

Rocznik Świętokrzyski. Ser. B – Nauki Przyr. 32: 97–112, 2011

Polska Akademia Nauk – Oddział w Krakowie, Kieleckie Towarzystwo Naukowe,  
Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska  
Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach

## Rola osadu czynnego w redukcji zanieczyszczeń nieorganicznych na przykładzie oczyszczalni ścieków w Suchedniowie

---

Role of active sludge in the reduction of inorganic pollutants  
on the example of the sewage treatment plant in Suchedniów

ANNA RABAJCZYK, ANNA GARBALA

**Summary.** Poland acceding to the European Union has been obliged to perform directive requirements of Council Decision of 91/271/EEC from 21 May 1991 concerning the urban waste water treatment (Dz. Urz. WE L 135 from 30.05.1991, p. 40–52, with further amendment; Official Journal, Polish special edition, chapter 15, volume 002, p. 26) according to terms set out in negotiations and written in the accession treaty and interim periods. Therefore a National Program of the Urban Waste Water Treatment was created (KPOŚK) according to modernizations and reconstructions of old buildings or construction of new sewage treatment plants are being led. It put emphasis for removing biodesintegrated associations in amount 95% of cargo of pollutants supplied to the sewage treatment plant what extorting applying biological processes as the fundamental element of the technological arrangement. With one of solutions constitutes active sludge which building different micro-organisms, adapted for the environment and the kind of removed substances. In mechanically-biological sewage treatment plant reactors of active sludge adapted to increased degree of removing from sewage compound of carbons, nitrogen and phosphorus are applied in Suchedniów, what the reduction in such parameters of the quality of sewages is taking place as BOD<sub>5</sub>, nitrates and phosphates thanks to.

**Keywords:** mechanical-biological wastewater treatment plant, municipal sewage, inorganic contaminants, activated sludge.

*Anna Rabajczyk, Anna Garbala, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce.*

## WPROWADZENIE

Woda zajmuje ponad 3/4 powierzchni Ziemi, z czego około 97% znajduje się w zasolonych morzach i oceanach. Zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną (RDW) Unii Europejskiej, uchwaloną przez Parlament Europejski i Radę Wspólnoty Europejskiej 23 X 2000 roku: „woda nie jest tylko towarem komercyjnym, jak inne dobra, lecz w większym stopniu dziedzictwem, które musi być chronione, bronię i traktowane podmiotowo” (Ramowa Dyrektywa Wodna 2000).

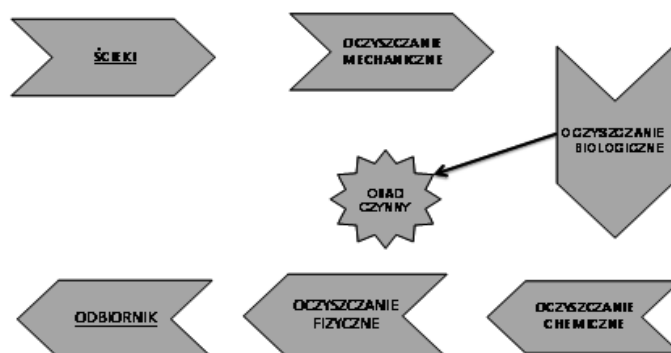
W celu ochrony istniejących zasobów niezbędne są badania stanu jakości wód. Główne zagrożenie ich stanu stanowią ścieki. Konieczna jest zatem stała kontrola składu odprowadzanych do odbiorników zanieczyszczeń ciekłych.

Z uwagi na różne pochodzenie oraz skład zanieczyszczeń ciekłych, na przykład z gospodarstw domowych i fabryk, opracowano wiele metod ich oczyszczania. Stosuje się zarówno metody mechaniczne, chemiczne, biologiczne, jak i mieszane. W zależności od rodzaju ścieków proces oczyszczania powinien być tak pomyślany, aby przy minimalnym nakładzie kosztów uzyskać najwyższy możliwy stopień ich redukcji.

Oczyszczanie ścieków składa się z zespołu procesów przebiegających po sobie. Pierwszy z nich to oczyszczanie mechaniczne, polegające na rozdrabnianiu, cedzeniu, sedymentacji i flotacji osadów. Następny etap to oczyszczanie chemiczne, które polega na przeprowadzeniu różnego typu reakcji chemicznych, na przykład utleniania, oraz procesów fizyko-chemicznych, na przykład koagulacji (Henze i in. 2002).

Końcowym etapem jest oczyszczanie biologiczne, czyli rozkład zanieczyszczeń o charakterze organicznym z wykorzystaniem mikroorganizmów w postaci na przykład tak zwanego osadu czynnego czy złoża biologicznych (Hartman 1996; Kowal, Świdarska-Bróz 2007).

Oczyszczanie biologiczne stanowi zazwyczaj kolejny stopień oczyszczania pozostałych w ściekach, po oczyszczeniu mechanicznym, rozpuszczonych związków organicznych i zawieszin nieopadających (ryc. 1). Na proces oczyszczania ścieków składa się wiele reakcji biochemicznych zachodzących przy udziale mikroorganizmów stanowiących osad. Osad czynny, inaczej aktywny, to sztucznie utrzymywany ekosystem składający się z nieożywionych elementów środowiska i biocenozy stanowiącej zespół mikroorganizmów, na który mogą składać się bakterie, grzyby mikroskopowe i pierwotniaki.



