

SYLWIA MYSZOGRAJ *

**BILANS ChZT W BIOLOGICZNYM OCZYSZCZANIU
ŚCIEKÓW OSADEM CZYNNYM
- CZ. II. BADANIA W SKALI TECHNICZNEJ**

Streszczenie

W artykule sporządzono bilans ChZT dla układu technologicznego oczyszczalni ścieków w Sulechowie. Podstawy teoretyczne bilansowania oraz przykładowe obliczenia bilansów ChZT na podstawie badań przeprowadzonych w skali laboratoryjnej opisano w pracy "Bilans ChZT w biologicznym oczyszczaniu ścieków osadem czynnym - cz. I - skala laboratoryjna".

Słowa kluczowe: bilans ChZT, osad czynny, strata węgla organicznego

WPROWADZENIE

Podstawowym problemem w zastosowaniu teorii osadu czynnego w modelach matematycznych jest brak parametru, który jednoznacznie określa udział masy organicznej w ściekach i biomase osadu czynnego. Najczęściej stosuje się specyficzne wskaźniki jakości substratu jak ChZT, BZT₅, OWO lub sucha masa organiczna (s.m.o.). ChZT i s.m.o. są miarą całkowitej ilości substancji organicznej, a BZT₅ najczęściej opisuje się jako biodegradowalną część związków organicznych. Szacunkowo biodegradowalność możemy ocenić, przez wyznaczenie ilorazu ChZT/BZT₅.

W wielu przypadkach takie, raczej ogólne informacje o materii organicznej zawartej w ściekach są niewystarczające co wymusza bardziej dokładną ich charakterystykę.

Szczegółowa charakterystyka substancji organicznych w ściekach, może zostać osiągnięta, przez określenie frakcji ChZT. Jedną z frakcji ChZT jest aktywnym składnikiem w przemianach biochemicznych: jest to m.in. biomasa mikroorganizmów. Inne frakcje są m.in. substratem dla tej biomasy. Wśród nich wyróżnia się substraty łatwo biodegradowalne oraz te, które hydrolizują powoli.

* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska

Pozostała część materii organicznej jest niebiodegradowalna (inertna). Takie frakcjonowanie ChZT ścieków jest powszechnie stosowane w modelowaniu procesów biochemicznych zachodzących w procesie oczyszczania ścieków osadem czynnym oraz procesów beztlenowych.

Bezpośrednie korzyści, jakie wynikają ze stosowania ChZT w porównaniu z oznaczeniem BZT₅ to m.in. [Myszograj 2005]:

- oznaczanie ChZT trwa maksymalnie 2-3 godziny, a nie 5 dni jak to ma miejsce w przypadku BZT₅;
- metoda oznaczania ChZT oparta jest na reakcji chemicznej, przez co eliminuje się wpływ zmienności biologicznej na wynik końcowy (związanej np. z liczebnością biomasy na początku testu BZT₅);
- wynik pomiaru ChZT jest niezależny od obecności w ściekach substancji toksycznych i inhibitorów dla procesów biologicznych, które wpływają na wartość oznaczoną przez BZT₅;
- nie ma interferencji utleniania azotu amonowego na wynik ChZT, w przeciwieństwie do oznaczenia BZT;
- oznaczenie ChZT (z możliwością podziału na frakcje) uwzględnia związki biologicznie rozkładalne, jak również substancje organiczne trudno lub nierozkładalne.

Sporządzenie bilansu ChZT wymaga wyczerpujących informacji dotyczących m.in.:

- danych technologicznych (ilość ścieków, objętość bioreaktorów, stopień recyrkulacji, ilości odprowadzanych osadów do przeróbki itp.);
- zmian w bioreaktorach wartości ChZT i stężenia związków azotu;
- zawartości suchej masy organicznej (s.m.o.) oraz ustalenia wartości ilorazu ChZT i s.m.o. w osadzie czynnym.

Podstawą sporządzenia bilansu jest ustalenie ładunku ChZT doprowadzanego do komór osadu czynnego i ładunku ChZT odprowadzanego ze ściekami oczyszczonymi oraz uwzględnienie składowych takich jak:

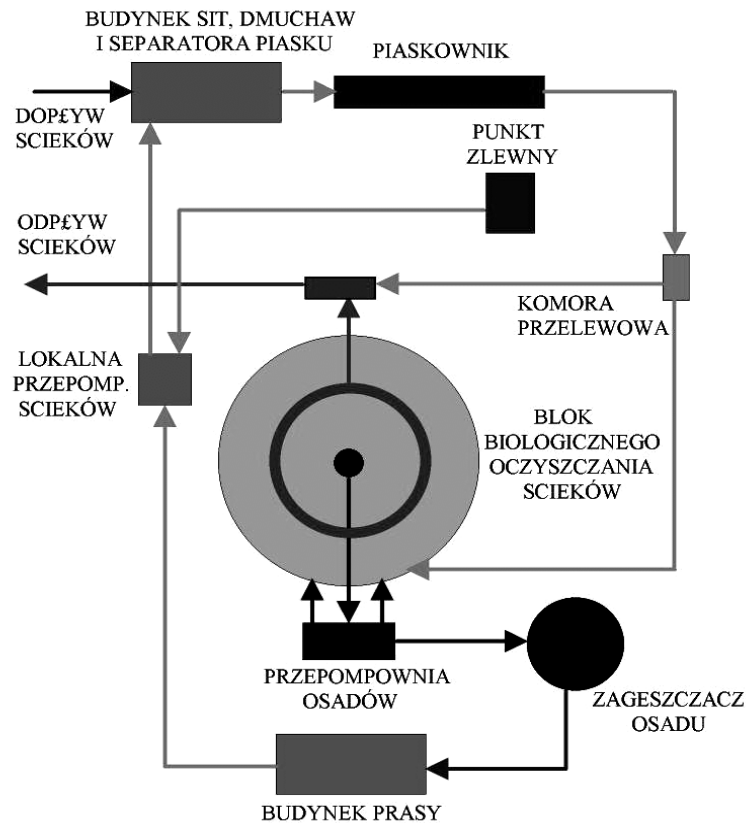
- ładunek ChZT utleniony w procesie biologicznego oczyszczania ścieków (ilościowo opisany liczbą elektronów odłączonych od substratów organicznych (odwodowanie) i przyłączonych do akceptora);
- ładunek ChZT zawarty w cząstkach organicznych zaadsorbowanych na kłaczkach osadu czynnego oraz zasymilowany przez biomasę osadu czynnego podczas syntezy komórkowej i następnie odprowadzony z osadem nadmiernym.

OBIEKT BADAWCZY

Badania przeprowadzono w mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków dla miasta Sulechów o przepustowości $Q_{sd} = 6450 \text{ m}^3/\text{d}$, pracującej w oparciu o technologię niskoobciążonego osadu czynnego.

Ścieki surowe oczyszczane są mechanicznie na sitach gęstych oraz w przedmuchiwanym piaskowniku podłużnym. Wyflotowane ciała pływające i tłuszcze są zgarniane do komory zbiorczej tłuszczu i ciał pływających. W komorze napowietrzania symultanicznie zachodzą procesy nityfikacji, denityfikacji oraz chemicznej defosfatacji. Ścieki oczyszczone odpływają do odbiornika.

Częściowo tlenowo ustabilizowany osad nadmierny zagęszczany jest grawitacyjnie, a następnie odwadniany na prasie komorowej. Odwodniony osad wykorzystywany jest na plantacjach wierzby energetycznej.



Rys. 1. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Sulechowie
Fig. 1. Wastewater Treatment Plant (WWTP) in Sulechów

Średni dobowy dopływ ścieków surowych do oczyszczalni w okresie pomiarów wynosił od 2654 do 2822 m³/d. W układzie technologicznym pobrano próbki ścieków, cieczy osadowych i osadów w celu oznaczenia w nich wartości ChZT, stężenia związków azotu i stężenia suchej masy organicznej. Ustalono także ilość odprowadzanych osadów nadmiernych, cieczy osadowych oraz stopnie recykulacji zewnętrznej i wewnętrznej. Na podstawie projektu technicznego oczyszczalni przyjęto parametry technologiczne, np. objętości reaktorów niezbędne do sporządzenia bilansu ChZT.

BILANS ChZT

Bilans ilościowy oraz bilans ładunków ChZT w układzie technologicznym oczyszczalni ścieków w Sulechowie przedstawiono na rys. 2. Objętość oddzielonych skratek, piasku i tłuszczy uwzględniono wyłącznie w bilansie ilościowym oczyszczalni.

W okresie badań ChZT ścieków dopływających do oczyszczalni wynosiło od 840 mg O₂/dm³ do 1056 mg O₂/dm³, a w ściekach oczyszczonych od 68 mg O₂/dm³ do 112 mg O₂/dm³. Wartość ChZT charakteryzująca substancje organiczne rozpuszczone w ściekach surowych wynosiła około 248 mg O₂/dm³ dla frakcji biodegradowalnych i 20 mg O₂/dm³ dla frakcji inertej. Uzyskany efekt zmniejszenia ChZT całkowitego po części mechanicznej był spowodowany oddzieleniem zawiesiny na sitach. Ładunek zanieczyszczeń organicznych, wyrażonych w ChZT, w ściekach oczyszczonych odprowadzanych do odbiornika, wynosił około 7,5% ładunku doprowadzanego.

