

Wojciech Balcerzak, Stanisław M. Rybicki, Jacek Kaszowski

Odwadnianie osadów powstających w procesach oczyszczania wody powierzchniowej na przykładzie wodociągu Raba

Dostosowanie polskiego prawodawstwa do wymogów Unii Europejskiej w zakresie eksploatacji zakładów oczyszczania wody spowodowało, że konieczne stało się większe niż dotychczas zwrócenie uwagi na zagadnienia ilości, jakości i sposobu przeróbki osadów powstających podczas oczyszczania wody. Zwiększenie skuteczności usuwania zanieczyszczeń z wody, przy jednoczesnym zwiększeniu wymagań co do końcowego zagospodarowania osadów spowodowały, że większość obiektów wodociągowych musi być zmodernizowana w celu uzyskania osadu o małym uwodnieniu i bezpiecznego pod względem sanitarnym.

Przeróbka osadów z zakładów oczyszczania wody stanowi obecnie jeden z istotniejszych problemów w zakładach wodociągowych, gdyż od ich skuteczności (szczególnie od uwodnienia osadów) zależą m.in. koszty transportu osadu do miejsca przeznaczenia (zagospodarowania lub utylizacji). Doświadczenie pokazuje, że zarówno osady pokoagulacyjne, jak i wody z płukania złóż filtracyjnych niesłusznie były traktowane jako mało zanieczyszczone ścieki i w związku z tym odprowadzane bezpośrednio do odbiornika. Obecnie dąży się do wykorzystania osadów powstających podczas oczyszczania wody w różnych dziedzinach gospodarki (rolnictwo, budownictwo, hutnictwo) czy też do rekultywacji terenów zdegradowanych. Za wykorzystaniem osadów przemawiają nie tylko względy środowiskowe (ochrona odbiorników, ograniczenie powierzchni ziemi przeznaczonej na składowanie odpadów), ale także ekonomiczne, technologiczne i prawne (zobowiązanie do przestrzegania przepisów zawartych w aktach prawnych dostosowujących polskie prawo do wymogów Unii Europejskiej).

Powstawanie osadów i popłuczyn, jako produktu odpadowego z procesów oczyszczania wody, wynika z różnic między jakością wody ujmowanej a wymaganiami stawianymi wodzie przeznaczonej do spożycia. Różnice te określają zakres oczyszczania wody, a pośrednio także rodzaj i ilość powstających osadów [1]. Do odwadniania osadów z procesów oczyszczania wody przez wiele lat, praktycznie do końca XX w., były wykorzystywane poletka osadowe o konstrukcji zbliżonej do rozwiązań stosowanych w oczyszczalniach ścieków. Zachodzące w nich procesy pozwalały zazwyczaj na osiągnięcie zawartości suchej masy w osadzie w zakresie 5-15% po 90+180 d przebywania osadu na poletku. Wprowadzanie

nowych, bardziej wymagających, przepisów dotyczących jakości wody kierowanej do odbiorców wymusiło coraz skuteczniejsze usuwanie zanieczyszczeń z wody, co spowodowało powstawanie coraz większych ilości osadów przypadających na jednostkę oczyszczonej wody. Zwiększenie skuteczności usuwania najdrobniejszych zawiesin, w tym także mikroorganizmów, spowodowało, że wraz ze wzrostem zawartości substancji organicznych w osadach z oczyszczania wody zmniejszyła się ich podatność na odwadnianie na poletkach.

Światowe tendencje do zwiększania opłat za szczególnie korzystanie ze środowiska w odniesieniu do składowanych osadów oraz wprowadzanie coraz bardziej zaostrzonych wymagań dotyczących tzw. ekologicznego wykorzystania osadów spowodowały, że od początku XXI w. obserwuje się – jako kierunek działania – wprowadzanie odwadniania mechanicznego, zapewniającego osiągnięcie nie mniej niż 30% suchej masy w osadzie odwodnionym.

