

Joanna Wyczarska-Kokot

Badania jakości popłuczyn ze stacji filtrów w obiekcie basenowym w aspekcie możliwości odprowadzania ich do wód lub do ziemi – studium przypadku

Skład wód powstających w wyniku płukania złóż filtracyjnych w systemach oczyszczania wody basenowej stanowi podstawowe kryterium ich zagospodarowania lub wykorzystania, a także bezpiecznego odprowadzenia do środowiska naturalnego [1]. Analiza wyników badań prowadzonych w Politechnice Śląskiej pozwala stwierdzić, że przynajmniej częściowe zagospodarowanie tego rodzaju wód popłuczynych, a tym samym znaczne ograniczenie kosztów związanych z zaopatrzeniem w wodę i odprowadzaniem ścieków z obiektów basenowych, jest możliwe i uzasadnione [2–5]. W badaniach nad możliwością zagospodarowania popłuczyn z obiektów basenowych zawsze należy brać pod uwagę wielkość obiektu basenowego, jego funkcję (park wodny, basen rekreacyjny, sportowy, do nauki pływania itp.), zastosowaną technologię oczyszczania wody, rodzaj filtrów i złóż filtracyjnych, długość cykli filtracyjnych oraz dobowe lub godzinowe obciążenie obiektu osobami korzystającymi z niego [2–4, 6].

Spośród wielu możliwości zagospodarowania lub wykorzystania wód powstających w wyniku płukania złóż filtracyjnych w obiektach basenowych najczęściej wymienia się odzyskiwanie ich ciepła, wykorzystanie do podlewania zieleni, zraszania kortów i boisk (często lokalizowanych w pobliżu basenów i stanowiących kompleks obiektów sportowych), zasilanie instalacji do spłukiwania toalet, uzupełnianie strat wody w obiegu basenowym oraz odprowadzanie do wód lub ziemi [1–5]. Kryterium decydującym o celowości zagospodarowania wód popłuczynych jest ich ilość oraz zawartość zanieczyszczeń. W przypadku planowania ich odprowadzania do cieku wodnego lub ziemi należy zwrócić szczególną uwagę na stopień ich zanieczyszczenia w odniesieniu do klasy czystości odbiornika, a także wymagania zawarte w pozwoleniu wodnoprawnym na korzystanie z wód oraz warunki, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi [7–12]. Odpowiednie warunki, w tym najwyższa dopuszczalna zawartość zanieczyszczeń, zostały szczegółowo określone w rozporządzeniu Ministra Środowiska z 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [11], a także w rozporządzeniu Ministra Środowiska z 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [12]. Jednocześnie,

zgodnie z ustawą Prawo wodne i dyrektywą 2006/11/WE, obowiązuje całkowity zakaz wprowadzania wraz ze ściekami do wód lub do ziemi substancji niebezpiecznych, takich jak DDT (dwuchloro-dwufenylo-trójchloroetan), PCBs (wielopierścieniowe chlorowane dwufenyle), PCTs (wielopierścieniowe chlorowane trójfenyle), HCH (heksachloro-cykloheksan), aldryna, dieldryna i izodryna [7, 9].

Wyniki przeprowadzonych do tej pory badań wskazują, że bezpośrednie odprowadzanie popłuczyn z filtracyjnych systemów basenowych do wód lub ziemi jest niemożliwe, przede wszystkim ze względu na zbyt dużą zawartość zawiesin ogólnych oraz chloru wolnego [2–4]. Analiza przedstawionych w niniejszej pracy wyników badań miała na celu ocenę możliwości wprowadzania wód popłuczynych z wybranego obiektu basenowego (krytej pływalni) do rzeki lub ich rozszcząpania w gruncie.