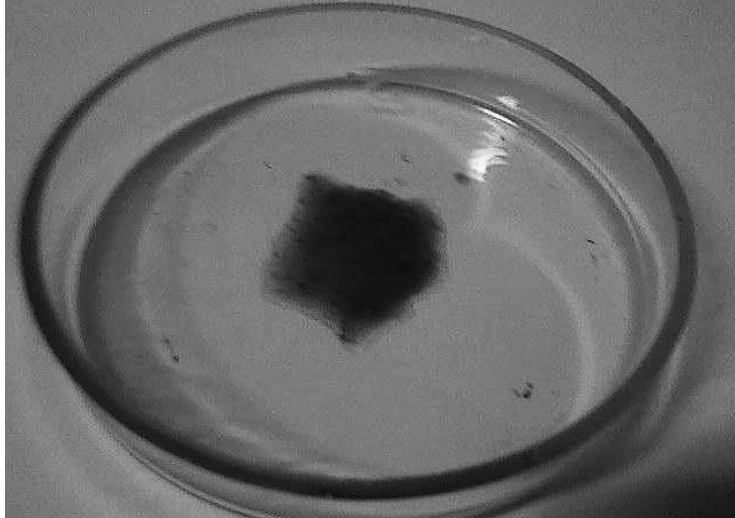
Ryc. 1. Umieszczenie biologicznego oczyszczania ścieków w procesie usuwania zanieczyszczeń z zanieczyszczeń ciekłych (opracowanie własne)

Fig. 1. Location of biological cleaning sewages in the process of scavenging of liquid pollutants (own work)

Oczyszczanie ścieków za pomocą osadu czynnego polega na wytworzeniu w objętości ścieków kłaczek o wymiarze 50–100 mm o bardzo silnie rozwiniętej powierzchni. Kłaczki zbudowane są z mineralnego jądra koloru brązowego lub beżowego, a na powierzchni w śluzowej otoczce zawierają liczne bakterie z grupy heterotrofów, np. *Acinetobacterium*, *Achromobacter*, *Aeromonas*, *Enterobacteriaceae*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* i *Zoogloea*. Na powierzchni kłaczek są absorbowane, a następnie mineralizowane w wyniku procesów metabolizmu zachodzących w mikroorganizmach zanieczyszczenia organiczne. Aby zapewnić prawidłowy przebieg procesu, kłaczki powinny być równomiernie unoszone w masie ścieków przepływającej przez komorę napowietrzania. Ze względu na charakter organizmów tworzących osad czynny metoda ta wymaga doprowadzenia tlenu jako substratu bioutleniania zanieczyszczeń organicznych. Aby zagwarantować bakteriom warunki tlenowe, stężenie tlenu rozpuszczonego w ściekach powinno wynosić  $> 0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (Hartmann 1996).

Należy jednak pamiętać, że biocenoza i abiotyczne czynniki środowiska są ze sobą nierozzerwalnie związane (Bazeli 2006; Buraczewski 1994). Czynniki oddziałujące na osad czynny są bardzo zmienne, dlatego skład organizmów aktywnego osadu nie jest stały. Ponadto zmienność osadu aktywnego często wynika z silnego współzawodnictwa między organizmami, w skutek czego w osadzie pozostają tylko gatunki silniejsze. Skład gatunkowy osadu odzwierciedla zatem warunki panujące w świecie mikroorganizmów (Salyers, Whitt 2003; Bever 1997).

Makroskopowo osad czynny ma postać zawiesiny łatwoopadającej, w której jednostką strukturalno-fizjologiczną jest kłaczek (fot. 1).



Fot. 1. Kłaczek osadu czynnego (Fot. A. Garbala, 16.01.2009)

Photo 1. Fluff of active sludge (Photo by A. Garbala, 16.01.2009)

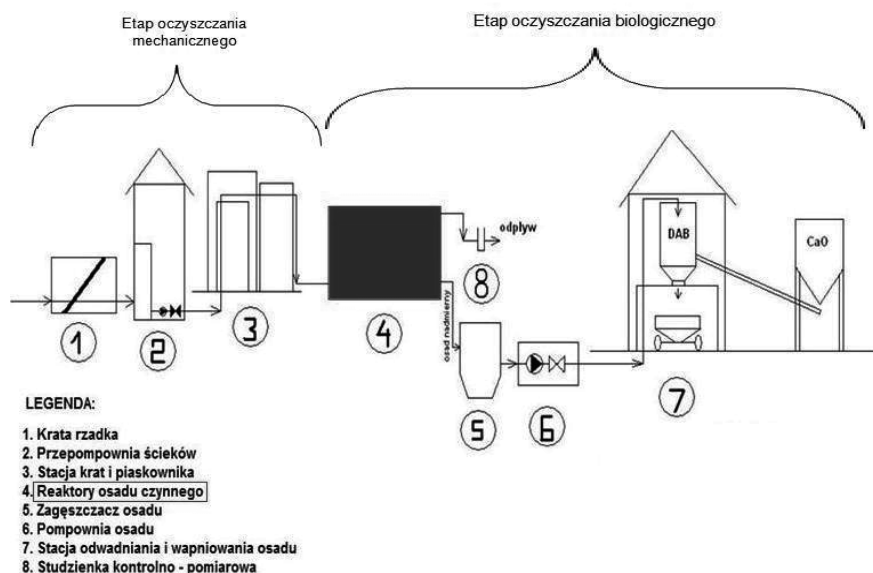
W skład kłaczka wchodzi:

- żywe drobnoustroje, głównie bakterie,
- martwe komórki,
- nierozłożone wielkie cząstki organiczne,
- części nieorganiczne (Bazeli 2006).

Mikroflora osadu (głównie bakterie) rozkłada na substancje proste (dwutlenek węgla, wodę i amoniak) związki organiczne występujące w ściekach, mikrofauna zaś, odżywiając się bakteriami, reguluje ich ilość w biocenozie. Proces oczyszczania ścieków osadem czynnym polega na wykorzystaniu przemian metabolicznych mikroorganizmów aerobowych swobodnie pływających w napowietrzonych ściekach. Oczyszczanie ścieków osadem czynnym prowadzone jest w zbiornikach zaopatrzonych w urządzenia napowietrzające i mieszające osad ze ściekami (Henze i in. 2002).

## OBSZAR BADAŃ

Oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna w Suchedniowie funkcjonuje od 1970 roku. Służy do oczyszczania ścieków dopływających do niej siecią kanalizacyjną oraz dowożonych taborem asenizacyjnym z terenu gminy. Zlokalizowana jest w granicach administracyjnych miasta, w północno-wschodniej jego części, w sporym oddaleniu od zabudowy mieszkaniowej. Usytuowano ją na prawym brzegu rzeki Kamionki, która jest odbiornikiem oczyszczonych ścieków (Świątek 1997).



Ryc. 2. Schemat oczyszczalni ścieków w Suchedniowie (opracowanie własne)

Fig. 2. Sewage treatment plant scheme in Suchedniów (own work)

W 2000 roku, po trzyletnim okresie przebudowy, oddano do eksploatacji zmodernizowaną, mechaniczno-biologiczną oczyszczalnię ścieków o przepustowości  $3020 \text{ m}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$ . W ramach modernizacji wymieniono bądź zlikwidowano szereg obiektów i urządzeń. Złoże biologiczne zastąpiono dwoma reaktorami

osadu czynnego przystosowanymi do podwyższonego stopnia usuwania ze ścieków związków węgla, azotu i fosforu (Świątek 1997).

#### METODYKA BADAŃ

Próbki ścieków pobierano dwukrotnie w kwietniu 2009 roku (pierwszy 02.04.09 r., drugi 23.04.09 r.). Każdorazowo próbki ścieków pobierane były do wcześniej przygotowanych zgodnie z normą PN-ISO 5667-10:1997, sterylnych pojemników. Pobór odbywał się w dwóch miejscach układu oczyszczalni – „na wejściu” i „na wyjściu”, tj. przed pierwszym oraz po ostatnim etapie oczyszczania ścieków. Próbki pobierano w seriach pomiarowych składających się z trzech próbek dla każdego punktu pomiarowego.

Pobrany materiał był transportowany do laboratorium Samodzielnego Zakładu Ochrony i Kształtowania Środowiska, gdzie oznaczano takie parametry, jak: pH, przewodność, zawiesina, twardość węglanowa, BZT<sub>5</sub> oraz stężenie siarczanów i azotanów. Wybrane wskaźniki jakości ścieków mają istotne znaczenie ze względu na charakter ścieków, jakie przyjmuje oczyszczalnia, a także ze względu na jakość odbiornika, do którego podczyszczony ścieki są odprowadzane. W celu oznaczenia poszczególnych parametrów jakości ścieków zastosowano następujące normy oraz metody:


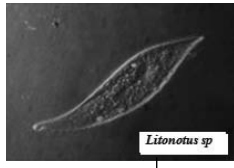
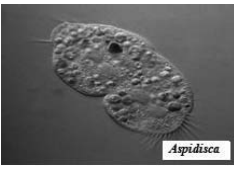

- pH – PN-90/C-0454/01,
- przewodnictwo – PN-EN 27888:1999,
- zawiesiny – PN-EN 872:2002,
- twardość – PN-91/C-04551/01,
- biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT<sub>5</sub>) w ściekach metodą manometryczną na podstawie procedury firmy WTW (z wykorzystaniem 6-stanowiskowego systemu OxiTop®),
- siarczany w zakresie 5–250 [mg•dm<sup>-3</sup>] w ściekach na podstawie procedury firmy HACH-LANGE,
- azot azotanowy w zakresie 0,1–25 [mg•dm<sup>-3</sup>] w wodzie i ściekach na podstawie procedury firmy HACH-LANGE.