Strumienie osadów technologicznych

W zakładzie oczyszczania wody Raba w Dobczycach powstają trzy podstawowe strumienie osadów:

♦ Osad z osadników pokoagulacyjnych ciągu technologicznego Raba I, stanowiący mieszaninę osadu pokoagulacyjnego oraz (okresowo) węgla pylistego. Osad ten jest usuwany z każdego z osadników 3+4-krotnie w ciągu roku. Występujące straty wody wstępnie oczyszczonej wynoszą ok. 900 m³ na jeden osadnik, natomiast zużycie wody czystej do końcowego spłukiwania ścian i dna jednego osadnika szacuje się na ok. 300 m³. Usunięcie osadu z ośmiu osadników pociąga za sobą stratę wody w ilości ok. 10 tys. m³.

♦ Osad z akceleratorów w ciągu Raba II, który jest odprowadzany okresowo. Od stycznia 2005 r. do maja 2006 r. średnia miesięczna ilość osadu pokoagulacyjnego odprowadzanego z akceleratorów wynosiła ok. 0,11% ilości wyprodukowanej wody.

♦ Osad z płukania złóż filtracyjnych w ciągach Raba I i Raba II. W czasie prowadzenia badań udział wody zużytej do płukania złóż w stosunku do produkcji wody wynosił 2,6+7,6% (śr. 4,2%).

Osad z ciągu technologicznego Raba I kierowany jest rurociągiem do czterech odmulników, skąd odpływa na dwa otwarte poletka osadowe, tzw. poletka ciągu nr 1, gdzie następuje częściowe odparowanie wody. Osad z ciągu Raba II kierowany jest do sześciu zagęszczaczy grawitacyjnych, skąd pompowany jest rurociągiem na poletka osadowe (przykryte), tzw. poletka ciągu nr 2.

Zagęszczacze osadu zostały tak zaprojektowane, aby mogły przejąć osad zarówno z ciągu Raba II, jak i z nigdy nie zrealizowanego ciągu Raba III. Zagęszczacze, które zostały zaprojektowane jako urządzenia przepływowe są – na skutek blisko dwudziestoletnich doświadczeń – eksploatowane jako reaktory sekwencyjne. W praktyce urządzenia te pełnią rolę bliższą tradycyjnym tzw. odmulnikom.

Osadniki pokoagulacyjne zostały zaprojektowane w sposób typowy w czasach, gdy nie stawiano tak ostrego jak obecnie wymogu usuwania substancji stałych, a jednocześnie udział substancji organicznych w całkowitej masie osadu był niższy niż obecnie. Nie są one wyposażone w urządzenia do mechanicznego zgrzania osadu, co powoduje, że praktyką jest okresowe odprowadzanie osadu. W przypadku występowania substancji organicznych w osadzie pokoagulacyjnym może to powodować zagniwanie osadu w warstwie przydeennej, co niekorzystnie wpływa na jakość wody. W tabeli 1 zestawiono porównanie ilości i uwodnienia osadu pokoagulacyjnego wg różnych autorów z wynikami uzyskanymi w wodociągu Raba.

Tabela 1. Ilość i zawartość suchej masy w osadzie pokoagulacyjnym w zależności od sposobu usuwania osadu z osadników

Sposób usuwania osadu pokoagulacyjnego	Pozycja literatury	Ilość osadu w stosunku do produkcji wody %	Sucha masa osadu %
Okresowe	[1]	1+3	0,8÷2,4
Okresowe	[5]	4+6	–
Ciągłe	[1]	0,2+0,7	4,5+8,5
Ciągłe	[5]	0,1+0,5	3+4
Ciągłe	[6]	0,1+0,4	–
Akcelerator	Badania własne Raba II	0,09+0,12	0,9

