



# Efektywność energetyczna procesów usuwania związków biogenych ze ścieków

Autor: Dr inż. Michał Preisner, Dr Marzena Smol

Afiliacja: IGSMiE PAN

Zagadnienia Surowców Energetycznych i Energii w Gospodarce Krajowej  
13–16 październik 2019, Zakopane



Oczyszczanie ścieków, polegające na usuwaniu zanieczyszczeń i osadów oraz substancji chemicznych rozpuszczonych, koloidów i zawiesin, wymaga zastosowania energochłonnych oraz kosztownych technologii. W zależności od warunków gospodarczych danego kraju, koszty energii elektrycznej stanowią jeden z trzech podstawowych czynników kształtujących jednostkowy koszt usuwania zanieczyszczeń ze ścieków.

Zapewnienie odpowiedniej jakości ścieków oczyszczanych wymaga stworzenia optymalnych warunków do przebiegu procesów biologicznych mających na celu redukcję ładunków biogenych (związków azotu i fosforu) w ściekach odprowadzanych do odbiorników. Utrzymywanie odpowiednich warunków tlenowych powoduje konieczność ciągłego prowadzenia procesów napowietrzania w bioreaktorach, co przyczynia się do konsumpcji blisko 3/4 energii elektrycznej dostarczanej do oczyszczalni ścieków. W celu zmniejszenia kosztów zużywanej energii elektrycznej, oczyszczalnie ścieków na coraz szerszą skalę wykorzystują energię z biogazu powstającego w strefie anaerobowej bioreaktorów lub z komór fermentacyjnych osadów ściekowych. Ponadto prowadzone są działania mające na celu umożliwienie odzysku cennego fosforu, którego obecność w ściekach oczyszczonych szczególnie w postaci mineralnej determinuje ich wpływ na rozwój procesu eutrofizacji wód.

W pracy dokonano analizy kosztów eksploatacyjnych różnych technologii oczyszczania ścieków, która pozwala na dobór technologii o niższym zużyciu energii i jednocześnie zapewnia minimalny ładunek substancji biogenych w ściekach oczyszczonych.

Słowa kluczowe: oczyszczanie ścieków, fosfor, azot, związki biogenne, efektywność energetyczna



# Eutrofizacja wód

Eutrofizacja to rodzaj wtórnego zanieczyszczenia wód powierzchniowych związanego z akumulacją nadmiaru substancji organicznej produkowanej przez glony, prowadzący do negatywnych skutków:

- ekologicznych
- ekonomicznych
- zdrowotnych
- społecznych



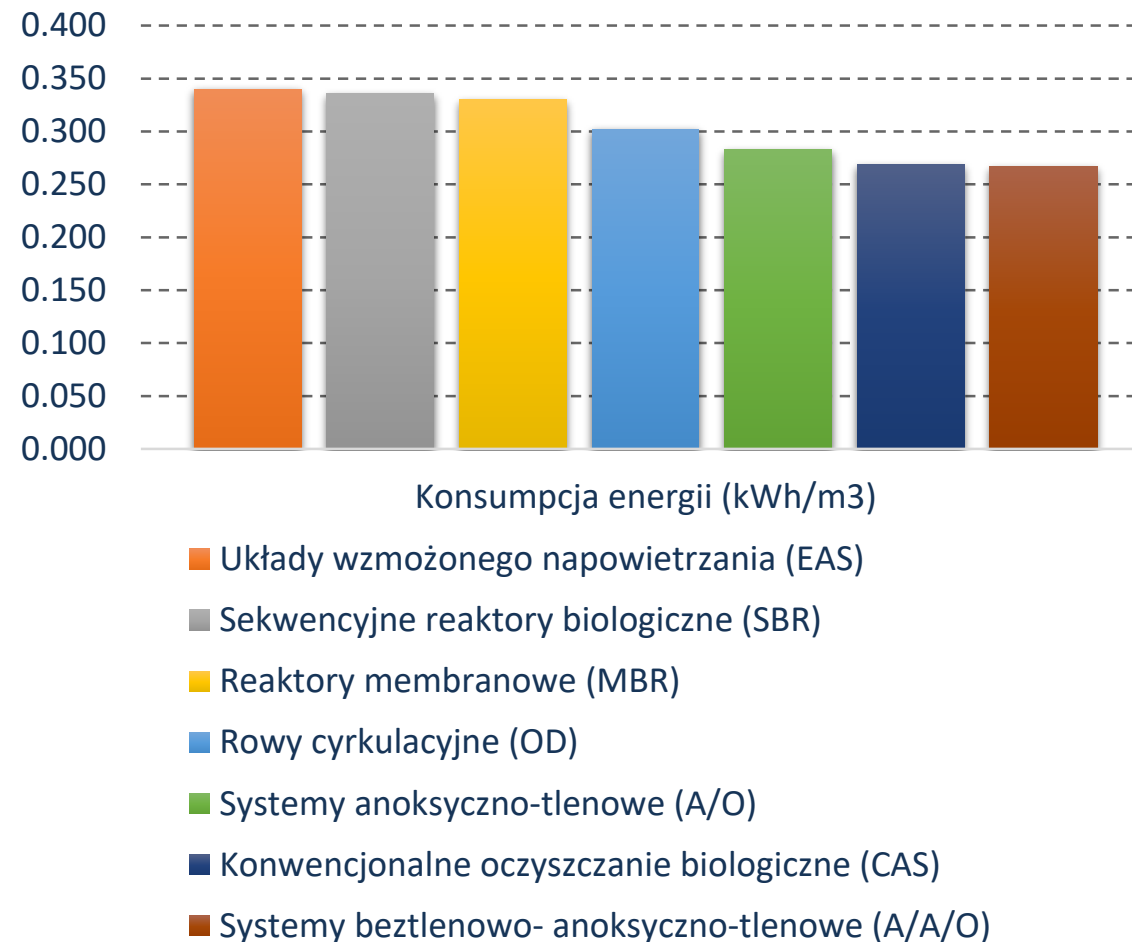


# Konsumpcja energii procesów oczyszczania ścieków

4

- Zapewnienie odpowiedniej jakości oczyszczonych ścieków wymaga utrzymywania optymalnych warunków tlenowych niezbędnych do prowadzenia procesów biologicznych mających na celu zmniejszenie ładunku substancji biogennych (związków azotu i fosforu) w ściekach odprowadzanych do odbiornika.
- W większości oczyszczalni koszty energii elektrycznej są jednym z głównych czynników kształtujących jednostkowy koszt usuwania oczyszczania ścieków .

Jednostkowe zużycie energii w powszechnie stosowanych technologiach oczyszczania ścieków



