

# Oczyszczalnia ścieków – stabilizacja osadów. Cz. 1

dr Eugeniusz Klaczyński  
Envirotech w Poznaniu

**Efektom procesu mechaniczno-biologicznego usuwania ze ścieków komunalnych związków węgla azotu i fosforu, wspomaganego również metodami fizyczno-chemicznymi (służącymi np. do strącania ortofosforanów), są oczyszczone ścieki.**

Odprowadza się je do środowiska naturalnego po spełnieniu warunków określonych w pozwoleniach wodnoprawnych, wydanych na podstawie obowiązujących przepisów. Niezależnie od stosowanych w procesie oczyszczania ścieków rozwiązań, oprócz oczyszczonych ścieków, końcowym produktem wysokiej redukcji zanieczyszczeń i wszystkich przemian fizycznych, biologicznych oraz fizyczno-chemicznych są osady ściekowe. Ilość powstających osadów wzrasta w związku z zastosowaniem coraz bardziej zaawansowanych, wysoko sprawnych technologii oczyszczania ścieków. W Krajowym Programie Gospodarki Odpadami 2010 (KPGO 2010), opublikowanym w „Monitorze Polskim” z 29 grudnia 2006 r., przyjęto zasady postępowania z odpadami, zwracając uwagę na to, że w pierwszej kolejności należy zapobiegać i minimalizować ilość wytwarzanych osadów ściekowych. W 1997 r. na jednego mieszkańca przypadało 9,39 kg s.m. osadu, a w 2006 r. było to już 13,14 kg s.m. osadu na rok. Według najnowszych prognoz, w 2015 r. oczyszczalnie ścieków wytworzą 600 tys. ton suchej masy osadów ściekowych. Zakładając, że powstające osady po mechanicznym odwodnieniu posiadają średnio od 14% do 20% suchej masy, uzyskujemy od 4 do 3 mln ton osadów, które powinny zostać zagospodarowane.

Zmieniające się warunki prawne wymuszają na eksploatatorach stosowanie nowych, bezpiecznych metod zagospodarowania tego typu odpadów. Problemu nie rozwiąże Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 8 stycznia 2013 r., przesuwające termin wprowadzenia zakazu składowania osadów do 1 stycznia 2016<sup>1</sup>. Umożliwia ono eksploatatorom opracowanie koniecznych mechanizmów i daje czas na przygotowanie niezbędnych strategii dalszego postępowania z osadami ściekowymi.

## Metody stabilizacji

Najczęściej wykorzystywanymi w oczyszczalniach metodami stabilizacji osadów są tlenowa lub beztlenowa

(w zamkniętych i otwartych komorach fermentacyjnych) stabilizacja czy też chemiczna sanitacja wapnem po przeprowadzonym mechanicznym odwodnieniu osadów. Inne sposoby to kompostowanie osadów z mieszkanką odpadów organicznych, suszenie termiczne bądź spalanie osadów. Kolejne procesy technologiczne, którym poddawane są osady ściekowe, powodują obniżenie lub wręcz eliminują ich szkodliwe oddziaływanie na środowisko, umożliwiając ich dalsze wykorzystanie rolnicze do rekultywacji terenów czy jako paliwa. Gospodarka osadowa w oczyszczalniach ścieków polega na procesach fizycznych, chemicznych i biologicznych, które:

- zmniejszają objętości osadów,
- stabilizują, eliminując możliwość ich zagniwania i powstawania uciążliwych dla otoczenia zapachów,
- zmniejszają do minimum zagrożenie spowodowane obecnością organizmów patogennych,
- zachowują wartości nawozowe osadów i zapewniają możliwość ich dalszego wykorzystania,

■ zmniejszają masę osadów w sposób ostateczny (w niektórych przypadkach przez ich termiczne unieszkodliwienie).