Charakterystyka obiektu badawczego

W parku wodnym, będącym przedmiotem badań, znajduje się sześć niecek basenowych, w tym dwie ze zjeżdżalnią, jedna ze sztuczną rzeką, jedna zewnętrzna oraz sześć wanien z hydromasażem. Woda dopływająca do poszczególnych niecek jest oczyszczana w pięciu zamkniętych obiegach z czynnym przelewem, współpracujących z pięcioma zbiornikami wyrównawczymi. Wprowadzanie oczyszczonej wody do niecek basenowych następuje przez dysze zamontowane w ich dnach, natomiast odbiór wody odbywa się przez przelewy górne (do rynny przelewowej), skąd pompami jest kierowana do zbiorników wyrównawczych. Przed pompami cyrkulacyjnymi zasysającymi wodę ze zbiorników zainstalowane są łapacze włókien, wychytujące większe zanieczyszczenia stałe. Pompy tłoczą wodę do filtrów, skąd po korekcie pH (50% H₂SO₄) i dezynfekcji (ozonowanie i chlorowanie 13,5% NaOCl) kierowana jest przez wymienniki ciepła do poszczególnych niecek. Przed filtrami dawkowany jest koagulant (0,5% hydroksychlork glinu). Zastosowano 12 filtrów wielowarstwowych ze złożem antracytowo-piaskowym, każdy o średnicy 2200 mm i wydajności 114 m³/h. Filtracja wody prowadzona jest z prędkością 30 m/h, a płukanie złóż filtracyjnych (powietrzem i wodą) z prędkością 50 m/h. Złoża filtracyjne płukane są co dwie doby, co daje 180 operacji płukania miesięcznie. Na jedno płukanie zużywa się około 15 m³ wody czerpanej ze zbiorników wyrównawczych. Po każdym płukaniu zbiorniki te uzupełniane są wodą z miejskiej sieci wodociągowej. Miesięczne zużycie wody uzupełniającej wynosi około 2 700 m³.

Średni miesięczny koszt zakupu wody tylko na cele technologiczne (do uzupełniania strat wody w obiegu i płukania złóż filtracyjnych) w tym obiekcie wynosi 11421 zł, natomiast średni miesięczny koszt odprowadzania popłuczyn do kanalizacji sanitarnej wynosi 13635 zł. Przeprowadzona analiza ilości popłuczyn oraz kosztów związanych z ich odprowadzaniem do kanalizacji uzasadnia celowość ograniczenia ich objętości.

Metody badań

Badania obejmowały analizę jakości próbek popłuczyn pobranych w trakcie płukania złóż filtrów oznaczonych symbolami F1 i F2. Filtr F1 jest zainstalowany w obiegu oczyszczania wody basenu sportowo-rekreacyjnego (pojemność niecki 522 m³), natomiast filtr F2 w obiegu oczyszczania wody basenu rekreacyjnego dla dzieci (pojemność niecki 70 m³). Analizom poddano uśrednione próbki popłuczyn – podczas płukania danego złoża pobierano partiami (5-krotnie po około 1 dm³) popłuczyny do jednego naczynia, w którym następowało wymieszanie i ujednoczenie całej próbki. Pobór poszczególnych próbek oraz oznaczenia ich jakości wykonano zgodnie z obowiązującymi normami i metodami [13–15]. Wyniki analiz fizyczno-chemicznych i mikrobiologicznych popłuczyn porównano z wymogami rozporządzenia określającego dopuszczalne wartości zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych do wód lub ziemi [11] oraz postanowieniami pozwolenia wodnoprawnego na szczególnie korzystanie z wód przez badany obiekt basenowy.

Badania przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszym wykonano podstawową analizę fizyczno-chemiczną popłuczyn (azot amonowy i ogólny oraz azotany, BZT₅, ChZT, chlor wolny, chlor ogólny, chlorki, fosfor ogólny, glin, mętność, pH, siarczany, siarczki, temperatura, twardość ogólna oraz zawiesiny ogólne), natomiast w drugim dodatkowo oznaczono zawartość substancji niebezpiecznych, trwałych, toksycznych i podatnych na bioakumulację, powodujących znaczne zagrożenie środowiska (DDT, PCB, PCT, aldryna, dieldryna, izodryna, HCH), a także ogólnego węgla organicznego (OWO) oraz związków żelaza i manganu. W pierwszym etapie badań zawartość chloru wolnego i ogólnego w popłuczynach oznaczono po 12 h od pobrania próbki, natomiast w drugim etapie po 5-minutowym mieszaniu próbki (200 obr./min) i 4 h od momentu poboru próbki. W drugim etapie badań, ze względu na charakter obiektu (bezpośredni udział użytkowników basenu w zanieczyszczeniu wody przeznaczonej do kąpiel, możliwość skażenia wody basenowej i tym samym specyficzny rodzaj zanieczyszczeń zatrzymywanych w złożach filtracyjnych), wykonano także analizę mikrobiologiczną wód popłuczyn [16, 17]. Woda basenowa wymaga kontrolowania liczby jednostek tworzących kolonie (jtk) mikroorganizmów wyhodowanych w temperaturze 36±2°C po inkubacji przez 48 h, bakterii grupy coli typu fekalnego, bakterii *Escherichia coli*, *Legionella* sp. i *Pseudomonas aeruginosa* oraz gronkowców koagulazo-dodatnich [18–22]. W przypadku wód i ścieków odprowadzanych do gruntu zaleca się kontrolowanie obecności bakterii z rodzaju *Salmonella* oraz żywych jaj pasożytów [11].

