

Badanie zależności między wydajnością a jakością podczyszczania ścieków w procesie sorpcji

*Tadeusz Piecuch, Jacek Piekarski, Emilia Knut
Politechnika Koszalińska*

1. Wstęp

Proces sorpcji jest jednym z podstawowych procesów stosowanych do uzdatniania wody, oczyszczania ścieków oraz oczyszczania spalin. W wypadku ścieków i spalin można bardziej precyzyjnie określać zastosowanie tego procesu jako doczyszczanie, np.: uzupełniające lub końcowe [11].

Zwykle w obieгах wodno-mułowych zakładów przemysłowych oczyszczających ścieki poprodukcyjne, bądź też w instalacjach oczyszczania spalin, proces sorpcji bywa ostatnim węzłem takiej technologii [11].

Proces sorpcji który odbywa się najczęściej na węglach aktywnych bądź też ostatnio na znajdujących co raz szersze zastosowanie zeolitach [2], jest procesem bardzo dobrym, skutecznym i dosyć wygodnym technologicznie, aczkolwiek nie jest procesem tanim. Dzieje się tak dlatego, że pojemność sorpcyjna węgla aktywnego, zeolitu czy innych sorbentów zmniejsza się z czasem użytkowania złoża sorpcyjnego, i to zmniejsza się tym szybciej, im większy ładunek zanieczyszczeń występuje w medium nadanym do procesu sorpcji, a szczególnie wówczas, gdy nadane medium jest układem dwufazowym (tzn. ciało stałe-ciecz lub ciało stałe-gaz) i wówczas tworzą się tzw. pokrycia mułowe (pyłowe) powierzchni ziaren sorbentu. Skracą to jego czas pracy, a jednocześnie złoża sorpcyjne stają się złożem filtracyjnym w szczególności z procesem filtracji kolmatacyjnej. Dlatego też przed użytkownikami sorbentów do oczyszczania ścieków lub spalin staje dylemat optymalizacyjny, który musi stanowić kompromis między jakością pracy złoża sorpcyjnego a jego wydajnością, liczoną jako przepływ przez złoża z jednej strony oraz kosztami zużycia sorbentu z drugiej.

Oczywiście sorbent można regenerować, ale stanowi to określony problem procesowy, a także powoduje dodatkowe koszty, szczególnie dotyczące konieczności oczyszczenia płynu popłuczego (ścieków lub gazu) [2]. Dlatego, aby ten problem ograniczyć w przypadku zużytych węgli aktywnych, po prostu spala się je w piecach, ale jest to tylko wygodne, co nie oznacza, że stanowi ekologicznie zalecane postępowanie. Uwolnione w procesie szybkiego utleniania z węgli aktywnych zanieczyszczenia przechodzą bowiem do spalin, które znowu się oczyszcza, między innymi na świeżych węglach aktywnych, a tym samym przysłowiowe koło się zamyka.

Efekt podczyszczania płynów na złożu sorpcyjnym można łatwo i skutecznie technicznie zwiększać wydłużając wysokość kolumny sorpcyjnej, a tym samym czas kontaktu przepływającego medium ze złożem, ale gdzieś po drodze pojawia się bariera ekonomiczna, która może być i jest w praktyce często różna dla różnych zakładów przemysłowych. Tylko niektóre mogą sobie na określony luksus użytkowania sorbentów w mniejszym lub większym stopniu pozwolić.

Biorąc powyższe pod rozwagę ciekawym wydaje się określenie zależności między wydajnością pracy złoża sorpcyjnego, a jakością podczyszczania ścieków w procesie sorpcji – co w sensie trendu można od razu przewidzieć jako interakcję odwrotną (tzw. negatywną), natomiast chodzi tu o określenie przedziału wartości tych zmian na konkretnym przykładzie ścieku przemysłowego.

2. Metoda prowadzenia badań

Do badań modelowych procesu sorpcji w zakresie określenia korelacji pomiędzy wydajnością a jakością tego procesu użyto ścieku poprodukcyjnego pobranego z obiegu wodno-ściekowego zakładu przetwórstwa „Super-Fish” w Kukince obok Ustronia Morskiego – który jest oryginalną technologią zaproponowaną na bazie badań, a następnie projektu Katedry Techniki Wodno-Mułowej i Utylizacji Odpadów Politechniki Koszalińskiej i wybudowaną przez Przedsiębiorstwo „Stolrem” z Koszalina [9,10].

Ściekiem użytym do badań był wstępnie podczyszczony w procesie flotacji a potem koagulacji i sedymentacji grawitacyjnej w odmulniku typu Dorra ściek poprodukcyjny zdekantowany w tym odmulniku o charakterystyce podanej w tablicy 1. Procesy flotacji, koagulacji i sedymentacji grawitacyjnej znajdują zastosowanie dla podczyszczania tego typu ścieków [5,12].