Skład mikroorganizmów osadu czynnego oznaczany był w laboratorium mechaniczno-biologicznej oczyszczalni w Suchedniowie.

## WYNIKI

Tabela 1. Skład mikroorganizmów osadu czynnego z oczyszczalni ścieków w Suchedniowie (Miejska Oczyszczalnia Ścieków w Suchedniowie) (fot. A. Garbala)

Table. 1. Composition of micro-organisms of active sludge from the sewage treatment plant in Suchedniów (Municipal Sewage Treatment Plant in Suchedniowie) (Photo by A. Garbala)

Data Date	Reaktor I Reactor I	Reaktor II Reactor II	Mikroorganizmy Micro-organisms	
02.04.2009	<i>Vorticella</i> , <i>Arcella</i> , <i>Aspidisca</i> , <i>Euglypha</i> , <i>Colpidium</i> , <i>Thuricola</i> <i>folliculoma</i>	<i>Arcella</i> , <i>Aspidisca</i> , <i>Euglypha</i> , <i>Thuricola</i> <i>folliculoma</i>	 <i>Arcella</i>	 <i>Litonotus sp.</i>
23.04.2009	<i>Arcella</i> , <i>Aspidisca</i> , <i>Rotaria</i> <i>roto-</i> <i>toria</i> , <i>Euglypha</i> , <i>Vorticella</i> , <i>Cephalodella</i> , <i>Thuricola</i> <i>folliculoma</i> , <i>Nitki</i>	<i>Aspidisca</i> , <i>Arcelle</i> , <i>Thuricola</i> <i>fol-</i> <i>liculoma</i> , <i>Litonotus</i> , <i>Cuylyphe</i> , <i>Vorticella</i> , <i>Cephalodella</i> , <i>Nitki</i>	 <i>Aspidisca</i>	 <i>Thuricolla</i>

Skład mikroorganizmów osadu czynnego, ze względu na swoją zmienność, jest stale monitorowany przez laboratorium oczyszczalni w Suchedniowie. Sprawdzane są takie elementy, jak skład gatunkowy organizmów oraz kondycja osadu. Skład osadu czynnego, w którym znajdują się np. *Nitki*, może świadczyć o zmęczeniu osadu aktywnego, gdyż organizmy te tworzą się wówczas, gdy organizmy tworzące osad czynny nie radzą sobie z ilością zanieczyszczeń zawartych w ściekach. Jak wynikało jednak z wyników badań przeprowadzonych przez suchedniowskie laboratorium, ilość *Nitek* nie była duża i nie miała wpływu na efektywność oczyszczania ścieków.

Tabela 2. Wyniki badań próbek ścieków pobranych z oczyszczalni ścieków w Suchedniowie  
 Table 2. Results of samples of sewages taken from the sewage treatment plant in Suchedniów

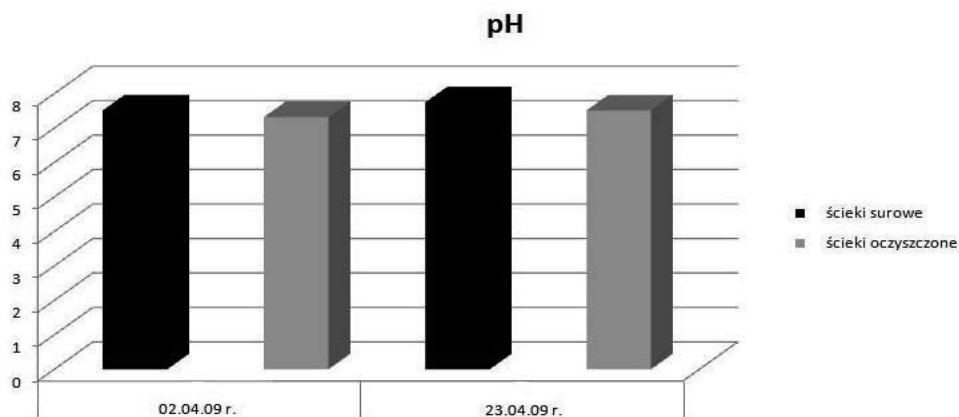
Analizowane wskaźniki <i>Analysed index</i>	Jednostka <i>Unit</i>	02.04.2009		23.04.2009	
		Ścieki surowe <i>Raw sewages</i>	Ścieki oczyszczone <i>Cleaned sewages</i>	Ścieki surowe <i>Raw sewages</i>	Ścieki oczyszczone <i>Cleaned sewages</i>
pH	–	7,51	7,32	7,74	7,51
Przewodność <i>Conduction</i>	[ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ]	940	788,5	770,3	681,5
Zawiesina <i>Suspensions</i>	[ $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ ]	0,1594	0,055	0,2832	0,1826
Węglany <i>Carbonates</i>	[°n]	16,4	11,1	15,0	10,0
Siarczany <i>Sulphates</i>	[ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ]	41,6	35,2	43,7	34,8
Azotany <i>Nitrates</i>	[ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ]	2,49	0,50	8,31	1,02
BZT <sub>5</sub> BOD <sub>5</sub>	[ $\text{mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$ ]	540,0	77,0	480,0	32,0

#### OMÓWIENIE WYNIKÓW

Monitorowanie wskaźników jakości ścieków ma istotne znaczenie ze względu na jakość wód odbiornika. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (DzU 2006, nr 713, poz. 984) jakość wprowadzanych ścieków do odbiornika nie może powodować w wodach takich zmian fizycznych, chemicznych i biologicznych, które uniemożliwiałyby prawidłowe funkcjonowanie ekosystemów wodnych i spełnienie przez wody określonych dla nich wymagań jakościowych, związanych z ich użytkowaniem wynikającym z warunków korzystania z wód regionu wodnego.