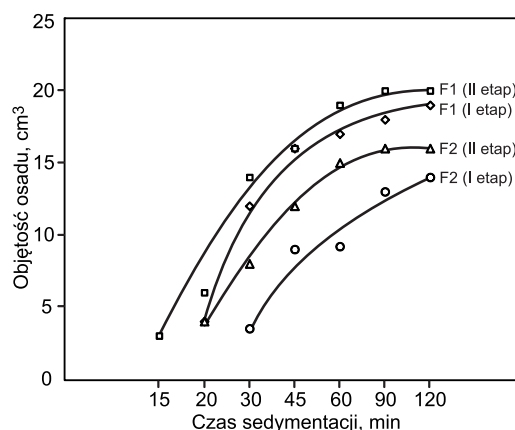
W obu etapach badań analizą objęto popłuczyny wymieszane oraz po dwugodzinnej sedymentacji w lejach Imhoffa. Sprawdzone także podatność popłuczyn na działanie koagulantu (Flockfix – 0,5% hydroksycholek glinu) dawkowanego do obiegu basenowych podczas eksploatacji

układu oczyszczania wody. Badania skuteczności procesu koagulacji przeprowadzono metodą testu naczyniowego (szybkie mieszanie 200 obr./min przez 1 min, wolne mieszanie 20 obr./min przez 20 min, sedymentacja przez 30 min). Na podstawie wyników badań oceniono stopień zanieczyszczenia próbek popłuczyn, skuteczność procesów sedymentacji i koagulacji oraz możliwość odprowadzania wody nadosadowej do rzeki lub rozsądzania jej w gruncie.

Wyniki badań

Wśród analizowanych wskaźników jakości popłuczyn (tab. 1 i 2), zawiesiny ogólne oraz chlor nie spełniały wymogów rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [11]. Jednakże znaczne zmniejszenie ilości zawiesin w procesach sedymentacji lub koagulacji objętościowej oraz zawartości chloru wolnego i ogólnego po upływie 12 h (I etap) i 4 h (II etap) dało możliwość odprowadzania wody nadosadowej do rzeki lub rozsądzania jej w gruncie.

W procesie sedymentacji uzyskano bardzo dobrą skuteczność usuwania zawiesin z popłuczyn – efekty ich opadania w leju Imhoffa były już widoczne po 15–30 min (rys. 1).



Rys. 1. Przebieg sedymentacji osadu w próbkach popłuczyn w leju Imhoffa

Fig. 1. Course of sedimentation process in backwash water samples in Imhoff cone

W pierwszym etapie badań różnica w ilości zawiesin w próbkach popłuczyn z obu filtrów była nieznaczna (filtr F1 – 239 mg/dm³, filtr F2 – 290 mg/dm³), a skuteczność ich sedymentacji w obu przypadkach bardzo duża (F1 – 95,5%, F2 – 96,2%). W drugim etapie badań zawartość zawiesin w próbkach popłuczyn była zróżnicowana (F1 – 82 mg/dm³, F2 – 154 mg/dm³), lecz skuteczność ich sedymentacji była równie duża (F1 – 81,7%, F2 – 92,2%). W obu etapach badań stwierdzona ilość zawiesin trudno opadających w wodzie nadosadowej wynosiła 9–15 mg/dm³ i nie przekraczała ich dopuszczalnej zawartości (35 mg/dm³) określonej w przypadku ścieków odprowadzanych do wód lub ziemi oraz w pozwoleniu wodnoprawnym analizowanego obiektu basenowego (rys. 2).

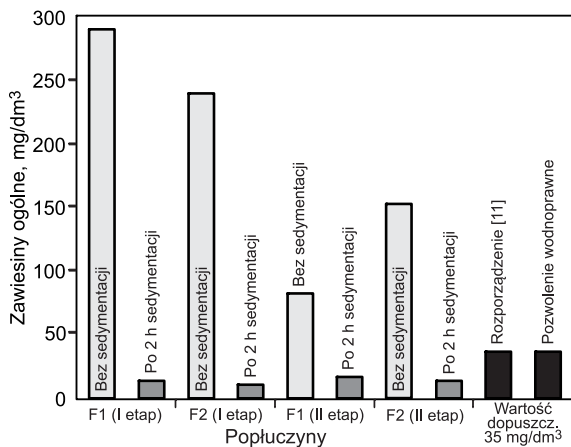
Rezultaty poprawy zdolności sedymentacyjnych popłuczyn po zastosowaniu koagulantu glinowego przedstawiono na rysunku 3. Za jego dawkę skuteczną przyjęto najmniejszą dawkę, po zastosowaniu której zawartość zawiesin trudno opadających w wodzie nadosadowej nie przekraczała 35 mg/dm³.

