

Hanna Labijak  
Stanisław T. Kołaczkowski

## PORÓWNANIE DWÓCH SPOSOBÓW PŁUKANIA FILTRÓW WODOCIĄGOWYCH

### *Streszczenie*

*Porównano dwa sposoby płukania filtrów piaskowych samą wodą oraz mieszaniną wody i powietrza, uzyskaną w strumienicy. Podano wyniki badań i wprowadzono wnioski. Dalsze badania w toku.*

### *Summary*

*Two methods of grit washing with a mixture of water and air from jet washer and with water only are compared. The results of investigations and conclusions are given. Further investigations are continued.*

### I. Wstęp

Proces płukania złóż filtrów pospiesznych decyduje o następującym po nim procesie filtracji wody, jest niezbędny dla należytego działania złóż filtracyjnych, dla skuteczności usuwania z wody zawiesin np. cząstek związków żelaza i manganu. W dostępnych u nas podręcznikach podaje się wzory na obliczanie prędkości przepływu wody płucznej potrzebnej do uzyskania żądanej ekspansji złoża, brak jest jednak szczegółowych danych dla obliczenia skutecznego płukania tego złoża. Skutecznego tzn. optymalnego z uwagi na zużycie wody płucznej i dobre działanie złoża w czasie cyklu filtracyjnego.

Pierwsze w Polsce badania nad procesem płukania złóż filtracyjnych prowadzono w latach 1969—1970 [4]. Na ich podstawie opracowano wzory i wykresy pozwalające ustalić wielkość ekspansji jako funkcji prędkość przepływu wody płucznej. W roku 1971 ukazała się praca nt. płukania filtrów mieszaniną wody i powietrza, uzyskaną w strumienicy [2], a w roku 1976 praca pt. „Analiza procesu płukania filtrów pospiesznych [5], w której ujęto teoretyczne podstawy tego procesu, omówiono znane dotąd wzory i wskazano kierunek dalszych badań.

---

*Mgr inż. Hanna Labijak — Politechnika Poznańska*

*Prof. dr Stanisław T. Kołaczkowski — Wyższa Szkoła Inżynierska w Zielonej Górze*

W praktyce wodę do płukania doprowadza się:

- z rurociągu ciśnieniowego wody czystej lub wody surowej przez regulator bezpośredniego działania,
- ze zbiornika dolnego wody czystej za pomocą pompy niskiego ciśnienia,
- grawitacyjnie ze zbiornika górnego magazynującego wodę do płukania.

Powietrze do płukania może być:

- doprowadzane przez sprężarkę do rurociągu wody płucznej lub bezpośrednio do filtru,
- zasysane za pomocą strumienicy zainstalowanej na rurociągu doprowadzającym wodę do płukania.

Ekspluatatorzy filtrów chętnie stosują do płukania obok wody dodatkowo powietrze. Tego typu modyfikacja klasycznego sposobu płukania samą wodą według nich ma spełniać dwa zadania: 1<sup>o</sup> — poprawić efekt płukania przez lepsze oczyszczanie ziaren złoża, 2<sup>o</sup> — zmniejszyć zużycie czystej wody na jedno płukanie. Do tej pory nie przeprowadzono jednak szczegółowej analizy porównującej technologiczne i ekonomiczne aspekty płukania różnymi sposobami. Polski normatyw do projektowania [3] zaleca w zależności od rodzaju filtru jeden, dwa lub trzy sposoby płukania, lecz nie warunkuje względami technologicznymi wyboru jednego z nich. Również względy ekonomiczne nie są przekonujące. W analizie porównawczej wskaźnikiem ekonomicznym może być ilość wody zużytej na jedno płukanie 1 m<sup>2</sup> filtru  $V = q_w \cdot T$ . Na podstawie zalecanych w normatywie intensywności  $q_w$  i czasów płukania  $T$  dla wybranego filtru, zestawiono w tabeli 1 minimalne i maksymalne ilości wody potrzebnej na jedno płukanie filtru, ale prowadzone różnymi sposobami.

