

**Marian GRANOPS¹, Lidia KIEDRYŃSKA¹,
Robert SULEWSKI², Tomasz WNĘT²**

*¹Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska
Katedra Budownictwa i Geodezji
Zakład Wodociągów i Kanalizacji
Warszawa*

*²Ostrołęckie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji
Ostrołęka*

EFEKTYWNOŚĆ TECHNOLOGICZNA USUWANIA JONU AMONOWEGO Z WÓD PODZIEMNYCH

TECHNICAL EFFECTIVENESS OF AMMONIUM ION REMOVAL FROM GROUND WATER

The implemented changes in the ordinance of the Minister of Health concerning drinking water quality (Journal of Laws No 61 position 417 caused that, in the range of allowable concentration of ammonium ion in water, the existing „conditional” norm 1,5 mg/dm³ was eliminated and thus the value of 0,5 mg/dm³ is obligatory. This situation caused the necessity of implementation of sometimes complicated ground water treatment technologies at many water treatment plants. The Authors performed a research series of effectiveness of ground water treatment from two water intakes and two water treatment plants in Ostrołęka, paying particular attention to ammonium ion removal from water. The physico-chemical composition of treated waters was similar at two intakes. The concentrations of iron compounds reached the level of 2–4 mg/dm³, manganese compounds were at the level of 0,10–0,15mg/dm³ and ammonium ions at 2,5–3,0mg/dm³. The amount of organic compounds, measured as oxidizability, exceeded the normative values and oscillated at the level of 5–7 mgO₂/dm³. However, there were different technologies of water treatment implemented at both intakes. At the intake called „Kurpiowska” the treatment technology consisted in water filtration through multilayer iron and manganese removal beds (anthracite, sand, pyrolusite) and next through nitrifying bed. („Krevox” technology) However, at the intake called „Lesna” classic technology was applied, consisting in two-stage aeration filtration through sand-gravel beds. In both cases, after the performance of series of experiments and after the modification of the technological systems, the obtained water quality met valid norms at present. The results obtained during laboratory research and technical exploitation of both stations were discussed by the Authors in this paper and they can be used at other water treatment plants.

1. Wprowadzenie

W wodach podziemnych jon amonowy może być pochodzenia antropogenicznego lub mineralnego. Azot amonowy pochodzenia mineralnego jest wynikiem kontaktu wód podziemnych z minerałami zawierającymi związki organiczne. Azot amonowy jest typową domieszką występującą w wodach trzeciorzędowych, kontaktujących się z pokładami węgla brunatnego, torfu i lignitu. Azot amonowy pochodzenia antropogenicznego stwierdza się najczęściej w pierwszych słabo izolowanych od powierzchni poziomach wodonośnych, do których infiltrują ścieki bytowo-gospodarcze, ścieki przemysłowe lub spływy z pól uprawnych oraz wody powierzchniowe.

Metody usuwania azotu amonowego z wody oparte są na procesach biologicznych i fizykochemicznych. Metody biologiczne są uciążliwe w realizacji, gdyż wymagają zachowania ścisłych reżimów technologicznych. Ponadto istnieje niebezpieczeństwo wtórnego zanieczyszczenia mikrobiologicznego wody oraz pojawienia się w oczyszczanej wodzie metabolitów mikroorganizmów. Metody fizykochemiczne mają tę zaletę, że są szybkie i proste w realizacji. Często jednak wymagają stosowania dodatkowych reagentów, a efekty oczyszczania są uzależnione od składu wody i nie są metodami bezodpadowymi, co powoduje zanieczyszczenie środowiska. Coraz częściej stosuje się połączenie procesów biologicznych z chemicznymi [1,2,3,6,7]

1.1. Cel pracy

Wprowadzone zmiany w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29.03.2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. Nr 61 poz. 417) [9] spowodowały, że w zakresie dopuszczalnych stężeń jonu amonowego w wodzie, istniejąca dotychczas norma „warunkowa” $1,5 \text{ mg/dm}^3$ została zlikwidowana i tym samym obowiązuje wartość $0,5 \text{ mg/dm}^3$. Sytuacja ta spowodowała konieczność wprowadzenia niekiedy skomplikowanych technologii uzdatniania, przeprowadzenia badań technologicznych na wielu stacjach. Celem pracy była analiza i ocena pracy dwóch ujęć i stacji uzdatniania „Kurpiowska” i „Leśna” w Ostrołęce, ze szczególnym uwzględnieniem usuwania azotu amonowego z wody, uzyskane wyniki oraz obserwacje wykorzystane zostały do modernizacji technologii i uzyskania wód o jakości odpowiadającej obecnie obowiązującym normom.