Tabela 1. Analiza składu ścieków pobranych do badań 14.11.2001 r. z Zakładu Przetwórstwa Ryb „SUPER FISH” w Kukince obok Ustronia Morskiego

Table 1. Composition of wastewater taken for research on 14th of November 2001 form Fish Processing Plant “SUPER FISH” in Kukinka near Ustronie Morskie

Wskaźnik	Sym.	Jedn.	Wartość	Norma*	Warunki**
Odczyn	pH	–	8,87	6,5÷9,0	6,5÷9,0
Zawiesina ogólna	Z	mg/dm ³	557	50	330
Substancje rozpuszczone	S _R	mg/dm ³	14349	2000	1000
Sucha pozostałość	S _P	mg/dm ³	14906	2050	1330
Chemiczne zapotrzebowanie tlenu	ChZT	mg O ₂ /dm ³	2820	150	1000
Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	2232	30	700
Ekstrakt eterowy	E _E	mg O ₂ /dm ³	49	50	50

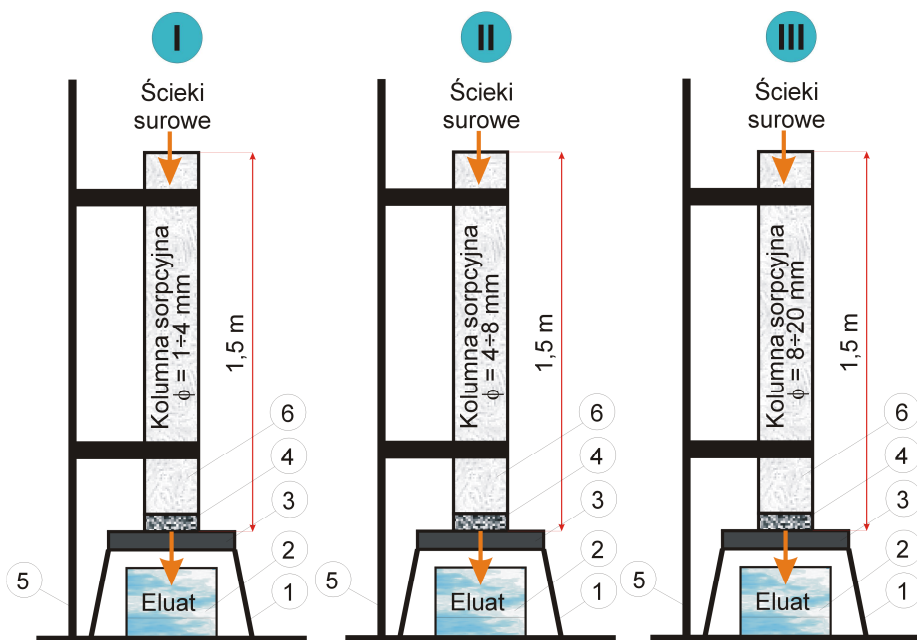
* – Dz. U. 91.116.503 Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi [13],

** – Warunki jakim powinny odpowiadać podczyszczone ścieki w zakładzie „SUPER FISH” kierowane do Kołobrzeskiej Oczyszczalni Ścieków w Grzybowie.

Do przeprowadzenia badań skonstruowano stanowiska pomiarowe składające się z trzech kolumn sorpcyjnych o średnicy 41,2 mm, wypełnionych na wysokość 1,5 m węglem aktywnym o uziarnieniu (rysunek 1):

- ❖ I kolumna – węgiel aktywny 1÷4 mm;
- ❖ II kolumna – węgiel aktywny 4÷8 mm;
- ❖ III kolumna – węgiel aktywny 8÷20 mm.

Do wypełnienia kolumn użyto węgla produkowanego w Raciborzu przez firmę „CARBON”, którego parametry podano w tablicy 2.



Rys. 1. Schemat laboratoryjnej kolumny sorpcyjnej (1 – statyw sita, 2 – naczynie na eluat, 3 – normatywne sito, 4 – żwirowa warstwa podtrzymująca, 5 – statyw, 6 – wypełnienie kolumny)

Fig. 1. Diagram of laboratory sorptional column (1 – sieve stand, 2 – vessel for eluate, 3 – standardized sieve, 4 – gravel support layer, 5 – stand, 6 – column packing)

Tabela 2. Podział węgla ziarnistych i typowe właściwości sorbentów

Table 2. Division of granular carbons and typical properties of sorbents

Właściwość węgla	Jednostka	Charakterystyka frakcji		
Stopień rozdrobnienia	-	kaszka	kaszka	kostka
Uziarnienie	mm	1÷4	4÷8	8÷20
Zawartość popiołu, max	%	12	8	8
Zawartość wilgoci, max	%	8	8	8
Gęstość nasypowa	g/dm ³	250	235	220
Powierzchnia właściwa	m ² /g	650	600	550
Odczyn, min.	pH	8	8	8
Liczba metylenowa	-	8	7	6
Liczba jodowa, min.	mg/g	650	600	550

Jako ruszt podtrzymujący złożę wykorzystano sita normatywne dobrane stosownie do wielkości frakcji ziarnowej i wynoszące odpowiednio: 1 mm, 3,5 mm, 6,3 mm. Pomiędzy sitem a węglem znajduje się warstwa żwiru o uziarnieniu zbliżonym do przeswitu oczek sita.

3. Opis i analiza badań

Oczyszczanie ścieków metodą sorpcji na węglu aktywnym ziarnistym zależy między innymi od właściwości fizyczno-chemicznych użytego węgla aktywnego, ilości i jakości zanieczyszczeń oraz parametrów przepływu [1,4,6,7]. Należy również zwrócić uwagę na odpowiednie przygotowanie oczyszczanego medium, polegające na usunięciu znacznej części ciała stałego z zawiesin, co w niniejszej pracy ma miejsce podczas koagulacji i sedymentacji w drugim węźle technologicznym.

3.1. Czas i prędkość przepływu oraz obciążenie złoża

Wyniki badań wpływu zmian wielkości frakcji ziarnowej ϕ [mm] na wartość czasu przepływu, prędkości przepływu oraz obciążenia złoża węgla aktywnego wodą i ściekami w ilości 2 dm^3 w procesie sorpcji zawarto w tablicy 3 i przedstawiono na rysunku 2 i 3.

