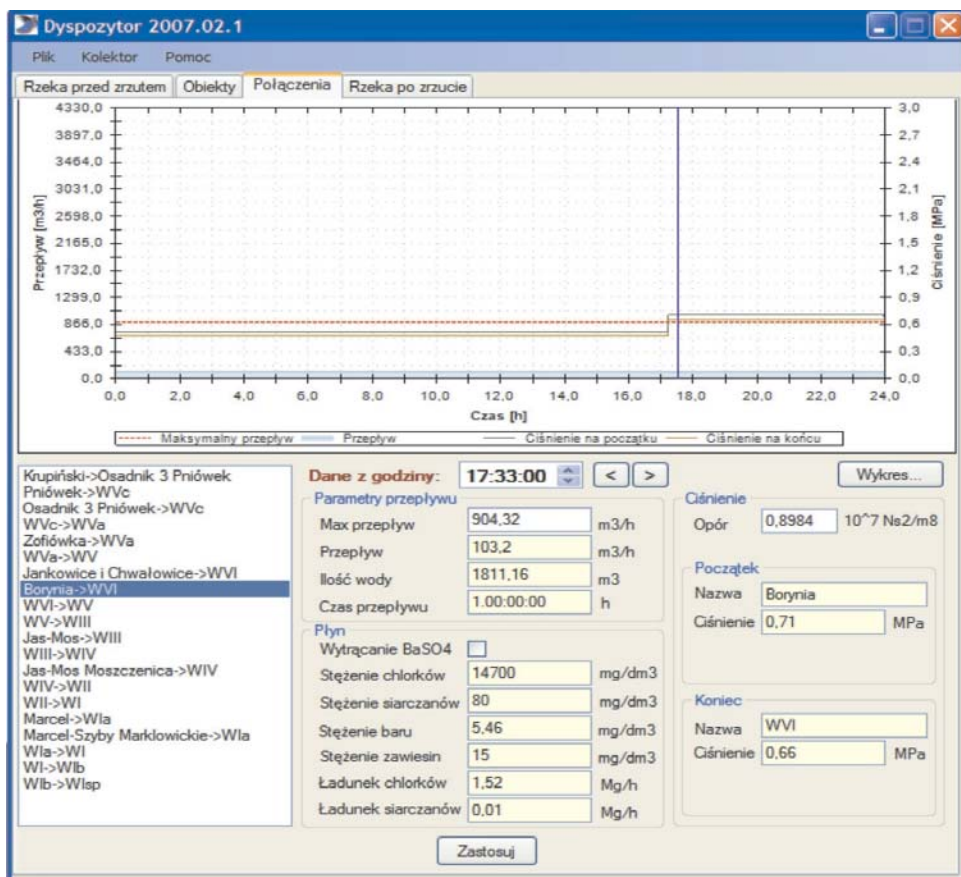
Druga zakładka programu składa się z czterech bloków, z czego w pierwszym zestawione są wszystkie obiekty sieci, a pozostałe trzy zawierają odpowiednio:

- parametry przepływu – objętościowe natężenie przepływu, ilość odprowadzanej wody, czas jej przepływu, oraz czas uruchomienia i wyłączenia pompowni,
- płyn – blok zawiera informacje związane wyłącznie z jakością odprowadzanej przez dany obiekt wody, czyli stężenia i ładunki podstawowych zanieczyszczeń,

- osadnik – blok zawiera informacje na temat zbiorników powierzchniowych zlokalizowanych na terenie poszczególnych obiektów. Należą do nich aktualny poziom retencji, dobowe ilości wody odprowadzanej z obiektu, zabezpieczenie awaryjne, całkowita pojemność zbiornika, aktualny poziom wody, całkowita i aktualna ilość wody do zagospodarowania, a także czas napełniania zbiornika.

Dodatkowo do zakładki drugiej załączony jest wykres obrazujący objętościowy strumień przepływu w m^3/h płynu odprowadzanego z danego obiektu.

Na podstawie wprowadzonych przez użytkownika wartości przepływów, ilości wody i stężeń zanieczyszczeń na poszczególnych obiektach można wyznaczyć czas przepływu zadanej ilości wody, czyli jak długo będzie ona płynąć w kolektorze, a także ładunek chlorków i siarczanów. Dodatkowo znajomość aktualnego poziomu retencji, dobowej ilości wody, zabezpieczenia awaryjnego i całkowitej pojemności, pozwala wyznaczyć aktualny poziom wody w osadniku, całkowitą ilość wody do zagospodarowania, aktualną ilość wody do zagospodarowania, jak również czas napełniania zbiornika.



Rys. 3. Obraz trzeciej zakładki programu „Dyspozytor”

Trzecia zakładka programu dotyczy połączeń występujących w sieci kolektora (rys. 3) i składa się również z czterech bloków, z czego w pierwszym zestawione są wszystkie połączenia, a w kolejnych:

- parametry przepływu – objętościowe natężenie przepływu, ilość odprowadzanej wody, czas jej przepływu, oraz maksymalny dopuszczalny na danym połączeniu przepływ,
- płyn – blok zawiera informacje związane wyłącznie z jakością odprowadzanej przez dane połączenie wody, czyli stężenia i ładunki podstawowych zanieczyszczeń. Dodatkowo, według założeń użytkownika, zawiera informację o tym, czy na danym połączeniu wytrąca osad BaSO_4 ,
- ciśnienia – podaje wartości ciśnień na początku i na końcu połączenia.

Do zakładki trzeciej dołączony jest wykres obrazujący zmiany w czasie ilości wody, przepływu i ciśnienia, a dla każdego zdefiniowanego połączenia można wyznaczyć objętościowe natężenia przepływu i ilość wody, a także czas przepływu.

Przepływ na poszczególnych połączeniach musi być mniejszy lub równy maksymalnemu, dopuszczalnemu przepływowi wyznaczonemu przy założonej prędkości przepływu w granicach 1–2 m/s (maksymalnej i minimalnej wartości prędkości) [2, 3].