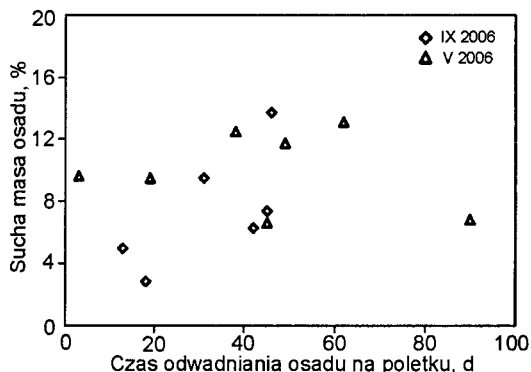
Zakres badań

W celu określenia skuteczności odwadniania osadu na poletku przeprowadzono badania laboratoryjne w ciągu osadowym nr 2. Wykonano dwie serie badań, na potrzeby których próbki osadu pobrano w maju i wrześniu 2006 r. Oznaczono wartości następujących wskaźników jakości osadów: uwodnienie (%), sucha masa (%), sucha masa nieorganiczna (%), sucha masa organiczna (%), a także określono czas odwadniania osadu na poletku (d).

W dalszych badaniach laboratoryjnych określono, jakie jest najmniejsze uwodnienie (a zatem największa sucha masa) osadu odwadnianego na poletku w zależności od czasu odwadniania. Jako czas odwadniania przyjęto czas przetrzymania osadu na poletkach (w przypadku poletek zadanych to założenie należy uznać za słuszne, niezależnie od pory roku). Czas przetrzymania, po którym osad był wywożony z poletka, nie przekraczał 90 d. Ponadto wykonano dwa oznaczenia (wrywkowe) w ciągu nr 1 w celu określenia jednorodności odwadniania na obszarze poletka osadowego. Próbkę osadu pobrano w maju 2006 r.

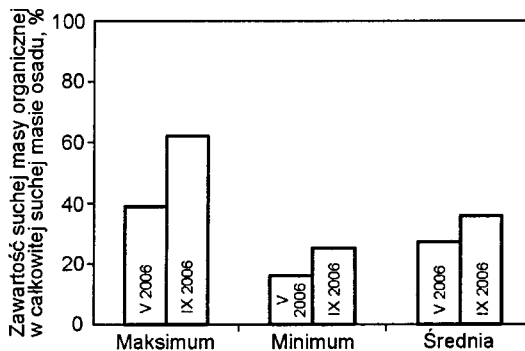
Wyniki badań

Zawartość (ogólnej) suchej masy w osadzie kierowanym na poletka ciągu nr 2 wahała się od ok. 3% do ok. 140%. Średnia zawartość suchej masy w próbkach pobranych w maju 2006 r. (ok. 9,6%) była większa niż w przypadku próbek pobranych we wrześniu 2006 r. (ok. 7,5%). Wykonane dwa oznaczenia (wrywkowe) wskazują na niejednorodne odwadnianie osadu w różnych miejscach poletka. Wyraźne lepsze odwadnianie osadu następowało w bezpośredniej okolicy drenu (zawartość suchej masy ok. 10%) niż w obszarze oddalonym od drenu (ok. 5,5%). Zależność zawartości suchej masy w osadzie od czasu jego odwadniania na poletku osadowym przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Zależność zawartości suchej masy w osadzie od czasu jego odwadniania na poletkach

W oparciu o wyniki badań laboratoryjnych osadu wylewanego na poletka w okresie od lutego do września 2006 r. należy zauważyć, że mimo przykrycia poletek przewiewnym zadaniem, co w znacznym stopniu ograniczyło wpływ opadów atmosferycznych, maksymalna zawartość suchej masy w osadzie nie przekraczała 15%. Potwierdza to hipotezę, że osiągnięcie większej zawartości suchej masy w osadzie wymaga zastosowania innych – bardziej zaawansowanych – technologii. Ponadto nie stwierdzono zwiększenia skuteczności odwadniania osadu przy wydłużaniu czasu jego przetrzymania na poletkach powyżej 50 d. Dodatkowym problemem technologicznym, związanym z większym niż przed 2003 r. stopniem usuwania substancji organicznych, było zwiększenie udziału suchej masy organicznej w całkowitej suchej masie osadu odwadnianego na poletkach. Na rysunku 2 pokazano wartości charakterystyczne otrzymane w obu okresach badań. Należy zwrócić uwagę, że maksymalny udział suchej masy organicznej w ogólnej suchej masie osadu sięgał 60%. W związku z wynikami badań wskazującymi na konieczność wprowadzenia wysoko sprawnego odwadniania w miejsce



Rys. 2. Zawartość suchej masy organicznej w całkowitej suchej masie osadu

poletek, przeanalizowano możliwości zastosowania urządzeń do mechanicznego odwadniania osadu.

