

Krzysztof Wilmański

Skuteczność odwadniania osadów pokoagulacyjnych w prasie filtracyjnej

Najnowsze uregulowania prawne, dotyczące zasad korzystania ze środowiska, zmuszają wiele zakładów wodociągowych do uporządkowania gospodarki osadami powstającymi w procesach uzdatniania wody. Największe ilości osadów powstają w procesie koagulacji i wymagają one przede wszystkim zagęszczenia i odwodnienia. Ponieważ tradycyjne metody odwadniania osadów na poletkach i lagunach wymagają zwykle dużych powierzchni terenu, dlatego też przy ograniczeniach terenowych należy wykorzystywać metody mechaniczne, np. filtrację w prasie filtracyjnej. Skuteczność odwadniania osadów powstających w procesie koagulacji solami glinu w prasach o tradycyjnej konstrukcji mogła być często niezadowalająca [1], co wynikało z dużej ściśliwości osadu i jego zwartej struktury, wpływającej na wzrost oporu właściwego pod wpływem wysokiego ciśnienia [2]. Dlatego też przy odwadnianiu osadów pokoagulacyjnych w klasycznych prasach filtracyjnych uzyskiwane placki mogły mieć niejednorodną strukturę. Wydajność takich pras była mała, a efekt odwodnienia stosunkowo niski.

Obecnie do poprawy skuteczności odwadniania osadów w prasach filtracyjnych stosuje się płyty wyposażone w gumowe membrany. Od wewnętrznej strony pod membranę doprowadzane jest sprężone powietrze, co powoduje wybrzuszenie membrany w kierunku wstępnie uformowanego placka filtracyjnego i odciśnięcie z niego resztek wody. Takie rozwiązanie konstrukcyjne daje możliwość poprawy skuteczności i wydajności pras stosowanych do odwadniania osadów pokoagulacyjnych.

Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów jest największym w kraju zakładem wodociagowym, dostarczającym wodę do picia w ilości około 800 tys. m³/d. Ponieważ ujmowana woda pochodzi w zdecydowanej większości ze źródeł powierzchniowych, dlatego też jej uzdatnianie oparte jest na procesie koagulacji, co prowadzi do powstawania bardzo dużych ilości osadów (20+40 g suchej masy na 1 m³ uzdatnianej wody). Intensywne prace nad uporządkowaniem gospodarki osadami prowadzone są między innymi w Oddziałach Produkcji Wody „Strumień” i „Będzin”. Oba zakłady są bardzo podobne pod względem wielkości produkcji oraz technologii uzdatniania wody. Dobowa ilość uzdatnianej wody w obu zakładach wynosi po około 20 tys. m³. Woda ujmowana z rzek (Wisła w przypadku OPW „Strumień” i Przemsza w wypadku OPW „Będzin”) poddawana jest koagulacji solami glinu (siarczan, polichlorek), filtracji w pospiesznych filtrach piaskowych i dezynfekcji. Pomimo tych podobieństw osady powstające w obu zakładach wykazują bardzo istotne różnice jakościowe (tab.1).

Tabela 1. Parametry osadów odwadnianych na prasie filtracyjnej

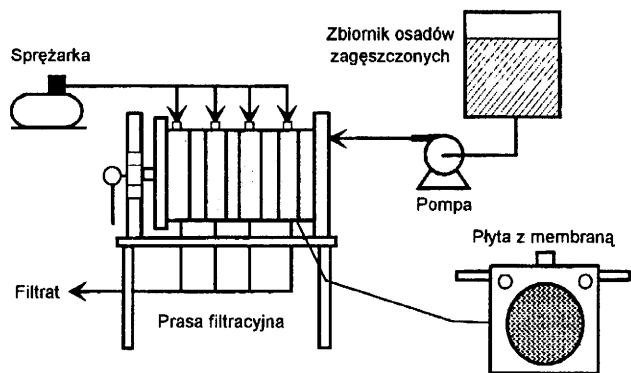
Zakład wodociagowy	OPW „Strumień”	OPW „Będzin”
Ujmowana woda	Rzeka Wisła Zb. „Goczałkowice”	Rzeka Przemsza
Koagulant	Siarczan glinu	Siarczan glinu, PAX
Rodzaj osadu	Zagęszczone osady pokoagulacyjne i osady z popłuczyn	Zagęszczone osady pokoagulacyjne
Uwodnienie osadów zagęszczonych	94,3%	98,0%
Części lotne w osadach (w suchej masie)	18,3%	47,0%

