

Przeгляд Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 54, 2011: 333–343

(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 54, 2011)

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 54, 2011: 333–343

(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 54, 2011)

**Paweł WIERCIK, Magdalena DOMAŃSKA**

Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Institute of Environmental Engineering, Wrocław University of Environmental  
and Life Sciences

## **Wpływ recyrkulacji popłuczyn na jakość wody uzdatnionej – przegląd literatury**

## **The influence of filter backwash water recirculation on quality of treated water – a review of literature**

**Słowa kluczowe:** popłuczyny, recyrkulacja wody, uzdatnianie wody

**Key words:** filter backwash water, water recirculation, water treatment

### **Wprowadzenie**

Filtracja jest podstawowym procesem technologicznym stosowanym w zakładach wodociągowych uzdatniających wody podziemne lub powierzchniowe wykorzystywane do pokrycia zapotrzebowania na wodę ludności i przemysłu. W trakcie przepływu wody przez złoża filtracyjne dochodzi do osadzania się w porach złoża cząstek zawiesiny i stopniowego wzrostu strat hydraulicznych. Przy nadmiernej kolmatacji złoża może dojść do zjawiska nazywanego przebieciem, podczas którego zatrzymane wcześniej części zawiesin wypłukiwane

są do uzdatnianej wody. Aby temu zapobiec, przeprowadza się płukanie filtrów wstecznym strumieniem wody lub powietrza bądź jednoczesnym wprowadzaniem obu mediów. Jeśli wypełnieniem złoża jest materiał katalityczny lub jonowymienny, to płukanie przeprowadza się z użyciem czynnika regenerującego. W trakcie płukania złoża filtracyjnych powstają popłuczyny, które traktowane są jako ścieki powstające podczas produkcji wody.

Oczyszczanie popłuczyn najczęściej ma na celu osiągnięcie jakości pozwalającej na ich odprowadzenie do środowiska lub kanalizacji (Rozporządzenie Ministra Środowiska.... 2006, Rozporządzenie Ministra Budownictwa.... 2006). Coraz częściej popłuczyny zwraca się ponownie do ciągu technologicznego, co ma na celu ograniczenie kosztów eksploatacyjnych zakładu wo-

dociągowego. Recykling popłuczyn pozwala obniżyć koszty ujmowania wody (pompowanie, opłaty za korzystanie ze środowiska) oraz odprowadzania wód popłucznych do kanalizacji lub środowiska (Bochnia i Żaba 2003).

## Problemy związane z recyrkulacją popłuczyn

Skład chemiczny osadów i popłuczyn powstających w procesie płukania zależy od rodzaju i jakości uzdatnianej wody, zastosowanych źródeł filtracyjnych, reagentów chemicznych i ich dawek zastosowanych w procesach technologicznych, układu technologicznego oraz użytych rozwiązań technicznych.

Popłuczyny powstające w czasie płukania filtrów do odżelaziania i odmanganiania wód podziemnych charakteryzują się innym składem od popłuczyn powstających w czasie płukania filtrów uzdatniających wody powierzchniowe. Popłuczyny powstające na zakładach wodociągowych uzdatniających wody

podziemne zawierają dużą ilość zawiesin, w których składzie dominują amorficzne silnie uwodnione tlenki i wodorotlenki żelaza i manganu. Te wody popłuczne z reguły są wolne od bakterii heterotroficznych, ale bardzo często stwierdza się w nich obecność autotroficznych bakterii żelazowych, manganowych i nitryfikacyjnych.

Popłuczyny powstające podczas płukania filtrów do odżelaziania i odmanganiania wód podziemnych mają stabilny fizykochemiczny skład i zazwyczaj są pozbawione mikroorganizmów patogennych. Na ogół po podczyszczeniu popłuczyn w odstojnikach, zamiast odprowadzania do kanalizacji bądź środowiska, możliwa jest ich recyrkulacja. W wodach odprowadzanych z odstojników, w których popłuczyny oczyszczane są w procesie sedymentacji, stwierdza się duży udział procentowy mikrozwiesin, pochodzących głównie z pierwszego filtratu oraz końcowej fazy płukania filtrów (Siwiec i Kardel 1995). W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań składu granulometrycznego zawiesin obecnych

TABELA 1. Udział cząstek o danych zakresach średnic zastępczych w całkowitej ilości cząstek zawiesiny dla wybranych próbek popłuczyn z oczyszczania wód podziemnych

