

# **Efektywność usuwania substancji tłuszczowych w układzie oczyszczania ścieków miejskich**

*Adam Boguski  
Politechnika Koszalińska*

## **1. Wstęp**

Tłuszcze pełnią wiele ważnych funkcji w żywych organizmach [1-3], ale są również przyczyną niekorzystnych zjawisk w środowisku przyrodniczym oraz w układach oczyszczania ścieków.

W układach oczyszczania ścieków miejskich przyjęto pewne kanony. Zakłada się, że substancje tłuszczowe i olejowe w dużym stopniu usuwane są przy pomocy procesów fizycznych realizowanych w mechanicznym stopniu oczyszczania [4]. Natomiast pozostała ilość tłuszczów i olejów ulega degradacji w urządzeniach biologicznego stopnia oczyszczania.

W rzeczywistości skuteczność usuwania tłuszczów i olejów ze ścieków w urządzeniach stopnia mechanicznego jest niewystarczająca. Jest to spowodowane między innymi tym, że znaczna ilość tego typu substancji dopływa do oczyszczalni w formie emulsji i przedostaje się do biologicznej części oczyszczalni [5]. Ponadto należy zwrócić uwagę, że w urządzeniach mechanicznego stopnia oczyszczania następuje tylko wydzielenie tłuszczów i olejów ze ścieków, zaś ich bezpieczna utylizacja jest w praktyce kłopotliwa i najczęściej wymaga zastosowania procesów biologicznych lub chemicznych.

Dla skutecznej biodegradacji substancji tłuszczowych wymagany jest długi czas reakcji lub wysoka temperatura, zapewniająca szybką hydrolizę lipidów [5]. Parametry pracy klasycznych urządzeń osadu czynnego, stanowiących stopień oczyszczania biologicznego w większości miejskich oczyszczalni, nie spełniają tych wymogów. Dlatego istnieje prawdopodobieństwo, że substancje tłuszczowe i olejowe nie ulegają biodegradacji lub ulegają tylko częściowej biodegradacji w klasycznych układach oczyszczania ścieków miejskich, co

może powodować odprowadzanie znacznych ilości tego typu substancji do odbiorników ścieków oczyszczonych.

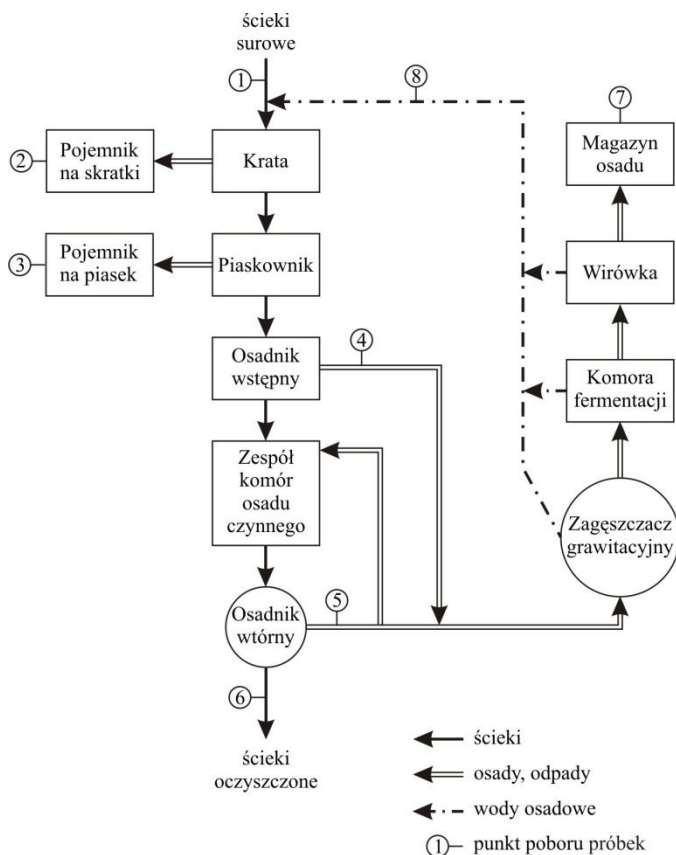
Odplywające z oczyszczalni substancje tłuszczowe i olejowe tworzą cienką, przezroczystą błonę na powierzchni wody i roślin wodnych, która ogranicza wymianę gazów, zakłócając tym samym funkcjonowanie ekosystemów wodnych [6]. W przypadku odprowadzania ścieków do ziemi następuje kolmatacja porów glebowych i znaczne ograniczenie aktywności mikroorganizmów aerobowych.