Mając dane objętościowe strumienie przepływu dla poszczególnych połączeń sieci, można wyznaczyć w nich stężenia chlorków, siarczanów, zawiesin ogólnych, baru, a w dalszej kolejności ładunki chlorków i siarczanów. Przy wyznaczaniu stężenia siarczanów uwzględniono również możliwość wytrącania się osadu siarczanu baru w wybranych odcinkach kolektora.

Zakładka trzecia programu pozwala również na wyznaczenie rozkładu ciśnień w sieci kolektora.

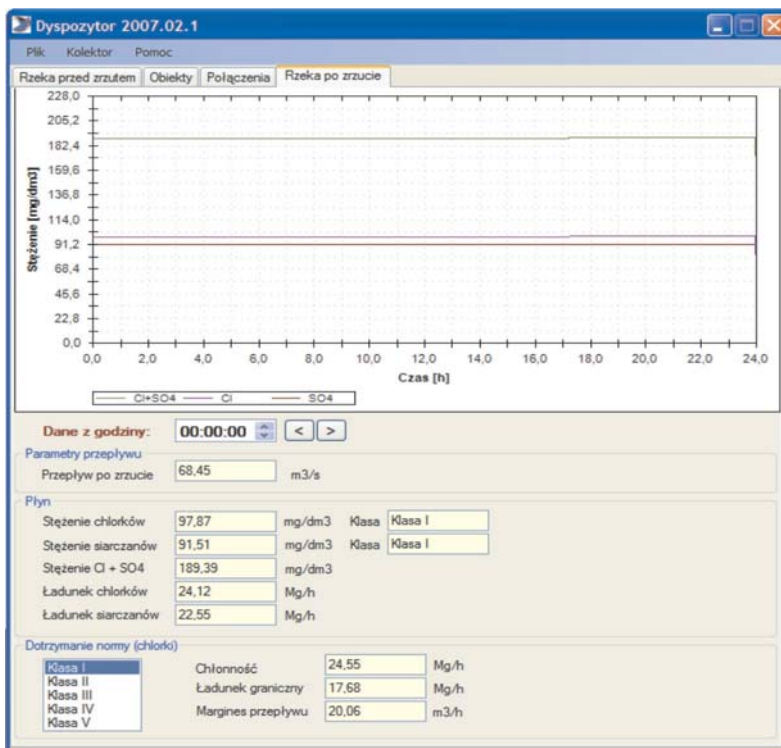
Czwarta zakładka programu zawiera informacje dotyczące stanu rzeki po zrzucie i składa się ona z trzech bloków (rys. 4), które zawierają:

- parametry przepływu – zawiera informację o przepływie rzeki po zrzucie,
- płyn – zawiera informacje odnośnie jakości rzeki po zrzucie (stężenia i ładunki chlorków i siarczanów, oraz sumę stężeń chlorków i siarczanów), a także podaje jej klasę czystości ze względu na wymienione wyżej zanieczyszczenia,
- dotrzymanie norm (chlorki) – podaje informacje dotyczące aktualnej chłonności rzeki i ładunku granicznego ze względu na chlorki, jak również marginesu przepływu.

Dodatkowo w zakładce tej na wykresie zobrazowane są zmiany stężenia chlorków w czasie w rzece po zrzucie.

Wyznaczenie parametrów rzeki po zrzucie dokonuje się na podstawie informacji zawartych w trzech pierwszych zakładkach.

Trzeci blok omawianej zakładki (rys. 4) zawiera informacje pozwalające określić, jaka w danym momencie jest chłonność rzeki i ładunek graniczny dla danej klasy czystości, oraz jaką ilość wody można wprowadzić, bądź trzeba retencjonować, aby daną klasę zachować (margines przepływu). Istotny jest fakt, że blok ten dotyczy tylko i wyłącznie jonów chlorkowych, gdyż to właśnie one stanowią największe zagrożenie dla stanu czystości rzeki Odry. W przypadku jonów baru, a także zawiesin ogólnych, przeprowadzone analizy [4] nie wykazały przekroczeń dopuszczalnych ich wartości [5] ani na ostatnim połączeniu sieci, ani w rzece, stąd w ostatniej zakładce programu nie zostały one uwzględnione.



Rys. 4. Obraz czwartej zakładki programu „Dyspozytor”

3. Zastosowanie programu „Dyspozytor” w procesie dobowej regulacji rozplywu wód w kolektorze „Olza”

Opisany program komputerowy może być wykorzystany w procesie dobowej regulacji rozplywu wód odprowadzanych z poszczególnych obiektów do kolektora. Dzięki odpowiedniemu ustaleniu kolejności uruchamiania poszczególnych pompowni istnieje możliwość utrzymania w rzece Odrze w miarę stabilnego stężenia jonów chlorkowych i siarczanowych. Uzyskanie odpowiednio wysokiej klasy czystości zależeć będzie przede wszystkim od przepływu rzeki, gdyż między nim a stężeniem jonów chlorkowych istnieje daleko idąca zależność [4]. Program „Dyspozytor” może zostać wykorzystany również do określenia rozkładu ciśnień na poszczególnych obiektach.

3.1. Dane wejściowe do programu

Zastosowanie programu komputerowego do obliczenia rozplywu wody w kolektorze wymaga spełnienia pewnych warunków początkowych, wśród których wyróżnić można:

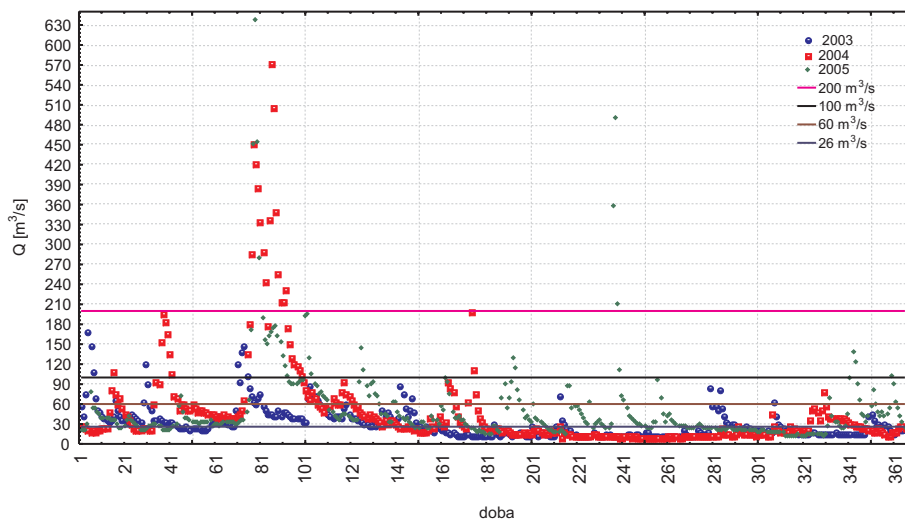
- wybranie odpowiednich do obliczeń objętościowych strumieni przepływu rzeki Odry,

- określenie dziennej ilości wody, jaką należy odprowadzić z każdego obiektu,
- określenie stężeń podstawowych zanieczyszczeń odprowadzanych z poszczególnych obiektów,
- określenie maksymalnych strumieni objętościowych na poszczególnych połączeniach sieci,
- określenie wartości oporu rurociągów na poszczególnych połączeniach,
- określenie żądanej klasy czystości wody w rzece po zrzucie.

Ustalenie zaś optymalnych objętościowych strumieni przepływu wody i rozkładu ciśnień na poszczególnych obiektach i w węzłach polega na:

- takim doborze wielkości strumieni przepływów i czasu uruchomienia poszczególnych pompowni, aby nie dopuścić do przekroczenia maksymalnych przepływów na połączeniach i maksymalnego dopuszczalnego ciśnienia (zmniejszenie energochłonności systemu),
- takim doborze wielkości strumieni przepływów i czasu uruchomienia poszczególnych pompowni, aby nie dopuścić do gwałtownych zmian stężenia jonów chlorkowych w zadanej klasie czystości rzeki bezpośrednio po zrzucie.

Aby ocenić wpływ strumieni przepływów Odry na wartości stężenia chlorków w rzece po zrzucie wód z kolektora należało wybrać odpowiedni do badań jego zakres. Dokonano tego wykreślając ich zależność Odry w czasie (rys. 5) w latach 2003–2005.



Rys. 5. Zmiany objętościowych strumieni przepływów Odry w latach 2003–2005

Obserwacja wyników przedstawionych na rysunku 5 pokazała, że najmniej strumieni przepływów przypada na zakres powyżej 200 m³/s (bardzo wysokie) i najczęściej jest to okres początku wiosny (koniec marca i początek kwietnia) i w zależności od warunków atmosferycznych, schyłek lata. Nieco więcej występuje ich w zakresie wysokich strumieni

przepływów, czyli od $100 \text{ m}^3/\text{s}$ do $200 \text{ m}^3/\text{s}$ (przede wszystkim pierwszy kwartał roku). Zdecydowanie najwięcej strumieni przepływów przypada na zakres od $100 \text{ m}^3/\text{s}$ do mniej więcej $26 \text{ m}^3/\text{s}$ (średnie strumienie przepływów). Warto zwrócić uwagę na fakt, że strumienie te są rozłożone w miarę równomiernie w ciągu całego roku. Znacznie mniej objętościowych strumieni występuje natomiast w ostatnim przedziale (niskie strumienie przepływy), który przypada na wartości poniżej $26, 25 \text{ m}^3/\text{s}$, ale co jest wyraźnie widoczne na wykresie 5, ich największe skupisko przypada na druga połowę roku.

Biorąc pod uwagę przedstawiony powyżej podział objętościowych strumieni przepływów rzeki, do obliczeń komputerowych wybrano od dwóch do czterech z każdego podanego zakresu. Wyjątek stanowił zakres trzeci, dla którego wybrano ich, aż dziewięć. Wynika to stąd, że obejmuje on strumienie przepływów bliskie wysokim, średnie, jak również niskie. Przez to stężenia chlorków w rzece po zrzucie mogą być w tym zakresie różnorodne. W artykule przedstawione zostały jednak wyniki dla wybranych czterech strumieni przepływów.

W obliczeniach jako dzienną ilość odprowadzanej wody z poszczególnych obiektów przyjęto średnie objętościowe natężenia przepływu z okresu od VI 2003 do V 2006 [4] i aktualną na dany dzień pojemność zbiorników do zagospodarowania. W przypadku stężeń jonów chlorkowych, siarczanowych, baru i zawiesin ogólnych również korzystano z ich wartości średnich, wyznaczonych za okres od VI 2003 do V 2006 [4].

Dla każdego ze zdefiniowanych w sieci kolektora połączeń wyznaczono maksymalne wartości przepływów [4]. W obliczeniach przyjmowano na obiektach przepływy będące połową lub jedną czwartą wartości początkowej, tak aby na połączeniach nie nastąpiły przekroczenia wartości maksymalnych.

Aby określić wpływ wytrącających się w kolektorze osadów siarczanu baru na rozkład ciśnień w rurociągach, konieczne było określenie oporów na poszczególnych połączeniach, jako stosunku wysokości strat ciśnienia do kwadratu objętościowego natężenia przepływu [4].