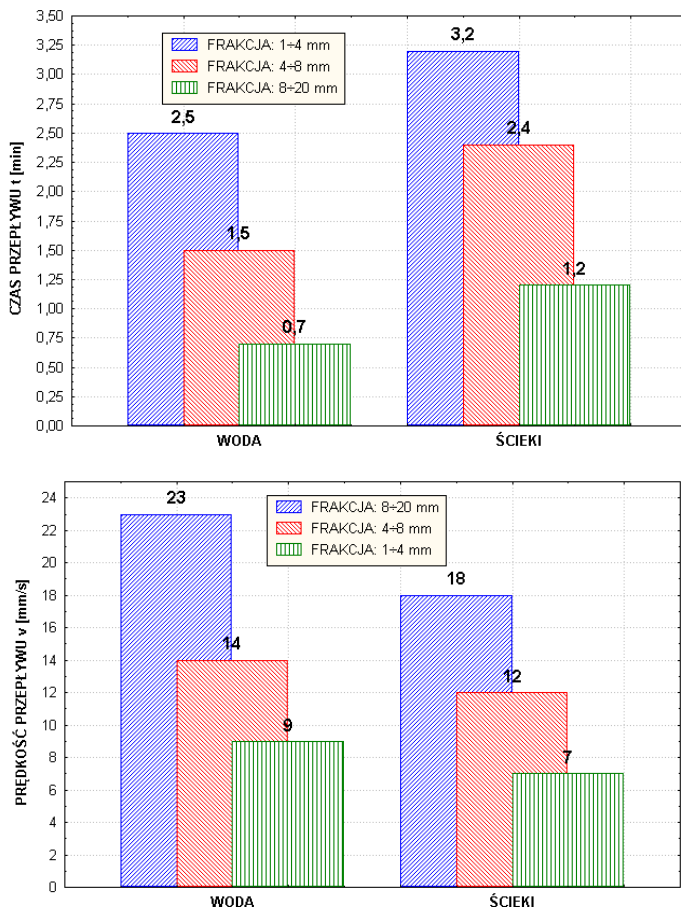
Analiza wyników badań wskazuje, że przy wzroście wielkości frakcji ziarnowej z $1\div 4$ mm do $4\div 8$ mm wartość czasu przepływu przez złożę – rysunek 1, obniża się w przypadku stosowania wody z około 2,5 min do około 0,7 min, natomiast w przypadku ścieków z 3,2 min do około 1,2 min – tablica 3.

Tabela 3. Wyniki badań wpływu zmian wielkości frakcji ziarnowej ϕ [mm] na wartość czasu przepływu t [min], prędkości przepływu v [mm/s] oraz wartość obciążenia kolumny, o wysokości $H = 1,5$ m i średnicy $f = 4,12$ cm, złoża węgla aktywnego O [$\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$] wodą oraz ściekami w ilości 2 dm^3 w procesie sorpcji

Table 3. Results of research on influence of granular fraction size ϕ [mm] on flow time t [min], flow velocity v [mm/s] and column load with height $H = 1.5$ m and diameter $f = 4.12$ cm, active carbon bed O [$\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$] with 2 dm^3 of water and wastewater during sorption process

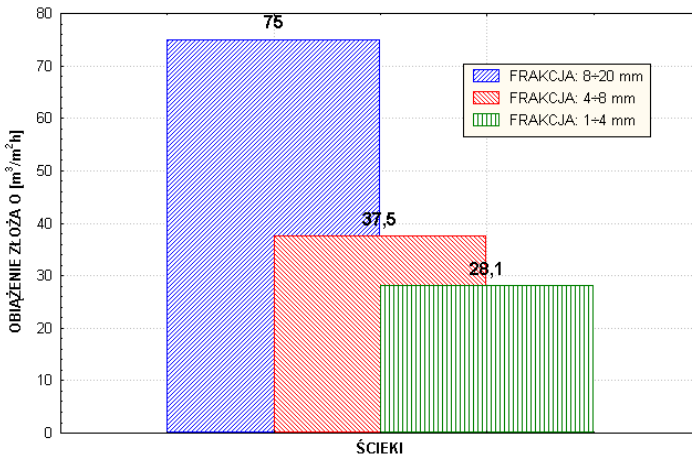
Oznac.	Sym.	Jedn.	Frakcja ϕ [mm]					
			1÷4		4÷8		8÷20	
			Woda	Ścieki	Woda	Ścieki	Woda	Ścieki
Czas	t	min	2,5	3,2	1,5	2,4	0,7	1,2
Prędkość	v	mm/s	9	7	14	12	23	18
Obciążenie	O	$\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$	-	28,1	-	37,5	-	75

Jednocześnie, co jest oczywiste, wzrasta prędkość przepływu z około 9 mm/s do około 23 mm/s w przypadku wody oraz z około 7 mm/s do około 18 mm/s w przypadku ścieków – rysunek 2. Skutkiem większej prędkości przepływu ścieków przez kolumnę sorpcyjną, spowodowanej większą średnicą ziaren węgla aktywnego, jest większa wydajność wyrażona wskaźnikiem obciążenia złoża ściekami, który wzrasta odpowiednio z około 28,1 m³/m²h do około 75 m³/m²h – rysunek 3.