Tabela 1

**PORÓWNANIE ILOŚCI WODY  
DO PŁUKANIA FILTRÓW PIASKOWYCH O UZIARNIENIU  $d_{sr} = 0,7 \div 1,2$  mm  
PRZEZNACZONYCH DO USUWANIA ZAWIESIN W ILOŚCI  $60 \div 80$  mg/dm<sup>3</sup>  
WG WYTYCZNYCH [3]**

Sposób płukania	Zalecana intensywność przepływu wody $q_w$ [dm <sup>3</sup> /s · m <sup>2</sup> ]	Zalecany czas płukania $T$ [min]	Obliczeniowa ilość wody na 1 płukanie $V$ [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
Samą wodą	10 ÷ 15	4 ÷ 6	2,4 ÷ 5,4
Jednocześnie wodą i powietrzem	6 ÷ 10	7 ÷ 10	2,52 ÷ 6,0
Oddzielnie wodą i powietrzem	6 ÷ 13	6 ÷ 10	2,16 ÷ 10,8

Z tabeli tej wynika, że najmniej wody zużywa się przy płukaniu sama wodą. W pozostałych przypadkach, oprócz większego zużycia wody, dochodzą koszty eksploatacji urządzeń doprowadzających powietrze. Istnieje więc uzasadniona konieczność przeprowadzenia szerszych badań, aby w sposób najbardziej obiektywny rozstrzygnąć powyższe wątpliwości.

## II. Część doświadczalna

### 1. Metodyka badań

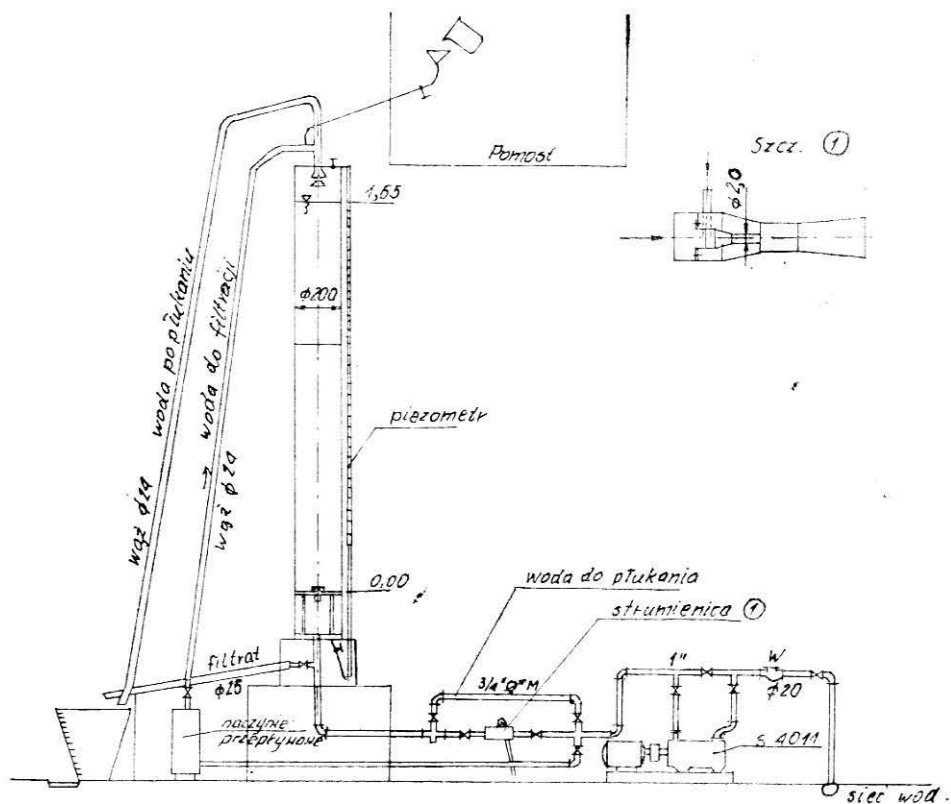
W tej pracy podjęto jedną z pierwszych prób jakościowego porównania dwóch sposobów płukania złożeń filtracyjnych: najdawniej stosowanego sposobu — samą wodą, z mało znanym jeszcze, ale zastosowanym już w kilku krajowych stacjach uzdatniania wody, sposobem płukania filtrów za pomocą mieszaniny wodno-powietrznej uzyskanej w strumienicy. Porównano również wpływ tych sposobów płukania na proces filtrowania przez piaskowe złożę filtru pospiesznego.

W tym celu dla obydwu sposobów przeprowadzono badania dotyczące:

- 1) zmian wysokości złoża w czasie płukania,
- 2) zmian zawartości żelaza w wodzie popłucznej,
- 3) zmian oporów czystego złoża w czasie filtrowania wody,
- 4) zmian oporów złoża zamulonego osadami dodanymi do wody w sposób porcjowany,
- 5) głębokości przenikania zanieczyszczeń,
- 6) zmian jakości filtratu.