TABLE 1. Percentage of particles in given diameter ranges in whole number of suspension particles for samples of filter backwash water from groundwater treatment plants

Stacja uzdatniania wody Water treatment plant	Data poboru Date of measurement	Udział cząstek o danych zakresach średnic zastępczych [µm] w ilości cząstek [%] Percentage of particles in given diameter ranges [m] in number of particles [%]		
		0,1–1	1–10	10–100
Żórawina	16.01.2008	92,70	7,28	0,03
Sucha Górna	07.12.2007	89,40	10,55	0,04
Świątniki	23.01.2008	92,16	7,81	0,03
Trzebnica	23.01.2008	83,42	16,33	0,25
Godzięcin	31.01.2008	93,86	6,11	0,03
Kąty Wrocławskie	22.02.2008	94,75	5,22	0,02
Oborniki Śląskie	28.02.2008	96,21	3,78	0,01

w popłuczynach pobranych w wybranych stacjach uzdatniających wody podziemne. Usuwanie mikrozwiesin z popłuczyn wymaga zastosowania koagulacji wody. Badania Łomotowskiego i Wiercika (2009) wykazały, że okresowe napowietrzenie popłuczyn przed sedymentacją może wpłynąć na wzrost sprawności oczyszczania popłuczyn w odstojnikach.

W popłuczynach z uzdatniania wód powierzchniowych stwierdza się zawiesiny związków mineralnych, których skład zależy od zastosowanych koagulantów w procesie uzdatniania, obecności mikroorganizmów bakteryjnych, pierwotniaków, glonów i skorupiaków. Skład popłuczyn pochodzących z uzdatniania wód powierzchniowych jest silnie zależny od składu uzdatnianych wód powierzchniowych i wykazuje zróżnicowanie w zależności od pory roku oraz stanów wód powierzchniowych na ujęciu.

W popłuczynach z oczyszczania wód powierzchniowych stwierdza się podwyższone stężenia metali, takich jak: Cr, Zn, Pb, Sb, Hg i W, zanieczyszczenia organiczne, m.in. monocykliczne i policykliczne węglowodory aromatyczne, pestycydy i ich metabolity, chlorowc pochodne węglowodorów, jak trihalometany (THM).

Często w popłuczynach powstających na stacjach uzdatniania wód (SUW) stwierdza się obecność powierzchniowych patogennych pierwotniaków *Cryptosporidium parvum* i *Giardia lamblia* (Leszczyńska 2009). Formy przetrwalne tych organizmów są bardzo odporne na czynniki środowiskowe i są trwałe w środowisku wodnym. Oznaczają się również odpornością na dezynfekanty używane w uzdatnianiu wody (USEPA 2002). Za przykład mogą posłużyć bada-

nia LeChevallier i innych (2000), którzy w 7,4% analizowanych próbek popłuczyn oznaczyli żywe, infekcyjne oocysty *Cryptosporidium parvum*. Obecność pierwotniaków w popłuczynach powstających na SUW uzdatniających wody powierzchniowe została udokumentowana w pracach wielu badaczy, a ilość oznaczanych patogenów w wodach popłucznych była znacznie większa niż w próbkach wody surowej (Cornwell i Lee 1994, Karanis i in. 1998, Arora i in. 2001, Adin i in. 2002, Nasser i in. 2002). Jak wykazały badania modelowe Carlsona i Bellami (2001), recyrkulacja nieoczyszczonych popłuczyn zawierających cysty pasożytów wpływa na zwiększenie liczby cyst oznaczanych w wodzie uzdatnionej w porównaniu z liczbą oznaczaną w wodzie uzdatnionej bez prowadzenia recyrkulacji. Liczba ta była znacznie mniejsza w wodzie pitnej bez recyrkulacji (999 cyst-d<sup>-1</sup>) niż z jej zastosowaniem (1453 cyst-d<sup>-1</sup>).