Tabela 1. Wyniki analizy fizyczno-chemicznej popłuczyn w dwóch etapach badań
 Table 1. Results of physico-chemical analysis of backwash water at the two stages of research

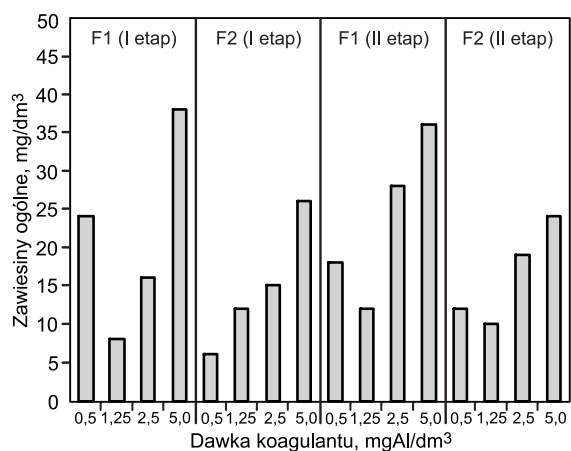
Wskaźnik, jednostka	Popłuczyny z filtru F1		Popłuczyny z filtru F2		Wartości dopuszczalne	
	bez sedymentacji	po 2h sedymentacji	bez sedymentacji	po 2h sedymentacji	rozporządzenie Min. Środ. [11]	pozwolenie wodnoprawne
I etap badań						
Azot azotanowy, mgN/dm ³	0,59	–	0,91	–	30	–
Azot amonowy, mgN/dm ³	2,84	0,20	5,32	0,32	10	
Azot ogólny, mgN/dm ³	5,85	4,12	11,00	5,87	10	
BZT ₅ , mgO ₂ /dm ³	8,2	2,4	10,2	2,8	15	
ChZT, mgO ₂ /dm ³	67,2	16,4	43,6	12,5	125	
Chlor wolny, mgCl ₂ /dm ³	0,39*	0,03**	0,32*	0,02**	0,2	0,2
Chlor ogólny, mgCl ₂ /dm ³	0,76*	0,06**	0,60*	0,07**	0,4	–
Chlorki, mgCl ⁻ /dm ³	205	197	147	142	1000	
Fosfor ogólny, mgP/dm ³	0,26	0,09	0,51	0,09	1	
Glin, mgAl/dm ³	0,52	0,12	0,95	0,20	3	
Mętność, NTU	30,0	6,5	61,0	7,5	–	
pH	7,21	–	7,06	–	6,5÷9,0	6,5÷9,0
Siarczany, mgSO ₄ ²⁻ /dm ³	148	146	144	143	500	500
Siarczki, mgS ²⁻ /dm ³	0,05	–	0,04	–	0,2	0,2
Temperatura, °C	29,5	–	29,6	–	35	35
Twardość ogólna, mgCaCO ₃ /dm ³	340	327	290	250	–	–
Zawiesiny ogólne, mg/dm ³	239	9	290	13	35	35
II etap badań						
Azot azotanowy, mgN/dm ³	1,40	–	1,85	–	30	–
Azot amonowy, mgN/dm ³	2,72	–	5,92	–	10	
Azot ogólny, mgN/dm ³	8,42	–	7,22	–	10	
BZT ₅ , mgO ₂ /dm ³	5,2	–	5,8	–	15	
ChZT, mgO ₂ /dm ³	54,3	–	82,8	–	125	
Chlor wolny, mgCl ₂ /dm ³	0,38*	0,18**	0,31*	0,20**	0,2	0,2
Chlor ogólny, mgCl ₂ /dm ³	0,56*	0,34**	0,64*	0,38**	0,4	–
Chlorki, mgCl ⁻ /dm ³	150	–	185	–	1000	
Fosfor ogólny, mgP/dm ³	0,48	0,08	0,32	0,08	1	
Glin, mgAl/dm ³	0,63	0,16	0,50	0,12	3	
Mętność, NTU	18,7	4,4	28,6	5,4	–	
pH	7,50	–	7,34	–	6,5÷9,0	6,5÷9,0
Siarczany, mgSO ₄ ²⁻ /dm ³	168	–	157	–	500	500
Siarczki, mgS ²⁻ /dm ³	0,08	–	0,05	–	0,2	0,2
Temperatura, °C	29,0	–	29,2	–	35	35
Twardość ogólna, mgCaCO ₃ /dm ³	278	–	282	–	–	–
Zawiesiny ogólne, mg/dm ³	82	15	154	12	35	35
Ogólny węgiel organiczny, mgC/dm ³	23,9	12,9	27,6	14,7	30	–
Żelazo ogólne, mgFe/dm ³	0,25	–	0,25	–	10	
Mangan, mgMn/m ³	0,02	–	0,02	–	–	