Badania wykonano na stanowisku doświadczalnym w Instytucie Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Schemat stanowiska przedstawiono na rysunku 1.

W początkowych cyklach badań z czystym złożem filtracyjnym, woda do filtru doświadczalnego, zarówno do płukania, jak i do filtracji, była doprowadzana w sieci wodociągowej rurociągiem stalowym 1". W czasie przeprowadzonych badań własności fizyczne i skład chemiczny wody przed filtrem oraz po filtrze były następujące: temperatura wody  $14,0 \div 15,5^{\circ}\text{C}$  przy temperaturze powietrza  $17 \div 20^{\circ}\text{C}$ , mętność wody  $0 \div 5 \text{ mg/dm}^3$   $\text{SiO}_2$ , barwa  $10 \div 15^{\circ}$  Pt, żelazo całkowite  $0,04 \div 0,3 \text{ mg/dm}^3$ , tlen rozpuszczony  $8,0 \div 8,5 \text{ mg/dm}^3$   $\text{O}_2$ . W czasie badań ze złożem zamulonym do wody doprowadzano jednorazowo po  $0,5 \text{ dm}^3$  zawiesiny otrzymanej z rozpuszczenia w  $2 \text{ dm}^3$  wody  $67,5 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  i dodania  $100 \text{ cm}^3$  40-procentowej wody amoniakalnej  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Rurociąg doprowadzający wodę do filtru wyposażony był w aparaturę kontrolno-po-



Rys. 1. Schemat stanowiska doświadczalnego

miarową natężenia przepływu i ciśnienia wody oraz kurek do poboru prób wody przed filtrem. Na rurociągu doprowadzającym wodę do płukania zainstalowana była strumienica z dyszą  $\varnothing 2,0$  mm. Dodatkowo na doprowadzeniu istniała możliwość zwiększenia wydajności i ciśnienia wody za pomocą pompy typu S4011. Filtrat oraz woda po płukaniu były odprowadzane grawitacyjnie do kanalizacji poprzez naczynia do objęściowego pomiaru natężenia przepływu. Filtr wypełniony był złożem składającym się z warstwy podtrzymującej o wysokości 0,15 m oraz z warstwy czynnej o wysokości 0,90 m. Materiałem filtracyjnym był piasek kwarcowy. Drenaż stanowiło dno stalowe z jedną krótką dyszą filtracyjną. Dla przypadku płukania filtru samą wodą, badania były prowadzone przy intensywności przepływu wody do płukania  $q_w$  w zakresie od 14,5 do 20,3  $\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$  przy ciśnieniu wody zmieniającym się w zakresie  $1,4 \div 2,1$  atn oraz po włączeniu pompy przy intensywności  $q_w = 24,5 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$  i ciśnieniu 3,2 atn. Czas płukania wynosił od 3 do 60 mi-

nut. Prędkość filtracji po płukaniu samą wodą zmieniano od 1,0 do 21,5 m/h. Dla przypadku płukania filtru za pomocą strumienicy zakres intensywności przepływu wody podczas płukania  $q_w$  wynosił od 4,85 do 5,35  $\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$ , przy stosunku zmieszania powietrza do wody równym 0,5 i ciśnieniu wody przed strumienicą zmieniającym się w zakresie 2,4 ÷ 3,5 atn (bez uruchomienia pompy) oraz przy  $q_w$  w zakresie od 7,5 do 8,1  $\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$  przy stosunku zmieszania powietrza do wody równym 1,4 i ciśnieniu ok. 7,0 atn po włączeniu pompy. Czas płukania przy użyciu strumienicy wynosił od 5 do 60 minut. Prędkość filtracji po płukaniu strumienicą zmieniano w zakresie od 1,0 do 19,0 m/h. Natężenie dopływu wody do filtru regulowano ręcznie zaworem zainstalowanym na rurociągu doprowadzającym wodę z sieci. Pomiaru ilości wody do płukania oraz do filtracji dokonywano metodą objętościową. Do kontroli pomiaru zastosowano wodomierz. Badania w czasie filtracji przeprowadzano w układzie grawitacyjnym ze zwierciadłem wody usytuowanym na wysokości 0,6 m nad powierzchnią złoża. Opór całkowity złoża w czasie filtracji mierzono za pomocą rurki piezometrycznej podłączonej do dna filtru. Wysokość złoża w czasie płukania mierzonego bezpośrednio przy miarem umocowanym na stałe na szklanej obudowie filtru.