2. Krótka charakterystyka ujmowanych wód oraz stacji uzdatniania

2.1. Stacja Uzdatniania Wody „Kurpiowska”

Stacja Uzdatniania Wody SUW „Kurpiowska” ujmuje wody z 20-stu studni głębinowych. Pod względem bakteriologicznym woda nie budzi zastrzeżeń. Natomiast pod względem fizykochemicznym, w porównaniu z normami określonymi w rozporządzeniu

Ministra Zdrowia [9] stwierdza się przekroczenia następujących wskaźników: barwy, mętności, jonu amonowego, związków żelaza oraz manganu, (tabela 1).

Tab. 1. Parametry jakościowe wody ujmowanej na ujęciu „Kurpiowska”, wartości średnie zostały obliczone z wyników 20 analiz wykonanych w okresie kwiecień-czerwiec 2005r. [4]

Tab. 1. Water quality parameters for „Kurpiowska” intake, mean values were calculated using the results of 20 analyses performed in the period April- June 2005 [4]

oznaczenie	jednostka	wartość minimalna	wartość maksymalna	wartość średnia	wartość dopuszczalna Dz.U. nr 61, poz. 417
odczyn	pH	7,1 – 7,4			6,5-9,5
barwa	mgPt/dm ³	15	40	26	15
mętność	NTU	1,6	9,2	4,1	1
jon amonowy	mgNH ₄ /dm ³	1,82	2,97	2,40	0,5
żelazo	mgFe/dm ³	1,65	2,36	1,92	0,2
mangan	mgMn/dm ³	0,09	0,15	0,10	0,05

Woda ujmowana ze studni przetłaczana jest za pomocą pomp do zbiornika wody surowej, o objętości 600m³. W zbiorniku woda jest napowietrzana za pomocą turbiny Aqua-Jet, czas kontaktu wody z powietrzem wynosi około 60 minut. Napowietrzanie ma na celu wprowadzenie do wody tlenu, niezbędnego do utlenienia związków żelaza, manganu i amoniaku.

Następnie woda przetłaczana jest pompami drugiego stopnia do zestawu 10-ciu filtrów ciśnieniowych, o średnicy 2,5m i powierzchni 4,9m² każdego z nich. Łączna powierzchnia filtracyjna wszystkich filtrów wynosi 49m². Jeszcze przed filtrami do wody wtłaczany jest tlen gazowy, co powoduje dalsze zwiększenie ilości rozpuszczonego tlenu w wodzie. Kontakt wody z tlenem odbywa się w mieszaczu statycznym, zamontowanym na przewodzie doprowadzającym wodę do filtrów. Złoża filtrów mają charakter wielowarstwowy. Na żwirowej warstwie podsypki o wysokości 690mm, ułożone zostało złożo z piasku o granulacji 0,6:0,8 mm, firmowa nazwa Cullsan, o wysokości 651mm, następnie 225mm warstwa piroluzytu i 321mm warstwa antracytu, nazwa handlowa Culleite. Po pierwszym płukaniu złoża, warstwa piroluzytu przemieściła się w pobliże warstwy podtrzymującej, a częściowo się z nią wymieszała. Ostateczny układ warstw filtracyjnych w czasie eksploatacji złoża, licząc od góry, jest więc następujący:

- antracyt 321mm,
- piasek 651mm,
- piroluzyt 255mm,
- warstwa podtrzymująca 690mm (296mm+154mm+116mm+124mm).

Złoża filtrów są płukane raz na dobę wodą surową, przy czym w celu aktywacji złoża piroluzytu, do wody płucznej podawany jest podchloryn sodu, w ilości 20litrów na jeden filtr.

Następnie woda kierowana jest do 8-miu ciśnieniowych filtrów biologicznych, na których w procesie nityfikacji usuwany jest jon amonowy. Przed wprowadzeniem na filtry II-go stopnia woda ponownie jest natleniana tlenem gazowym. Mieszanie wody z tlenem odbywa się w mieszaczu statycznym. Filtry o średnicy 2500mm, wypełnione są na wysokość

2700mm piaskiem o średnicy 1 – 2mm, ułożonym na warstwie podsypki o wysokości 595mm. Filtry eksploatowane są z prędkością filtracji około 15 m/h. Przed filtrami, do wody może być dawkowana pożywka na bazie fosforanów, wspomagająca w razie potrzeby rozwój bakterii nityfikacyjnych. Raz na trzy dni filtry płukane są mieszaniną powietrza i wody. Po filtracji II-go stopnia woda poddawana jest procesowi dezynfekcji podchlorynem sodu. Po dezynfekcji woda tłoczona jest pompami sieciowymi do miejskiej sieci wodociągowej. Zamiennie istnieje możliwość dezynfekcji wody dwutlenkiem chloru.