*oznaczenie wykonano bezpośrednio po pobraniu próbki

**oznaczenie wykonano po 4h od pobrania próbki



Rys. 2. Zawartość zawiesin ogólnych w popłuczynach i wodzie nadosadowej po 2h sedymentacji w leju Imhoffa
Fig. 2. Amount of total suspended solids in backwash water and supernatant after 2-hour sedimentation in Imhoff cone

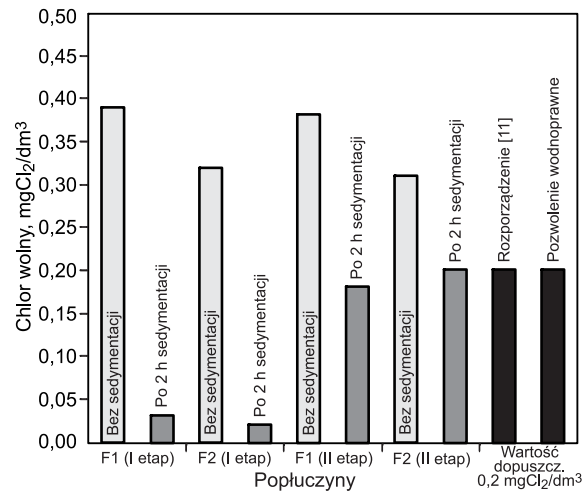


Rys. 3. Zawartość zawiesin ogólnych w wodzie nadosadowej po koagulacji popłuczyn koagulantem glinowym
Fig. 3. Amount of total suspended solids in supernatant after alum coagulation of eluate

W pierwszym etapie badań po koagulacji popłuczyn z filtru F1 dawką $1,25 \text{ mgAl/dm}^3$ w wodzie nadosadowej pozostały zawiesiny w ilości 8 mg/dm^3 . Po koagulacji popłuczyn z filtru F2 dawką $0,5 \text{ mgAl/dm}^3$ w wodzie nadosadowej oznaczono zawiesiny w ilości 6 mg/dm^3 . Podobne rezultaty uzyskano w drugim etapie badań. Po koagulacji popłuczyn z filtru F1 dawką $1,25 \text{ mgAl/dm}^3$ w wodzie nadosadowej stwierdzono obecność zawiesin w ilości 12 mg/dm^3 , a w przypadku koagulacji popłuczyn z filtru F2 taką samą dawką – 10 mg/dm^3 . W obu etapach badań stwierdzone ilości zawiesin trudno opadających w wodzie nadosadowej po koagulacji porównywalne były z wartościami uzyskanymi po sedymentacji. Proces koagulacji objętościowej pozwolił na skrócenie czasu sedymentacji zawiesin z 2 h do 0,5 h. Możliwość tak znacznego skrócenia czasu sedymentacji zawiesin będzie bardzo istotna w przypadku badanego obiektu, w którym w ciągu doby mogą być płukane złoża aż sześciu filtrów.

Istotnymi wskaźnikami wpływającymi na możliwość odprowadzania ścieków do wód lub ziemi, których wartości dopuszczalne w popłuczynach będą przekroczone są chlor wolny (wartość dopuszczalna $0,2 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$) i chlor ogólny (wartość dopuszczalna $0,4 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$). Ze względu na to, że złoża filtracyjne w obiektach basenowych płukane są wodą obiegową poddawana dezynfekcji NaOCl , ilości chloru w popłuczynach są zwykle wysokie [2–5].

Zawartość chloru wolnego i ogólnego oznaczono w popłuczynach bezpośrednio po pobraniu próbek oraz po 12 h (I etap) i po 4 h (II etap, po 5 min szybkiego mieszania). Początkowa ilość chloru wolnego w popłuczynach z filtru F1 w pierwszym etapie badań wynosiła $0,39 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$, a z filtru F2 – $0,32 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$, natomiast po 12 h zawartość chloru wolnego wynosiła odpowiednio $0,03 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ i $0,02 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$. W drugim etapie badań początkowa zawartość chloru wolnego w popłuczynach z filtrów F1 i F2 wynosiła odpowiednio $0,38 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ i $0,31 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$. Po 5 min szybkiego mieszania i 4 h sedymentacji zawartość chloru wolnego w obu próbkach popłuczyn wynosiła odpowiednio $0,18 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ i $0,20 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ (rys. 4).