Badania prowadzone na czystym złożu filtracyjnym obejmowały wyznaczenie strat ciśnienia  $h_z$  podczas przepływu czystej wody przez złoże przy różnych prędkościach filtracji  $v_f$  po uprzednim wypłukaniu złoża wodą lub mieszaniną wodno-powietrzną uzyskaną w strumienicy. Jednocześnie obserwowano przebieg płukania przy różnych intensywnościach przepływu wody oraz dokonywano pomiaru wysokości złoża przed płukaniem, w czasie płukania i po płukaniu. Wykonano 7 serii pomiarowych dla płukania samą wodą oraz 7 serii dla płukania strumienicą.

Badania na złożu zamulonym osadami wodorotlenku żelaza miały na celu przede wszystkim wyznaczenie dla różnych prędkości filtracji  $v_f$  strat ciśnienia  $h_t$  podczas przepływu wody przez złoże, do którego doprowadzono porcję osadów w ilości 500  $\text{cm}^3$  (stymulujących odpowiednio czas filtracji  $t_1$ ). Wykonano 2 serie pomiarów strat ciśnienia  $h_{t1}$  po płukaniu złoża samą wodą oraz 2 serie po płukaniu strumienicą. Obserwowano także przebieg płukania oraz zmiany zawartości żelaza w wodzie popłucznej po obydwu sposobach płukania. W czasie filtrowania wody przez złoże zanieczyszczone najpierw jedną porcją osadów (500  $\text{cm}^3$ ), a następnie, po pewnym czasie filtrowania, drugą taką samą porcją osadów, mierzono głębokość wnikania zanieczyszczeń na podstawie intensywności zabarwienia  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  w złożu oraz w odstępach co około 10 minut kontrolowano jakość filtratu. Po wypłukaniu złoża wyznaczono ponownie charakterystykę  $h = f(v_f)$  czystego złoża.

## 2. Wyniki badań

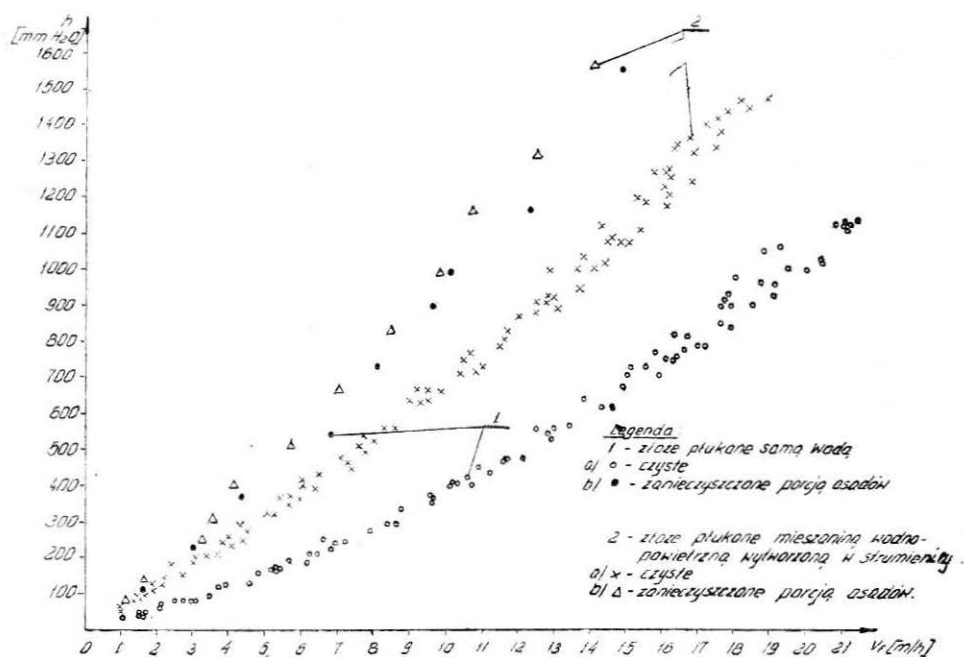
### 1) Obserwacje przebiegu procesu płukania