Ilość i jakość powstających osadów ściekowych zależy od charakterystyki fizykochemicznej dopływających do oczyszczalni ścieków oraz stosowanych rozwiązań w procesie technologicznego ich oczyszczania. Generalnie usunięcie ze ścieków 1 kg BZT<sub>5</sub> powoduje powstanie od 0,5 do 1,2 kg suchej masy osadu<sup>2</sup>. Osady stanowią duże zagrożenie z uwagi na obecność organizmów patogennych, wśród których znaczną część stanowią bakterie chorobotwórcze. Ich ilość jest uzależniona od poziomu życia mieszkańców i warunków klimatycznych, jak również od stosowanej technologii. Obok bakterii w osadach spotyka się wirusy groźne dla człowieka, robaki pasożytnicze charakterystyczne dla przewodu pokarmowego, jak również grzyby czy pierwotniaki.

## Rodzaje osadów

Osady powstające w trakcie procesu oczyszczania ścieków można podzielić na:

- wstępne,
- wtórne po biologicznym procesie oczyszczania,

Tab. 1. Ogólny skład osadów ściekowych<sup>3</sup>

Parametry	Jednostka	Rodzaj osadu				
		Surowy – wstępny	Surowy – wtórny	Źle preferentowany „kwaśny”	Dobrze preferentowany	Bardzo dobrze preferentowany
Odczyn	pH	5-7	6-7	6,5-7	7,2-7,5	7,4-7,8
Sucha masa	% masy	5-10	4-8 złoża bio 0,5-3 osad czynny	4-12	4-12	4-12
Straty prażenia	% masy	60-75	55-80	55-70	45-55	30-45
Zasadowość	mol/m <sup>3</sup>	20-40	20-40	40-100	120-180	160-220
	g CaCO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	500-1 000	500-1 000	1 000-2 500	3 000-4 500	4 000-5 500
Kwasy lotne	mol/m <sup>3</sup>	30-60	30-60	40-70	2-15	< 2
	g CH <sub>3</sub> COOH/m <sup>3</sup>	1 800-3 600	1 800-3 600	2 500-4 000 i więcej	100-1 000	< 100
Azot ogólny	% azotu w masie	2-7	1,5-5 złoża bio 2-10 osad czynny	1-5	0,5-3,0	0,5-2,5
Fosfor ogólny	% fosforu w masie	0,4-3	0,9-1,5	0,3-0,8	0,3-0,8	0,3-0,8
Potas	% potasu w masie	0,2-0,7	0,1-0,8	0,1-0,3	0,1-0,3	0,1-0,3
Oporność właściwa	m/kg	10 <sup>11</sup> -10 <sup>13</sup>	10 <sup>12</sup> -10 <sup>13</sup>	5-10 <sup>11</sup> - 5-10 <sup>12</sup>	5-10 <sup>10</sup> -5-10 <sup>11</sup>	10 <sup>10</sup> -10 <sup>11</sup>
Wartość opałowa	kJ/g <sub>sm</sub>	16-20	15-21	15-16	10,5-15	6,3-10,5

■ chemiczne po chemicznym procesie strącania fosforu lub koagulacji.

Osad wstępny, nazywany również osadem surowym, powstaje w oczyszczalniach ścieków, które zostały wyposażone w części mechanicznej w osadniki wstępne. Zawiera on dużą ilość materii organicznej (nawet 75% suchej masy osadu), podatnej na proces rozkładu, i wydziela uciążliwe odory. Osady wstępne w porównaniu z innymi osadami wytwarzanymi w oczyszczalni posiadają z reguły wyższą zawartość metali ciężkich (szczególnie w ściekach powstających w miastach bardziej przemysłowych). W osadniku wstępnym mogą również powstawać inne osady:

■ „surowy+chemiczny”, jeżeli przed osadnikami wstępnymi stosuje się np. wstępne strącanie fosforu,

■ „surowy+recykulowany”, jeżeli osad nadmierny powstający w procesie biologicznego oczyszczania ścieków jest technologicznie zawracany przed osadnik wstępny i mieszany ze strumieniem ścieków surowych (w praktyce już dziś prawie niestosowany).

Osady wstępne – surowe są niejednorodne i charakteryzują się dobrymi właściwościami sedymentacyjnymi. W leju osadowym osadnika wstępnego osiągają suchą masę w granicach 6-7,5% s.m.