Istotnym w analizie jakości ścieków parametrem jest wskaźnik kwasowo-zasadowy, czyli pH. Wyniki analiz pobranych próbek ścieków pod względem wartości pH wskazały na lekko zasadowy odczyn roztworu (ryc. 3).



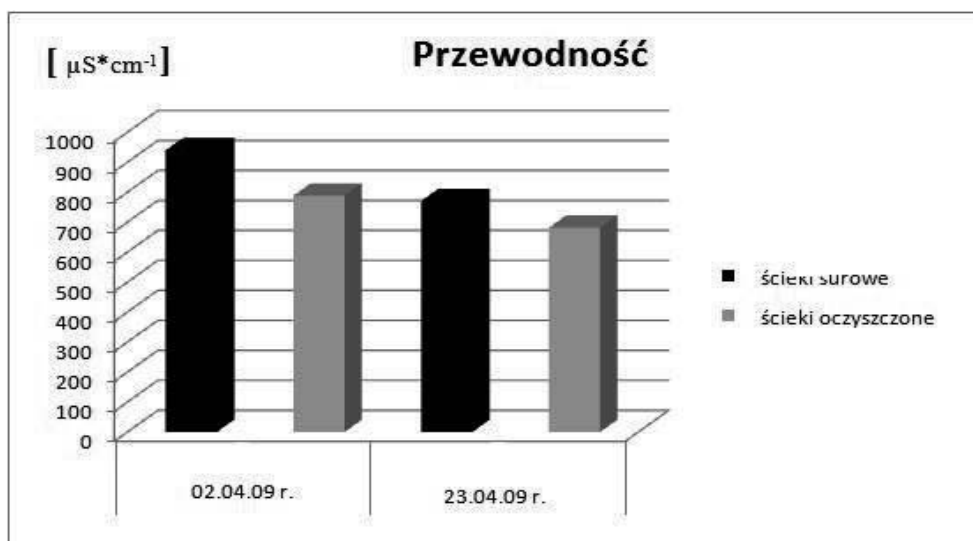


Ryc. 3. Zmiany wartości pH w próbkach ścieków surowych i po procesie oczyszczenia w poszczególnych dniach poboru

Fig. 3. Changes of the pH value in samples of raw sewages and after the cleaning process on individual conscription days

Proces oczyszczenia w niewielkim stopniu wpływa na redukcję pH. Jednak wskaźnik ten nawet bez ingerencji osadu zachowuje wartość dopuszczalną dla ścieków zrzucanych do odbiornika, która znajduje się w granicach 6,5 do 8,5.

Równie istotnym parametrem dla określenia jakości ścieków co pH jest przewodność elektrolityczna, czyli konduktywność. Parametr ten jest wyrażany w  $[\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}]$  i stanowi miarę zdolności roztworu do przewodzenia prądu elektrycznego, czyli jest miarą ilości substancji rozpuszczonych, występujących w postaci jonowej, w roztworze. Wyniki analiz pobranych próbek ścieków surowych i po procesie oczyszczania wykazały nieznaczną różnicę w oznaczonych wartościach (ryc. 4).

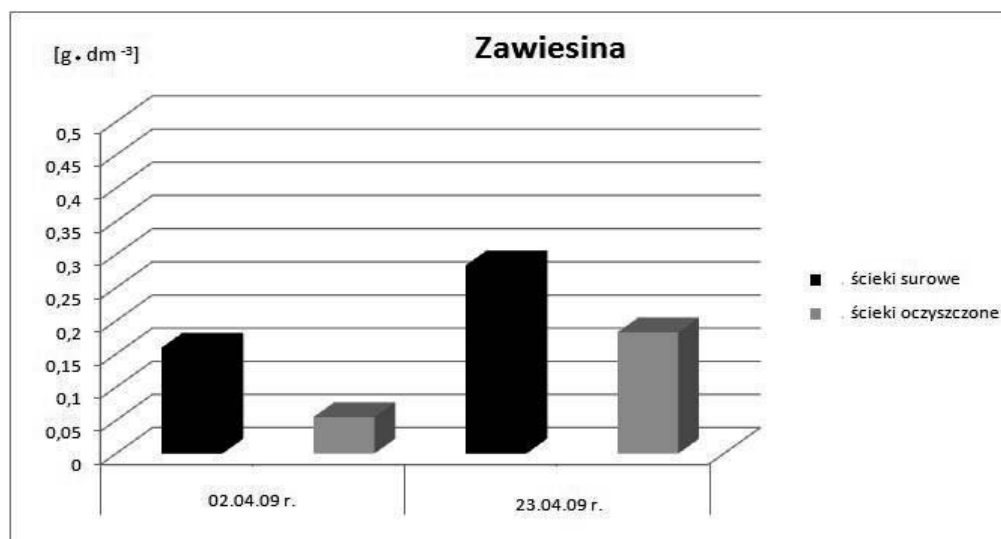


Ryc. 4. Zmiany wartości przewodności w próbkach ścieków surowych i po oczyszczeniu w poszczególnych dniach poboru