Od momentu uruchomienia stacji występują kłopoty eksploatacyjne, związki manganu tylko częściowo usuwane są na filtrach I-go stopnia. Pełne usunięcie manganu z wody następuje dopiero na filtrach nityfikacyjnych. Okresowo następuje kolmatacja złóż I-go stopnia, a ich oczyszczanie jest utrudnione. Wahania sprawności pracy stacji zostały zauważone także na filtrach nityfikacyjnych, gdzie rejestrowane są wartości jonu amonowego, oscylujące w pobliżu wartości dopuszczalnej tj. $0,5\text{mg}/\text{dm}^3$.

2.2. Stacja Uzdatniania Wody „Leśna”

Ujęcie składa się z dwóch studni: Nr 1 o głębokości 37,0m p.p.t. oraz studni Nr 2 o głębokości 37,4m p.p.t. Ujmowana woda przekracza ustalenia obowiązujących norm, określonych w rozporządzeniu Ministra Zdrowia [9] i powinna być uzdatniana ze względu na przekroczenia mętności, barwy, związków żelaza i manganu, amoniaku, siarkowodoru oraz utlenialności, (tabela 2).

Uzdatnianie wody polega na jej napowietrzaniu i filtracji przez złożę piaskowo-żwirowe. Warstwy filtracyjne z warstwami podtrzymującymi mają wysokość 1300mm. Filtracja wody odbywa się z góry do dołu, w czasie płukania filtrów kierunek przepływu wody jest odwrotny. Dezynfekcja wody prowadzona jest 1% roztworem podchlorynu sodu. Woda po uzdatnianiu wpływa do 3 zbiorników wody czystej o objętości każdego z nich 100m^3 , a stąd pompami II-go stopnia tłoczona jest do sieci poprzez hydrofor o pojemności 10m^3 i średnicy 1800mm.

Tab. 2. Parametry jakościowe wody ujmowanej na ujęciu „Leśna”, wartości średnie zostały obliczone z wyników 30 analiz wykonanych w 2006r. [5]

Tab. 2. Water quality parameters for „Lesna” intake, mean values were calculated using the results of 30 analyses performed in 2006 [5]

oznaczenie	jednostka	wartość minimalna	wartość maksymalna	wartość średnia	wartość dopuszczalna Dz.U. nr 61, poz. 417
odczyn	pH	7,2-7,6			6,5-9,5
barwa	mgPt/dm^3	40	84	65	15
mętność	NTU	9,5	46,3	21,7	1
jon amonowy	$\text{mgNH}_4/\text{dm}^3$	2,7	3,7	3,1	0,5
żelazo	mgFe/dm^3	1,85	4,54	3,15	0,2
mangan	mgMn/dm^3	0,48	0,64	0,53	0,05
utlenialność	mgO_2/dm^3	3,9	5,7	4,9	5,0

Filtry do usuwania związków żelaza o średnicy 1800mm i powierzchni $F=2,5m^2$ każdy w liczbie 3 sztuk doposażone są w mieszacze wodno – powietrzne o średnicy 600mm. W złożu filtracyjnym warstwę podtrzymującą o wysokości 300mm stanowi żwir o granulacji 3 – 20mm, warstwę filtracyjną piasek o granulacji 0,8-1,4mm. Do usuwania związków manganu służą podobne 3 zbiorniki z tym, że warstwę filtracyjną stanowi tu piasek o średnicy 0,8-1,2mm.

Stacja zaprojektowana w latach 90-tych ubiegłego stulecia, uzdatniała wodę do norm wtedy obowiązujących. W ostatnich latach pomimo, że pracowała z małą wydajnością do 400 m³/d, to woda uzdatniona, nie osiągała norm obecnie obowiązujących. Najczęstsze przekroczenia występowały w zakresie związków manganu oraz jonu amonowego, a wodzie okresowo wyczuwalny był zapach siarkowodoru.