Wybór urządzeń do odwadniania

Przy wyborze urządzenia wykorzystano doświadczenia oczyszczalni ścieków, w których końcowymi urządzeniami odwadniającymi są zazwyczaj prasy taśmowe lub wirówki. Rozważono możliwość zastosowania pras filtracyjnych bądź wirówek (szczególnie wzięto pod uwagę kilkuletnie doświadczenia eksploatatora uzyskane przy odwadnianiu osadu w innym obiekcie). Analiza zalet i wad wynikających z zastosowania poszczególnych urządzeń w rozpatrywanym wodociągu doprowadziła do wyboru pras taśmowych, których podstawowymi zaletami są:

- prosta obsługa i konserwacja przez personel eksploatacyjny oczyszczalni; najtrudniejszą operacją naprawczą jest wymiana taśm filtracyjnych,

- szybki rozruch i szybkie zatrzymanie po zakończeniu odwadniania; w wodociągu Raba należy spodziewać się znacznej nierównomierności ilości powstającego osadu, co będzie wymagać dostosowania czasu pracy w poszczególnych dniach do masy dopływającego osadu,

- prasy charakteryzują się zazwyczaj niższym poziomem hałasu.

Podstawowymi niedogodnościami pras taśmowych są:

- problemy operacyjne, gdy osad z zagęszczaczy nie jest dobrze wymieszany i występują wahania w zawartości suchej masy,

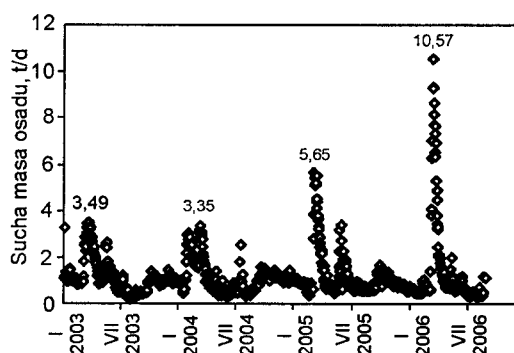
- konieczność mycia taśm na końcu każdej zmiany, co pociąga za sobą zwiększony nakład pracy i zużycie wody (Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych (U.S. EPA) zaleca stosowanie systemów odwadniania z automatycznym czyszczeniem taśm).

Układ odwadniania wykorzystuje te same urządzenia, które stosowane są od odwadniania ustabilizowanych osadów ściekowych. Należy jednak zwrócić uwagę na istotny czynnik odróżniający – z punktu widzenia praktyki projektowej – te dwa rodzaje osadu. Czynnikiem tym jest nierównomierność dobowego ładunku osadu kierowanego do odwodnienia.

Zmienność jakości wody surowej, przy konieczności dotrzymania wymogów dotyczących jakości wody oczyszczonej powoduje, że strumień masy zanieczyszczeń usuwanych z wody w procesach technologicznych cechuje się także dużą zmiennością. Wodociągi nie prowadzą zazwyczaj systematycznych szczegółowych pomiarów strumienia osadów. W przypadku obiektów jeszcze nie poddanych modernizacji, pomiary oparte na wrywkowych badaniach laboratoryjnych obciążone są ryzykiem dużego błędu.