Rys. 2. Diagram obniżki wartości czasu t [min] oraz prędkości przepływu v [mm/s] wody i ścieków w procesie sorpcji na złożu węgla aktywnego o różnej wielkości frakcji ziarnowej ϕ [mm]

Fig. 2. Diagram of flow time t [min] and flow velocity v [mm/s] of water and wastewater reduction during sorption process on active carbon bed with different granular fraction size ϕ [mm]



Rys 3. Diagram obniżki wartości obciążenia złoża O [m³/m²h] ściekami w procesie sorpcji na złożu węgla aktywnego o różnej wielkości frakcji ziarnowej φ [mm]

Fig. 3. Diagram of bed load O [m³/m²h] with wastewater reduction during process of sorption on active carbon bed with different granular fraction size φ [mm]

3.2. Frakcja 1÷4 mm

Wyniki badań wpływu zmian wielkości porcji ścieków na zmianę wartości podstawowych wskaźników w eluacie po procesie sorpcji na węglu aktywnym o uziarnieniu od 1 mm do 4 mm przedstawiono w tablicy 4 oraz na rysunku 4.

Analiza wyników badań wskazuje, że w rozważanym węźle technologicznym przejście porcji ścieków w ilości od 2,00 dm³ do 6,00 dm³ przez złożo węgla aktywnego ziarnistego o wielkości frakcji od 1 mm do 4 mm powoduje obniżenie wartości rozpatrywanych wskaźników takich jak: chemiczne zapotrzebowanie tlenu, biochemiczne zapotrzebowanie tlenu, zawiesina ogólna oraz ekstrakt eterowy w granicach około 46÷58%. W przypadku wskaźników: substancji rozpuszczonych oraz suchej pozostałości uzyskano niewielką obniżkę wynoszącą odpowiednio od 14% do 16%. Wartość wskaźnika odczynu uległa niewielkiemu podwyższeniu, równemu maksymalnie 1,4%.

Duża wartość wskaźnika substancji rozpuszczonych wynika ze stosowania odczynników w węzłach poprzedzających proces sorpcji tj.: flotacji i koagulacji w odmulniku Dorra – niezależnie od substancji rozpuszczonych będących bezpośrednio efektem procesu przetwórstwa ryb.

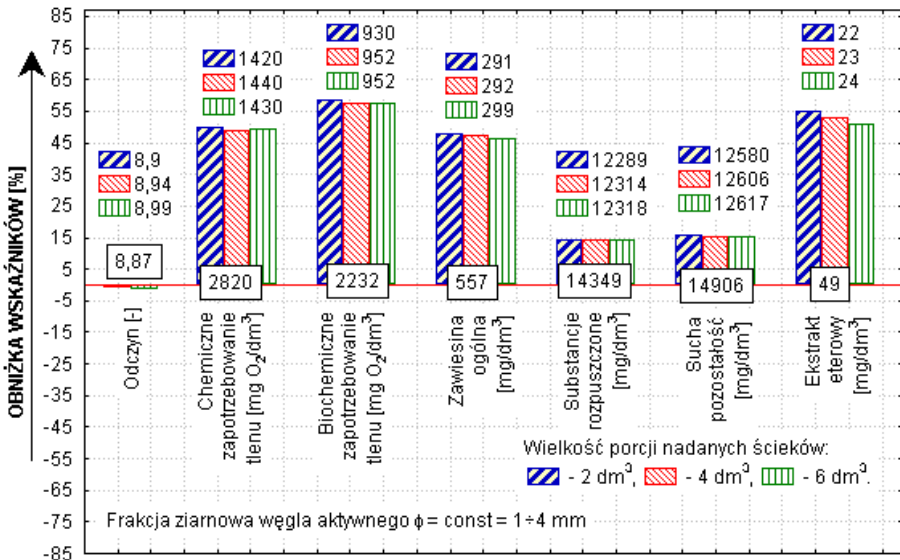
Tabela 4. Wyniki badań podczyszczania ścieków w procesie sorpcji przy różnym uziarnieniu sorbentu
Table 4. Results of research on wastewater pre-treatment using sorption process by different sorbent graining

Wskaźnik	Symbol	Jedn.	Ścieki Surowe ***	Uziarnienie węgla aktywnego ϕ [mm]									Norma *	Umowa **
				1÷4			4÷8			8÷20				
				2 dm ³	4 dm ³	6 dm ³	2 dm ³	4 dm ³	6 dm ³	2 dm ³	4 dm ³	6 dm ³		
Odczyn	pH	pH	8,87	8,90	8,94	8,99	8,83	8,89	8,92	8,86	8,92	8,98	6,5÷9,0	6,5÷9,0
Chemiczne zapotrzebowanie tlenu	ChZT	mg O ₂ /dm ³	2820	1420	1440	1430	2500	2520	2530	2700	2720	2710	150	1000
Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	2232	930	952	952	1768	1632	1632	1904	1904	1904	30	700
Zawiesina ogólna	Z _O	mg/dm ³	557	291	292	299	346	344	352	421	418	423	50	330
Substancje rozpuszczone	S _R	mg/dm ³	14349	12289	12314	12318	13266	13298	13310	13374	13376	13385	2000	1000
Sucha pozostałość	S _P	mg/dm ³	14906	12580	12606	12617	13612	13642	13662	13795	13794	13808	2050	1330
Ekstrakt eterowy	E _E	mg O ₂ /dm ³	49	22	23	24	32	34	33	42	42	43	50	50

* – Dz. U. 91.116.503 Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi [13]

** – warunki jakim powinny odpowiadać podczyszczone ścieki w zakładzie „SUPER FISH” kierowane do oczyszczalni ścieków w Grzybowie

*** – ścieki po procesie flotacji, koagulacji oraz sedymentacji grawitacyjnej – wskaźnik spełniający warunki normatywne



Rys. 4. Diagram procentowej obniżki wartości podstawowych wskaźników chemicznych po flotacji, koagulacji, sedimentacji grawitacyjnej i sorpcji w kolumnie wypełnionej węglem aktywnym ziarnistym o wielkości frakcji $\phi = 1 \div 4 \text{ mm}$ dla różnych wielkości porcji ścieków $Q \text{ [dm}^3\text{]}$ z przetwórstwa ryb