Osad nadmierny (wtórny) to osad czynny powstający w procesach biologicznego oczyszczania ścieków, oddzielony w osadnikach wtórnych od ścieków oczyszczonych, a następnie zawracany do reaktorów biologicznych (nazywany najczęściej osadem recykulowanym). Przyrost osadu w wyniku zachodzących procesów biologicznych zmusza eksploatatorów oczyszczalni do jego usuwania w celu zapewnienia właściwego obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń oraz utrzymania właściwego wieku osadu. Odprowadzany z układu biologicznego osad czynny nazywany jest przez eksploatatorów osadem nadmiernym. Powszechnie uważa się, że osad nadmierny (czynny) gorzej się zagęszcza i odwadnia, zwłaszcza po układach wielofazowych (Bardenpho, A2O). Osady nadmierne również trudno odvodnić po zbyt długim przebywaniu w warunkach beztlenowych. Proces odwadniania można usprawnić, stosując koagulant lub inny reagent. Używanie koagulantu PIX do chemicznego strącania fosforu w trakcie badań własnych również korzystnie wpływało na proces sedymentacji osadu w osadnikach wtórnych oraz na podwyższenie stopnia odwadniania w zagęszczaczach grawitacyjnych oczyszczalni ścieków w Śremie: z 2,5%<sub>s.m.os.</sub>/m<sup>3</sup> do 3,6%<sub>s.m.os.</sub>/m<sup>3</sup>.

W procesach oczyszczania ścieków powstają również osady chemiczne, zwłaszcza gdy stosuje się np. chemiczne wspomaganie procesów biologicznego usuwania fosforu. Do chemicznego usuwania fosforu wykorzystuje się najczęściej siarczany (VI): żelaza (II), (III) oraz glinu, choćby popularne koagulanty PIX, PAX czy Ferrox. Używa się również wapna w postaci Ca(OH)<sub>2</sub> lub CaO<sub>2</sub>, co powoduje podwyższenie pH i konieczność jego korekty w odpływie ścieków z oczyszczalni. Związki wapna przyczyniają się do powstania większej ilości osadu chemicznego niż w przypadku soli metali. Osad chemiczny powstaje z połączenia „osad surowy+chemiczny” w trakcie strącania wstępnego lub „osad nadmierny+chemiczny” w trakcie strącania symultanicznego, kiedy koagulant strącający dodawany jest do komory z osadem czynnym, bezpośrednio przed nią lub w dopływie do osadnika wtórnego. Innym powodem powstawania osadu chemicznego jest zastosowanie strącania końcowego w wydzielonym dodatkowym stopniu oczyszczania, w procesach biologicznych (w reaktorze biologicznym i osadniku wtórnym). Układ strącania końcowego tworzą wówczas komora mieszania, usytuowana za osadnikiem wtórnym, komora flokulacji oraz dodatkowy osadnik wtórny. Metoda jest całkowicie niezależna od biologicznego usuwania fosforu.

Osad usuwany z osadnika wtórnego jako nadmierny stanowi najczęściej:

■ sumę osadu powstałego z przyrostu biomasy,

■ sumę osadu z biologicznie nierozkładalnej frakcji zawiesiny, która przedostała się z części mechanicznej oczyszczalni osadnika wstępnego,

■ sumę osadu chemicznego powstającego w trakcie symultanicznego strącania,

Należy pamiętać, że usuwany z układu biologicznego osad nadmierny jest zawsze pomniejszony o niewielką ilość osadu, odpływającego z osadnika wtórnego ze ściekami oczyszczonymi do odbiornika w postaci zawiesiny ogólnej.

Charakterystyczne parametry jakościowe osadów ściekowych zostały przedstawione w tabeli 1. Określenie ich podstawowych właściwości fizycznych i chemicznych umożliwia opracowanie klasyfikacji osadów ściekowych.