Górna Wisła na wysokości miasta Strumień (przed zbiornikiem „Goczałkowice”) niesie ze sobą znaczne ilości mineralnych ilów i namulów spływających z terenów górskich. Ponieważ ilość zanieczyszczeń organicznych w wodzie jest stosunkowo niewielka, dlatego też osady powstające w OPW „Strumień” zawierają niewiele substancji lotnych. Z kolei Przemsza zanieczyszczona jest znaczną ilością substancji organicznych, pochodzących z licznych ścieków wprowadzanych do rzeki powyżej ujęcia. W rzece tej występują częste zakwity fitoplanktonu, a w okresach pomiędzy zakwitami w wodzie występują liczne organizmy zooplanktonu. W efekcie osady pokoagulacyjne powstające w OPW „Będzin” zawierają około 50% substancji organicznych.

Przedmiotem badań omówionych w niniejszym artykule było określenie skuteczności odwadniania osadów pokoagulacyjnych w komorowej prasie filtracyjnej, z płytami wyposażonymi w membrany do odciskania wody z osadu. Badania nad zastosowaniem mechanicznej metody odwadniania osadów w zakładach wodociagowych w Strumieniu i Będzinie wiązały się z niską wydajnością poletek osadowych, których złoża żwirowe ulegały szybkiemu blokowaniu przez zawiesiny odwadnianego osadu. Zastosowanie prasy taśmowej wydawało się być metodą mało skuteczną, gdyż uwodnienie osadów w prasach tego typu może być zmniejszone jedynie do 70% [1]. Podobne efekty można uzyskać w wirówkach sedymentacyjnych i filtrach próżniowych [3].

Metodyka badań

Badania przeprowadzono na modelowej komorowej prasie filtracyjnej, przedstawionej schematycznie na rysunku 1. Prasa była wyposażona w płyty z membranami do odciskania wody z osadu. Komory o szerokości od 20 do 30 mm miały powierzchnie czynną 8,6 dm². Odciskanie wody z osadu odbywało się za pomocą sprężonego powietrza doprowadzane do płyt pod powierzchnię membran.



Rys. 1. Schemat układu badawczego z komorową prasą filtracyjną

Cykl pracy prasy wyposażonej w płyty z membranami był następujący:

- dociśnięcie płyt i ram z naciągniętą tkaniną filtracyjną,
- pompowanie osadu do prasy,
- odciskanie osadu sprężonym powietrzem,
- usunięcie osadu odwodnionego z prasy.

Parametry operacyjne prasy przedstawiono w tabeli 2. Całkowity czas jednego cyklu odwadniania osadu w prasie nie przekraczał 4,5 h, a przeciętna wydajność prasy w cyklu filtracyjnym wynosiła $0,17 \text{ dm}^3/\text{dm}^2\text{h}$.

Tabela 2. Parametry procesu odwadniania osadów na prasie filtracyjnej

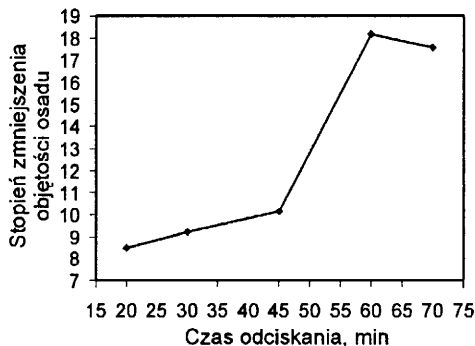
Parametr, jednostka	OPW „Strumień”	OPW „Będzin”
Ciśnienie filtracji, MPa	0,9+1,3	0,95+1,25
Czas filtracji, h	1,25+3,0	1,75+2,5
Ciśnienie odciskania, MPa	0,95+1,5	1,0+1,35
Czas odciskania, min	20+70	60-120
Całkowity czas trwania cyklu odwadniania, h	2,0+4,5	3,5+4,5
Tkanina filtracyjna, –	Topaltex PT 911	Topaltex PT 911
Szerokość ramy, mm	20+30	20+30