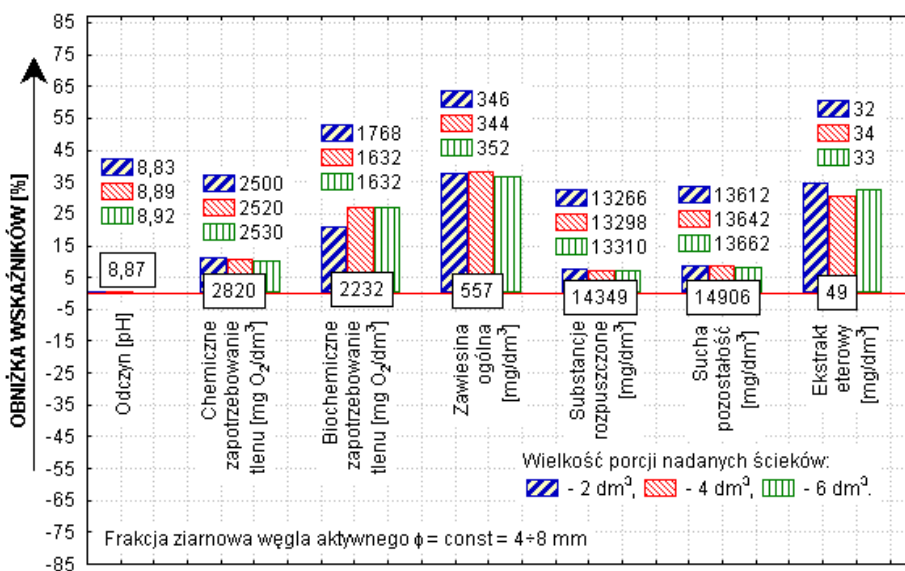
Fig. 4. Diagram of percentage reduction of basic chemical indices after flotation, coagulation, gravitational sedimentation and sorption in column filled with granular active carbon with fraction size $\phi = 1 \div 4 \text{ mm}$ for different amounts of wastewater $Q \text{ [dm}^3\text{]}$ from fish processing

Jedynym wskaźnikiem, który osiągnął normę jeszcze przed procesem sorpcji jest ekstrakt eterowy. Najniższa, a tym samym najlepsza jego wartość po procesie sorpcji została uzyskana przy użyciu węgla aktywnego ziarnistego o uziarnieniu od 1 mm do 4 mm. Wartość pozostałych wskaźników, pomimo oczyszczania w pełnym układzie technologicznym, jest znacząco przekroczone. Przykładowo, najbardziej istotny w tym węzle technologicznym wskaźnik substancji rozpuszczonych przekracza normę około 6,2 razy, natomiast warunki umowy pomiędzy zakładem „Super Fish” a oczyszczalnią ścieków w Grzybowie około 12,3 razy. Najmniej normatywnym, spośród rozpatrywanych, jest wskaźnik biochemicznego zapotrzebowania tlenu, który przekracza normę wielokrotnie, natomiast warunki umowy jedynie około 1,4 razy. Należy tu zaznaczyć, iż projekt technologiczny podczyszczalni ścieków dla Przedsiębiorstwa „Super-Fish” przewiduje łączną wysokość kolumn sorpcyjnych 4,0 m przy średnicy 1,0 m. Przyjmując maksymalne obciążenie kolumn sorpcyjnych ście-

kami w Zakładzie „Super-Fish” rzędu $22 \text{ m}^3/\text{h}$ – otrzymuje się obciążenie jednostkowe rzędu $28 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. To pozwala przewidywać, że w przypadku poprawnego prowadzenia technologii podczyszczania ścieków w procesie sorpcji w obiegu wodno-mułowym Przedsiębiorstwa „Super-Fish” – z całą pewnością osiąga się wartości normatywne odnośnie wszystkich wskaźników, z wyjątkiem biochemicznego zapotrzebowania tlenu, w przypadku którego konieczne jest wprowadzenie doczyszczania w procesie biotechnologicznym.

3.3. Frakcja 4÷8 mm

Wyniki badań wpływu zmian wielkości porcji ścieków na zmianę wartości podstawowych wskaźników w eluacie po procesie sorpcji na węglu aktywnym o uziarnieniu od 4 mm do 8 mm przedstawiono w tablicy 4 oraz na rysunku 5.



Rys. 5. Diagram procentowej obniżki wartości podstawowych wskaźników chemicznych po flotacji, koagulacji, sedimentacji grawitacyjnej i sorpcji w kolumnie wypełnionej węglem aktywnym ziarnistym o wielkości frakcji $\phi = 4\div 8 \text{ mm}$, dla różnych wielkości porcji ścieków z przetwórstwa ryb

Fig. 5. Diagram of percentage reduction of basic chemical indices after flotation, coagulation, gravitational sedimentation and sorption in column filled with granular active carbon with fraction size $\phi = 4\div 8 \text{ mm}$ for different amounts of wastewater from fish processing

Analiza wyników badań wskazuje, że w rozważanym węźle technologicznym przejście porcji ścieków w ilości od 2,00 dm³ do 6,00 dm³ przez złożę węgla aktywnego ziarnistego o wielkości frakcji od 4 mm do 8 mm powoduje obniżenie wartości rozpatrywanych wskaźników takich jak: zawiesina ogólna oraz ekstrakt eterowy w granicach około 31÷38%. Nieco mniej (około 21÷27%) uległ obniżeniu wskaźnik biochemicznego zapotrzebowania tlenu. Natomiast wskaźniki: chemicznego zapotrzebowania tlenu, substancji rozpuszczonych oraz suchej pozostałości uzyskały niewielką obniżkę wynoszącą odpowiednio od 7% do 11%. Można uznać, że wskaźnik odczynu nie uległ zmianie, ponieważ jego wartość waha się w granicach $\pm 0,5\%$. Oczywiście z czasem trwania pracy złoża będzie zmniejszać się jego pojemność sorpcyjna – stopień obniżenia tej pojemności, a co się z tym wiąże, sposób prognozowania czasu pracy kolumny sorpcyjnej, aż do konieczności jej wymiany przedstawiono w pracy [3].