Cornwell i MacPhee (2001) zbadali wpływ recyrkulacji nieoczyszczonych popłuczyn, do których dodawano oocysty *Cryptosporidium parvum*, na skuteczność usuwania cząstek i mikroorganizmów w procesie koagulacji, sedymentacji i filtracji. Badania wykazały, że recyrkulacja popłuczyn w ilości od 4,3 do 20% w stosunku do wody surowej dawała podobne albo lepsze efekty oczyszczania niż w przypadku jej braku. Większa liczba cząstek i oocyst trafiających do osadnika zwiększała mętność i polepszała efekty usuwania w procesie koagulacji, dlatego usuwanie mętności przed recyrkulacją popłuczyn w tych badaniach nie było konieczne. Jednak zawracanie popłuczyn bez usunięcia cząstek może powodować dodatkowe

problemy związane z wprowadzaniem innych zanieczyszczeń do wody surowej, jak: materii organicznej, przyswajalnego węgla organicznego i ubocznych produktów dezynfekcji. W przypadku zawracania popłuczyn zawierających materię organiczną istnieje niebezpieczeństwo powstawania ubocznych produktów dezynfekcji, tj. THM-ów i kwasów halogenoocetowych, gdy zawracana woda popłuczna będzie poddawana procesowi chlorowania, co wykazały m.in. badania McCormicka i innych (2010) prowadzone na popłuczynach pobranych z czterech stacji uzdatniających wody powierzchniowe.

Zawartość i rodzaj materii organicznej obecnej w zawracanych popłuczynach może w różny sposób wpłynąć na jakość wody surowej, a tym samym na skuteczność procesów jej uzdatniania. Badania Gottfrieda i innych (2008) dowiodły, że recyrkulacja popłuczyn, w których związki organiczne zdestabilizowane były jonami glinu w wodzie surowej na dwóch stacjach uzdatniających wody powierzchniowe, nie przyniosła tych samych efektów usuwania ładunku materii organicznej. Doświadczenie to wskazuje, że o wpływie popłuczyn na uzyskiwane efekty usuwania związków organicznych decyduje skład wody surowej. Można domniemywać, że decydujące znaczenie może mieć potencjał elektrokinetyczny cząstek koloidalnych, który zależy od zawartości jonów w uzdatnianej wodzie.

## Regulacje prawne

W krajach Unii Europejskiej, także w Polsce, brakuje aktów wykonawczych dotyczących zawracania oczyszczonych

wód popłucznych do ciągu technologicznego. W Stanach Zjednoczonych recyrkulacja popłuczyn jest powszechnie stosowana. W trosce o zdrowie odbiorców wody, po głośnej epidemii w 1993 roku w Milwaukee, gdy 400 000 osób uległo infekcji *Cryptosporidium parvum*, powstało wiele zaleceń i przepisów dotyczących bezpiecznego prowadzenia procesu recyklingu popłuczyn. Większość tych zasad można znaleźć w pracy opublikowanej przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska „Zasady recyklingu wód z płukania filtrów” (USEPA 2002). Zasady zawarte w dokumencie powinno się stosować, gdy spełnione są jednocześnie 3 warunki: stacja uzdatniania wody stosuje konwencjonalną lub bezpośrednią filtrację, ujmuje wody powierzchniowe lub podziemne będące pod bezpośrednim wpływem wód powierzchniowych i recyrkułuje przynajmniej jeden z 3 rodzajów strumieni „zużytej wody”: popłuczyny, wody nadosadowe z różnych urządzeń zagęszczających lub odcieki z urządzeń odwadniających. Do sposobów minimalizowania wpływu recyrkulacji popłuczyn na jakość wody uzdatnionej zaliczyć należy dodatek chemikaliów do recyrkulowanej wody, stosowanie sedymentacji przed wprowadzeniem zawracanej wody na filtry, kontrolę stosunku przepływu wody zawracanej do całkowitej ilości wody wprowadzanej na filtry (wody surowej i recyrkulowanej), który nie powinien przekraczać 10%.

Najczęściej popłuczyny na stacjach uzdatniania wód podziemnych są oczyszczane w odstojnikach popłuczyn na drodze okresowej sedymentacji, w której zachodzi rozdzielenie fazy stałej (zawiesin) od fazy ciekłej. Proces ten jest jed-

nak nieskuteczny w przypadku zawiesin koloidalnych. Usunięcie tych domieszek możliwe jest przy użyciu reagentów chemicznych, mających na celu wywołanie koagulacji i usprawnienie procesu sedymentacji oraz skrócenia procesu osiadanania cząstek. Do nieorganicznych flokulantów można zaliczyć przede wszystkim sole żelaza i glinu oraz wapno, a do organicznych – polielektrolity o różnej masie atomowej cząstek.