Oprócz negatywnego wpływu na odbiorniki ścieków, dopływające w strumieniu ścieków surowych tłuszcze i oleje są powodem zakłóceń technologicznych i problemów eksploatacyjnych w oczyszczalniach ścieków. Poważny problem stanowi osad pływający w komorach osadu czynnego. Ustalono, że osad pływający powstaje między innymi na skutek dopływu do komór tłuszczów, które sprzyjają rozwojowi niektórych rodzajów bakterii nitkowatych, np. *Actinomyces* (*Nocardia*), *Microthrix parvicella* [6-8]. Jednocześnie wiadomo, że niektóre bakterie, np. *Nostocoida limicola*, wytwarzają lipidy i inne substancje hydrofobowe na powierzchni swoich komórek, co sprzyja tworzeniu się osadu pływającego [8]. Nieco innym problemem jest występowanie osadu pływającego na powierzchni zwierciadła ścieków w osadnikach wtórnych. Jest to związane z przedostawaniem się osadu pływającego z komór osadu czynnego, ale również z tzw. biologiczną deemulgacją. Emulgatory ulegają biodegradacji w komorach osadu czynnego [9] i w efekcie następuje wypływanie na powierzchnię zwierciadła ścieków w osadniku wtórnym tłuszczów i olejów, które wcześniej występowały w formie emulsji. Ponadto odpływające ze stopnia biologicznego substancje tłuszczowe i olejowe przyczyniają się do kolmatacji filtrów, wymiennaczy jonowych oraz pogorszenia pracy innych urządzeń stosowanych w dalszych stopniach oczyszczania ścieków.

W obowiązujących w Polsce przepisach dotyczących odprowadzania ścieków do środowiska [10] określono dopuszczalne stężenie substancji ekstrahujących się eterem naftowych ( $50 \text{ mg/dm}^3$ ), ale wartość ta dotyczy ścieków przemysłowych. Rutynowo kontrolowanym wskaźnikiem w oczyszczonych ściekach miejskich jest  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$ . Wskaźnik ten oprócz innych związków organicznych wyraża również zawartość tłuszczów i olejów. W większości miejskich oczyszczalni ścieków wartość  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  ścieków oczyszczonych nie przekracza dopuszczalnych wartości, dlatego problemowi tłuszczów w strumieniu ścieków miejskich poświęca się zbyt mało uwagi.

## 2. Cel, zakres i metodyka badań

Celem przeprowadzonych badań było określenie skuteczności usuwania tłuszczów i olejów w miejskiej oczyszczalni ścieków. Na rys. 1 przedstawiono uproszczony schemat technologiczny analizowanej oczyszczalni wraz z punktami poboru próbek do badań.



**Rys. 1.** Uproszczony schemat technologiczny analizowanej oczyszczalni  
**Fig. 1.** Simplified flow chart of the analysed sewage treatment plant

Badania prowadzono w miejskiej oczyszczalni o średnim przepływie ścieków  $26000 \text{ m}^3/\text{d}$ . Przeprowadzono 7 serii badań. W każdej serii badań oszacowano dobowe ładunki zanieczyszczeń tłuszczowych i olejowych w strumieniu ścieków surowych i oczyszczonych oraz w odpadach i osadach powstających w procesie oczyszczania ścieków. Ładunki w strumieniu ścieków suro-

wych i oczyszczonych określano na podstawie uśrednianych próbek całodobowych, ładunki w strumieniu osadów na podstawie trzech próbek pobieranych z każdego analizowanego strumienia osadów, a ładunki w odpadach na podstawie przygotowanych prób reprezentatywnych. Ładunki substancji tłuszczowych i olejowych w wodach osadowych określano na podstawie pojedynczych próbek pobieranych w czasie odprowadzania wód nadosadowych z zagęszczaczy i otwartej komory fermentacji (WKFo) oraz odcieków z wirówek.