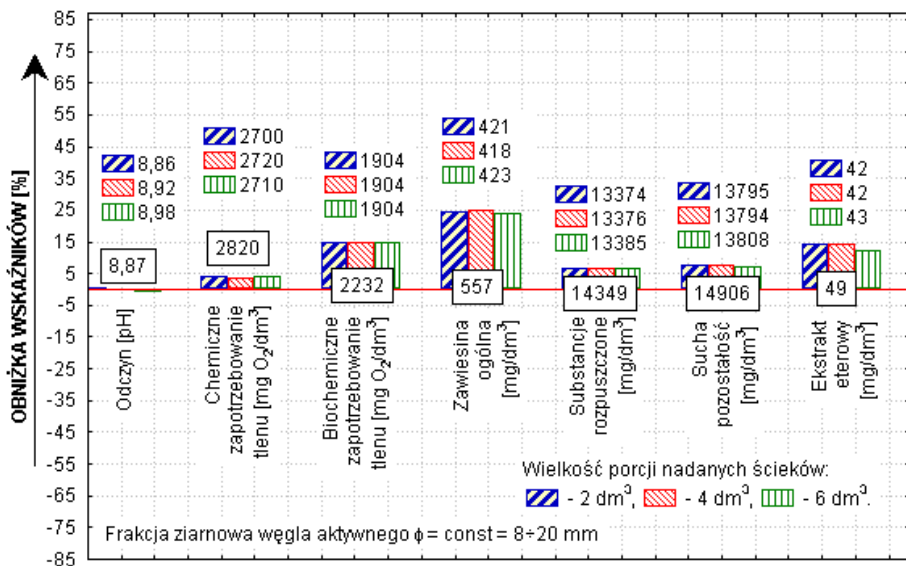
Bezwzględnie lepszy efekt jakościowy odnośnie doczyszczania ścieków pochodzących z przetwórstwa ryb uzyskano stosując kolumnę sorpcyjną wypełnioną węglem aktywnym ziarnistym o uziarnieniu od 1 mm do 4 mm.

W procesie sorpcji w niniejszym układzie technologicznym, przy użyciu węgla aktywnego ziarnistego o uziarnieniu od 4 mm do 8 mm otrzymano jeszcze większe zróżnicowanie wartości wskaźników, wynikających z normy czy też umowy oraz analiz, a niżeli stosując sorbent o uziarnieniu od 1 mm do 4 mm. Należy również zauważyć, że znacznemu pogorszeniu jakości uległ wskaźnik chemicznego zapotrzebowania tlenu.

3.4. Frakcja 8÷20 mm

Wyniki badań wpływu zmian wielkości porcji ścieków na zmianę wartości podstawowych wskaźników w eluacie po procesie sorpcji na węglu aktywnym o uziarnieniu od 8 mm do 20 mm przedstawiono w tablicy 4 oraz na rysunku 6.

Analiza wyników badań dla takiej frakcji wskazuje, że w rozważanym węźle technologicznym przejście porcji ścieków w ilości od 2,00 dm³ do 6,00 dm³ przez złożę węgla aktywnego ziarnistego, powoduje największe obniżenie wartości wskaźnika zawiesiny ogólnej o około 24÷25%. Nieco mniej (około 12÷15%) uległy obniżeniu wskaźniki: biochemicznego zapotrzebowania tlenu oraz ekstraktu eterowego. Natomiast wskaźniki: chemicznego zapotrzebowania tlenu, substancji rozpuszczonych oraz suchej pozostałości obniżyły się w niewielkim stopniu (od 4% do 7%). Wskaźnik odczynu nie uległ zmianie, jego wartość waha się w granicach $\pm 1\%$.



Rys. 6. Diagram procentowej obniżki wartości podstawowych wskaźników chemicznych po flotacji, koagulacji, sedimentacji grawitacyjnej i sorpcji w kolumnie wypełnionej węglem aktywnym ziarnistym o wielkości frakcji $\phi = 8 \div 20 \text{ mm}$ dla różnych wielkości porcji ścieków z przetwórstwa ryb