Stężenie azotu całkowitego w ściekach surowych wynosiło od 70,18 mg N/dm³ do 74,48 mg N/dm³, około 50% azotu całkowitego stanowił azot amonowy. Uzyskane efekty usuwania azotu całkowitego wynosiły od 85,7% do 87,4%, co odpowiadało stężeniom azotu całkowitego w ściekach oczyszczonych od 10,06 mg N/dm³ do 9,41 mg N/dm³, w tym około 40% to azot azotanowy, a 20% azot amonowy.

Wyznaczone wartości niezbędne do zbilansowania ChZT wynoszą (procedurę wyznaczania poszczególnych parametrów opisano w cz. I):

- ładunek ChZT w ściekach doprowadzonych do części biologicznej z uwzględnieniem ładunku ChZT zawracanego z wodami nadosadowymi:

$$\dot{L}_{\text{ChZT(dopl)}} = 1888,00 \text{ kgChZT/d}$$

- ładunek azotanów ulegający denitryfikacji

$$\dot{L}_{\text{DNanox.}} = \dot{L}_{\text{DN}} = 239,00 \text{ kgN/d}$$

- całkowity ładunek ChZT zużywany w analizowanym układzie technologicznym:

$$\mathbb{L}_{\text{ChZT}} = \mathbb{L}_{\text{ChZT(DN)}} + \mathbb{L}_{\text{ChZT(tlen)}} = (683,7 + 86,0) = 769,70 \text{ kgChZT/d}$$

- ładunek ChZT odprowadzany z osadem nadmiernym

$$\mathbb{L}_{\text{ChZT(ON)}} = 923,50 \text{ kgChZT/d}$$

- ładunek ChZT odprowadzany ze ściekami oczyszczonymi

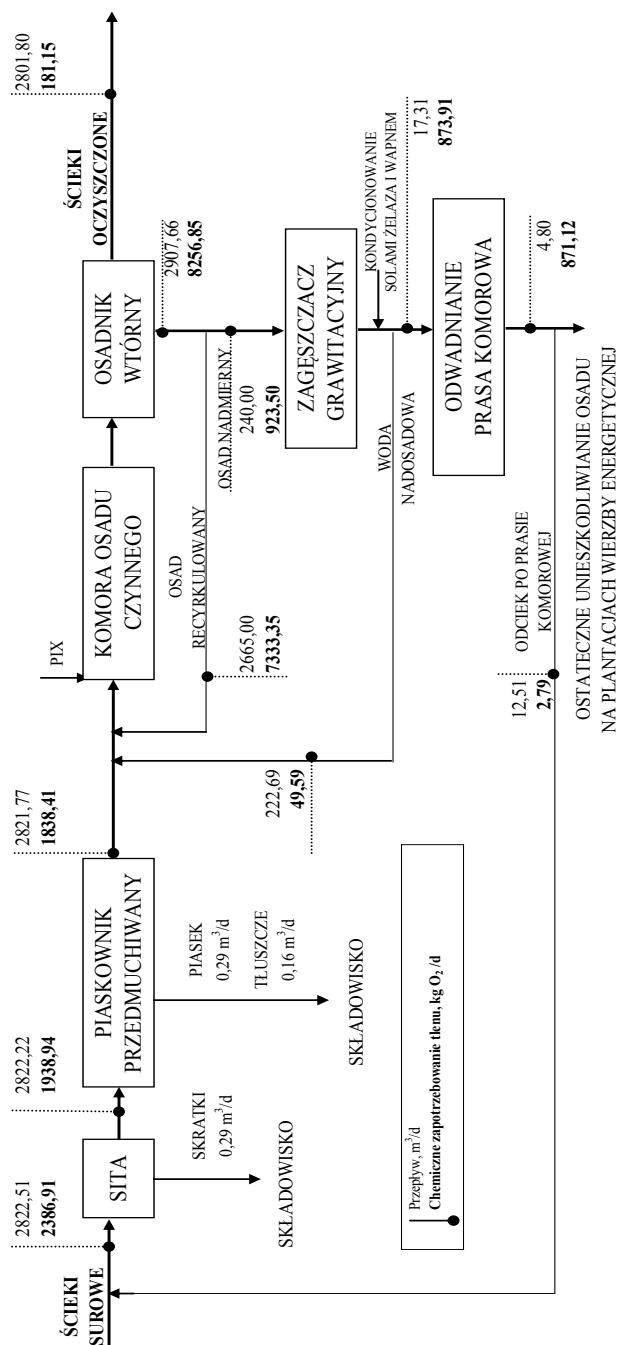
$$\mathbb{L}_{\text{ChZT(odp)}} = 181,15 \text{ kgChZT/d}$$

- całkowity ładunek ChZT odprowadzony z układu

$$\mathbb{L}_{\text{ChZT(odpr)}} = (769,70 + 923,50 + 181,15) \text{ kgChZT/d} = 1874,35 \text{ kgChZT/d}$$