Siwiec i Bednarczyk (2001) podkreślają rolę, jaką odgrywają odstożniki w zmniejszeniu ładunku zanieczyszczeń, przede wszystkim mętności – średnio o 70% i stężenia żelaza – ponad 80%. W swoich badaniach zastosowali procesy sedymentacji, wapnowania, koagulacji, a także korektę odczynu. Najskuteczniejszą metodą okazała się koagulacja z korektą odczynu wodorotlenkiem wapnia i godziną sedymentacją zawiesin. Tak oczyszczone popłuczyny dla wszystkich dawek siarczanu glinu i badanych parametrów jakości spełniały ówczesne wymogi jakościowe dla wody pitnej. Zastosowanie wstępnej 4-godzinnej sedymentacji zmniejszyło dawkę siarczanu glinu o 20% i ponad 50% wapna użytego do korekty odczynu. Dobre efekty stosowania siarczanu glinu w oczyszczaniu popłuczyn potwierdzają również wyniki badań Kusia i Koźmińskiego (1993) oraz Nassera i innych (2002).

Badania Adina i innych (2002) wykazały, że zastosowanie godzinnej sedymentacji przed procesem flokulacji popłuczyn z oczyszczania wód powierzchniowych, bez dodatku koagulantu, dawało gorsze efekty zmniejszenia mętności niż przy zastosowaniu flokulacji bez wcześniej sedymentacji. Dodatek 30 mg Al-dm<sup>-3</sup> spowodował odwrotny efekt i w prób-

kach po wcześniejszej sedymentacji liczba cząstek była o 40% mniejsza niż w próbkach bez sedymentacji.

Na właściwości sedymentacyjne zawiesin wpływa także obecność poszczególnych jonów w popłuczynach, co wykazały badania Bourgeois i innych (2004). Większy stosunek jonów jednowartościowych (sodu) do dwuwartościowych (magnez i wapń) w popłuczynach wpływa na gorszą sedymentację zawiesin, niż w przypadku gdy w zawieszynie dominują jony dwuwartościowe, takie jak wapń i magnez. Mają one zdolność do destabilizacji i adsorpcji cząstek koloidalnych, tworząc cięższe, gęstsze agregaty niż w przypadku jonów jednowartościowych.

Wyniki badań wpływu zastosowanych polielektrolitów organicznych i różnych koagulantów na efekty oczyszczania popłuczyn, powstających w zakładach wodociągowych uzdatniających wody podziemne, infiltracyjne i powierzchniowe, oraz na zagęszczanie osadów wytrączanych z popłuczyn przedstawione zostały w pracach Jagoszewskiego i Świdorskiej-Bróz (2001) oraz Forsta i innych (1999). Dodatek polielektrolitów powodował skrócenie czasu sedymentacji wszystkich próbek popłuczyn, ale odmiennie wpływał na stopień ich zagęszczenia. Polielektrolity przyczyniły się do zwiększenia objętości i uwodnienia osadów zagęszczonych, co związane było najprawdopodobniej z wiązaniem wody w strukturze kłaczków powstających w wyniku ich działania. Stwierdzono również pozostałość polielektrolitów w wodzie nadosadowej, której jakość mimo zwiększonej utleniałości była lepsza niż w przypadku niekondycjonowanych popłuczyn.

## Stosowane układy recykulacji popłuczyn

Wody popłuczne są zazwyczaj zwracane poprzez zastosowanie zbiorników mających na celu wyrównanie przepływu. Wody nadosadowe z odstojników kierowane są do podstawowego ciągu technologicznego, najczęściej po zastosowaniu procesów oczyszczania z zastosowaniem reagentów chemicznych (Lou i Lin 2008).

Badania Tobiasona i innych (2003) na sześciu SUW recyklujących wody popłuczne wykazały, że tam gdzie popłuczyny poddawano procesowi 22–24 h sedimentacji przed recykulacją (SUW Lakeville i SUW Lake Wangum) oraz na SUW, gdzie recykulacja popłuczyn odbywa się w sposób ciągły z płukanych automatycznie co 48 minut filtrów piaskowych i co 180 minut filtrów z węglem aktywnym (SUW Stamford), notowano małą zawartość cząstek stałych oraz substancji rozpuszczonych, przez co wpływ na jakość wody surowej i jej uzdatnianie był niewielki. Mimo recykulacji nieoczyszczonych popłuczyn na SUW Stamford popłuczyny charakteryzowały się jakością zbliżoną do jakości wody surowej, głównie na skutek dużego rozcieńczenia i ciągłego płukania filtrów. Na trzech pozostałych – SUW Easton, SUW Trap Falls i SUW Warner, gdzie nieoczyszczone popłuczyny poddawano recykulacji bezpośrednio ze zbiorników wyrównawczych, jakość uzdatnianej wody podlegała większym wahaniom, głównie na skutek techniki zwracania popłuczyn ze zbiorników oraz ich konfiguracji. Wzruszenie cząstek osiadłych w zbiorniku na skutek dopływu popłuczyn w trakcie płukania

filtrów (SUW Easton i SUW Trap Falls), a także użycie tej samej rury zarówno do płukania, jak i zwracania popłuczyn (SUW Warner) powodowało, że okresowo w zwracanych popłuczynach stwierdzano podwyższoną liczbę cząstek, ale nie wpływało to znacząco na pogorszenie jakości po zmieszaniu z wodą surową ani na dalsze etapy uzdatniania.

