

Alina Pruss, Paweł Pruss, Andrzej Jędrzejczak

Straty hydrauliczne powodowane przez nowoczesne systemy drenażowe podczas płukania złożeń filtrów pospiesznych

Filtry pospieszne są podstawowymi urządzeniami stosowanymi praktycznie w każdym układzie technologicznym oczyszczania wody przeznaczonej do spożycia i celów gospodarczych. W analizie działania tych urządzeń bierze się pod uwagę nie tylko skuteczność samego procesu filtracji, ale także przebieg, skuteczność i energochłonność płukania złożeń filtracyjnych, w tym zużycie wody do płukania oraz straty hydrauliczne powodowane przez drenaż [1, 2].

W pracy podjęto problem strat hydraulicznych powstających podczas przepływu wody przez nowoczesne systemy drenażowe zastosowane w zmodernizowanych filtrach pospiesznych pracujących w Stacji Uzdatniania Wody w Gruszczyźnie, która dostarcza wodę do Poznania i Swarzędza. Pomiar przeprowadzono w skali technicznej na dwustopniowych otwartych filtrach pospiesznych ze złożem antracytowo-piaskowym (I stopień) i węglowym (II stopień). Jakość ujmowanej wody podziemnej oraz zastosowana technologia jej oczyszczania zostały przedstawione w pracach [3–7]. W komorach filtracyjnych zastosowano dwa typy drenażu – TRITON (I stopień) i SE-LOP (II stopień) [8–11]. Podczas modernizacji stacji filtrów pomierzono straty hydrauliczne powodowane przez oba systemy drenażowe przy różnej intensywności płukania złożeń filtracyjnych wodą oraz podczas przepływu wody przez sam drenaż (bez złoża filtracyjnego).

Pierwszy stopień filtracji – złoża antracytowo-piaskowe

W stacji uzdatniania wody znajduje się pięć filtrów pospiesznych otwartych grawitacyjnych ze złożem antracytowo-piaskowym (piasek kwarcowy). Powierzchnia każdego filtru wynosi $21,75 \text{ m}^2$ ($3,85 \text{ m} \times 5,65 \text{ m}$). Na całkowitą wysokość filtru ($3,25 \text{ m}$) składają się: drenaż ($0,15 \text{ m}$), złożo piaskowe ($1,20 \text{ m}$; $0,8 \div 1,4 \text{ mm}$), złożo antracytowe ($0,50 \text{ m}$; $1,5 \div 2,5 \text{ mm}$), odległość koryta popłuczyn od powierzchni złoża ($1,20 \text{ m}$) oraz wysokość zapasowa ($0,20 \text{ m}$). Podczas modernizacji stacji w komorach filtrów antracytowo-piaskowych dotychczasowy drenaż został zastąpiony systemem

drenażowym TRITON, wykonanym całkowicie ze stali nierdzewnej. Innowacyjnym rozwiązaniem jest stożkowa szczelina o szerokości $0,2 \text{ mm}$, która nie tylko poprawia pracę filtru, ale umożliwia także stosowanie złożeń wielowarstwowych bez warstwy podtrzymującej. Intensywność płukania złoża powietrzem wynosi $70 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, wodą $20 \div 30 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ (do poziomu przelewu), po czym jeszcze $50 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ przez 1 min. Ekspansja złoża podczas płukania wynosi $30 \div 40\%$. Zastosowanie w komorach filtrów drenażu panelowego TRITON nie wymagało zmiany ich konstrukcji. Pozwoliło natomiast na zwiększenie wysokości warstwy filtracyjnej oraz zmniejszenie ilości wody zużytej do płukania złoża. Sumaryczna powierzchnia szczelin sita drenażowego wynosi ok. 10% powierzchni drenażu, co gwarantuje maksymalną wydajność procesu filtracji.