Zawartość substancji tłuszczowych i olejowych określano metodą półmikroekstrakcji w aparacie Soxhleta z wykorzystaniem eteru naftowego.

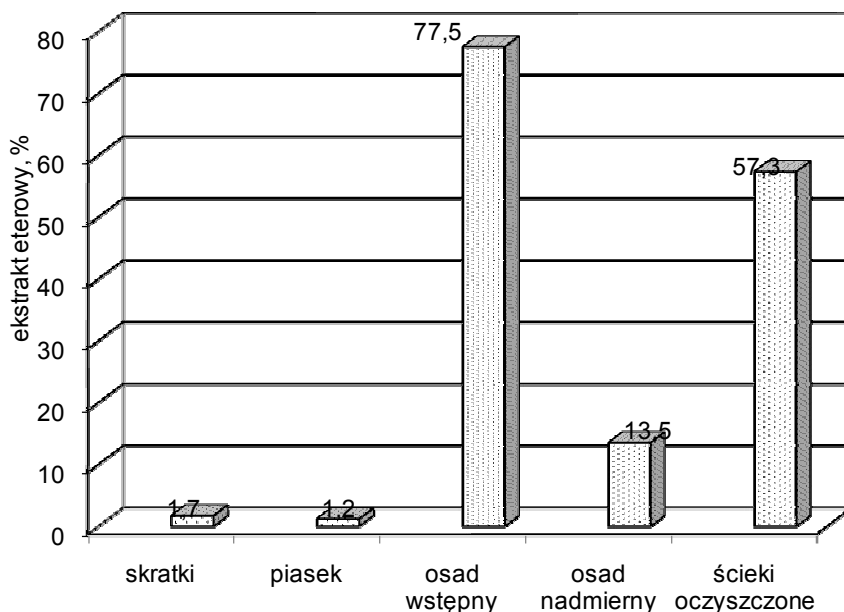
### 3. Omówienie wyników badań

Analizując wyniki przeprowadzonych badań (tab. 1, rys. 2) można stwierdzić, że średnia efektywność usuwania substancji tłuszczowych i olejowych ze ścieków wynosiła 42,7%. Największy ładunek wspomnianych substancji był usuwany wraz z osadem wstępnym. Znaczące, aczkolwiek mniejsze, ilości substancji tłuszczowych i olejowych były usuwane w strumieniu osadu nadmiernego. Natomiast wraz ze skratkami i piaskiem usuwano niewielkie ładunki tłuszczów i olejów, w porównaniu do strumieni osadowych. Uzyskane wyniki wskazują, że dobowe ładunki substancji tłuszczowych i olejowych zawarte w odpadach i osadach oraz w oczyszczonych ściekach łącznie przewyższały o około 50% dobowy ładunek tych substancji zawarty w strumieniu ścieków surowych. Wynika to z faktu, że do ciągu ściekowego zawracane są wody osadowe niosące znaczny ładunek substancji tłuszczowych i olejowych.

**Tabela 1.** Dobowy ładunek substancji ekstrahujących się eterem naftowym

**Table 1.** Day loadings of substances extractable with petroleum ether

Rodzaj medium	Dobowy ładunek substancji ekstrahujących się eterem naftowym, kg/d			
	średni	minimum	maksimum	odchyl. stand.
ścieki surowe	2204,56	1335,89	5198,83	1345,31
skratki	37,53	6,02	69,04	20,46
piasek	27,01	3,02	44,92	15,63
osad wstępny	1708,80	1478,90	1987,80	168,13
osad nadmierny	298,12	156,26	439,98	89,69
ścieki oczyszczone	1262,26	370,55	4618,25	1509,82
osad odwodniony	369,06	297,20	436,50	53,39
wody osadowe	1005,54	679,40	1502,80	279,26