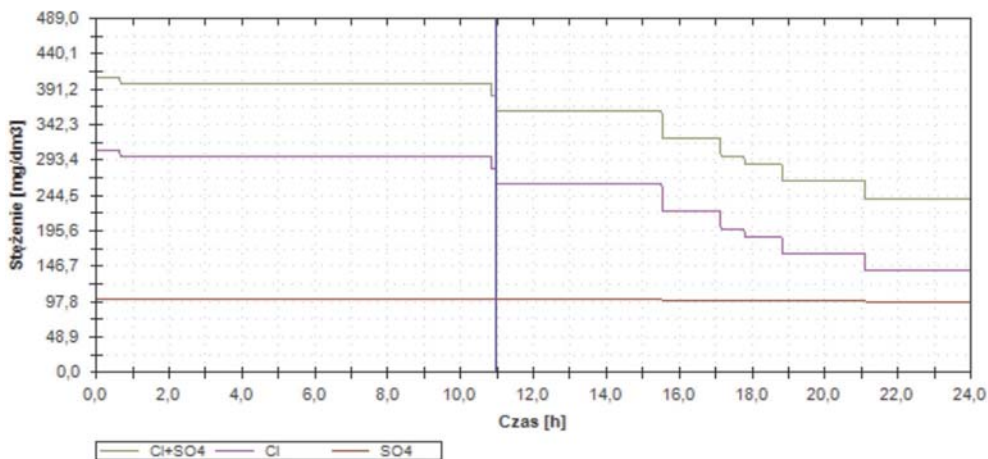
Określenie żadnej klasy czystości na potrzeby obliczeń komputerowych było możliwe dzięki zadaniu początkowych wartości strumieni przepływów na poszczególnych obiektach. Pozwoliło to ocenić, jak zmieniały się stężenia chlorków w rzece po zrzucie bez wprowadzania regulacji. Dzięki temu możliwe było wybranie klasy czystości i sprecyzowanie warunków koniecznych do jej dochowania (chłonność, ładunek graniczny). Jako wyjściowe na obiektach przyjęto maksymalne dopuszczalne strumienie przepływów.

3.2. Analiza stężeń zanieczyszczeń w rzece bez regulowania rozplywem

Obliczenia komputerowe rozpoczęto od wyznaczenia zmian stężeń jonów chlorkowych i siarczanowych w rzece po zrzucie wód z kolektora, przy braku regulacji. Zakładając początkowo jedną czwartą maksymalnego przepływu z każdego obiektu i ten sam czas pracy poszczególnych pompowni, przeliczenie to wykonano dla przepływu bliskiego średniemu rocznemu przepływowi rzeki ($42,3 \text{ m}^3/\text{s}$) [6], czyli dla $42,15 \text{ m}^3/\text{s}$, a wyniki zobrazowano na rysunku 6.

Analizując poniższy wykres, widać, że brak kontroli zrzutu wód z poszczególnych obiektów przyczynia się do bardzo dużych wahań stężeń jonów chlorkowych w rzece, począwszy od $306,54 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (IV klasa czystości), poprzez $298,90 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (III klasa czy-

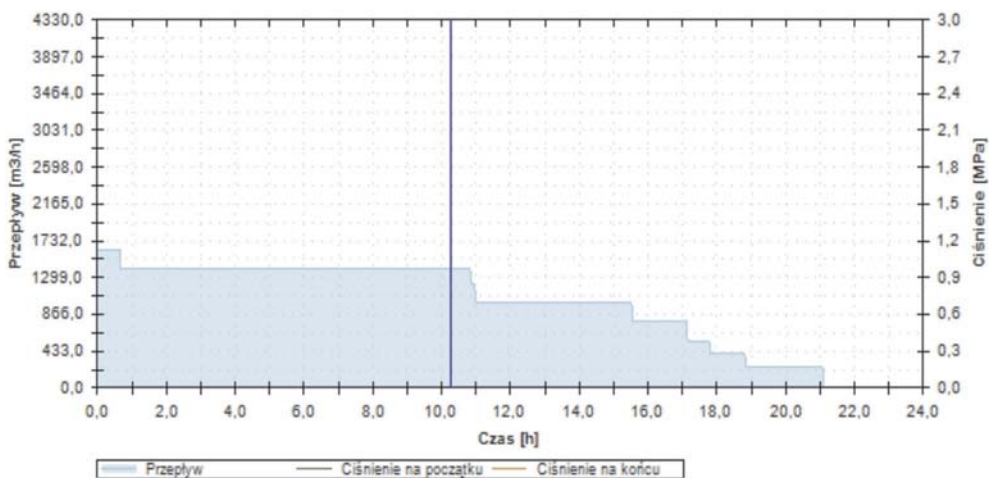
stości), 260 mg/dm^3 , dochodząc ostatecznie do wartości stężenia z okresu przed zrzutem. Tak duże zmiany stężeń bardzo niekorzystnie wpływają na ekosystem Odry i mogą prowadzić do wyginięcia niektórych gatunków ryb i roślin. Jak widać z wykresu niewielkim wahaniom podlegają stężenia jonów siarczanowych. Wykres zmian sumarycznego stężenia jonów chlorkowych i siarczanowych ma analogiczny przebieg, jak ten odpowiadający zmianą samych stężeń jonów chlorkowych.



Rys. 6. Zmiany stężenia chlorków w rzece Odry ($Q_{rzprzed} = 42,15 \text{ m}^3/\text{s}$) w czasie przy zrzucie wód z kolektora bez regulacji

Na rysunku 7 przedstawiono zmiany strumieni przepływu na ostatnim połączeniu sieci kolektora. Ich przebieg zmian jest analogiczny do tego obrazującego zmiany stężeń jonów chlorkowych w rzece. Strumień przepływu wody w kolektorze i stężenia w rzece maleją schodkowo w miarę jak poszczególne kopalnie przestają działać. Brak regulacji przyczynia się do tego, że przy strumieniu $42,15 \text{ m}^3/\text{s}$ wody rzeki klasyfikują się do IV, a w miarę upływu czasu do III klasy czystości.

W tabeli 1 zestawiono wartości stężeń jonów chlorkowych i siarczanowych przed zrzutem, wartości zadanych strumieni przepływów wody na poszczególnych pompowniach, jak również zmieniający się w czasie margines przepływu dla pierwszych trzech klas czystości. Przedstawione dane pokazują jednoznacznie, że w miarę upływu czasu maleje margines przepływu, czyli ilość wody, którą należy ograniczyć, aby dochować odpowiednich norm czystości. I tak w pierwszych 40 minutach pracy kolektora, aby dochować norm I klasy czystości, należałoby ograniczyć przepływ o $2024 \text{ m}^3/\text{h}$, co odpowiada $48583,44 \text{ m}^3$ wody. O godzinie 17:48 margines przepływu zmniejszył się do $768 \text{ m}^3/\text{h}$, przy czym do tego czasu przestało już pracować pięć z dziesięciu pompowni. O godzinie 21:08 wynosił on już dla wszystkich przedstawionych w tabeli klas zero, gdyż o tej godzinie nie pracowała już żadna pompownia.