W toku obserwacji zauważono istotne różnice w charakterze płukania filtru samą wodą oraz mieszaniną wodno-powietrzną uzyskaną w strumienicy. W złożu czystym konsekwencją płukania samą wodą było łagodne uniesienie się (ekspansja) złoża, jego cyrkulacja w kierunku od środka do ścian bocznych filtru, a także uwarstwienie się złoża po zakończonym płukaniu podobnie, jak podczas sedimentacji cząstek. Wypłukiwanie osadów z filtru zachodziło szybko. Osady zgromadzone w górnych warstwach złoża płynęły w zwartej masie tworząc silną falę zanieczyszczenia. Po niej woda płuczna była słabiej zabarwiona, a po 10 minutach optycznie była zupełnie czysta. Jednak na powierzchni złoża pozostawały duże kłaczkowate wodorotlenki żelazowe, których strumieniem samej wody nie można było z filtru usunąć. Poddane analizie chemicznej próbki wody po czasie płukania równym jednej, dwóm i trzem minutom (metodą rozcieńczeń) wykazały zawartość w nich odpowiednio: 25, 10 i 6 mg Fe/dm<sup>3</sup>. Płukanie z zastosowaniem strumienicy, pomimo stosowanych mniejszych wartości intensywności przepływu wody, charakteryzywało się dużo większą burzliwością przepływu i intensywniejszym mieszaniem się warstw złoża. Ruch pęcherzyków powietrza, powodujący pulsacje, był przyczyną „utrąsania się” złoża oraz intensywnego oczyszczania ziaren. Bliższą charakterystykę przebiegu tego płukania w większym zakresie  $q_w$  oraz  $q_p/q_w$  znaleźć można w pracy [2]. Po zakończeniu płukania ziarna złoża ze względu na bardzo małą lub nawet ujemną ekspansję przy płukaniu nie mogły uwarstwzić się. Woda popłuczna optycznie wyglądała na idealnie zmieszaną. Zawartość żelaza w tej wodzie po jednej, dwóch i trzech minutach płukania wynosiła 14, 10 i 1 mg/dm<sup>3</sup>. Zabarwienie wody popłucznej w czasie od 5 do 10 minut obniżało się, ale wolniej w porównaniu do płukania samą wodą. Nie zaobserwowano na powierzchni złoża żadnych kłaczek, zostały one prawdopodobnie rozbite na mniejsze i wyniesione na zewnątrz. Dokładniejsze badania wody po płukaniu innego zażelazowanego filtru przy użyciu powyższych sposobów płukania znajdują się w pracy [1]. W dalszym ciągu obserwacji i pomiarów stwierdzono, że dla intensywności płukania filtru samą wodą w zakresie  $q_w = 14,5 \div 24,5 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$ , wysokość warstwy czynnej złoża w czasie płukania wynosiła 101 do 121 cm. Natomiast wysokość złoża zaraz po płukaniu wynosiła od 92 do 93 cm. Po dłuższej filtracji złoże obniżyło się do 90 cm. Podczas płukania złoża mieszaniną wodno-powietrzną uzyskaną w strumienicy dla intensywności przepływu wody  $q_w = 5 \div 8 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$  i stosunku mieszania  $q_p/q_w = 0,5 \div 1,4$ , wysokość złoża w czasie płukania oraz po zakończonym płukaniu wynosiła

od 82,5 do 92 cm, a więc występowała ekspansja ujemna. Najniższy poziom powierzchni złoża po dłuższym czasie filtracji zaobserwowano na rzędnej 82 cm. Na podstawie największej wartości wysokości złoża rozluźnionego, pozostającego w stanie spoczynku i najmniejszej wysokości złoża utrząsionego oraz wysokości złoża nasypanego nieposegregowanego można obliczyć minimalną i maksymalną porowatość badanego złoża.

## 2) Wpływ sposobu płukania na filtrację w czystym złożu

W wyniku przeprowadzonych badań wyznaczono zależność oporów czystego złoża filtracyjnego  $h$  od prędkości filtracji  $v_f$  dla dwóch przypadków: po wypłukaniu złoża samą wodą oraz mieszaniną wody i powietrza wytworzoną w strumienicy. Graficzną interpretację wyników badań przedstawiono na rys. 2 (zależność 1a, 2a). Błąd względny pomiarów dla obydwu zależności wynosi maksimum 15%. Z wykresu tego widać, że opór filtracyjny badanego czystego złoża po płukaniu mieszaniną wodno-powietrzną wytworzoną w strumienicy, jest wyższy dla tych sa-



Rys. 2. Graficzne rozwiązanie optymalizacji izolacji termicznej ściany, wg [19] (opisy w tekście)

Tabela 2

**ŚREDNIE WARTOŚCI OPORÓW BADANEGO CZYSTEGO ZŁOŻA  
W ZALEŻNOŚCI OD PRĘDKOŚCI FILTRACJI I SPOSOBU PŁUKANIA  
WYZNACZONE Z DANYCH DOŚWIADCZALNYCH (RYS. 2)**

Prędkość filtracji $v_f$		Średni opór czystego złoża $h$ [mm H <sub>2</sub> O]	
m/h	mm/s	po płukaniu samą wodą	po płukaniu strumienicą
5	1,4	150	300
10	4,2	380	680
15	2,8	680	1120

mych wartości prędkości filtracji w porównaniu z oporem filtracji po płukaniu filtru samą wodą. Na podstawie uzyskanych wyników badań wyznaczono średnie wartości oporu czystego złoża w zależności od sposobu płukania dla prędkości filtracji 5, 10, 15 m/h (tabela 2).