**Rys. 2.** Procentowy udział substancji ekstrahujących się eterem naftowym w odpadach wydzielanych ze ścieków oraz w ściekach oczyszczonych w odniesieniu do zawartości w strumieniu ścieków surowych

**Fig. 2.** Percentage share of substances extractable with petroleum ether in wastes separated from sewage and treated sewage in relation to their content of raw sewage

Porównanie średnich wartości dobowych ładunków tłuszczów i olejów wprowadzanych z osadem wstępnym i osadem nadmiernym do urządzeń gospodarki osadowej ze średnimi dobowymi ładunkami w osadzie odwodnionym oraz w wodach osadowych wskazuje na znaczący ubytek tłuszczów i olejów (31,5%) w trakcie przeróbki osadu (tab. 1, rys 3). Prawdopodobnie ubytek ten był wynikiem mikrobiologicznego rozkładu w komorze fermentacji. Jednocześnie widać, że 50% dobowej ilości substancji tłuszczowych i olejowych doprowadzanych do ciągu osadowego powraca do ciągu ściekowego wraz z wodami osadowymi.

Bilans zanieczyszczeń tłuszczowych (tab. 2, rys. 3) wskazuje, że w ciągu ściekowym nie następuje biodegradacja tłuszczów i olejów. Różnica między średnimi ładunkami substancji tłuszczowych i olejowych doprowadzanych i odprowadzanych z układu wynosiła 3,9% jest to wartość mniejsza od dopuszczalnego błędu stosowanej metody analitycznej, dlatego można uznać, że ładunki analizowanych substancji w zestawionych strumieniach ścieków, odpa-

dów i osadów bilansują się. Większość bakterii ma zdolności rozkładu tłuszczów i olejów [11], jednak słaba rozpuszczalność tych substancji w temperaturze otoczenia ogranicza szybkość ich rozkładu [5,6].

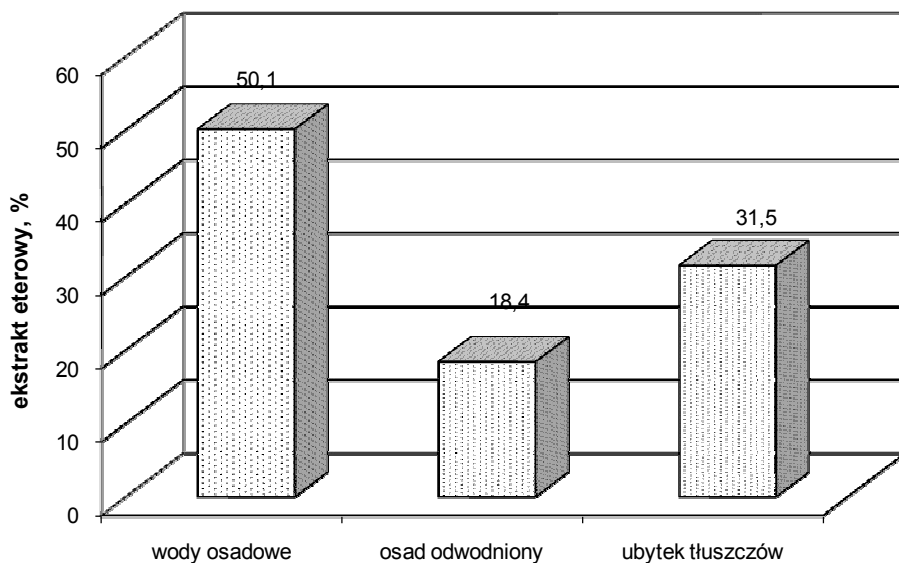
Wykazany brak skutecznego rozkładu analizowanych substancji w biologicznej części oczyszczalni można tłumaczyć tym, że czas biodegradacji tłuszczów i olejów przez mikroorganizmy osadu czynnego jest dłuższy od czasu hydraulicznego zatrzymania mieszaniny ścieków i osadu czynnego w biologicznym stopniu oczyszczania. Prawdopodobnie zachodzi tylko sorpcja tłuszczów i olejów na kłaczkach osadu czynnego i ich usunięcie w strumieniu osadu nadmiernego, podobnie jak w przypadku biologicznie nierozkładalnych, nierozpuszczonych związków organicznych [12]. Efektywną biosorpcję lipidów przy znikomej ich degradacji odnotowano podczas badań nad oczyszczaniem emulsji mlecznej w procesie beztlenowego osadu granulowanego [13].