Wiktorowski i Tosik (1988) prowadzili badania na wodociągu przemysłowym Huty Szkła Okiennego „Sandomierz”. Zapotrzebowanie wody na płukanie filtrów do odżelaziania i odmanganiania wody wynosiło 15% średniodobowej produkcji wody. Przeprowadzono badania nad odzyskiwaniem wody z popłuczyn z wykorzystaniem nieprodukowanego obecnie flokulantu Gigtar 3 w układzie: sedimentacja 2 h w odstojniku popłuczyn po dodaniu do nich dawki 2–3 mg·dm<sup>-3</sup> Gigtaru 3, okresowe wymieszanie za pomocą sprężonego powietrza oraz dwustopniowa filtracja (lub jednostopniowa przez złożę dwuwarstwowe) cieczy nadosadowej z prędkością 5–10 m·h<sup>-1</sup>. Popłuczyny po oczyszczeniu miały lepszą jakość od wody surowej i można je było zwracać do ciągu technologicznego.

Wysmulek i inni (2010) w celu zwracania wód popłucznych powstających na SUW w Wołominie, uzdatniającej wody podziemne, zastosowali układ oczyszczania składający się z dwukomorowego osadnika popłuczyn, przed którym dozowany jest koagulant (chlorek poliglinu), a wody nadosadowe z osadnika kierowane są na samopłuczający, piaskowy filtr DYNASAND, na którym zachodzi doczyszczanie popłuczyn. Ostatnim etapem przed recykulacją jest dezynfekcja na lampach UV.

Willemse i Breekvoort (1999), prowadząc przez rok proces ultrafiltracji popłuczyn na jednej z holenderskich SUW, osiągnęli niższe koszty w porównaniu z wcześniej prowadzonym konwencjonalnym oczyszczeniem popłuczyn. W procesie ultrafiltracji przez membranę o nominalnej średnicy porów  $0,03 \mu\text{m}$  mocno zanieczyszczonych związkami żelaza ( $100\text{--}1000 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) i manganu ( $2\text{--}8 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) popłuczyn, których mętność przekraczała 1000 FTU (Formazin Turbidity Unit), uzyskali filtrat spełniający zarówno holenderskie, jak i europejskie wymogi jakościowe dla wody pitnej. Zredukowano zawartość żelaza poniżej  $0,06 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , manganu do  $0,05 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , a mętności poniżej 0,03 FTU (norma dla wody pitnej w Unii Europejskiej wynosi 0,1 FTU), przy całkowitej redukcji zanieczyszczeń wynoszącej 93%. Podobną skuteczność oczyszczania popłuczyn pochodzących z tej samej SUW uzyskali Vos i inni (1997), otrzymując filtrat bardzo wysokiej jakości, który po dezynfekcji promieniami UV trafiał do zbiorników wody czystej. Oczyszczając popłuczyny tą metodą, osiągnięto bardzo mały procent strat wyprodukowanej wody w stosunku do wody ujmowanej, wynoszący 0,4%.

Sprawność oczyszczania na drodze ultrafiltracji (UF) mieszaniny popłuczyn oraz osadów z osadnika pokoagulacyjnego pochodzących z uzdatniania wód powierzchniowych z jeziora Major w Nowej Szkocji i wpływ recyrkulacji 10% filtratu z membrany do ciągu technologicznego zbadali Walsh i Gagnon (2006). Mieszanina obu rodzajów ścieków po filtracji przez membranę cechowała się gorszą jakością parametrów fizykochemicznych w porównaniu z ja-

kością wody uzdatnionej, szczególnie pod względem rozpuszczonych form metali. Wpływ na namnażanie bakterii heterotroficznych w próbie mieszaniny 10% filtratu z membrany i 90% wody uzdatnionej oraz w próbie kontrolnej, którą stanowiła wyłącznie woda uzdatniona, był porównywalny, a po dezynfekcji chlorem oraz monochloroaminą został osiągnięty wysoki stopień redukcji mikroorganizmów.