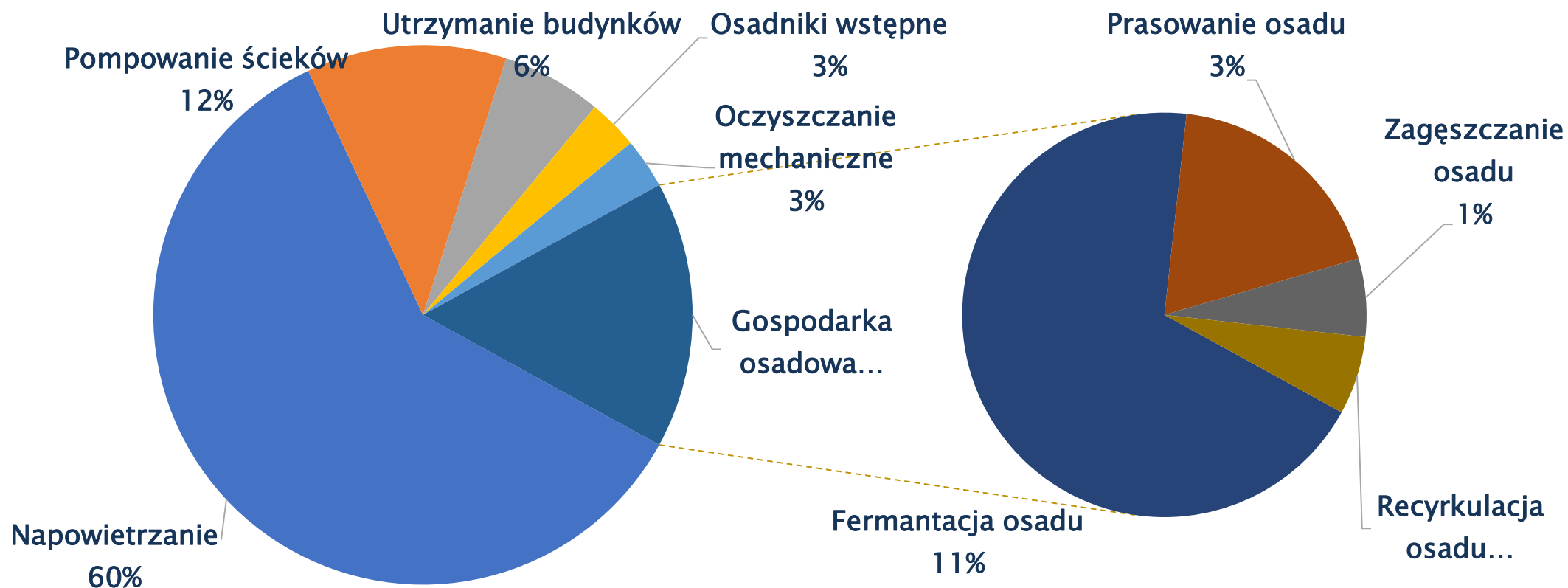


# Konsumpcja energii procesów oczyszczania ścieków

5

- Stałe napowietrzanie i recyrkulacja ścieków oraz przetwarzanie osadów ściekowych w głównej mierze kształtują zapotrzebowanie na energię.

Wykorzystanie energii w konwencjonalnej technologii osadu czynnego



Źródło: Daw, J., Hallett, K., DeWolfe, J., Venner, I. (2012), Energy Efficiency Strategies for Municipal Wastewater Treatment Facilities, Technical Report NREL/TP-7A30-53341

Temat prezentacji: Efektywność energetyczna procesów usuwania związków biogenych ze ścieków



W celu ochrony wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem substancjami biogennymi przyczyniającymi się do intensyfikacji eutrofizacji wód konieczne jest osiągnięcie wysokiego poziomu eliminacji związków azotu i fosforu ze ścieków odprowadzanych do odbiornika.

Analizą objęto średnie jednostkowe zużycie energii 7 różnych układów technologicznych i zestawiono z uzyskiwanym średnim poziomem redukcji azotu ogólnego ( $N_{og}$ ) i fosforu ogólnego ( $P_{og}$ ).

## Konsumpcja energii a efektywności usuwania

$N_{og}$  i  $P_{og}$

Technologia	Konsumpcja energii (kWh/m <sup>3</sup> )	Redukcja $N_{og}$	Redukcja $P_{og}$
EAS	0,340	87%	79%
SBR	0,336	91%	85%
MBR	0,330	82%	86%
OD	0,302	82%	80%
A/O	0,283	59%	59%
CAS	0,269	45%	49%
A/A/O	0,267	85%	76%

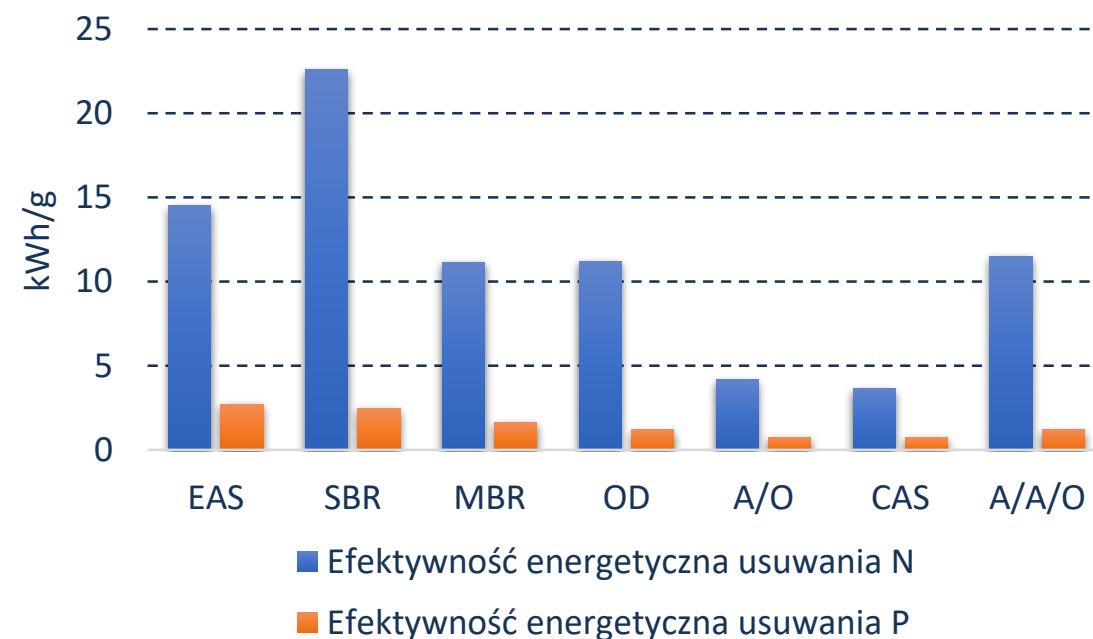
Źródło: Kobayashi, Josilaine Taeco, Thomaz, Sidinei Magela, Pelicice, Fernando Mayer (2008), Phosphorus as a Limiting Factor for Eichhornia Crassipes Growth in the Upper Paraná River Floodplain. Wetlands, 28(4): 905–913; Howarth, R.W., Marino, R. (2006), Nitrogen as the Limiting Nutrient for Eutrophication in Coastal Marine Ecosystems: Evolving Views over Three Decades. Limnology and Oceanography, 51(part2): 364–376; Yang, Lingbo, Zeng, Siyu, Chen, Jining, He, Miao, Yang, Wan (2010), Operational Energy Performance Assessment System of Municipal Wastewater Treatment Plants. Water Science and Technology, 62(6): 1361–1370