### 3) Wpływ sposobu płukania na proces filtrowania przez złożę zanieczyszczone

W wyniku przeprowadzonych badań ze złożem zanieczyszczonym otrzymano inne zależności oporów złoża filtracyjnego  $h_t$  od prędkości  $v_f$  dla tych samych sposobów płukania. Na rysunku 2 zależność 1b odnosi się do złoża płukanego samą wodą i zanieczyszczonego porcją osadów, a zależność 2b do złoża płukanego mieszaniną wodno-powietrzną i zanieczyszczoną taką samą porcją osadów. Uzyskane wartości dla przyjętych osadów są również większe dla złoża płukanego strumienicą w porównaniu ze złożem płukanym samą wodą. Zakres wartości oporów mierzonych w czasie od 0,5 do 3,5 godzin od momentu wprowadzenia zanieczyszczenia, w zależności od stopnia zanieczyszczenia złoża, prędkości  $v_f$  i sposobu płukania obrazuje tabela 3.

Obserwacje głębokości wnikania zanieczyszczeń na podstawie intensywności zabarwienia złoża wykazują, że dla złoża płukanego samą wodą po wprowadzeniu 1 porcji zanieczyszczeń po 10 minutach filtracji grubsze zanieczyszczenia wniknęły na głębokość około 1,0 cm (intensywne zabarwienie złoża), drobniejsze na ok. 5,0 cm (słabsze zabarwienie złoża). Po 0,5 godzinie filtracji stan ten utrzymywał się. Po wprowadzeniu 2 porcji osadów i po 10 minutach filtracji grubsze zanieczyszczenia pozostały na głębokości ok. 1,0 cm, drobniejsze natomiast weszły na ok. 20 cm. W przypadku złoża płukanego strumienicą po dodatniu 2 porcji osadów i po 10 minutach filtracji grubsze zanieczyszczenia wniknęły na głębokość ok. 12 cm, drobniejsze na ok. 32 cm, w czasie od 0,5 do 1,5 godziny grubsze dotarły do 14 cm, a drobniejsze do 33 cm.