Fig. 4. Changes of the conduction value in samples of raw sewages and after the cleaning process on individual days

Zmniejszenie się ilości substancji jonowych w oczyszczanym układzie świadczy o mniejszym stopniu zanieczyszczenia roztworu substancjami łatwo przyswajalnymi przez organizmy. Redukcja związków rozpuszczonych wyniosła średnio 14%, a zatem podobnie jak w przypadku pH, osad czynny nie wpływa w znaczący sposób na zmniejszenie ilości substancji rozpuszczonych w ściekach. Jednak zarówno ścieki oczyszczone, jak i surowe mieszczą się pod względem wymagań w stosunku do przewodności elektrolitycznej w wymaganej normie, która dla ścieków oczyszczonych wynosi  $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

W ściekach, obok substancji rozpuszczonych wykazujących zdolność do przewodzenia prądu, występują również cząstki stałe, tworzące tak zwaną zawiesinę. Ścieki komunalne niosą dużą zawartość zawiesiny, która może powstawać przy pracach domowych lub być wynikiem egzystowania człowieka. Dopuszczalny poziom zawiesiny w odprowadzanych do odbiornika ściekach wynosi  $35 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ . W badanych próbkach ścieków parametr ten nie przekroczył dopuszczalnej wartości (ryc. 5).

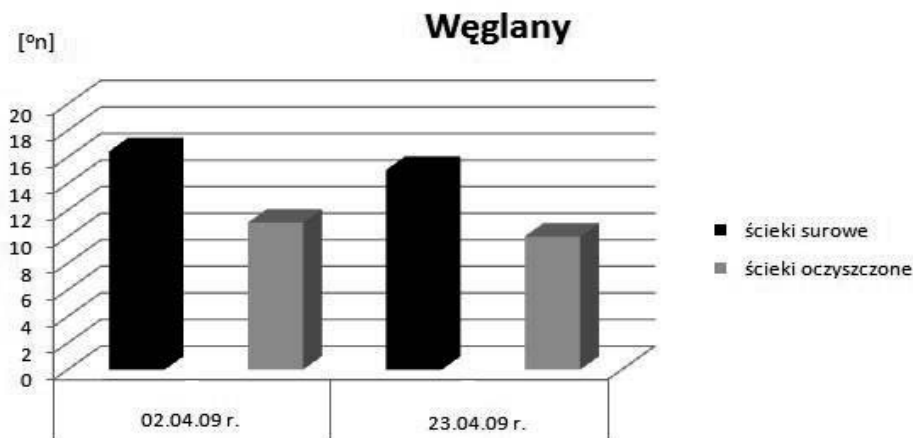


Ryc. 5. Zmiany wartości zawiesiny w próbkach ścieków surowych i po oczyszczeniu w poszczególnych dniach poboru

Fig. 5. Changes of the suspensions value in samples of raw sewages and after the cleaning process on individual days

Średni procentowy stopień redukcji zawiesiny w ściekach podczas procesu oczyszczania wynosi ok. 51%. Jednakże znaczna część cząstek zawieszonych została zatrzymana na etapie mechanicznego oczyszczania, gdzie mają zastosowanie kraty rzadkie.

Substancje zawieszone mogą pochodzić m.in. od związków trudno rozpuszczalnych, pochodzących od wapnia, żelaza oraz innych pierwiastków. Wodorowęglany wapnia  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  oraz magnezu  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , tworzące twardość węglanową, zwaną inaczej przemijającą, przy ogrzewaniu wody rozkładają się do nierozpuszczalnych węglanów tworzących kamień kotłowy. Występują one w wodzie do picia i przekazywane są później do ścieków. Twardość wyrażana jest głównie w stopniach niemieckich. Najwyższą wartość zanotowano pierwszego dnia poboru prób, to jest 02.04.2009 roku, kiedy wynosiła 16,4 °n, czyli oczyszczana woda była średnio twarda. W wyniku procesu oczyszczania z wykorzystaniem osadu czynnego nastąpiła redukcja wartości do poziomu 11,1 °n, co oznacza, że oczyszczony roztwór można określić jako 'miękki' (ryc. 6).