### Właściwości fizyczne

Jednym z ważniejszych parametrów określających właściwości fizyczne osadu jest sucha masa (tab. 1), określająca zawartość w nich substancji stałych, stanowiąca sumę związków organicznych i nieorganicznych zawar-

tych w osadzie. Sucha masa jest istotnym wskaźnikiem, umożliwiającym określenie wieku osadu, obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń układu biologicznego, jak również układów nieszkodliwiania. Ustalając podatność osadów na stabilizację i procesy odwadniania, wykorzystuje się często jako wskaźnik suchą masę organiczną. Wysoka zawartość związków organicznych w osadzie wpływa na pogorszenie efektów odwadniania. Podatność na odwadnianie jest związana z zawartością procentową w osadzie cząstek koloidalnych, charakteryzujących się małą prędkością sedymentacji i powodujących na przykład zatykanie taśm filtracyjnych. Właściwości sedymentacyjne można określić w prosty sposób, wykorzystując indeks osadu Mohlmana (IO), czyli stosunek objętości osadu czynnego po 30 minutach zagęszczania w cylindrze o pojemności 1 dm<sup>3</sup> do stężenia osadu w cylindrze przed zagęszczaniem. Indeks pokazuje zdolność zawiesziny osadu czynnego do sedymentacji w osadniku wtórnym – czym niższa wartość indeksu osadu, tym korzystniejsze są jego właściwości sedymentacyjne. Dobrymi właściwościami sedymentacyjnymi charakteryzuje się osad o IO w granicach 50-100 cm<sup>3</sup>/g<sub>s.m.</sub>. Wyższe wartości IO wskazują na pęcznienie osadu, wywołane najczęściej przez bakterie nitkowate. Innym wskaźnikiem fizycznym, który charakteryzuje podatność osadu na odwadnianie, jest opór właściwy filtracji (tab. 1), który można ustalić przez zastosowanie lejka Büchnera, mierząc objętość filtratu w konkretnym czasie dla określonego ciśnienia. Często próbę oporu właściwego łączy się z szacowaniem ssania kapilarnego podczas wchłaniania wilgoci, do czego używa się specjalnego papieru filtracyjnego o określonej gradacji (bibuła Whatmanna nr 17). Ssanie kapilarne wykorzystuje się podczas dobierania dawek środków chemicznych wspomagających proces i do określania wpływu czasu mieszania (po dodaniu środka chemicznego) na filtrację osadu. W wyniku filtracji cząsteczki osadu ulegają odkształceniu, dzięki czemu zaczynają wypełniać pory powstającego placka filtracyjnego. Odkształcenie zmienia się w zależności od ciśnienia, a określając dla osadu współczynnik ściśliwości, można dodatkowo obliczyć opór właściwy filtracji dla ciśnień, których nie uda się zbadać z wykorzystaniem lejka Büchnera.

Osad możemy również charakteryzować za pomocą parametrów chemicznych (tab. 1). Przykładowo osad surowy ma odczyn bardziej kwaśny, o pH ok. 6. Po fermentacji jego pH zwiększa się do wartości ok. 7,5. Osad surowy i wtórny mają stosunkowo niską zasadowość,



Tab. 2. Ilość powstających osadów ściekowych w przeliczeniu na mieszkańca na dobę<sup>4</sup>

Rodzaj osadu	Ilość gramów osadu na mieszkańca w ciągu doby (g/M • d)	Objętość (litry – dm <sup>3</sup> ) osadu na mieszkańca w ciągu doby (dm <sup>3</sup> /M • d)
Wstępny	54	1,08-5,4
Osad nadmierny	16-36	1,06-7,2
Osad wtórny po klasycznych złożach biologicznych	20-40	0,50-4,0
Osad wtórny po obrotowych złożach tarczowych	20-40	0,67-4,0

która w przypadku osadów przefermentowanych osiąga wartość nawet powyżej 5000 mg/dm<sup>3</sup>. Zasadowość osadu jest również o wiele większa od cieczy nadosadowej, z uwagi na wiązanie przez zawarty w nich węglan wapnia pewnej ilości kwasów. Bardzo istotnym elementem charakteryzującym chemicznie osady jest zawartość lotnych kwasów tłuszczowych (tab. 1), których ilość ma znaczenie dla wysoce efektywnego usuwania ze ścieków związków biogenych, jak również dla przebiegu procesu fermentacji metanowej.