W celu przedstawienia rzeczywistej efektywności energetycznej analizowanych technologii oczyszczania ścieków w kontekście ochrony wód przed eutrofizacją, przedstawiono stosunek zużytej energii do poziomu usuwania  $N_{og}$  i  $P_{og}$ .

Najwyższy stosunek zużycia energii do usuwania  $N_{og}$  został osiągnięty w technologii SBR, podczas gdy najniższy stosunek odnotowano w oczyszczalni konwencjonalnej. Najlepszy stosunek zużycia energii do usuwania  $P_{og}$  osiągnięto w technologii EAS, a najniższy pojawił się również w technologii konwencjonalnej.

Efektywność energetyczna w kontekście usuwania  $N_{og}$  i  $P_{og}$





## Wnioski

8

Całkowite zużycie energii oczyszczalni ścieków ma bezpośredni wpływ na efektywność usuwania szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego substancji. Niestety nie zawsze energochłonne technologie zapewniają wystarczającą ochronę przed eutrofizacją wód w skutek zrzutów ścieków o nadmiernym stężeniu azotu i fosforu.

Poprzez analizę efektywności energetycznej technologii oczyszczania ścieków jak i procesów składowych determinujących zużycie energii można dokonać wyboru układów zapewniających wymagany poziom eliminacji substancji biogennych i jednocześnie charakteryzujących się niższym zużyciem energii.

Należy pamiętać, że procesy biologiczne zachodzące w środowisku wodnym w zależności o rodzaju odbiornika ścieków (rzeki, jeziora, morza itp.) charakteryzują się odmiennymi właściwościami i często roślinność w nich funkcjonująca posiada inne możliwości asymilacji konkretnych form związków biogennych.





1. Neverova-Dziopak Elena, Preisner Michał (2015), Analiza Metod Ustalania Warunków Wprowadzania Ścieków Komunalnych Do Odbiorników w Wybranych Państwach. Ochrona Środowiska
2. Gu, Yifan, Li, Yue, Li, Xuyao, Luo, Pengzhou, Wang, Hongtao, Wang, Xin, Wu, Jiang., Li, Fengting (2017), Energy Self-Sufficient Wastewater Treatment Plants: Feasibilities and Challenges. Energy Procedia, 105: 3741–3751
3. Daw, J., Hallett, K., DeWolfe, J., Venner, I. (2012), Energy Efficiency Strategies for Municipal Wastewater Treatment Facilities.
4. Kobayashi, Josilaine Taeco, Thomaz, Sidinei Magela, Pelicice, Fernando Mayer (2008), Phosphorus as a Limiting Factor for Eichhornia Crassipes Growth in the Upper Paraná River Floodplain. Wetlands, 28(4): 905–913
5. Howarth, R.W., Marino, R. (2006), Nitrogen as the Limiting Nutrient for Eutrophication in Coastal Marine Ecosystems: Evolving Views over Three Decades. Limnology and Oceanography, 51(part2): 364–376.
6. Yang, Lingbo, Zeng, Siyu, Chen, Jining, He, Miao, Yang, Wan (2010), Operational Energy Performance Assessment System of Municipal Wastewater Treatment Plants. Water Science and Technology, 62(6): 1361–1370

## Kontakt:

Dr inż. Michał Preisner, Dr Marzena Smol  
preisner@meeri.pl, smol@meeri.pl

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN  
Pracownia Surowców Biogenicznych

ul. Wybickiego 7A, 31-251 Kraków

tel. (+48) 12 617-16-53



Zagadnienia Surowców Energetycznych i Energii w Gospodarce Krajowej  
13–16 październik 2019, Zakopane