Rys. 4. Zawartość chloru wolnego w popłuczynach
Fig. 4. Free chlorine content in backwash water

W takich samych warunkach określono zawartość chloru ogólnego w popłuczynach. Zmniejszenie ilości chloru ogólnego w pierwszym etapie badań o 92,1% (F1) i 88,3% (F2) pozwoliło uzyskać po 12 h zawartość chloru ogólnego w popłuczynach równą odpowiednio $0,06 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ i $0,07 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$. W drugim etapie badań zmniejszenie to wyniosło odpowiednio 39,3% i 40,6%, co przełożyło się na zawartość chloru ogólnego w popłuczynach równą odpowiednio $0,34 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ i $0,38 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$.

W ściekach odprowadzanych do wód naturalnych wymagana jest kontrola zawartości substancji szczególnie szkodliwych, powodujących zanieczyszczenie wód, a w przypadku stwierdzenia ich obecności niezbędne jest ich usuwanie [8–11]. W drugim etapie badań próbki popłuczyn poddano analizie na obecność substancji szczególnie szkodliwych w środowisku wodnym, których produkcja, stosowanie i wprowadzanie do obrotu są w Polsce zabronione – HCH, DDT, PCB, PCT, aldryna, dieldryna, endryna i izodryna. W próbkach popłuczyn poddanych analizie nie stwierdzono występowania tych substancji.

W przypadku ścieków odprowadzanych do ziemi, wykorzystywanych do nawadniania terenów, a w szczególności do nawadniania terenów rolniczych, dodatkowo wymagana jest kontrola obecności bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella* oraz żywych jaj pasożytów (*Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp.) [11]. W próbkach popłuczyn poddanych takiej kontroli nie wykryto obecności bakterii z rodzaju *Salmonella* ani też żywych jaj pasożytów. Wyniki pozostałych analiz mikrobiologicznych (tab. 2), pomimo że według rozporządzenia [11] nie są wymagane, świadczyły o zanieczyszczeniu popłuczyn bakteriami chorobotwórczymi (bakterie grupy coli typu

Tabela 2. Wyniki analizy mikrobiologicznej popłuczyn w drugim etapie badań
Table 2. Results of microbiological analysis of backwash water at the second stage of research

Wskaźnik, jednostka	Popłuczyny z filtru	
	F1 (II etap)	F2 (II etap)
Liczba mikroorganizmów w temp. 36±2°C po 48 h, jtk/cm ³	5,0·10 ²	1,6·10 ⁵
Liczba bakterii grupy coli typu fekalnego, jtk/100 cm ³	<3	<3
Liczba bakterii <i>Escherichia coli</i> , jtk/100 cm ³	0	0
Liczba bakterii <i>Legionella</i> sp., jtk/100 cm ³	<200	<200
Liczba bakterii <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , jtk/100 cm ³	>100	>100
Liczba gronkowców koagulato-dodatnich, jtk/100 cm ³	0	0
Bakterie chorobotwórcze z rodzaju <i>Salmonella</i> , jtk/100 g*	nie wykryto ***	nie wykryto ***
Żywe jaja pasożytów (<i>Ascaris</i> sp., <i>Trichuris</i> sp., <i>Toxocara</i> sp.), szt./kg**	nie wykryto ****	nie wykryto ****

znak < oznacza wynik poniżej dolnej granicy oznaczalności metody
znak > oznacza wynik powyżej górnej granicy oznaczalności metody
*w odniesieniu do mokrej masy popłuczyn
**w odniesieniu do suchej masy popłuczyn
****według rozporządzenia [11] – niewykrywalne/nieobecne w 1 dm³ ścieków przeznaczonych do rolniczego wykorzystania

fekalnego, *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella* sp.) lub potencjalnie chorobotwórczymi (ogólna liczba mikroorganizmów). Przyпускać jednak można, że w wyniku procesów sedymentacji lub koagulacji popłuczyn znaczna część zanieczyszczeń mikrobiologicznych (wyflukana błona biologiczna) znajdzie się w osadzie wraz z usuniętymi zawiesinami. W przypadku, gdy jakość wody nadosadowej będzie budziła zastrzeżenia, można rozważyć zastosowanie filtracji membranowej oraz dezynfekcji promieniami nadfioletowymi, a także wykorzystanie analizy ekotoksykologicznej do oceny jakości popłuczyn [23, 24].