Do odwadniania stosowano osady wstępnie zagęszczone w modelowym osadniku pionowym. Do zagęszczania pobierano osady z osadników, jak również wody popłuczne. Proces zagęszczania wspomagano polielektrolitami produkowanymi przez firmy *Allied Colloids*, *Sachtleben Chemie* i *Stockhausen*. Polielektrolity dawkowano również do osadów zagęszczonych, celem poprawy skuteczności ich odwadniania. Polielektrolity dawkowane były w postaci roztworu o stężeniu 0,05%. Osady z OPW „Strumień” kondycjonowane były wapnem palonym w celu poprawy jakości przesączu.

Wyniki badań

W czasie badań optymalizowane były parametry operacyjne procesu odwadniania, które dla obu badanych osadów były bardzo zbliżone. Optymalne ciśnienie filtracji wynosiło $1,2+1,3 \text{ MPa}$, a ciśnienie odciskania $1,2+1,4 \text{ MPa}$. Po $1,5+3,0 \text{ h}$ filtracji wydajność procesu bardzo znacznie spadała. W wypadku stosowania ram o szerokości 20 mm czas filtracji wynosił 120 min. Przy stosowaniu ram o szerokości 30 mm czas ten był jeszcze nieznacznie dłuższy.

Badania rozpoznawcze wykazały, że zawartość wody w osadzie po odwodnieniu w prasie filtracyjnej w dużym stopniu zależała od czasu odciskania wody sprężonym powietrzem. Na rysunku 2 przedstawiono zależność stopnia zmniejszenia objętości osadu od czasu trwania procesu odciskania. Optymalna wartość czasu wynosiła 60 min. W wyniku odciskania trwającego minimum 1 godz. objętość odwodnionego osadu zmniejszała się dwukrotnie.

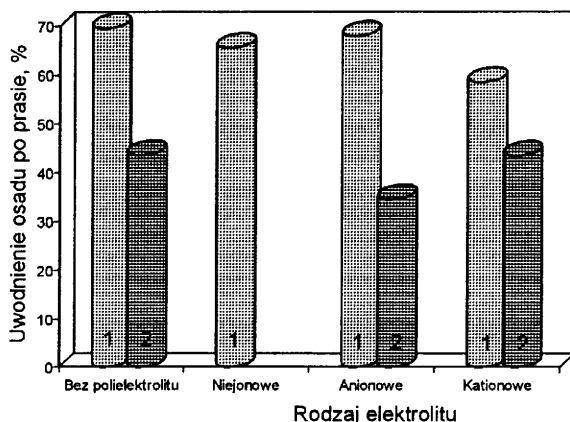


Rys. 2. Wpływ czasu odciskania wody z osadu na stopień zmniejszenia jego objętości (stosunek objętości osadu przed i po odwodnieniu)

Proces odciskania nie wymagał dużego wkładu energii. Ilość sprężonego powietrza, potrzebna do uzyskania wymaganego naprężenia membran była bardzo niewielka. W ciągu godziny trwania procesu odciskania w prasie sprężarka włączyła się 2+3-krotnie.

Stopień zmniejszenia objętości osadów w czasie odwadniania był w przybliżeniu stały, niezależnie od pochodzenia osadu (OPW „Strumień” i OPW „Będzin”). Efekt obniżenia uwodnienia osadu zależał więc przede wszystkim od stopnia jego zagęszczenia. Osady z OPW „Strumień” można było zagęścić do wartości poniżej 95%. W tym stanie osad zachowywał jeszcze właściwości płynu newtonowskiego. Znacznie trudniejsze było zagęszczanie osadów o dużej zawartości związków organicznych z OPW „Będzin”. Granica płynięcia dla tych osadów pojawiała się przy uwodnieniu 97%. W efekcie zawartość wody w osadach mineralnych (OPW „Strumień”) po odwodnieniu była o 15+35% niższa niż w osadach organicznych (OPW „Będzin”).