Osad surowy, nadmierny lub osady mieszane (łącznie z często wbudowanym w ich strukturę osadem chemicznym) poddawane są różnym procesom: zagęszczenia, stabilizacji, odwadniania i unieszkodliwiania. W wyniku zachodzących przemian powstają osady ustabilizowane (przefermentowane tlenowo lub beztlenowo, zagęszczone, odwodnione lub wysuszone).

Ilość powstających dobowo osadów ściekowych w różnych procesach technologicznych w przeliczeniu na mieszkańca przedstawiono w tabeli 2.

## Uwodnienie

Głównym składnikiem ilościowym osadów ściekowych jest woda. Zawartość wody w osadach ściekowych określa się jako ich uwodnienie, które w zależności od miejsca powstawania w układzie technologicznym oczyszczalni zmienia się w szerokim zakresie: od 99% dla osadów surowych i nadmiernych do 80-55% dla osadów odwodnionych. Najniższe uwodnienie posiadają osady poddane procesom suszenia termicznego.

Wodę zawartą w cząstkach osadu można podzielić na:

- wolną (inaczej grawitacyjną), znajdującą się między cząstkami osadu, którą najłatwiej jest usunąć w zagęszczaczach grawitacyjnych lub flotacyjnych,
- związaną koloidalnie, uwięzioną między cząstkami osadu w porach, trudną do usunięcia z uwagi na występujące w osadzie siły napięcia powierzchniowego. Woda ta częściowo usuwana jest w urządzeniach do mechanicznego odwadniania,

■ kapilarną, związaną z siłami adhezji i kohezji (siłami kapilarnymi), która jest usuwana, jednak nie w całości, w urządzeniach do mechanicznego odwadniania,

■ związaną biologicznie w organizmach żywych, tworzących strukturę osadu czynnego, której usunięcie jest możliwe przez zniszczenie błony biologicznej w procesach dezintegracji osadów metodami: mechanicznymi, termicznymi, biochemicznymi, chemicznymi, ciśnieniowymi czy z wykorzystaniem ultradźwięków.

Efektywność oddzielenia wody od osadu jest uzależniona nie tylko od sposobu prowadzenia procesu, ale przede wszystkim od proporcjonalnego udziału poszczególnych rodzajów wód, które są różne w zależności od rodzaju osadu. Wykonywanie pomiarów i określenie proporcji poszczególnych frakcji jest rzadko realizowane na potrzeby technologiczne i przedprojektowe. Badanie przeprowadza się metodami laboratoryjnymi, zamrażając osad w różnych temperaturach oraz przez ocenę jego odparowywania i suszenia.

## Źródła

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach danego typu (DzU z 10 stycznia 2013 r. poz. 38).
2. Oleszkiewicz J., Kalinowska E.: *Gospodarka osadami ściekowymi. Poradnik decyzyjny*. Kraków 1998.
3. Mikseh K., Sikora J.: *Biotechnologia ścieków*. Warszawa 2010.
4. Lomotowski J., Szpindor A.: *Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków*. Warszawa 1999.

REKLAMA



SZKOLENIA I KONFERENCJE

II KONFERENCJA

## MAŁE OCZYSZCZALNIE ŚCIEKÓW – PROJEKTOWANIE, BUDOWA, EKSPLOATACJA I PERSPEKTYWY ROZWOJU

Sponsor generalny:



12-13 września 2013 r., Starachowice



CYKL KONFERENCJI ZWIĄZANYCH Z GOSPODARKĄ WODNO-ŚCIEKOWĄ

Skorzystaj z rejestracji on-line na stronie [www.abrys.pl](http://www.abrys.pl)

Więcej informacji: Magdalena Chlasta, tel.: 61 655 81 21, 784 036 988, m.chlasta@abrys.pl

[www.abrys.pl](http://www.abrys.pl)