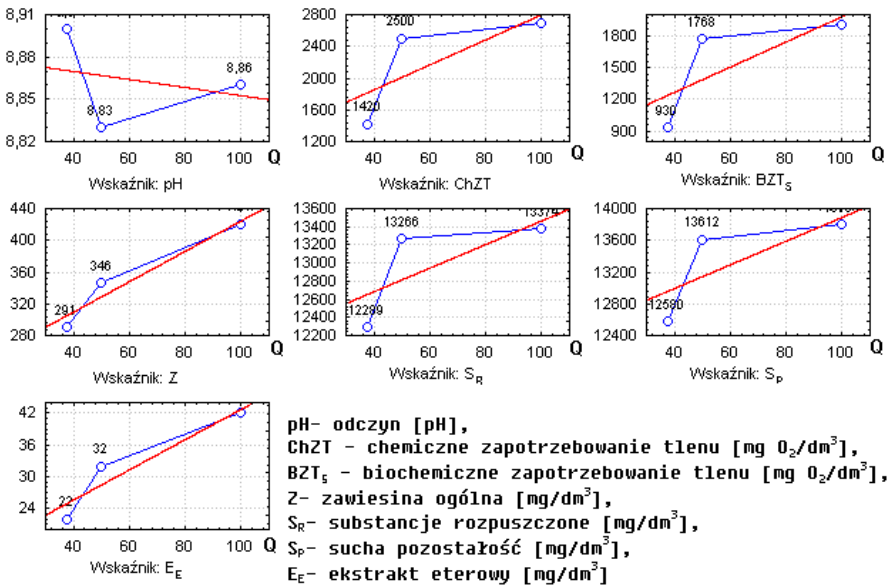
Fig. 6. Diagram of percentage reduction of basic chemical indices after flotation, coagulation, gravitational sedimentation and sorption in column filled with granular active carbon with fraction size $\phi = 8 \div 20 \text{ mm}$ for different amounts of wastewater from fish processing

Podsumowując można stwierdzić, że zdecydowanie lepszy rezultat jakościowy oczyszczania ścieków pochodzących z przetwórstwa ryb uzyskano stosując kolumnę sorpcyjną wypełnioną węglem aktywnym ziarnistym o uziarnieniu od 1 mm do 4 mm.

Stosując węgiel aktywny ziarnisty o uziarnieniu od 8 mm do 20 mm otrzymano jeszcze większe zróżnicowanie wartości wskaźników, wynikających z normy lub umowy oraz analiz, a niżeli stosując sorbent o uziarnieniu od 1 mm do 4 mm. Należy również zauważyć, że tym razem znacznemu pogorszeniu jakości uległ wskaźnik biochemicznego zapotrzebowania tlenu.

4. Określenie związku między wydajnością a jakością procesu sorpcji

Wyniki badań wpływu zmian ilości ścieków na zmianę wartości podstawowych wskaźników w eluacie po procesie sorpcji na węglu aktywnym o różnym uziarnieniu, przedstawiono w tabelicy 4 oraz na rysunku 7.



Rys. 7. Skategoryzowane wykresy zmian wartości podstawowych wskaźników chemicznych po flotacji, koagulacji, sedymentacji grawitacyjnej i sorpcji na węglu aktywnym o różnym uziarnieniu f [mm] dla różnej ilości ścieków Q [dm^3/h] z przetwórstwa ryb

Fig. 7. Categorized charts of basic chemical indices changes after flotation, coagulation, gravitational sedimentation and sorption on active carbon with different fraction size f [mm] for different amounts of wastewater Q [dm^3/h] from fish processing

Rysunek 7 przedstawia trend korelacji występującej pomiędzy jakością procesu sorpcji na węglu aktywnym ziarnistym, wyrażoną wartością podstawowych wskaźników, a wydajnością przepływu przez kolumnę ze złożem sorpcyjnym. Wszystkie rozpatrywane wskaźniki (z wyjątkiem odczynu) w badanym przedziale zmian charakteryzują się podobną co do wielkości korelacją ujemną. W miarę wzrostu wydajności procesu wyraźnemu pogorszeniu ulega jakość procesu podczyszczania.

Na podstawie analizy wykresów przedstawionych na rysunku 7 można zauważyć, że wyraźne polepszenie poziomu podczyszczenia ścieków (do 58%), można uzyskać stosując mniejsze obciążenie złoża (rzędu $28 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$), co zwi-

Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska ————— 451

zane jest bezpośrednio ze stosowaniem podczas prowadzenia procesu sorpcji węgla aktywnego ziarnistego o uziarnieniu od 1 mm do 4 mm w kolumnie o roboczej wysokości złoża równej 1,5 m. Taka sama warstwa złoża o małej granulacji ma wówczas największą powierzchnię rozwiniętą.

5. Wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań nasuwają się pewne ogólne wnioski:

- ❖ Stwierdzono, że w przypadku przepływu czystej wody przez modelową kolumnę sorpcyjną o wysokości złoża 1,5 m i średnicy 41,2 mm, wydajność jednostkowa objętościowa zwiększa się od $36 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ do $128,6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ przy zmianie uziarnienia sorbentu od średnio 2,5 mm do 14 mm. Równocześnie przepływ nadanych ścieków zwiększa się od $28,1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ do $75 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$.
- ❖ Wraz ze wzrostem wydajności (przepływu) od około $28 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ do $75 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, obniża się jakość procesu w określonym układzie kolumn, przy odpowiednim (jw.) ich wypełnieniu. Spadają wówczas wskaźniki:
 - ❑ chemicznego zapotrzebowania tlenu od 50% do 4%,
 - ❑ biochemicznego zapotrzebowania tlenu od 58% do 15%,
 - ❑ zawiesiny ogólnej od 48% do 24%,
 - ❑ substancji rozpuszczonych od 14% do 7%,
 - ❑ suchej pozostałości od 16% do 7%,
 - ❑ ekstraktu eterowego od 55% do 12%.
- ❖ Korzystając z wyników niniejszych badań, można przewidzieć, do jakiej wartości należy zwiększyć roboczą wysokość kolumny sorpcyjnej, aby przy danym obciążeniu osiągnąć wymagany efekt normatywny lub spełnienie warunków umowy. Badania potwierdzają, że przy obciążeniu $28 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ i ładunku zanieczyszczeń, jak podano w tablicy 4, odpowiednia jest kolumna wypełniona węglem aktywnym ziarnistym o uziarnieniu od 1 mm do 4 mm, której wysokość wynosi 4,0 m, natomiast średnica 1,0 m.
- ❖ Ponadto w badanym procesie sorpcji na węglu aktywnym ziarnistym w znacznym stopniu usunięto zapach oraz barwę ścieków.