Rys. 7. Zmiany strumieni przepływu wody w czasie w ostatnim połączeniu kolektora

TABELA 1

Zestawienie stężeń jonów chlorkowych, siarczanowych, przepływów na poszczególnych obiektach i marginesów przepływu do I, II i III klasy czystości ze względu na jony chlorkowe

Stężenie przed zrzutem [mg/dm ³]		Nazwa kopalnia	Przepływ [m ³ /h]	Margines przepływu do klasy [m ³ /h]				
Cl ⁻	SO ₄ ²⁻			czas	I	II	III	
140,96	98,25	KWK „Krupiński”	219,50	00:00:00	-2024,31	-1061,88	-99,45	
		Pompownia Pniówek (WVc)	Osadnik 1+3 Pniówek	175,77	00:39:00	-1760,91	-889,58	-18,26
			Osadnik 2 Pniówek	175,77	10:51:00	-1579,70	-721,65	136,39
		KWK „Zofiówka”	236,50	10:58:00	-1340,66	-514,24	45,52	
		KWK „Jankowice”	226,08	15:32:00	-1161,33	-220,79	719,79	
		KWK „Borynia”	226,08	17:08:00	-922,39	12,20	946,78	
		KWK „Jas-Mos”	127,17	17:48:00	-768,38	100,69	969,76	
		Moszczenica	0,00	18:48:00	-633,02	334,78	1302,38	
		KWK „Marcel”	236,6	21:08:00	0,00	0,00	0,00	
Szyby Marklowickie	226,08							

TABELA 2

Parametry pracy wszystkich obiektów kolektora „Olza” dla wybranych objętościowych strumieni wody

Przepływ Odry [m ³ /s]	Nazwa kopalni		Przepływ [m ³ /h]	Start	Koniec	czas	p [MPa]
367,95	KWK „Krupiński”	Osadnik 1+3 Pniówek	200,00	00:00:00	21:31:48	00:00:00	0,78
			21:31:48	0,00			
	Pompownia Pniówek (WVc)	Osadnik 2 Pniówek	266,00	00:00:00	16:11:24	00:00:00	0,81
			16:12:00	0,79			
	KWK „Zofiówka”		134,80	16:12:00	00:00:00	00:00:00	0,64
				00:00:00	0,52		
	KWK „Jankowice”		271,20	16:12:00	00:00:00	00:00:00	0,50
				00:00:00	0,56		
	KWK „Borynia”		103,20	00:00:00	00:00:00	00:00:00	1,00
				00:00:00	0,98		
	KWK „Jas-Mos”		161,66	10:01:00	00:00:00	00:00:00	1,04
				00:00:00	0,57		
	Moszczenica		200,00	00:00:00	10:00:00	10:00:00	0,70
				00:00:00	0,75		
KWK „Marcel”		351,50	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0,70	
			00:00:00	0,45			
Szyby Markłowickie		90,43	22:24:36	00:00:00	00:00:00	0,51	
			00:00:00	0,36			
KWK „Krupiński”		200,00	00:00:00	19:18:00	00:00:00	0,42	
			00:00:00	0,78			
Pompownia Pniówek (WVc)	Osadnik 1+3 Pniówek	250,00	00:00:00	17:13:12	00:00:00	0,00	
		17:14:00	0,94				
KWK „Zofiówka”		156,00	17:14:00	00:00:00	00:00:00	0,47	
			00:00:00	0,67			
KWK „Jankowice”		271,20	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0,95	
			00:00:00	1,14			
KWK „Borynia”		103,20	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0,52	
			00:00:00	0,77			
KWK „Jas-Mos”		94,20	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0,71	
			00:00:00	0,81			
Moszczenica	KWK „Marcel”	-74,20	17:14:00	00:00:00	00:00:00	-	
		166,20	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0,32	
Szyby Markłowickie		21,35	17:14:00	00:00:00	00:00:00	0,28	
			00:00:00	0,28			

TABELA 2

Parametry pracy wszystkich obiektów kolektora „Olza” dla wybranych objętościowych strumieni wody

Przepływ Odry [m ³ /s]	Przepływ [m ³ /h]		Start	Koniec	czas	p [MPa]	
	Nazwa kopalni						
42,15	KWK „Krupiński”				00:00:00	0,78	
			200,00		15:12:00	0,00	
	Pompownia Pniówek (WVc)		300,00	00:00:00	17:41:24	00:00:00	0,95
	Osadnik 1+3 Pniówek		302,00	17:42:00	00:00:00	17:41:00	0,96
	KWK „Zofiówka”		168,80	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0,56
					17:41:00	17:41:00	0,57
	KWK „Jankowice”		156,20	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0,68
					17:41:00	17:41:00	0,69
	KWK „Boryniak”		103,20	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0,51
					17:41:00	17:41:00	0,52
	KWK „Jas-Mos”		94,20	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0,76
	Moszczenica		-125,00	00:00:00	00:00:00	-	-
	KWK „Marcel”		207,90	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0,34
	Szyby Markłowickie		0,00	-	-	00:00:00	0,29
14,32	KWK „Krupiński”		200,00	00:00:00	14:18:00	00:00:00	0,78
					00:00:00	00:00:00	0,43
	Pompownia Pniówek (WVc)		187,80	00:00:00	17:36:00	00:00:00	0,80
	Osadnik 2 Pniówek		281,00	17:37:00	00:00:00	17:37:00	0,31
	KWK „Zofiówka”		42,50	17:37:00	00:00:00	00:00:00	0,46
					17:37:00	17:37:00	1,09
	KWK „Jankowice”		354,60	00:00:00	00:00:00	17:37:00	1,23
					00:00:00	00:00:00	0,39
	KWK „Boryniak”		61,54	00:00:00	00:00:00	17:37:00	0,53
					00:00:00	00:00:00	0,53
	KWK „Jas-Mos”		0,00	-	-	17:37:00	0,55
	Moszczenica		-291,70	00:00:00	00:00:00	-	-
	KWK „Marcel”		113,00	00:00:00	17:36:00	00:00:00	0,28
	Szyby Markłowickie		0,00	-	-	00:00:00	0,25
				17:37:00	17:37:00	0,24	