Związki organiczne oraz obumarłe organizmy planktonu występujące w badanych osadach znacznie silniej wiązały wodę niż cząstki mineralne. Dlatego też osady o wysokiej zawartości substancji lotnych trudniej było zagęszczać i odwadniać. Średnie wartości uwodnienia osadów z obu zakładów po separacji wody w prasie filtracyjnej przedstawiono na rysunku 3.

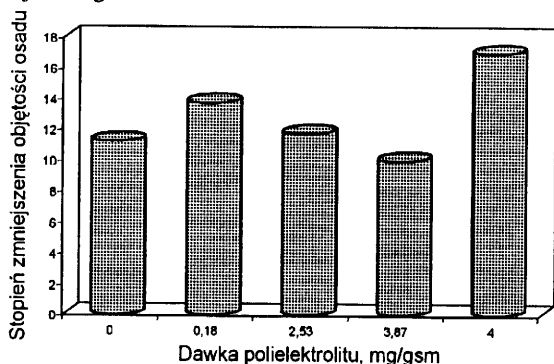


Rys. 3. Wpływ polielektrolitów na zawartość wody w osadach po odwodnieniu w prasie filtracyjnej (1 – OPW „Będzin”, 2 – OPW „Strumień”)

Wyniki odwadniania osadów z OPW „Strumień” można uznać za bardzo dobre. Placki filtracyjne otrzymane w niektórych próbach zawierały poniżej 30% wody. Osiągnięcie tak niskiej zawartości wody wymagało długotrwałego suszenia osadu na poletkach. W wypadku osadów z OPW „Będzin” uzyskane efekty odwadniania osadów były znacznie gorsze. Jednakże osiągnięcie 60% wody w plackach filtracyjnych było wynikiem dobrym, biorąc pod uwagę znaczne siły wiązania wody przez organiczne i biochemiczne składniki osadu.

Na rysunku 3 zobrazowano również wpływ polielektrolitów na efekt odwodnienia osadów. W wypadku osadów o dużej zawartości substancji organicznych najskuteczniejsze okazały się polielektrolity kationowe. Kondycjonowanie osadów polielektrolitami tego typu dawało w efekcie możliwość zmniejszenia uwodnienia o ponad 10%. Osady o niskiej zawartości substancji organicznych były skuteczniej odwadniane przy zastosowaniu polielektrolitów anionowych (o ok. 8%).

Uzyskanie wyraźnej poprawy stopnia odwodnienia osadów wymagało zastosowania odpowiednio wysokiej dawki polielektrolitu. W wypadku osadów z OPW „Strumień” (rys.4) stosowanie dawek poniżej 4 mg/gsm nie dało zadowalającego efektu. Dawki powyżej tej wartości są stosunkowo wysokie, biorąc pod uwagę uzyskiwany efekt. Dlatego ostatecznie zdecydowano, że stosowanie polielektrolitu do odwadniania osadów jest niecelowe. Środek ten może być stosowany co najwyżej do zagęszczania osadów.



Rys. 4. Wpływ polielektrolitu anionowego na stopień zmniejszenia objętości osadów z OPW „Strumień”

Jakość przesączu uzyskiwanego w czasie odwadniania osadów jest ważnym parametrem eksploatacji prasy filtracyjnej. Średnie wartości podstawowych parametrów jakościowych odsączanej wody przedstawiono w tabeli 3.

Przesącz uzyskiwany przy odwadnianiu osadów z OPW „Strumień” zawierał znaczne ilości żelaza i manganu. Metale te związane z osadem w warunkach redukcyjnych (deficyt tlenu), przy niskim odczynie, ulegały rozpuszczeniu w wodzie. Przy kontakcie odsączanej wody z powietrzem następowało wtórne wytrącanie związków żelaza i manganu, co powodowało wzrost barwy pozornej i mętności. Ten niekorzystny efekt był eliminowany poprzez alkalizację zagęszczonych osadów wapnem palonym.