3. Wyniki badań i ich omówienie

3.1. Stacja Uzdatniania Wody „Kurpiowska”

W celu zweryfikowania niewłaściwej pracy filtrów odżelaziająco - odmanganiających przygotowano dwa modele pracy filtrów w skali półtechnicznej. Średnica filtrów wynosiła 200mm. Jeden z filtrów modelowych stanowił odzwierciedlenie technologii stosowanej na SUW „Kurpiowska”, w drugim warstwę filtracyjną stanowił antracyt i zielony piasek. Średnia prędkość filtracji na obu filtrach kształtowała się na poziomie 6 – 8m/h. Lepsze efekty usuwania z wody żelaza i manganu uzyskiwano na filtrze ze złożem antracyt i zielony piasek, natomiast na filtrze wzorowanym na technologii zastosowanej na stacji, technologii „Krevox”, występowały okresowe przekroczenia stężenia związków żelaza i manganu w porównaniu z obowiązującymi normami. Woda po procesie filtracji z obu filtrów zasilala biologiczny filtr pilotażowy (BFP).

Biologiczny filtr pilotażowy przygotowano w celu znalezienia ewentualnych przyczyn niewłaściwej pracy filtrów nityfikacyjnych, gdzie rejestrowane były wartości jonu amonowego, oscylujące w pobliżu wartości dopuszczalnej tj. 0,5mg/dm³ lub wyższe. Celem pracy filtru modelowego BFP była fizyko-chemiczna i mikrobiologiczna ocena przebiegu procesu nityfikacji. Na podstawie analizy pracy filtru modelowego założono możliwość ewentualnej korekty pracy filtrów biologicznych pracujących w ciągu technologicznym stacji „Kurpiowska”

Wypełnienie biologicznego filtra pilotażowego stanowił piasek. Parametry BFP były następujące: wysokość złoża 2,7m, średnica 300mm, prędkość filtracji 15 m/h. Badania nad usuwaniem związków amonowych na biologicznym filtrze pilotażowym prowadzono w sposób ciągły przez okres 30 tygodni, od września 2006r. do marca 2007r. Pierwszą analizę wykonano po 14dniach pracy filtru. Po 12 tygodniach pracy BFP zostało stwierdzone wypłukanie złoża filtracyjnego do wysokości 300 mm (miało to miejsce prawdopodobnie dwa tygodnie wcześniej). W tym czasie nie pobrano prób do badań mikrobiologicznych. Złoże zostało uzupełnione. W marcu 2007r. ponownie stwierdzono wypłukanie wierzchniej warstwy złoża filtracyjnego, badania zakończono.

Biologiczny filtr pilotażowy zasilany był wodą, która w trakcie badań, charakteryzowała się następującymi wskaźnikami zanieczyszczeń, średnio: jon amonowy 2,4 mg

$\text{mgNH}_4/\text{dm}^3$, azotany $0,81 \text{ mgNO}_3^-/\text{dm}^3$, żelazo $0,18 \text{ mgFe}/\text{dm}^3$, mangan $0,07 \text{ mgMn}/\text{dm}^3$, utleniałość $4,41 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$, ortofosforany $0,23 \text{ mgPO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. Odczyn wody zawierał się w zakresie pH 7,1 – 7,9. Jakość wody z filtrów doświadczalnych była nieznacznie lepsza od jakości uzyskiwanej na filtrach technicznych.

Oznaczenia fizyczno – chemiczne wody po filtracji na BFP wykazały, że następowała redukcja wskaźników zanieczyszczeń wyrażanych jako utleniałość, średnio o 9%. Zawartość żelaza i manganu uległa obniżeniu średnio, odpowiednio żelaza z $0,18 \text{ mgFe}/\text{dm}^3$ do $0,06 \text{ mgFe}/\text{dm}^3$ (średnio, redukcja o 64%), manganu z $0,07 \text{ mgMn}/\text{dm}^3$ do $0,02 \text{ mgMn}/\text{dm}^3$ (średnio, redukcja o 74%). Zawartość ortofosforanów również uległa obniżeniu średnio z $0,23 \text{ mgPO}_4^{3-}/\text{dm}^3$ do $0,15 \text{ mgPO}_4^{3-}/\text{dm}^3$. Stężenie azotu azotanowego w wodzie po filtracji wynosiło, średnio, $1,69 \text{ mgNO}_3^-/\text{dm}^3$.