W początkowym okresie pracy kolektora, w trakcie obliczeń, uzyskano bardzo wysokie ciśnienia na poszczególnych pompowniach. Dotyczy to głównie pompowni Pniówek (1,79 MPa), Jankowice (1,63 MPa), a także Zofiówki (1,24 MPa). Przekroczenie dopuszczalnego ciśnienia 1,6 MPa [7] wynika z faktu, że w okresie od 10:51 pracowały wszystkie pompownie równocześnie, co powodowało konieczność przepompowania bardzo dużych ilości wody. Sytuacja poprawiła się znacznie, gdy prace zakończyła pompownia Borynia i zmniejszył się strumień przepływu na pompowni Pniówek (zakończono odprowadzanie wody z osadnika drugiego kopalni). Przekroczenia dopuszczalnych ciśnień na połączeniach kolektora może powodować, w najgorszym przypadku, zniszczenie rurociągów, a w najlepszym przyczynia się do znacznego wzrostu energochłonności całego systemu.

Z dotychczasowych rozważań wynika, że tylko prawidłowa regulacja może ograniczyć wahania stężeń jonów chlorkowych w rzece i zapobiec wzrostom ciśnień na pompowniach i w węzłach.

3.3. Opis procesu regulowania rozplywem wód w kolektorze

Opisanie procesu prawidłowej regulacji rozplywu wód w kolektorze wymagało wybrania odpowiednich strumieni przepływów rzeki Odry. Podczas wykonywania obliczeń ważny był dobór parametrów pracy pompowni, tak aby nie dopuścić do gwałtownych wzrostów ciśnienia na połączeniach. Dzięki możliwości wydłużenia czasu pracy pompowni, które charakteryzują wysokie stężenia jonów chlorkowych i siarczanowych, można było uniknąć gwałtownych skoków stężeń zanieczyszczeń w rzece, jak również wysokich ciśnień pompowania. Przedstawione w artykule obliczenia komputerowe dotyczą tylko wybranych czterech strumieni przepływów rzeki z zakresu bardzo wysokiego (367,95 m³/s), średniego (68,20 m³/s, 42,15 m³/s) i z zakresu niskiego (14,15 m³/s). Otrzymane wyniki zamieszczono w tabeli 2, a na rysunku 8 przedstawiono wahania stężeń jonów chlorkowych i siarczanowych, oraz ich sumy w rzece Odrze po zrzucie, przy zachowaniu odpowiedniej regulacji rozplywu wód w kolektorze.

Wyznaczone parametry pracy pompowni (tab. 2), jak również zmiany stężeń jonów chlorkowych i siarczanowych w rzece po zrzucie (rys. 8) pokazują, że najbardziej optymalną regulację udało się otrzymać dla odprowadzanej wody w ilości 68,20 m³/s (rys.8b). Uzyskane w skutek obliczeń stężenia jonów chlorkowych i siarczanowych w rzece Odrze podlegały najmniejszym wahaniom w całym dobowym cyklu. Podczas regulacji założono całodobową pracę pompowni Marcel, Jankowice, Borynia i Jas-Mos. Pompownia Pniówek również pracowała całą dobę, pompując początkowo wodę z osadnika trzeciego, a potem drugiego. Kopalnię Zofiówkę i pompownię Moszczenicę uruchomiono dopiero po zakończeniu odprowadzania wody z osadnika trzeciego kopalni Pniówek. Taki dobór parametrów pozwolił również na utrzymywanie odpowiednio niskich ciśnień na pompowniach, co zmniejszało energochłonność systemu.

Pod względem rozkładu ciśnień (najniższa energochłonność) na pompowniach idealne wydają się być jednak parametry dobrane dla odprowadzanej wody w ilości 42,15 m³/s. To tu bowiem praca wszystkich obiektów przez całą dobę pozwoliła utrzymywać na pompowniach ciśnienia nie większe niż 0,96 MPa (tab. 2).

Zakończenie odprowadzania wody z osadnika trzeciego kopalni Pniówek spowodowało jednak skok stężenia chlorków w rzece o około 7 mg/dm^3 . Analizując zaś parametry pracy pompowni w przypadku najniższej ilości odprowadzanej wody ($14,15 \text{ m}^3/\text{s}$), widać, że na pompowni Jankowice pojawiły się duże wartości ciśnienia ($1,09 \text{ MPa}$ i $1,23 \text{ MPa}$). Było to konsekwencją odprowadzania przez nią dużej ilości wody w tym dniu, co wymagało ustalenia dosyć dużego strumienia przepływu. Również i w tym przypadku nastąpił niewielki skok stężenia chlorków (około 5 mg/dm^3), ale znacząco zostało przekroczone dopuszczalne sumaryczne stężenie chlorków i siarczanów ($566,33 \text{ mg/dm}^3$) [5].

Wahania stężeń chlorków wystąpiły również w przypadku maksymalnej ilości odprowadzanej wody ($367,95 \text{ m}^3/\text{s}$), przy czym były one spowodowane zakończeniem odprowadzania wody ze zbiornika retencyjnego Moszczenica i uruchomieniem pompowni Jas-Mos. Mimo odprowadzania wody z retencji udało się utrzymać na poszczególnych pompowniach w miarę niskie ciśnienia (nie przekraczały $1,04 \text{ MPa}$).