Drugi stopień filtracji – złoża węglowe

Woda po filtracji I stopnia podawana jest do hali mieszczącej sześć filtrów sorpcyjnych. Powierzchnia każdego filtru wynosi $22,96 \text{ m}^2$ ($4,1 \text{ m} \times 5,6 \text{ m}$). Na całkowitą wysokość filtru ($3,88 \text{ m}$) składają się: drenaż ($0,30 \text{ m}$), złożo węgla aktywnego ($2,00 \text{ m}$), odległość koryta popłuczyn od powierzchni złoża ($1,13 \text{ m}$) oraz wysokość zapasowa ($0,45 \text{ m}$). Komory filtrów węglowych wypełnione są formowanym węglem aktywnym typu WG 12 (Gryfskand, Hajnówka). W filtrach zamontowano system drenażowy SE-LOP. Moduły dystrybucyjne wykonane są z odpornego na korozję polietylenu. Specjalne kanały w modułach dystrybucyjnych odpowiadają za równomierne odprowadzenie filtratu, jak również za równomierne rozprowadzenie wody i powietrza podczas płukania. Kanały odpowietrzające zapewniają wyrównanie ciśnienia podczas płukania, a występujące przegrody poprzeczne stanowią zabezpieczenie przeciwdziałające uderzeniom hydraulicznym, które mogą spowodować wyrzucenie złoża do odpływu. Zakres intensywności płukania wodą wynosi $12,3 \div 73,2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, a powietrzem $18,3 \div 91,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Intensywność równoczesnego płukania powietrzem i wodą wynosi odpowiednio $73,2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ (powietrze) i $12,3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ (woda). Konstrukcja podtrzymująca i drenaż zapewniają równomierne płukanie zarówno powietrzem, jak i wodą. Części metalowe drenażu szczelinowego wykonane są ze stali nierdzewnej 304, o szczelinach $0,2 \text{ mm}$ w kształcie odwróconego trójkąta. Sumaryczna powierzchnia szczelin sita drenażowego wynosi $8,3 \div 10\%$ powierzchni drenażu. Konstrukcja szczeliny

Dr inż. A. Pruss: Politechnika Poznańska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska, ul. Piotrowo 3a, 60–965 Poznań, alina.pruss@put.poznan.pl

Mgr inż. P. Pruss: AQUA SA, ul. Kanclerska 28, 60–327 Poznań p.pruss@aquapoznan.pl

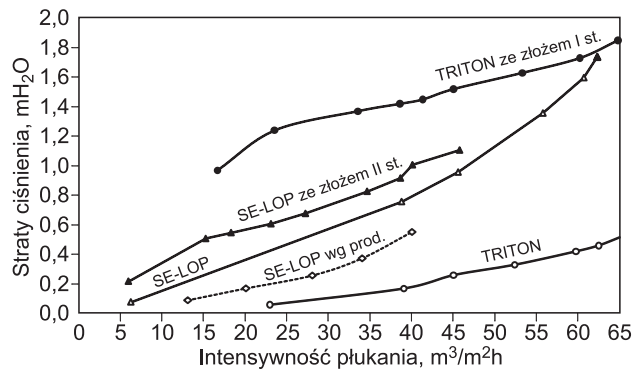
A. Jędrzejczak: AQUANET SA, Wydział Produkcji Wody, ul. Dolna Wilda 126, 61–492 Poznań, andrzej.jedrzejczak@aquanet.pl

i całkowite pokrycie powierzchni dna komory filtracyjnej drenażem gwarantuje równomierny odbiór filtratu oraz zapewnia, że szczeliny nie zapychają się ziarnami złoża filtracyjnego.

Wyniki pomiarów

W ramach badań przeprowadzonych w skali technicznej wykonano pomiary strat ciśnienia przy różnej intensywności płukania wodą złożów filtrów I i II stopnia, a także pomierzono straty ciśnienia na samym drenażu, bez złoża filtracyjnego. Przy pomiarach w komorze z węglem aktywnym zwiększenie intensywności płukania powyżej $45 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ było niemożliwe, ponieważ zagrażało jego wyniesieniem z komory filtru [12].

Na rysunku 1 przedstawiono wyniki pomiarów strat hydraulicznych podczas płukania obu złożów filtracyjnych wodą. Badania wykazały, że drenaż typu TRITON powodował mniejsze straty ciśnienia niż drenaż SE-LOP. Jednocześnie straty hydrauliczne na złożu antracytowo-piaskowym, w porównaniu ze złożem węglowym, były większe o około 80%.



Rys. 1. Zależność wysokości strat ciśnienia od intensywności płukania

Fig. 1. Effect of the rate of backwash water flow on hydraulic head loss

Wnioski

♦ Wykazano, że zastosowanie w komorach otwartych filtrów pospiesznych zarówno systemu drenażowego TRITON, jak i systemu SE-LOP umożliwiło równomierne rozprowadzenie wody i powietrza podczas płukania.