W przypadku jonu amonowego, na początku pracy BFP w wodzie po filtracji redukcja azotu amonowego była niewielka (około 15%), następnie zwiększała się. Po kilkudziesięciodniowym (5.10.06r) rozruchu BFP nastąpił wyraźny spadek stężenia azotu amonowego, o około 87%, w dalszym etapie badań wyniósł średnio 68% Na biologicznym filtrze pilotażowym zachodził więc proces nitryfikacji.

Analizując najbardziej prawdopodobną liczbę bakterii nitryfikacyjnych I i II fazy (NPL w 100 cm^3) należy stwierdzić, że od 30.08.06r, po dwóch tygodniach trwania eksperymentu ich liczba wynosiła 11 000 i utrzymywała się na tym poziomie przez cały okres trwania eksperymentu, wyłączając czas w którym zostało stwierdzone wypłukanie złoża filtracyjnego.

Woda po BFP, pod względem zawartości jonu amonowego nie zawsze odpowiadała warunkom fizyczno-chemicznym, jakim powinna odpowiadać woda przeznaczona do spożycia przez ludzi. Po okresie wpracowania złoża, kilkakrotnie w wodzie po filtrze zaobserwowano przekroczenie zawartości azotu amonowego.

Jak podaje Papciak D., Zamorska J. [8] niekorzystny wpływ na proces nitryfikacji może wywierać obecność w wodzie jonu manganu, procesy usuwania manganu i nitryfikacja podczas filtracji przez biologicznie aktywne złoża są konkurencyjne. Wysoka redukcja manganu na BFP, średnio o 74%, maksymalnie 94%, mogła wpływać inhibującą na proces nitryfikacji, który zachodził z dużą nieregularnością, stężenie jonu amonowego w wodzie po filtracji na BFP wahało się od $0,1 \text{ mgNH}_3/\text{dm}^3$ do $1,92 \text{ mgNH}_3/\text{dm}^3$, osiągając „na przemian” wartości niższe i wyższe od najwyższej dopuszczalnej wartości określonej w rozporządzeniu.

Inną przyczyną mało efektywnej nitryfikacji mogła być zła eksploatacja BFP. Wypłukanie złoża filtracyjnego stwierdzono dwukrotnie, nagle załamanie procesu np. 9.11.06r, kiedy stężenie jonu amonowego w wodzie po filtrze wynosiło $1,06 \text{ mgNH}_3/\text{dm}^3$ oraz mniejsza ilość bakterii nitryfikujących II fazy niż tydzień wcześniej mogą sugerować wypłukanie złoża, tyle że nie w tak w dużym stopniu jak zaobserwowano 7.12.06r.

Podsumowując pracę filtra biologicznego można stwierdzić, że:

- na biologicznym filtrze pilotażowym zachodził proces nitryfikacji, czas wpracowania złoża wynosił około 8 tygodni,
- proces nitryfikacji zachodził z zadawalającą wydajnością
- jon amonowy usuwany był średnio w 68%, maksymalnie w 87%,
- po okresie wpracowania złoża, kilkakrotnie w wodzie po filtrze zaobserwowano przekroczenie zawartości jonu amonowego, przyczyny, należy szukać analizując „konkurencyjność” procesu nitryfikacji i utleniania manganu oraz w nieprawidłowej eksploatacji BFP.

Obserwacja pracy biologicznego filtra pilotażowego, wykazała, że praca filtrów nityfikacyjnych w ciągu technologicznym stacji „Kurpiowska” powinna przebiegać poprawnie bez wspomagania procesu nityfikacji pożywką fosforanową. Obecnie na stacji „Kurpiowska” pożywka dawkowana jest okresowo w minimalnych ilościach. Natomiast sprawność złóż odżelaziająco – odmanganiających można poprawić poprzez wymianę materiału filtracyjnego na lżejszy (np. złożo antracyt- zielony piasek).

3.2. Stacja Uzdatniania Wody „Leśna”

W celu zweryfikowania niewłaściwej pracy stacji przeprowadzono laboratoryjne badania technologiczne na filtrach modelowych. Dobrze napowietrzoną wodę, stężenie tlenu rozpuszczonego wynosiło $10,86 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ filtrowano przez złożo antracytowo-piaskowe, a następnie przez złożo antracyt – zielony piasek. Granulacja antracytu 0,6-1,6mm, wysokość warstwy antracytu 300mm, granulacja piasku 0,7-1,5mm, wysokość warstwy piasku 700mm, granulacja zielonego piasku 0,3-1,2mm, wysokość warstwy zielonego piasku 700mm.