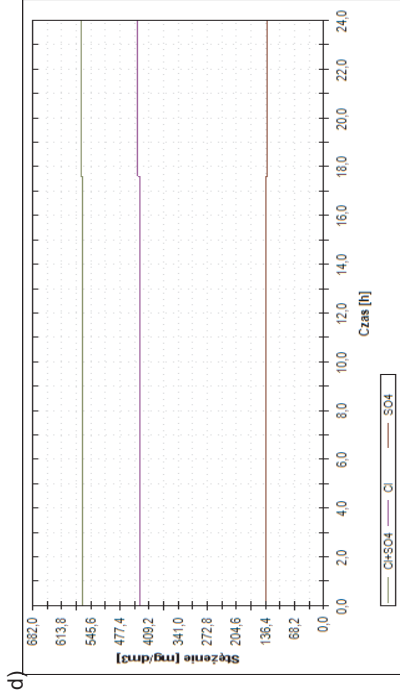
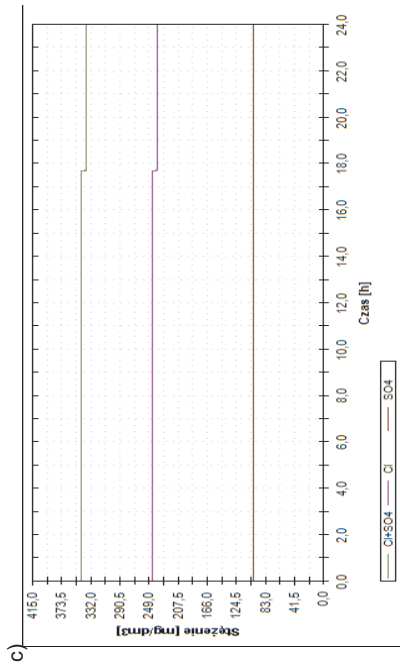
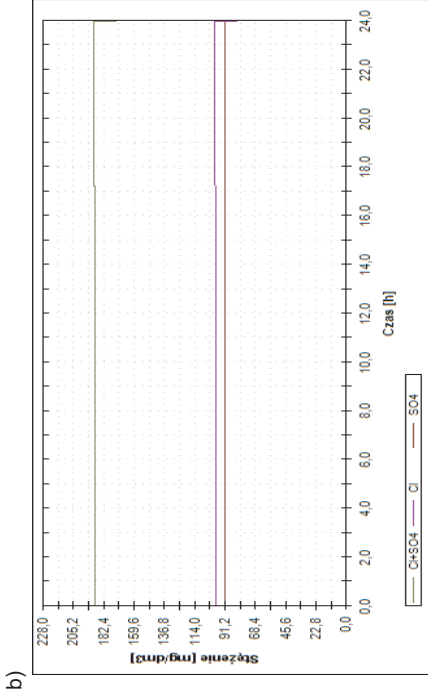
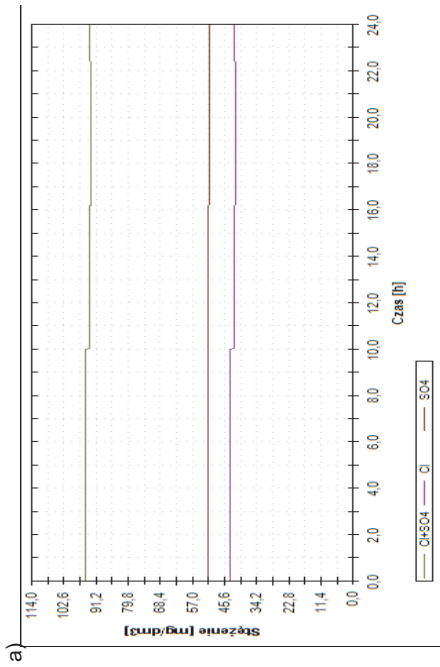
Przedstawione na rysunku 8 zmiany stężeń jonów chlorkowych i siarczanowych dla wybranych strumieni przepływów pokazują również, iż nie przy każdym stanie wody w rzece udaje się dotrzymać odpowiednio wysokich norm czystości. I tak z utrzymaniem pierwszej klasy czystości ze względu na jony chlorkowe i siarczanowe nie ma problemu w przypadku bardzo wysokich stanów wody w rzece ($367,95 \text{ m}^3/\text{s}$) i średnich ($68,20 \text{ m}^3/\text{s}$). Problem pojawia się natomiast przy stanach niższych, w warunkach których można dotrzymać III ($42,15 \text{ m}^3/\text{s}$) i V ($14,15 \text{ m}^3/\text{s}$) klasy czystości ze względu na jony chlorkowe [1]. Ważne jest jednak to, że pomimo wysokich wartości, przy niższych stanach rzeki, ich stężenia, dzięki odpowiedniej regulacji rozplywu wody, utrzymywane są na stabilnym poziomie przez całą dobę.

3.4. Analiza stężeń zanieczyszczeń na ostatnim połączeniu kolektora „Olza”

Prawidłowa regulacja objętościowym strumieniem wody w kolektorze ma przede wszystkim nie dopuścić do zbyt dużych wahań stężeń jonów chlorkowych i siarczanowych w rzece. Dobór parametrów poszczególnych pompowni powinien być taki, aby w ostatnim połączeniu sieci kolektora nie dochodziło do przekroczeń wartości stężeń podstawowych zanieczyszczeń ustalonych pozwoleniem wodno-prawnym [5]. Wyniki obliczeń komputerowych dla omawianych strumieni wody zostały zestawione w tabeli 3.

Zmiany jakim podlegały stężenia jonów chlorkowych i siarczanowych w rzece po zrzucie wody z kolektora ściśle zależą od tego, jakie kopalnie i w którym momencie doby odprowadzają swoje wody. Analizując wyniki przedstawione w tabeli 3, przy żadnym z wybranych strumieni objętościowych, za wyjątkiem $14,32 \text{ m}^3/\text{s}$, nie nastąpiły przekroczenia dopuszczalnych pozwoleniem wodno-prawnym stężeń [5]. W przypadku trzech pierwszych strumieni stężenia jonów chlorkowych kształtowały się mniej więcej na tym samym poziomie, natomiast były większe w przypadku ostatniego analizowanego strumienia (około 21000 mg/dm^3). Przyczyną takiej sytuacji było odprowadzanie w tym czasie zwiększonej ilości wód z kopalni Jankowice, której wody charakteryzują się bardzo wysokimi stężeniami jonów chlorkowych [4].