Walsh i inni (2008) badali stabilność biologiczną oraz możliwość powstawania ubocznych produktów dezynfekcji w popłuczynach z oczyszczania wód z jezior Major i Ontario przy podobnie przygotowanych próbach kontrolnych oraz próbach powstałych ze zmieszania wody uzdatnionej i 10% filtratu membrany UF, który stanowiły tylko popłuczyny. Popłuczyny z oczyszczania wód z jeziora Major zawierały chlor na skutek prowadzonego chlorowania przed filtracją, przez co zawierały o 76% THM-ów i o 97% kwasów halogenoocetowych (HAA5) więcej niż próbki popłuczyn z oczyszczania wód jeziora Ontario. Redukcja obu tych zanieczyszczeń na membranie UF dla obu próbek popłuczyn wyniosła średnio 68% dla THM-ów i 22% dla kwasów HAA5, co wynika z mniejszej średnicy cząstek obu grup niż wielkości porów membrany. W porównaniu z jakością wody uzdatnionej zawartość trihalometanów dla obu próbek popłuczyn po filtracji była mniejsza, a kwasów HAA5 większa i dla popłuczyn z oczyszczania wód jeziora Major przekraczająca dopuszczalną zawartość  $60 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ , według standardów amerykańskich. Sprawdzona również została stabilność biologiczna próbek kontrolnych oraz zmieszanych bez zastosowania

dezynfekcji popłuczyn oraz z użyciem do tego celu chloru, monochloroaminy oraz dwutlenku chloru. Po 25-dniowym okresie inkubacji różnica w ilości bakterii heterotroficznych w próbach kontrolnych i w próbach zawierających 10-procentowy udział przefiltrowanych przez membranę popłuczyn dla próbek z obu jezior była porównywalna. Jednak dezynfekcja prób kontrolnych i zmieszanych pochodzących z jeziora Major wykazała, że duża ilość obecnych w tych próbach ubocznych produktów dezynfekcji wpłynęła negatywnie na ten proces, przyczyniając się do ponadnormatywnego zwiększenia ilości ubocznych produktów dezynfekcji wyrażonych jako kwasy HAA5 dla wszystkich dezynfekantów. Dezynfekcja prób z jeziora Ontario nie przyniosła negatywnych skutków. Wyniki tych badań jednoznacznie wskazują, że w przypadku zwracania do ciągu technologicznego chlorowanych popłuczyn należy zwrócić szczególną uwagę na możliwość tworzenia się ubocznych produktów dezynfekcji.

Zastosowanie procesu mikrofiltracji popłuczyn na SUW uzdatniających wody powierzchniowe ze względu na wielkość porów membran może okazać się nieskuteczne dla zatrzymania cząstek koloidalnych i mikroorganizmów. Song i inni (2001) osiągnęli bardzo dużą skuteczność procesu mikrofiltracji skażonych mikrobiologicznie popłuczyn na membranie o średnicy porów 0,5  $\mu\text{m}$  przy wcześniejszym zastosowaniu mikrosita 1  $\mu\text{m}$ , koagulacji 30  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  polichlorkiem glinu oraz dodatku 1,5  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  chloru. Proces koagulacji zapewnił łącznie cząstek w większe agregaty za-

trzymywane następnie na membranie. Chlor zapobiegał biologicznemu zarastaniu membran, tzw. biofoulingowi, a także działał dezynfekująco na mikroorganizmy. Układ ten pozwolił na usunięcie glonów i bakterii rzędu 4-log oraz całkowite usunięcie bakterii z grupy *Coli*.

Badania nad wpływem wielkości cząstek popłuczyn na skuteczność procesu mikrofiltracji na membranach o średnicach 0,5 i 1  $\mu\text{m}$  prowadzili Huang i inni (2010). W popłuczynach dominowały cząstki o wielkości średnicy 30  $\mu\text{m}$ , a z nanocząstek – o wielkości 955 nm. Zastosowanie procesu sedymentacji przed filtracją przez membrany przyczyniło się do zwiększonego foulingu membran niż bez jej prowadzenia. Sedymentacja pozbawiła wody nadosadowe większych cząstek, które osadzając się na membranie, mogły zatrzymywać cząstki drobniejsze – nanocząstki. Po sedymentacji na membrany trafiały popłuczyny, w których dominowały głównie nanocząstki, przyspieszając w ten sposób fouling. Aby poprawić proces mikrofiltracji, zastosowano wstępną koagulację polichlorkiem glinu.