Wnioski

♦ Odprowadzanie popłuczyn z filtrów zainstalowanych w układzie oczyszczania wody badanego obiektu basenowego wprost do rzeki lub ich rozsączenie w gruncie nie jest możliwe, przede wszystkim ze względu na zawartość zawiesin ogólnych powyżej 35 mg/dm³, chloru wolnego powyżej 0,2 mgCl₂/dm³ oraz chloru ogólnego powyżej 0,4 mgCl₂/dm³.

♦ Przeprowadzona w warunkach laboratoryjnych analiza sedymentacyjna popłuczyn wykazała bardzo dobrą podatność zawiesin na opadanie. W wyniku sedymentacji w leju Imhoffa ilość zawiesin opadających w popłuczynach zmniejszyła się o 81,7%÷96,2%. Pozostała w wodzie nadosadowej ilość zawiesin wynosiła 9÷15 mg/dm³, co daje możliwość jej odprowadzania do rzeki lub rozsączenia w gruncie.

♦ W badaniach laboratoryjnych wykazano możliwość wykorzystania koagulantu stosowanego w układzie oczyszczania wody basenowej (0,5% hydroksychlorek glinu) do zmniejszenia zawartości zawiesin w popłuczynach do 6÷38 mg/dm³.

♦ Duża ilość chloru wolnego (i ogólnego) w ściekach odprowadzanych do wód i ziemi może szkodliwie wpływać na ekosystemy tych środowisk. W przypadku ścieków i wód odprowadzanych z publicznych obiektów basenowych, w których wymagana jest dezynfekcja wody związkami chloru, te dwa wskaźniki powinny być objęte szczególną kontrolą. W próbkach popłuczyn pobranych podczas płukania złóż filtracyjnych zawartości chloru wolnego (0,31÷0,39 mgCl₂/dm³) i ogólnego (0,56÷0,76 mgCl₂/dm³) znacznie przekraczały wartości dopuszczalne. Jednakże po 12 godzinach zawartość chloru wolnego w próbkach wynosiła już 0,02÷0,03 mgCl₂/dm³, a chloru ogólnego 0,06÷0,07 mgCl₂/dm³, natomiast po czasie 4 godzin, poprzedzonym 5-minutowym mieszaniem, zawartość chloru wolnego wynosiła 0,18÷0,20 mgCl₂/dm³, a chloru ogólnego mieściła się w zakresie 0,34÷0,38 mgCl₂/dm³.

♦ Pozostałe wskaźniki analizowane i wyszczególnione w rozporządzeniu [11] oraz pozwoleniu wodnoprawnym (azotany, azot amonowy i ogólny, BZT₅, ChZT, chlorki, fosfor ogólny, glin, pH, siarczany, siarczki, temperatura, OWO, żelazo, substancje szczególnie szkodliwe, bakterie z rodzaju *Salmonella* oraz żywe jaja pasożytów) nie przekraczały wartości dopuszczalnych.

LITERATURA

1. F.G. REISSMANN, E. SCHULZE, V. ALBRECHT: Application of a combined UF/RO system for the reuse of filter backwash water from treated swimming pool water. *Desalination* 2005, Vol. 178, No. 1–3, pp. 41–49.
2. J. WYCZARSKA-KOKOT: Badania możliwości zagospodarowania popłuczyn z obiegów basenowych. *Proceedings of ECOpole* 2015, vol. 9, nr 2, ss. 803–813.
3. J. WYCZARSKA-KOKOT: The study of possibilities for reuse of washings from swimming pool circulation systems. *Ecological Chemistry and Engineering S/Chemia i Inżynieria Ekologiczna S* 2016; Vol. 23, No. 3, pp. 447–459.
4. J. WYCZARSKA-KOKOT: Badania możliwości zagospodarowania popłuczyn z parku wodnego – studium przypadku. W: Z. DYMACEWSKI, J. JEŻ-WALKOWIAK, A. URBA-NIAK [red.]: Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód, PZITS Oddział Wielkopolski, Poznań 2016, ss. 223–232.
5. E. ŁASKAWIEC, M. DUDZIAK, J. WYCZARSKA-KOKOT: Oczyszczanie popłuczyn z instalacji basenowej w jednostkowym membranowym procesie ultrafiltracji oraz w układzie zintegrowanym napowietrzanie-ultrafiltracja. *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna* 2016, vol. 4, ss. 238–244.
6. A. KORKOSZ, M. JANCZAREK, R. ARANOWSKI, J. RZE-CHUŁA, J. HUPKA: Efficiency of deep bed filtration in treatment of swimming pool water. *Physicochemical Problems of Mineral Processing* 2010, Vol. 44, pp. 103–113.
7. Ustawa z 18 lipca 2001r. Prawo wodne. *Dziennik Ustaw* 2001, nr 115, poz. 1229 (wraz ze zmianami).
8. Dyrektywa 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 12 grudnia 2006r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu.
9. Dyrektywa 2006/11/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 15 lutego 2006r. w sprawie zanieczyszczenia spowodowanego przez niektóre substancje niebezpieczne odprowadzane do środowiska wodnego Wspólnoty.
10. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy.
11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 18 listopada 2014r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. *Dziennik Ustaw RP* 2014, poz. 1800.