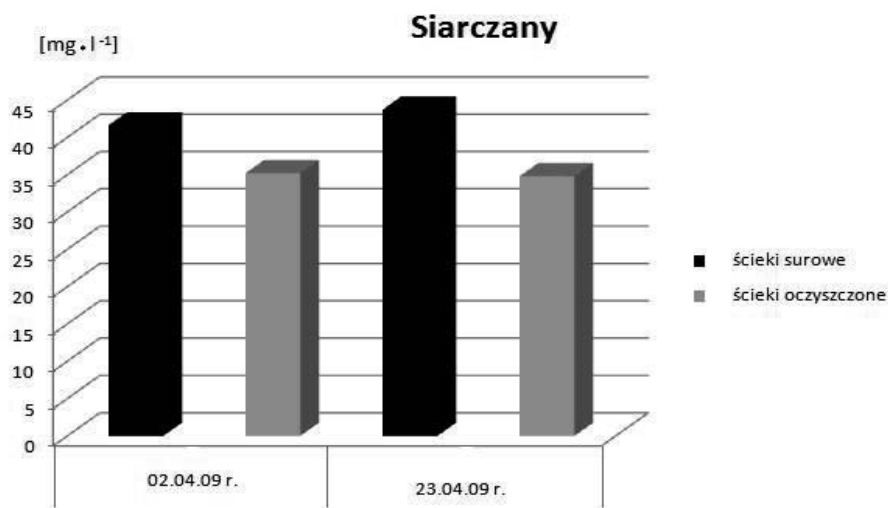


Ryc. 6. Zmiany wartości twardości węglanowej w próbkach ścieków surowych i po procesie oczyszczenia w poszczególnych dniach poboru

Fig. 6. Changes of the carbonates value in samples of raw sewages and after the cleaning process on individual days

Na podstawie otrzymanych wyników można zauważyć, że zarówno w ściekach surowych, jak i po procesie oczyszczania jakość roztworu nie odbiega od dopuszczalnych norm. Wskaźnik ten utrzymuje się w normie nawet bez udziału osadu czynnego.

Kolejnym analizowanym parametrem były siarczany(VI), których obecność może być efektem wprowadzenia do oczyszczalni, obok ścieków komunalnych, zanieczyszczeń pochodzenia przemysłowego. Dopuszczalne stężenie jonów siarczanowych wynosi  $150 \text{ mg SO}_4^{2-} \cdot \text{dm}^{-3}$  (DzU nr 115, poz. 1229, z późn. zm.), co znaczy, że zarówno ścieki surowe, jak i oczyszczone spełniają określone wymagania (ryc. 7).

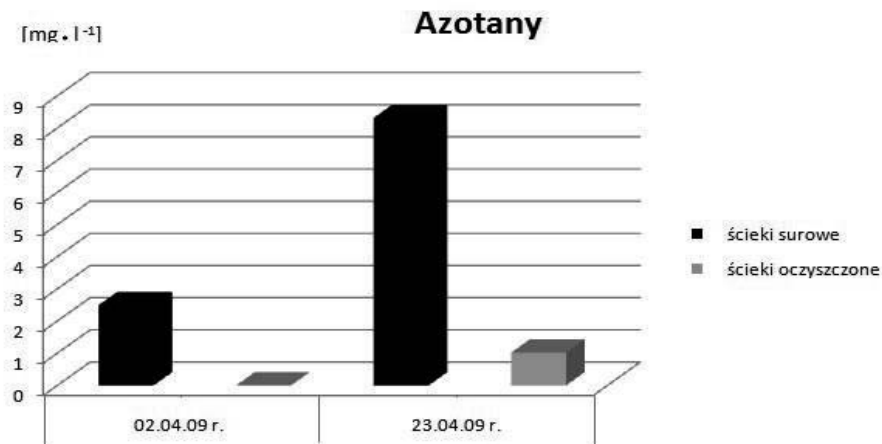


Ryc. 7. Zmiany wartości siarczanów w próbkach ścieków surowych i po oczyszczeniu w poszczególnych dniach poboru

Fig. 7. Changes of the sulphates value in samples of raw sewages and after the cleaning process on individual days

Średni stopień redukcji jonów siarczanowych w procesie oczyszczania ścieków wynosił 17,9%. Z tego wynika, że podobnie jak w przypadku twardości węglanowej, konduktywności oraz pH, proces mechaniczno-biologicznego oczyszczania charakteryzuje się niewielkim stopniem redukcji zanieczyszczeń.

Inaczej natomiast przebiega redukcja azotanów. Przeprowadzone badania wykazały bardzo duży stopień redukcji związków azotu w efekcie mechaniczno-biologicznego procesu oczyszczania (ryc. 8). Głównym źródłem azotanów są ścieki komunalne. Fekalia oraz ścieki pochodzące np. z pralni niosą ogromny ich ładunek.

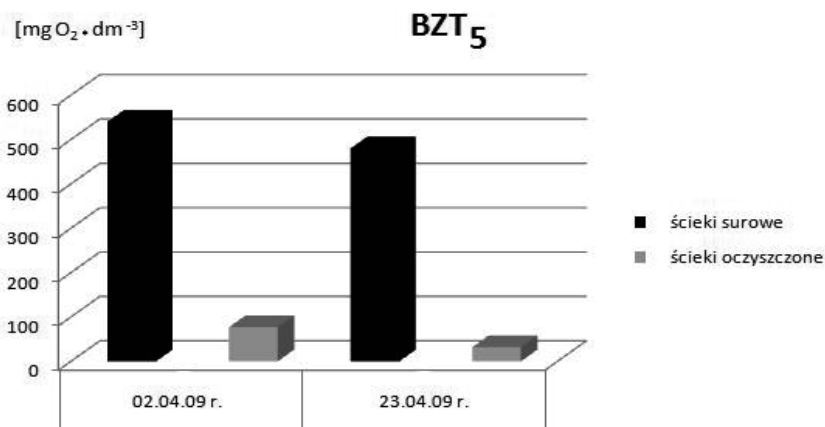


Ryc. 8. Zmiany wartości azotanów w próbkach ścieków surowych i po oczyszczeniu w poszczególnych dniach poboru