♦ Pomierzone doświadczalnie rzeczywiste straty ciśnienia, powodowane przez drenaż SE-LOP w Stacji Uzdatniania Wody w Gruszczyń, były większe niż wynika to z wyliczeń producenta. Podobnego porównania w przypadku drenażu TRITON nie można było dokonać z uwagi na brak danych katalogowych producenta.

LITERATURA

1. A.L. KOWAL, M. ŚWIDERSKA-BRÓŻ: Oczyszczanie wody. Podstawy teoretyczne i technologiczne, procesy i urządzenia. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
2. M. HIROL, D. KOWALSKI, A. HIROL, B. JAKIMCHUK, J. TRACH: Badania doświadczalne przebiegu płukania fluidalnego złoża filtru pospiesznego do oczyszczania wody. *Ochrona Środowiska* 2009, vol. 31, nr 4, ss. 35–38.
3. A. PRUSS, A. MACIOŁEK, I. LASOCKA-GOMUŁA: Wpływ aktywności biologicznej złożów węglowych na skuteczność usuwania związków organicznych z wody. *Ochrona Środowiska* 2009, vol. 31, nr 4, ss. 31–34.
4. A. PRUSS, J. JEŻ-WALKOWIAK, M.M. SOZAŃSKI: Concentration of heavy metals on surface of filter materials and in backwash water. Cost Action 637, Conf. proc., Kristianstad, Sweden 2010.
5. I. LASOCKA-GOMUŁA, A. MACIOŁEK: Ocena pracy złożów filtracyjnych otwartych filtrów pospiesznych na podstawie analizy granulometrycznej. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, PZITS Oddział Wielkopolski, Zakopane 2006, t. I, ss. 577–591.
6. A. MACIOŁEK, I. LASOCKA-GOMUŁA: Modernizacja SUW Gruszczyń przy zachowaniu ciągłej produkcji wody. Mat. konf. „Woda – Człowiek – Środowisko”, Licheń 2006.
7. I. LASOCKA-GOMUŁA, P. KANIA, A. MACIOŁEK: Stabilność chemiczna wody podziemnej ze stacji oczyszczania w Gruszczyń. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, PZITS Oddział Wielkopolski, Gniezno 2008, t. I, ss. 545–554.
8. M. KŁOS, J. TOKARCZYK: Zastosowanie drenażu blokowych w modernizacji układów filtracji. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2005, nr 10, ss. 29–33.
9. Water Quality and Treatment. AWWA, McGraw-Hill, New York 1990.
10. Water Treatment Plant Design. AWWA, McGraw-Hill, New York 1990.
11. Water Treatment, Principles and Design. MWH, John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey 2005.
12. M. TROSZCZYŃSKA: Analiza hydrauliczna płukania filtrów pospiesznych na Stacji Uzdatniania Wody W Gruszczyń. Praca dyplomowa, Politechnika Poznańska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Poznań 2007 (praca niepublikowana).

Pruss, A., Pruss, P., Jędrzejczak, A. Hydraulic Losses Generated by Modern Drainage Systems During Backwash of Rapid Filters. *Ochrona Środowiska* 2011, Vol. 33, No. 4, pp. 47–48.

Abstract: The objects under study were two-stage rapid filters (anthracite-sand and active carbon) operated by the Water Treatment Plant in Gruszczyń, which supplies municipal water to the cities of Poznań and Swarzędz. The filters were fitted with two types of advanced drainage systems, TRITON and SE-LOP. During modernization of the water treatment plant, measurements were conducted to determine the hydraulic losses caused by the two drainage systems at a varying rate of filter backwash water flow, and

(for comparison) the hydraulic losses caused by the drainage systems alone. Actual hydraulic losses obtained with the drainage systems tested were compared with those calculated based on the manufacturers' specifications. Analysis of the hydraulic head losses specified by the manufacturers and those measured in the filter plant has produced the following finding: the actual hydraulic head losses caused by the SE-LOP drainage system alone are by approximately 50% higher compared to the calculated values, whereas the hydraulic head losses measured in the filter beds are comparable with the calculated ones.

Keywords: Rapid filter, drainage, hydraulic head loss, backwash, water flow rate.