12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 21 lipca 2016r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. *Dziennik Ustaw RP* 2016, poz. 1187.
13. R. D. DOWN, J. H. LEHR: *Environmental Instrumentation and Analysis Handbook*. Wiley, New Jersey 2005.
14. K. KAUL: *Handbook of Water and Wastewater Analysis*. Atlantic Publishers and Distributors, New Delhi 2007.
15. J. DOJLIDO, W. DOŻAŃSKA, W. HERMANOWICZ, B. KOZIOROWSKI, J. ZERBE: *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*. Arkady, Warszawa 2010.
16. A. CASANOVAS-MASSANA, A. R. BLANCH: Characterization of microbial populations associated with natural swimming pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2013, Vol. 216, pp.132–137.
17. M. G. A. KEUTEN, M. C. F. M. PETERS, H. A. M. DAANEN, M. K. de KREUK, L. C. RIETVELD, J. C. van DIJK: Quantification of continual anthropogenic pollutants released in swimming pools. *Water Research* 2014, Vol. 53, pp. 259–270.
18. Guidelines for Safe Recreational Water Environments. Vol. 2: Swimming Pools and Similar Environments. WHO, Geneva 2006.
19. DIN 19643: *Aufbereitung von Schwimm und Badebeckenwasser*, 2012.
20. Zalecenia dotyczące wymagań sanitarno-higienicznych dla obiektów basenowych i jakości wody w basenach przeznaczonych dla niemowląt i dzieci w wieku od 6 miesięcy do 3 lat. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, Zakład Higieny Komunalnej, Warszawa 2012 (www.pzh.gov.pl).
21. Wytyczne w sprawie wymagań jakości wody oraz warunków sanitarno-higienicznych na pływalniach. Główny Inspektorat Sanitarny, Departament Bezpieczeństwa Zdrowotnego Wody, Warszawa 2014.
22. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 9 listopada 2015r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda na pływalniach. *Dziennik Ustaw RP* 2015, poz. 2016.
23. E. ŁASKAWIEC, E. KUDLEK, M. DUDZIAK, J. WYCZARSKA-KOKOT: Zastosowanie biotestów we wstępnej ocenie jakości wody basenu szkolnego. *Gaz Woda i Technika Sanitarna* 2016, vol. 9, ss. 330–334.
24. E. ŁASKAWIEC, M. DUDZIAK, J. WYCZARSKA-KOKOT: Ocena jakości wody basenowej pływalni krytych oraz kąpielisk sezonowych z wykorzystaniem testu Microtox®. *Inżynieria Ekologiczna* 2016, vol. 50, ss. 210–216.

Wyczarska-Kokot, J. Studies of Backwash Water Quality from a Swimming Pool Filter Plant in Terms of Their Discharge to Surface Water Bodies or into the Ground – a Case Study. *Ochrona Środowiska* 2017, Vol. 39, No. 2, pp. 45–50.

Abstract: Results of research on physico-chemical and bacteriological quality of effluents from backwashing of filter beds were presented for water treatment system of a selected swimming pool (waterpark). The aim of these studies was to evaluate potential to discharge the backwash water from rapid filter beds to a river or to drain them into the ground. Based on the physico-chemical and microbiological analysis of backwash water samples, degree of their contamination was determined with regard to the current quality requirements for wastewater

discharged into surface water or soil as well as the requirements under the Water Law Act that defined water quality to be discharged from the analyzed pool. It was demonstrated that direct routing of the eluate from backwashing into the river or soil was impossible due to a high amount of total suspended solids and chlorine content. The concurrent efficacy testing of sedimentation and alum coagulation of backwash water performed under laboratory conditions demonstrated that the obtained supernatant water complied with the requirements and might be discharged into the river or drained into the ground.

Keywords: Swimming pool, backwashing, filter washings (backwash water), sedimentation, coagulation, discharge into a river, draining into the ground.