Ładunek ChZT odprowadzony z układu porównano z ładunkiem ChZT doprowadzonym ze ściekami do części biologicznej, zgodnie z równaniem:

$$\% \text{ChZT} = \left(\frac{\mathbb{L}_{\text{ChZT(odpr)}}}{\mathbb{L}_{\text{ChZT(dop)}}} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{1874,35}{1888,00} \right) \cdot 100\% = 99\%$$



Rys. 2. Bilans ładunków ChZT w oczyszczalni ścieków w Sulechowie
 Fig. 2. Balance of COD for WWTP in Sulechów

WNIOSKI

Bilanse ChZT i związków azotu dla systemów osadu czynnego są wykorzystywane w większości modeli do ich kalibracji. Złożoność zachodzących procesów w warunkach beztlenowo / anoksydacyjno / tlenowych sprawia jednak problemy z ustaleniem składników, które powinny być bilansowane.

W analizowanym układzie technologicznym oczyszczalni ścieków w Sulechowie całkowity ładunek ChZT odpowiadający zużyciu związków organicznych w procesie denitryfikacji oraz mineralizacji przez bakterie heterotroficzne, ładunek ChZT odprowadzony z osadem nadmiernym i ściekami oczyszczonymi był równoważny ładunkowi ChZT doprowadzonemu do części biologicznej (bilans 99%). Symultaniczne prowadzenie procesów sprzyja oczyszczaniu ścieków bez powstawania wydzielonych stref beztlenowych, które zwiększałyby niekontrolowany ubytek lotnych związków organicznych (mierzony stratą ChZT).

Ilościowe ujęcie strat ChZT, które powstają w bilansowaniu układów osadu czynnego jest obecnie przedmiotem wielu badań. Bez względu na przyczynę powstawania straty ChZT w układach osadu czynnego, zjawisko to ma znaczny wpływ na zmniejszenie kosztów napowietrzania i produkcję osadów nadmiernych.

W związku z tym potwierdzenie właściwej teorii ubytku ChZT w procesach biologicznego oczyszczania ścieków, pozwoliłoby tak projektować i optymalizować systemy, aby straty te były jak największe, co w konsekwencji zmniejszy koszty eksploatacyjne.

LITERATURA

1. BARKER P.S., DOLD P.L.: *COD and nitrogen mass balances in activated sludge systems*, Water Research, vol. 29, No. 2, 1995
2. HENZE M., GUJER W., MINO T., MATSUO T., WENTZEL M.C., MARRAIS G.R.: *Activated sludge model No. 2*. IAWQ, Scientific and Technical Report No. 3, 1995
3. HENZE M., GUJER W., MINO T., MATSUO T., WENTZEL M., MARRAIS G.R., VAN LOOSDRECHT M.C.M.: *Activated sludge model No. 2d*. IAWQ, 1999
4. HUANG J.S., TSAI C.C., CHOU H.H., TING W.H.: *Simulation modeling for nitrogen removal and experimental estimation of mass fractions of microbial groups in single-sludge system*, Chemosphere 62, 61–70, 2006
5. HU Z., WENTZEL M.C., EKAMA G.A.: *Modelling biological nutrient removal activated sludge systems-a review*, Water Research 37, 2003
6. JANOSZ-RAJCZYK M.: *Wybrane procesy jednostkowe w inżynierii środowiska*, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, 2004

7. MYSZOGRAJ S.: *ChZT i BZT₅ – miarą biodegradowalności substancji organicznej*, Ekotechnika, 2005
8. MYSZOGRAJ S.: *Bilans azotu w procesie oczyszczania ścieków osadem czynnym*, Oczyszczanie ścieków i przeróbka osadów ściekowych. T. 4 Zielona Góra, 2010
9. MYSZOGRAJ S.: *Bilans ChZT w ocenie procesu osadu czynnego. Zaawansowane technologie biologicznego oczyszczania ścieków komunalnych*, Konferencja naukowo-techniczna Zegrze, 2010
10. NOWAK O., FRANZ A., SVARDAL K., MÜLLER V., KÜHN V.: *Parameter estimation for activated sludge models with the help of mass balances*, Water Science Technology, vol. 39, No 4, 1999
11. WENTZEL M.C., EKAMA G.A., DOLD P.L., MARAIS G.: *Biological excess phosphorus removal -steady state process design*, Water SA, 16, 1990

COD BALANCE IN BIOLOGICAL TREATMENT OF WASTEWATER - PART II - TECHNICAL SCALE

S u m m a r y

In this article the balance of COD for wastewater treatment plant in Sulechów was prepared. The theoretical bases of COD balancing and the example calculations were in the work "COD balance in biological treatment of wastewater - part I - laboratory scale" described.

Key words: balance of COD, "loss" organic carbon, activated sewage sludge