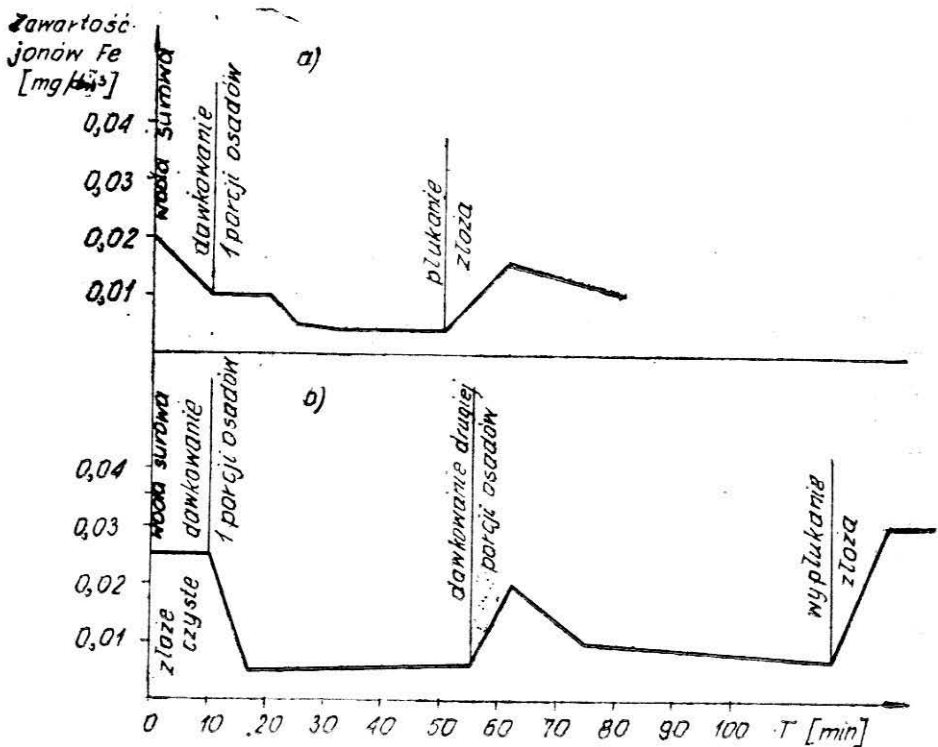


Tabela 3

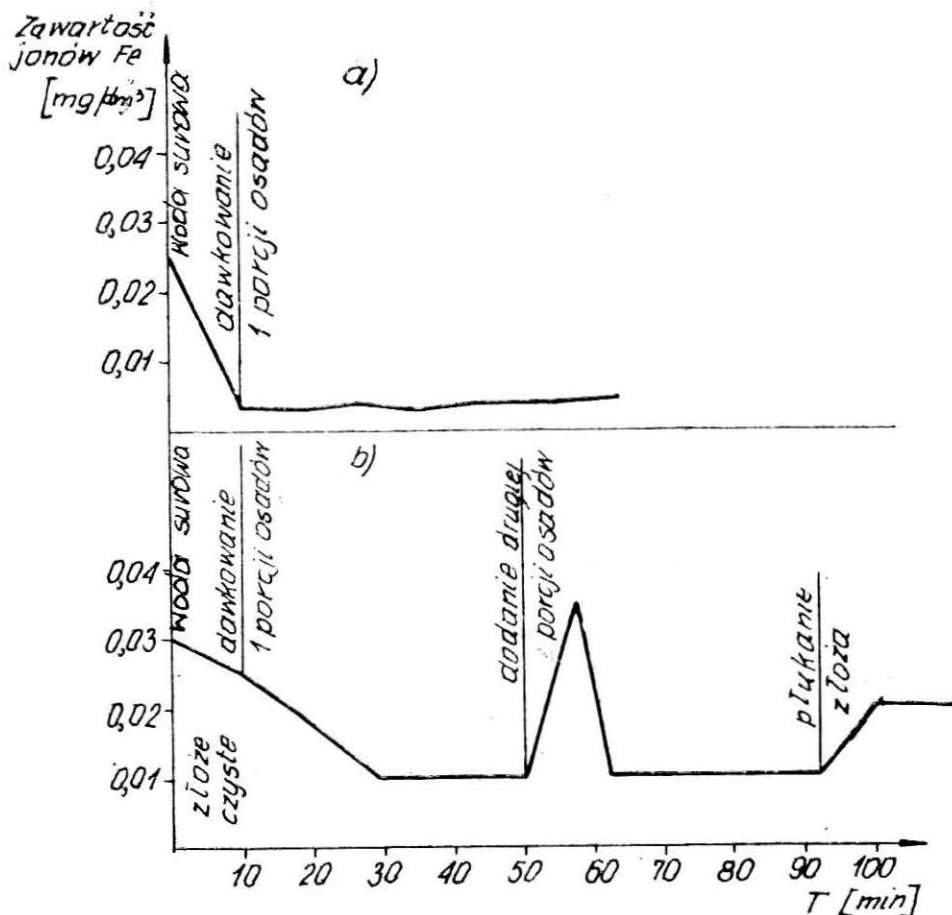
**WARTOŚCI OPORÓW FILTRACJI MIERZONE W CZASIE  
W ZALEŻNOŚCI OD PRĘDKOŚCI FILTRACJI, SPOSOBU PŁUKANIA  
I STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA ZŁOŻA**

Sposób płukania złoża		Samą wodą				Mieszanią w-p ze strumienicy			
stan złoża		czyste po płukaniu			zaniecz. porcją osadów	czyste po płukaniu			zaniecz. porcją osadów
Czas filtrowania	T [h]	1	1	3	1	1	2	3,5	1
Zakres pomiaru prędkości filtrowania	$v_f$ [m/h]	4,85÷5,2	10,0÷10,3	14,4÷15,8	12,0÷12,8	5,0÷5,5	9,9÷11,0	13,2÷15,3	9,2÷9,6
Zakres pomiaru oporów filtracji	h [mm H <sub>2</sub> O]	160÷165	395÷460	660÷725	1080÷1165	325	700÷760	1035÷1100	950÷990
Średnie wartości (ważone)	$v_f$	5,0	10,4	15,1	12,4	5,3	10,5	14,3	9,4
	h	160	430	695	1125	325	730	1070	970