Na potrzeby omawianej modernizacji stworzono model obliczeniowy, wykorzystujący pomiary eksploatacyjne wykonane od stycznia 2003 r. do lipca 2006 r. Obliczenia te były weryfikowane szczegółowymi pomiarami w 2006 r., które potwierdziły zasadność przyjętej metodyki obliczeniowej. Wyniki obliczonej dobowej zawartości suchej masy w osadzie odprowadzanym z wodociągu Raba pokazano na rysunku 3.

Należy zwrócić uwagę na znaczącą zmienność w zawartości suchej masy organicznej w osadzie, o czym świadczą także wartości charakterystycznych kwantyli:



Rys. 3. Zmienność zawartości suchej masy organicznej w osadzie od stycznia 2003 r. do lipca 2006 r.

- p100%: 10,57 t/d
- p95%: 2,92 t/d
- p90%: 2,0 t/d
- p50%: 0,92 t/d
- średnia: 1,0 t/d

Podsumowanie

Parametry eksploatacyjne uzyskane w obiektach przeróbki osadów z obu ciągów wodociągu Raba mieszczą się w zakresie, który źródła literaturowe określają jako odpowiedni w przypadku tych obiektów. Pomimo to, zgodnie z obowiązującym ustawodawstwem, należy dążyć do ograniczenia ilości powstających osadów i ich niekorzystnego oddziaływania na środowisko. W celu zintensyfikowania odwadniania osadów, a przez to zmniejszenia masy osadów transportowanych na składowisko, zaproponowano modernizację gospodarki osadowej w wodociągu Raba w Dobczycach, polegającą na zastosowaniu pras taśmowych w miejsce poletek do odwadniania osadu. Podczas doboru urządzeń do odwadniania osadu należy zwrócić uwagę na dużą elastyczność projektowanego układu, konieczną z uwagi na znaczną zmienność masy osadu powstającego w urządzeniach do oczyszczania wody. Ważne jest także uwzględnienie większego – niż dotychczas przyjmowano – udziału suchej masy organicznej w całkowitej masie osadu.

LITERATURA

1. M.M. SOZAŃSKI: Technologia usuwania i unieszkodliwiania osadów z uzdatniania wody. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1999.
2. H.B. DHARMAPA, A. HASIA, P. HAGARE: Water treatment plant residuals management. Wat. Sci. Tech., 1997, Vol. 35, No. 8, pp. 45–56.
3. J. RUHSING PAN, C. HUANG, C. GANG FU: Effect of surfactant on alum sludge conditioning and dewaterability. Wat. Sci. Tech., 2000, Vol. 41, No. 8, pp. 17–22.
4. E. SZWABOWSKA: Projektowanie procesów odwadniania osadów ściekowych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 1986.
5. S. KAWAMURA: Integrated Design of Water Treatment Facilities. Wiley & Sons, 2000.
6. A.L. KOWAL, M. ŚWIDERSKA-BRÓZ: Oczyszczanie wody. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Wrocław 1996.

Balcerzak, W., Rybicki, S.M., Kaszowski, J. Dewatering of the Sludge Produced in the Course of Surface Water Treatment: A Case Study. *Ochrona Środowiska* 2007, Vol. 29, No. 3, pp. 65–68.

Abstract: The case in point is the Raba Water Treatment Plant of Dobczyce, which supplies water to the city of Cracow. The plant was chosen to exemplify the approach to the management of the sludge generated during surface water treatment in Polish water treatment plants. The study included analyses of sludge composition and the readiness of the sludge to dewatering in drying beds. Consideration was given to the seasonal variations in the quality of the taken-in water, with emphasis on their contribution to the characteristics of the sludge produced. In

order to enhance the extent of sludge dewatering, a rationalization of the sludge management at the plant has been proposed, which consists in the replacement of the sludge drying beds with belt presses. When choosing the devices for sludge dewatering, it is essential to attach importance to the flexibility of the system being designed, because of the remarkable variations in the mass of the sludge which forms in particular units of the water treatment lines. It is also of importance to take into account that the content of organic substances in the overall mass of the sludge is higher than the one assumed so far.

Keywords: Water treatment, surface water, coagulation sludge, sludge dewatering, sludge drying beds, belt press.