**Tabela 2.** Bilans substancji ekstrahujących się eterem naftowym wprowadzanych i usuwanych z ciągu ściekowego

**Table 2.** Balance of substances extractable with petroleum ether introduced and removed from sewage treatment line

Dopływ		Usunięcie/odpływ	
Ścieki/wody os.	Ładunek, kg/d	Ścieki/odpady	Ładunek, kg/d
ścieki surowe	2204,56	skratki	37,53
wody osadowe	1005,54	piasek	27,01
		osad wstępny	1708,80
		osad nadmierny	298,12
		ścieki oczyszczone	1262,26
Suma	3210,10	Suma	3333,72

Podsumowując uzyskane wyniki można stwierdzić, że zmniejszenie zawartości substancji tłuszczowych i olejowych w oczyszczonych ściekach odprowadzanych z miejskich oczyszczalni można realizować poprzez usuwanie tego typu substancji z wód osadowych recykulowanych do ciągu ściekowego.



**Rys. 3.** Alokacja i rozkład substancji ekstrahujących się eterem naftowym w urządzeniach gospodarki osadowej wyrażone w odniesieniu do zawartości w strumieniu osadów mieszanych (wstępny i nadmierny)

**Fig. 3.** Allocation and decay of substances extractable with petroleum ether in sludge treatment line in relation to the content in mixed sludge stream (preliminary and surplus sludge)

Od dawna stosuje się sposób zmniejszania ilości tłuszczów i olejów w ściekach miejskich poprzez ich usuwanie „u źródła”, przed wprowadzeniem ścieków do kanalizacji miejskiej [14]. Jest to rozwiązanie słuszne, ale w praktyce często nie zapewnia skutecznej eliminacji wspomnianych substancji ze względu na ograniczoną sprawność odtłuszczaczy i odolejaczy stosowanych w zakładach przemysłowych odprowadzających znaczne ilości tłuszczów i olejów, między innymi w formie zemulgowanej. Ponadto ze względów sanitarnych kłopotliwa jest eksploatacja odtłuszczaczy w obiektach gastronomicznych i dlatego często nie stosuje się takich urządzeń w restauracjach, małych jadalniach i tym podobnych obiektach. Natomiast ograniczenie ilości tłuszczów i olejów wprowadzanych do kanalizacji z gospodarstw domowych jest praktycznie nierealne. Dlatego istnieje potrzeba analizy układów stosowanych do oczyszczania ścieków miejskich pod względem możliwości zwiększenia efektywności usuwania substancji tłuszczowych i olejowych.

#### 4. Wnioski

1. Efektywność usuwania substancji tłuszczowych i olejowych ze ścieków w analizowanej miejskiej oczyszczalni o klasycznym układzie technologicznym wynosi około 40%,
2. Największe ładunki tłuszczów i olejów są usuwane wraz z osadem wstępnym i nadmiernym,
3. Około 50% usuwanych wraz z osadami tłuszczów i olejów powraca do ciągu ściekowego wraz z wodami osadowymi,
4. Degradacja substancji tłuszczowych zachodzi w komorze fermentacji a nie w ciągu ściekowym.