Badania jakości filtratu miało na celu kontrolę, czy po wprowadzeniu określonej ilości osadów nie nastąpi pogorszenie się jakości filtratu tzn. przebiecie złoża filtru. Jak wynika z rysunku 3 i 4 po dodaniu jednej porcji osadów nie tylko nie stwierdzono dla obydwu sposobów pogorszenia się jakości filtratu, ale nawet pewną jego poprawę. Z chwilą wprowadzenia drugiej porcji zanieczyszczenia, w pierwszych 10-ciu minutach filtrat zawierał większe ilości żelaza, co oznaczało, że najdrobniejsze zawiesiny przy takim stopniu obciążenia złoża i prędkości filtracji wynoszącej 11 m/h przedostały się poza filtr. Po każdym płukaniu złoża, jakość filtratu również ulegała pogorszeniu.



Rys. 3. Zmiana jakości filtratu w czasie i po płukaniu złoża samą wodą a) po dodaniu jednej porcji osadów, b) po dodaniu kolejno dwóch porcji osadów



Rys. 4 Zmiana jakości filtratu w czasie i po płukaniu złoża mieszaniną w-p ze strumienicy  
 a) po dodaniu jednej porcji osadów, b) po dodaniu kolejno dwóch porcji osadów

### III. Wnioski i uwagi końcowe

Przeprowadzona w powyższy sposób analiza porównawcza dwóch sposobów płukania nie może być podstawą do ogólnej oceny stopnia przydatności każdego z tych sposobów. Przeprowadzono ją przede wszystkim w celu zasygnalizowania pewnych problemów związanych z tym zagadnieniem. Zwrócono uwagę na różnice tkwiące w istocie samego płukania oraz na możliwość wystąpienia zarówno pozytywnych jak i negatywnych konsekwencji wynikających z zastosowania jednego z tych sposobów. Jedną z ważniejszych, nie będącą przedmiotem badań wątpliwością jest sprawa intensywnego czyszczenia ziarn złoża podczas płukania mieszaniną wodno-powietrzną wytworzoną w strumienicy. Usuwanie osadów

trudno wypłukujących się, ale obojętnych dla procesu filtrowania jest cechą pozytywną tego zjawiska, natomiast ewentualne niszczenie wszystkich aktywnych chemicznie związków żelaza i manganu ułatwiających i polepszających wynik usuwania zanieczyszczeń przez złożę może stać się przyczyną niewłaściwego działania filtrów.

Najistotniejszymi wnioskami z badań są więc:

- 1) Zaobserwowane w trakcie badań po płukaniu strumienicą większe przemieszanie złoża, doprowadziło do głębszego wnikięcia zanieczyszczeń. Ten sposób płukania złoża może być zalecany dla wysokich, jednorodnych złóż filtracyjnych i dla większych wymiarów „ziaren” osadów zatrzymywanych w złożu.
- 2) Płukanie złoża mieszaniną wodno-powietrzną powoduje intensywniejsze wymywanie osadów, niż przy płukaniu samą wodą, co nie zawsze jest wskazane ze względów technologicznych.
- 3) Ekspansja złoża w czasie płukania mieszaniną wodno-powietrzną nie może być kryterium oceny efektów płukania.  
Należy dążyć do szukania nowych kryteriów i ocen umożliwiających porównanie i ocenę obu sposobów płukania.
- 4) Oprócz badania efektów wymycia złoża należy również zwrócić uwagę na zmianę warunków filtrowania wody przez złożę płukane oraz na jakość uzyskiwanego filtratu.

#### SPIS LITERATURY

- [1]. Piechocki Zb., Raczyk U.: *Badanie przydatności strumienicy wg Patentu nr 53576 E. Młotkowskiego do płukania złóż w filtrach*. Instytut Kształtowania Środowiska. Poznań 1974. Maszynopis.
- [2]. Młotkowski E.: *Nowy sposób płukania filtrów*. Prace Naukowe IISiW Politechniki Wrocławskiej, nr 13, seria Monografie nr 2, Wrocław 1971.
- [3]. *Wytyczne techniczne projektowania obiektów stacji uzdatniania wody dla celów pitnych*. Warszawa 1967.
- [4]. Kołaczowski T., Tetzlaw H.: *Parametry płukania złóż filtracyjnych*, Materiały z Konferencji n/t Zagadnienia zaopatrzenia w wodę miast i wsi, NOT — PZITS — Oddział w Poznaniu, Poznań, 1971, s. 1—27.
- [5]. Labijak H.: *Analiza procesu płukania filtrów pospiesznych*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, t. L (1976) z. 9, str. 264—269.