W efekcie podwyższenia pH do ponad 8,0 suma stężeń związków żelaza i manganu w filtracie zmniejszyła się do wartości poniżej 1 g/m³. Wymagana dawka wapna wynosiła

Tabela 3. Jakość przesączu uzyskiwana podczas odwadniania osadów na prasie filtracyjnej (wartości średnie z co najmniej 6 próbek)

Parametr, jednostka	OPW „Będzin”		OPW „Strumień”
	bez CaO	bez CaO	1 gCaO/dm ³
Barwa, gPt/m ³	58	416	60
Mętność, g/m ³	23,0	147	19,5
Utlenialność, gO ₂ /m ³	28,0	26,3	27,0
pH, -	7,0	6,6	8,3
Żelazo, gFe/m ³	0,29	6,8	0,32
Glin, gAl/m ³	0,25	0,17	0,45
Zawiesiny, g/m ³	23,8	79,0	32,0

1 gCaO/dm³. Jakość przesączu powstającego w OPW „Będzin” i alkalizowanego przesączu w OPW „Strumień” była zadowalająca.

Wnioski

◆ Efektywność i wydajność procesu odwadniania osadów pokoagulacyjnych w prasie filtracyjnej może być znacznie poprawiona przez zastosowanie membran umieszczonych w płytach, za pomocą których resztki wody można odcisnąć z osadu sprężonym powietrzem.

◆ Skuteczność obniżania zawartości wody w osadzie pokoagulacyjnym zależała od składu chemicznego osadu. Zawartość wody w plackach filtracyjnych o dużym udziale substancji mineralnych została obniżona do wartości poniżej 30%. W wypadku placków zawierających duże ilości substancji organicznych efekt odwadniania był znacznie gorszy.

◆ W wypadku stosowania pras wyposażonych w system odciskania wody z osadu stosowanie polielektrolitów dało w efekcie niewielką poprawę stopnia odwodnienia osadów. W wypadku osadów o przewadze związków mineralnych, najlepsze wyniki uzyskano stosując polielektrolit anionowy, a w wypadku osadów o charakterze organicznym – stosując polielektrolit kationowy. Wymagane dawki polielektrolitów były jednak stosunkowo wysokie.

◆ W wypadku, gdy osady zawierały znaczne ilości żelaza i manganu konieczne było ich kondycjonowanie wapnem, co wpływało korzystnie na jakość przesączu otrzymywanego podczas filtracji w prasie.

LITERATURA

- G. JOHNSON et al.: Optimizing belt filter press dewatering at the skinner filtration plant. Journal AWWA, 1992, Vol. 84, No. 11, pp. 47–52.
- M. M. SOZAŃSKI, K. GROCHOLSKI, E. S. KEMPA, A. URBA-NIAK: Struktura osadów pochodzących z oczyszczania ścieków i wody. Mat. konf. „Osady ściekowe – odpad czy surowiec?”, Pol. Częst., IAWQ, Częstochowa 1997, ss. 179–192.
- A. L. KOWAL, M. ŚWIDERSKA-BRÓZ: Oczyszczanie wody. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.

Efficiency of Coagulation Sludge Dewatering on a Filter Press

The investigated sludges were produced during alum coagulation and filter backwash. Samples were collected in two Upper-Silesian water treatment plants – the Waterworks of Strumień and the Waterworks of Będzin. The sludge samples were dewatered using a model filter press which made use of rubber membranes to remove residual water. The sludges coming from the two water treatment plants differed in volatile solids content, which ranged from 14 to 20% dry wt. and from 40 to 60% dry wt. for Strumień Waterworks and Będzin Waterworks, respectively. The highest efficiency of dewatering was obtained by squeezing (with the use of membranes) in the final stage of the press operation cycle. The filtration cakes had

a homogeneous structure. The efficiency of thickening and dewatering depended on the composition of the sludge. Thus, the samples collected at the Strumień Waterworks displayed a high mineral matter content. After thickening, water content amounted to 94% to approach 35% after dewatering on the filter press. The sludge samples coming from the Będzin Waterworks were characterized by a high volatile solids content and a water content of 98% and approximately 60% after thickening and dewatering, respectively. The dewatering process was successfully aided by cation or anion polyelectrolytes. The application of lime upgraded the quality of the filtrate from the dewatering process.