Literatura

1. **Anielak A.M.:** Chemiczne i fizyko-chemiczne oczyszczanie ścieków. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 1998.
2. **Anielak A.M., Piaskowski K.:** Badania laboratoryjne oczyszczania ścieków osadem czynnym z zastosowaniem zeolitu i PIX-u, Rocznik Ochrony Środowiska, Tom 2, 2000.
3. **Bartkiewicz B., Piecuch T., Piekarski J.:** Praktyczne aspekty wydłużenia czasu pracy kolumny sorpcyjnej bez wspomagania oraz z wspomaganiem z poprzedzającym złożem filtracyjnym, Rocznik Ochrony Środowiska, Tom 2, 2000.

4. **Gawroński R.:** Procesy oczyszczania cieczy. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996.
5. **Haba A., Szopik D.:** Skuteczność oczyszczania ścieków z przetwórstwa ryb w procesach mikroflotacji i elektroflotacji. Gaz, woda i technika sanitarna 4/1994
6. **Kowal A.L., Świdorska – Bróż M.:** Oczyszczanie wody. PWN, Warszawa – Wrocław 1998.
7. **Koziorowski B.:** Oczyszczanie ścieków przemysłowych. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1980.
8. **Meinek F., Stooff H., Kohlshutter H.:** Ścieki przemysłowe. Arkady, Warszawa 1975.
9. **Piecuch T. i in.:** Badania i opracowanie koncepcji oczyszczania ścieków dla zakładu Superfish S.A. oraz Interfish Spółka z o.o., Katedra Technologii Wody, Ścieków i Odpadów Politechniki Koszalińskiej, BZ – 501.01/39.99, Koszalin 1999.
10. **Piecuch T. i in.:** Opracowanie projektu podczyszczania ścieków wg koncepcji NR BZ – 501.01/39.99 z grudnia 1999r. oraz koordynacja dostaw urządzeń i uruchomienia instalacji układu oczyszczania ścieków, Katedra Technologii Wody, Ścieków i Odpadów Politechniki Koszalińskiej, BZ – 501.01/09.2000, Koszalin 2000.
11. **Piecuch T.:** Termiczna utylizacja odpadów. Politechnika Koszalińska, Koszalin 1998.
12. **Zimińska H.:** Ścieki przemysłu rybnego – charakterystyka, oczyszczanie i wykorzystanie. Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej nr 390, Chemia XXVII, Gdańsk 1986.
13. Dz. U. 91.116.503 Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi. (Dz. U. z dnia 16 grudnia 1991).

Research On Dependence Between Efficiency And Quality Of Wastewater Treatment In The Sorption Process

Abstract

Sorption process is one of the basic processes used in water, wastewater and combustion gases treatment. In the case of wastewater or combustion gases more precisely this process is treatment to a finish, for example additional or final [11].

Sorption process is run in most cases using active carbons or recently using zeolites which find wider application [2]. It is a very good process, effective and quite convenient technologically, but it is not a cheap process, because sorptional capacity of active carbon, zeolite or other sorbent is decreasing along with the time of sorbent bed usage. It is decreasing faster, the bigger load of contami-

nants is present in a medium treated in the sorption process, especially when the treated medium is a two-phase system (solid-water or solid-gas). Then on the surface of the sorbent grains sludge (dust) coverings are forming. This phenomenon decreases working time of sorptional bed and it becomes filtration bed especially with colmatating filtration process. That is why users of sorbents for wastewater or combustion gases treatment have an optimisation dilemma, which must be a compromise between the quality of sorptional bed work and its efficiency (flow through the bed) on one hand and the costs of sorbent usage on the other.

Taking above into account it seems to be interesting to determine dependence between efficiency of sorptional bed work and quality of wastewater treatment in the sorption process. In the sense of trend this dependence may be at once described as an inverse interaction (so called negative), but this research shows the range of those values changes on the example of a concrete industrial wastewater.

Results of the research carried out allow to draw following certain general conclusions:

- It was noted that in the case of clean water flow through the model sorptional column with bed 1.5 m high and with 41.2 mm of diameter, a unit volume efficiency increases from 36 m³/m²h to 128.6 m³/m²h together with the change of sorbent granular fraction size from on average 2.5 mm to 14 mm. At the same time a unit volume efficiency of wastewater increases from 28.1 m³/m²h to 75 m³/m²h.
- Together with increase of efficiency (flow) from about 28 m³/m²h to 75 m³/m²h, decreases quality of sorption process in the defined system of columns with earlier defined filling. Values of following indices change:
 - ❑ chemical oxygen demand from 50% to 4%,
 - ❑ biochemical oxygen demand from 58% to 15%,
 - ❑ total suspension from 48% to 24%,
 - ❑ dissolved substances from 14% to 7%,
 - ❑ dry residue from 16% to 7%,
 - ❑ ether extract from 55% to 12%.
- Using results of this research it is possible to predict how big should be working height of sorptional column, to reach required standard effect or fulfilling requirements of agreement by given hydraulic load. Results of the research showed that by hydraulic load 28 m³/m²h and contaminants load given in Table 4, proper column should be filled with active carbon with granular fraction size from 1 mm to 4 mm. Bed should be 4 m high and 1 m in diameter.
- Moreover during sorption process on granular active carbon colour and odour were removed from treated wastewater in a significant degree.