Fig. 8. Changes of the nitrates value in samples of raw sewages and after the cleaning process on individual days

Ogólny stopień redukcji tego wskaźnika wyniósł 87%. Azotany są jednym z głównych powodów eutrofizacji zbiorników wodnych, gdyż dostarczają roślinom niezbędnych substancji do szybkiego wzrostu. Dlatego ważne jest, aby ścieki oczyszczone zawierały jak najmniejszą zawartość tych jonów.

Podobny stopień redukcji jak w przypadku azotanów zanotowano dla biochemicznego zapotrzebowania na tlen oznaczanego po pięciu dobach (BZT<sub>5</sub>) (ryc. 9).



Ryc. 9. Zmiany wartości BZT<sub>5</sub> w próbkach ścieków surowych i po oczyszczeniu w poszczególnych dniach poboru

Fig. 9. Changes of the BOD<sub>5</sub> value in samples of raw sewage and after the cleaning process on individual days

W wyniku zastosowania biologicznego oczyszczania z wykorzystaniem osadu czynnego otrzymano redukcję wskaźnika BZT<sub>5</sub> o średnio 90%. BZT<sub>5</sub> to ilość tlenu wymagana do utlenienia związków organicznych przez bakterie aerobowe. Wartość tę uzyskuje się w wyniku pomiaru zużycia O<sub>2</sub> przez badaną próbkę wody lub ścieków po 5 dobach. Podobnie jak w przypadku azotanów, również i ten wskaźnik jest bardzo ważnym parametrem określającym jakość oczyszczonych ścieków. Zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z 2006 roku jego zawartość nie może przekroczyć 30 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup> w ściekach odprowadzanych do odbiornika.

#### WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że:

1. W wyniku procesu oczyszczania wszystkie analizowane parametry uległy redukcji.
2. Największy stopień redukcji odnotowano dla azotanów(V) oraz wskaźnika BZT<sub>5</sub>, średnio o wartości, odpowiednio, 88,7% oraz 89,5%.
3. Najmniejszy stopień redukcji odnotowano dla pH i przewodności, średnio o wartości, odpowiednio, 2,7% oraz 13,8%.
4. Osad czynny usuwa w znaczny sposób substancje biogenne z oczyszczanych ścieków.

5. Konieczne jest prowadzenie przez oczyszczalnię stałego monitoringu osadu czynnego zarówno pod względem składu gatunkowego, jak i jego kondycji.
6. Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia w Suchedniowie zapewnia bardzo dobrą redukcję zanieczyszczeń, co uwarunkowane jest to prawidłową kondycją osadu czynnego.
7. Wymagania Ramowej Dyrektywy Wodnej dotyczące stopnia redukcji zanieczyszczeń ze ścieków wprowadzanych do odbiornika zostały spełnione.

### Literatura

- Bazeli M., 2006. Ekologia osady czynnego. Gdańska Fundacja Wody. Gdańsk.
- Bever J., 1997. Zaawansowane metody oczyszczania ścieków: eliminacja azotu i fosforu, sedymentacja i filtracja. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO. Bydgoszcz.
- Bezak-Mazur E., 1995. Metody analizy fizyczno-chemicznych zanieczyszczeń wód. Wydawnictwo WSP. Kielce.
- Buraczewski G., 1994. Biotechnologia osadu czynnego. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- DzU 2001, nr 115, poz. 1229.
- DzU 2006, nr 713, poz. 984.
- Hartman L., 1996. Biologiczne oczyszczanie ścieków. Wydawnictwo Instalator Polski. Warszawa.
- Henze M., Harremoes P., la Cour Jansen J., Arvin E., 2002. Oczyszczanie ścieków – procesy biologiczne i chemiczne, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce.
- Kowal A.L., Świdorska-Bróz M., 2007. Oczyszczanie wody. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- PN-ISO 5667-10:1997.
- PN-90/C-0454/01.
- PN-EN 27888:1999.
- PN-EN 872:2002.
- PN-91/C-04551/01.
- Szcześniak M., 2005. Skuteczność oczyszczania ścieków w zmodernizowanej oczyszczalni dla miasta Suchedniów. Kraków.
- Ramowa Dyrektywa Wodna, 2000. Bruksela.
- Salysers A.A., Whitt D.D., 2003. Mikrobiologia. Arkady. Warszawa.
- Świątek A.M., 1997. Ocena oddziaływania na środowisko modernizacji i rozbudowy miejskiej oczyszczalni ścieków w Suchedniowie. Referat Ochrony Środowiska Miasta Krakowa. Kraków.