## Podsumowanie

Przedstawione w pracy dane wskazują na złożoność zagadnień związanych z recyrkulacją popłuczyn powstających na stacjach uzdatniania wód. Przy projektowaniu instalacji do odzysku wody z popłuczyn należy zwrócić uwagę przede wszystkim na niebezpieczeństwo związane z wtórnym zanieczyszczeniem wody mikroorganizmami, których usunięcie



może okazać się bardzo trudne i kosztowne. Dlatego też w Polsce, gdzie 67% wody na cele wodociągowe ujmowane jest z ujęć wód podziemnych (Kowal i Świdierska-Bróż 2007), można byłoby z powodzeniem stosować recyrkulację popłuczyn, gdyż nie zawierają one domieszek chemicznych i biologicznych wpływających na jakość wody czystej.

W przypadku popłuczyn powstających na stacjach uzdatniających wody powierzchniowe konieczne jest stosowanie rozbudowanych układów ich oczyszczania. Wpływa to na wzrost nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych stacji uzdatniania wody. Przed podjęciem decyzji o wdrożeniu recyrkulacji popłuczyn na tych stacjach wodociągowych konieczne jest przeprowadzenie analizy ekonomicznej w celu stwierdzenia zasadności recyrkulacji popłuczyn.

## Literatura

- ADIN A., DEAN L., BONNER F., NASSER A., HUBERMEN Z. 2002: Characterization and destabilization of spent filter backwash particles. *Water Science and Technology: Water Supply* 2 (2): 115–122.
- ARORA H., Di GIOVANNI G., LECHEVALIER M. 2001: Spent filter backwash water. Contaminants and treatment strategies. *Journal of American Water Works Association* 93 (5): 100–112.
- BOCHNIA T., ŻABA T. 2003: Zasady recyklingu wód w popłuczynach w aspekcie mikrobiologicznej jakości wody do spożycia. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 10: 324–326.
- BOURGEOIS J.C., WALSH M.E., GAGNON G.A. 2004: Treatment of drinking water residuals: comparing sedimentation and dissolved air flotation performance with optimal cation ratios. *Water Research* 38 (5): 1173–1182.
- CARLSON K.H., BELLAMY W.H. 2001: Use of a mass balance model for developing guidelines for treatment plant recycle streams. *Water Science and Technology: Water Supply* 1(4): 169–176.
- CORNWELL D.A., LEE R.G. 1994: Waste stream recycling: its effect on water quality. *Journal AWWA* 86 (11): 50–63.
- CORNWELL D.A., MacPHEE M.J. 2001: Effects of Spent Filter Backwash recycle on Cryptosporidium removal. *Journal AWWA* 93 (4): 153–163.
- FORST A., JAGOSZEWSKI T., ŚWIDERSKA-BRÓŹ M. 1999: Wpływ chemicznego kondycjonowania popłuczyn powstających podczas oczyszczania wód podziemnych na przebieg ich zagęszczania. *Ochrona Środowiska* 1: 7–11.
- GOTTFRIED A., SHEPARD A.D., HARDIMAN K., WALSH M.E. 2008: Impact of recycling filter backwash water on organic removal in coagulation-sedimentation processes. *Water Research* 42 (18): 4683–4691.
- HUANG C., LIN J., WU C.L., CHU C.P. 2010: Recycling of spent filter backwash water using coagulation-assisted membrane filtration: effects of submicrometre particles on membrane flux. *Water Science and Technology* 61 (8): 1923–1929.
- JAGOSZEWSKI T., ŚWIDERSKA-BRÓŹ M. 2001: Wpływ chemicznego kondycjonowania popłuczyn na ich zagęszczanie grawitacyjne. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 10: 362–364.
- KARANIS P., SCHOENEN D., SEITZ H.M. 1998: Distribution and removal of Giardia and Cryptosporidium in water supplies in Germany. *Water Science and Technology* 37 (2): 9–18.
- KOWAL A.L., ŚWIDERSKA-BRÓŹ M. 2007: Oczyszczanie wody. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- KUŚ K., KOŹMIŃSKI G. 1993: Zastosowanie pulsatorów do oczyszczania popłuczyn. *Ochrona Środowiska* 4: 65–67.
- LeCHEVALLIER M.W., ABBASZADEGAN M., Di GIOVANNI G.D. 2000: Detection of infectious *Cryptosporidium Parvum* oocysts in environmental water samples using