#### Literatura

1. **Gomółka E., Szaynok A.:** *Chemia wody i powietrza*. Wydanie IV. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 1997.
2. **Czerwiński W.:** *Fizjologia roślin*. Wydanie piąte, PWN, Warszawa 1981.
3. **Ewy Z.:** *Zarys fizjologii zwierząt*. Wydanie piąte, PWN. Warszawa 1980.
4. **Cywiński B., Gdula S., Kempa E., Kurbiel J., Ploszański H.:** *Oczyszczanie ścieków miejskich. Podstawy technologiczne i projektowanie oczyszczalni*. tom 1. Arkady. Warszawa 1972.
5. **Becker P., Köster D., Popov M. N., Markossian S., Antranikian G., Märkl H.:** *The biodegradation of olive oil and the treatment of lipid-rich wool scouring wastewater under aerobic thermophilic conditions*. Water Research, 33, (3): 653-660, 1999.
6. *Wastewater Engineering. Treatment and Reuse*. Fourth Edition, Metcalf & Eddy, International Edition, Boston 2003.
7. **Frigon D., Guthrie R. M., Bachman G. T., Royer J., Bailey B., Raskin L.:** *Long-term analysis of a full-scale activated sludge wastewater treatment system exhibiting seasonal biological foaming*. Water Research, 40, (5): 990-1008, 2006.
8. **Lemmer H.:** *Przyczyny powstawania i zwalczania osadu spęczniałego*. Cykl monografii ATV. Wydawnictwo Seidel-Przywecki. Szczecin 2000.
9. **Mohan P. K., Nakhla G., Yanful E. K.:** *Biokinetics of biodegradation of surfactants under aerobic, anoxic and anaerobic conditions*. Water Research, 40, (3): 533-540, 2006.
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U. Nr 137 poz. 984.
11. **Mudryk Z.:** *Mikroflora bakteryjna*. Rozdział w pracy zbiorowej „*Jezioro Gardno*”. Pomorska Akademia Pedagogiczna w Słupsku. Słupsk, 65-68, 2003.
12. **Szetela R., Dymaczewski Z.:** *Modyfikacja obecnej postaci modelu osadu czynnego ASM 2d*. Ochrona Środowiska, 1(84): 3-8, 2002.



13. **Putruy R., Lettinga G.:** *Digestion of a milk-fat emulsion*. Bioresource Technology, 61, (2): 141-149, 1997.
14. **Koziorowski B.:** *Oczyszczanie ścieków przemysłowych*. WNT. Warszawa 1980.

## **Efficiency of Grease Substances Removal in a Municipal Sewage Treatment Plant**

### **Abstract**

Development of civilization brought about the excessive amounts of grease in certain places, like in case of other compounds essential in biosphere, what is the reason of disadvantageous phenomena in natural environment. The significant source of grease substances is wastewater. The wastewater treatment standards worked out in the past do not assure the appropriate protection of wastewater receivers from excessive inflow of grease substances. Regarding this fact more attention should be paid to lipids removal in municipal sewage treatment plants, although Polish regulations do not force such action. Apart from influencing wastewater receivers fats and oils contained in raw wastewater stream cause technological disturbances and operational problems in the treatment plants. One of the most serious problems in activated sludge systems is rising sludge.

For determination of grease and oil removal efficiency the mentioned substances content was analysed in raw and treated sewage streams, wastes and sludges from municipal sewage treatment plant with classical technological system. Grease and oil concentration was determined by Soxhlet extraction with petroleum ether.

Obtained results show that average grease substances removal was 42.7%. The biggest loading of the substances was removed with primary sludge. Significant, but lower amounts of grease and oil were removed in waste activated sludge stream. More-over 31.3% loss of grease and oil was found during the sludge treatment. Probably it was the effect of microbiological degradation in the digestion tank. It was also found that 50% of day loading of grease substances, introduced to sludge treatment line was returned with sludge waters to raw sewage inflow. The balance of obtained results shows there is no grease and oil degradation in wastewater treatment line. Too short hydraulic retention time of wastewater and activated sludge mixing in biological stage may be the reason. Probably only sorption of grease and oil on activated sludge flocks occurs and removal in waste activated sludge stream. Partial degradation occurs in sludge treatment facilities. Analyses carried out show the possibility of decrease of grease and oil substances content in municipal sewage treatment plant effluents through removal of that substances from sludge waters returning to sewage treatment line.