W przypadku jonów siarczanowych wyraźnie widać, że w początkowych fazach pracy kolektora, stężenia ich były podwyższone, a nawet, dla maksymalnego i minimalnego strumienia wody, przekraczały wartości dopuszczalne pozwoleniem wodno-prawnym [5].



Rys. 8. Rozkład stężeń chlorków i siarczanów w czasie w rzece dla wybranych przepływów po uregulowaniu: a) $Q_{regulad} = 367,95 \text{ m}^3/\text{s}$ b) $Q_{regulad} = 68,20 \text{ m}^3/\text{s}$ c) $Q_{regulad} = 42,15 \text{ m}^3/\text{s}$ d) $Q_{regulad} = 14,15 \text{ m}^3/\text{s}$

W żadnym jednak przypadku średnie dobowe stężenie jonów siarczanowych nie przekraczało wartości dopuszczalnej. Przyczyna dużych stężeń wymienionych jonów tkwi przede wszystkim w wodach kopalni Marcel. Wody tej kopalni charakteryzują się dużą zawartością jonów siarczanowych, a biorąc pod uwagę małe zdolności retencyjne jej osadnika, musi ona odprowadzać duże ilości wód [5]. Widać to na przykładzie ostatniego strumienia (tab. 3), gdzie w momencie wyłączenia pompowni Marcel nastąpił gwałtowny spadek stężenia jonów siarczanowych.

Obserwacja zmian stężenia jonów baru i zawiesin ogólnych dla wybranych strumieni objętościowych (tab. 3) nie wykazała przekroczeń dopuszczalnych pozwoleniem wodno-prawnych wartości. Zanieczyszczenia te nie stanowią więc potencjalnego zagrożenia dla ekosystemu rzeki Odry.

TABELA 3

Zestawienie zmian stężeń podstawowych zanieczyszczeń na ostatnim połączeniu sieci kolektora „Olza” wyznaczonych dla wybranych objętościowych strumieni wody w rzece Odrze

Przepływ [m ³ /s]	Czas	Stężenia [mg/dm ³]			
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ba ²⁺	Zawiesiny ogólne
367,95	00:00:00	19614,60	547,85	0	19,04
	10:01:00	18515,31	547,08	0	18,63
	16:12:00	17501,22	441,10	0	17,56
	22:24:00	16651,68	435,79	0	17,17
68,20	00:00:00	19542,26	466,65	0	18,94
	17:14:00	17648,23	328,42	0	17,31
42,15	00:00:00	17922,69	477,55	0	17,41
	17:14:00	16702,25	369,72	0	16,85
14,32	00:00:00	21006,20	531,87	0	19,73
	17:37:00	20498,71	206,61	0	18,94

4. Podsumowanie

Przeprowadzone przy pomocy programu komputerowego „Dyspozytor” obliczenia rozplywu wód w kolektorze pokazały jednoznacznie przy jakich stanach wody w rzece Odrze możliwe jest utrzymanie stężeń jonów chlorkowych i siarczanowych na odpowiednio stałym poziomie i ustaliły optymalną pracę poszczególnych pompowni, tak aby nie doprowadzić do drastycznych wzrostów ciśnień, a co za tym idzie wzrostu energochłonności systemu. Ustalono między innymi, że brak odpowiedniej regulacji rozplywu wód z poszczególnych obiektów prowadzi do drastycznych skoków stężeń jonów chlorkowych

w rzece po zrzucie. W wyniku tego stan jakości wód rzeki Odry, ze względu na jony chlorkowe, odpowiadał IV klasie czystości [1]. Brak odpowiedniej regulacji powoduje również gwałtowne skoki ciśnień na pompowniach (pompownia Pniówek 1,79 MPa, pompownia Jankowice 1,63 MPa) i przekroczenia dopuszczalnego ciśnienia 1,6 MPa [7].

Wykonane obliczenia komputerowe pozwoliły określić optymalny rozruch poszczególnych pompowni w sieci kolektora i wykazały, że wahania stężeń jonów chlorkowych i siarczanowych w rzece Odrze po zrzucie zależą od ich ilości wprowadzanej z ostatniego połączenia kolektora. Najmniejsze wahania stężeń jonów chlorkowych uzyskano przy odprowadzanej wodzie w ilości 68,20 m³/s, a najlepszy rozkład ciśnień przy 42,15 m³/s. Istotne jest również to, że nie zawsze, mimo prowadzonej regulacji, istnieje możliwość dochowania w rzece najwyższych norm czystości ze względu na jony chlorkowe i siarczanowe. Jest to spowodowane w głównej mierze okresowo występującymi niskimi strumieniami objętościowymi wody w rzece Odrze i zdecydowanie zbyt małymi zdolnościami retencyjnymi zbiorników kolektora „Olza”.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11.02.2004 r. (Dz.U. 2004 r., Nr 32, poz.284) w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych
- [2] Z. Orzechowski, J. Prywer, R. Zarzycki: *Mechanika płynów w inżynierii środowiska*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997
- [3] J. Waclawik: *Mechanika płynów i termodynamika*. Wydawnictwo AGH, Kraków 1993
- [4] J. Swolkień: *Możliwości ograniczenia szkodliwego wpływu wód dołowych na stan rurociągów kolektora „Olza” i środowisko rzeki Odry*, Praca doktorska niepublikowana, AGH, 2007
- [5] Wojewoda Śląski: *Pozwolenie wodno-prawne na wspólne korzystanie z wód z dnia 8 marca 2004 r.*, Katowice
- [6] Serwis internetowy: Międzynarodowa Komisja Ochrony Odry przed Zanieczyszczeniem <http://www.mkoo.pl/index.php?mid=4&gid=&aid=71&s=2>
- [7] J. Pustelnik, I. Pluta, M. Andrejewicz: *Stan techniczny rurociągu kolektora „Olza” i ocena możliwości jego dalszej eksploatacji*, Przegląd Górniczy, nr 1, s. 21–24, 1999