- an integrated cell culture-PCR (CC-PCR) system. *Water, Air, and Soil Pollution* 123 (1–4): 53–65.
- LESZCZYŃSKA M. 2009: Substancje szkodliwe w osadach i popłuczynach z uzdatniania wody. *Technologia Wody* 9: 7–13.
- LOU J.C., LIN Y.C. 2008: Assessing the feasibility of wastewater recycling and treatment efficiency of wastewater treatment units. *Environmental Monitoring and Assessment* 137 (1–3): 471–479.
- ŁOMOTOWSKI J., WIERCİK P. 2009: Zastosowanie napowietrzania do poprawy skuteczności sedymentacji zawieszin powstających podczas oczyszczania wód podziemnych. *Ochrona Środowiska* 31 (4): 21–24.
- MCCORMICK M.J., PORTER M., WALSH M.E. 2010: Disinfection by-products in filter backwash water: Implications to water quality in recycle designs. *Water Research* 44 (15): 4581–4589.
- NASSER A., HUBERMAN Z., DEAN L., BONNER F., ADIN A. 2002: Coagulation as a pretreatment of SFBW for membrane filtration. *Water Science and Technology: Water Supply* 2 (5–6): 301–306.
- Rozporządzenie Ministra Budownictwa z dnia 14 lipca 2006 r. w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych. Dz.U. z 2006 r. nr 136, poz. 964.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz.U. z 2006 r. nr 137, poz. 984, z późn. zm.
- SIWIEC T., BEDNARCZYK L. 2001: Badania efektywności oczyszczania wód pochodzących z płukania filtrów odżelaziających i odmanganiających. *Gospodarka Wodna* 5: 200–205.
- SIWIEC T., KARDEL I. 1995: Hydrauliczne i technologiczne warunki pracy odstojników wód popłucznych. *Gospodarka Wodna* 6: 136–143.
- SONG H., FAN X., ZHANG Y., WANG T., FENQ Y. 2001: Application of microfiltration for reuse of backwash water in a conventional water treatment plant – a case study. *Water Science and Technology: Water Supply* 1 (5–6): 199–206.
- TOBIASON J.E., EDZWALD J.K., LEVESQUE B.R., KAMINSKI G.K., DUNN H.J., GALANT P.B. 2003: Full-scale assessment of waste filter backwash recycle. *Journal of American Water Works Association* 95 (7): 80–93.
- USEPA 2002: Technical guidance manual. Filter Backwash Recycling Rule. United States Environmental Protection Agency.
- VOS G., BREKVOORT Y., BUYS P. 1997: Full-scale treatment of filter backwash water in one step to drinking water. *Desalination* 113 (2–3): 283–284.
- WALSH M.E., GAGNON G.A. 2006: Blending membrane treated WTP waste residuals with finished water: impacts to water quality and biofilm formation. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA* 55 (5): 321–334.
- WALSH M.E., GAGNON G.A., ALAM Z., ANDREWS R.C. 2008: Biostability and disinfectant by-product formation in drinking water blended with UF-treated filter backwash water. *Water Research* 42 (8–9): 2135–2145.
- WIKTOROWSKI S., TOSIK R. 1988: Odzyskiwanie wody ze ścieków z płukania odżelaziaczy i odmanganiaczy. *Gospodarka Wodna* 2: 34: 38–40.
- WILLEMSE R.J.N., BREKVOORT Y. 1999: Full-scale recycling of backwash water from sand filters using dead-end membrane filtration. *Water Research* 33 (15): 3379–3385.
- WYSMULEK P., GRANOPSM., WICHOWSKI P. 2010: Oczyszczanie wód popłucznych na przykładzie stacji uzdatniania wody w Wołominie. *Gospodarka Wodna* 1: 23–26.

## Summary

**The influence of filter backwash water recirculation on quality of treated water – a review of literature.** In this article problems associated with recirculation of filter backwash water to the head of the water treatment plant are presented. The article

concerns threats and difficulties relating to filter backwash water recirculation and describes various methods of recycle. One of the greatest threat is the presence of microorganisms in filter backwash water, especially pathogens, which may appear in filtered water during recirculation and significantly worsen the quality of treated water.

**Authors' address:**

Paweł Wiercik, Magdalena Domańska  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Instytut Inżynierii Środowiska  
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław  
Poland  
e-mail: pawel.wiercik@up.wroc.pl  
magdalena.domanska@up.wroc.pl