Zastosowano prędkość filtracji 12-13m/h, a więc zakładaną docelową prędkość filtracji na stacji uzdatniania, umożliwiającą uzyskanie wydajności stacji ponad $60\text{m}^3/\text{h}$, nawet przy pracy dwóch filtrów, czyli w okresie kiedy jeden filtr poddany jest procesowi regeneracji, a powierzchnia filtracyjna stacji w tym czasie wynosi 5m^2 .

Wyniki badań krótkotrwałej filtracji wody, zestawiono w tabeli 3. Pomimo zastosowania dwukrotnie większej prędkości filtracji, uzyskane wyniki są porównywalne z wynikami uzyskanymi na stacji. W wodzie uzdatnionej stwierdzono jednak przekroczenie wartości manganu, $0,08 \text{ mg}/\text{dm}^3$. Jon amonowy występował w ilości $1,08\text{mg}/\text{dm}^3$ przy normie $0,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$.

Tab. 3. Wyniki analizy wody filtrowanej w warunkach laboratoryjnych, prędkość filtracji 12-13 m/h.

Tab. 3. The results of filtered water quality analysis in laboratory conditions, filtration velocity 12-13 m/h.

oznaczenie	jednostka	woda napowietrzana w stacji	woda po filtrze antracyt-piasek	woda po filtrze antracyt-zielony piasek	wartość dopuszczalna Dz.U. nr 61, poz. 417
odczyn	pH	6,95	7,09	7,36	6,5-9,5
barwa	mgPt/dm^3	175	18	5	15
mętność	NTU	16,7	1,53	0,26	1
jon amonowy	$\text{mgNH}_4/\text{dm}^3$	1,46	1,29	1,08	0,5
żelazo	mgFe/dm^3	2,94	0,23	0,0	0,2
mangan	mgMn/dm^3	0,17	0,10	0,08	0,05
utleniałość	mgO_2/dm^3	5,26	3,71	3,93	5,0

Następnie zakładając poprawną pracę odżelaziaczy na stacji oraz dobre wyniki pracy układu modelowego przeprowadzono próby dawkowania utleniacza chemicznego, tj. manganianu (VII) potasu, do wody po pierwszym stopniu filtracji. Przyjęto dawkę 1,25 mg/dm³ KMnO₄.

Wodę filtrowano przez złożo wypełnione antracytem i zielonym piaskiem z prędkością 12-13m/h przez 5 godzin. Przez cały okres badań, analizowane wskaźniki z wyjątkiem azotu amonowego były znacznie niższe od dopuszczalnych norm (tabela 4). Związków żelaza praktycznie nie wykryto, a związki manganu wykryto w ilościach śladowych. Barwa wody nie przekraczała 3 mgPt/dm³, a mętność oscylowała od 0,11 do 0,26 NTU, utlenialność była niższa od 4,0 mgO₂/dm³. Jedynie jon amonowy po 3 godzinach filtracji przekraczał normę 0,5mg/dm³ osiągając po 5 godzinach filtracji wartość 0,66 mg/dm³.

Wdrażanie wyników uzyskanych w laboratoryjnych badaniach technologicznych rozpoczęto od modernizacji pracy odżelaziaczy. Zwiększono ilość powietrza dawkowanego do aeratorów, wymieniono złożo filtracyjne na piasek na granulację 0,7-1,25mm oraz zmieniono odgazowacze na odżelaziaczach. Po wprowadzonych zmianach natlenienie wody kształtowało się na poziomie 7-11mgO₂/dm³, a odczyn pH w zakresie 7,3-7,7. Pomimo, że nie modyfikowano odmanganiaczy, ani nie wprowadzono złożeń katalitycznych jakość wody po dwustopniowej filtracji (filtracji na wymienionych złożach piaskowych i starych 20-letnich złożach piaskowych odmanganiających) odpowiadała obowiązującym obecnie normom. Jon amonowy przy prędkości filtracji 10-12 m/h nie przekraczał wartości 0,2mg/dm³, a średnia wartość wynosiła 0,1mg/dm³ (tabela 5). Podobne, pozytywne wyniki uzyskuje się obecnie pomimo dalszego nieznacznego zwiększania wydajności stacji.

Tab. 4. Wyniki badań technologicznych, złożo wypełnione antracytem i zielonym piaskiem, prędkość filtracji 12-13 m/h.

Tab. 4. The results of technological research, anthracite-green sand bed, filtration velocity 12-13 m/h

oznaczenie	jednostka	czas pracy filtru					wartość dopuszczalna Dz.U. nr 61, poz. 417
		1h	2h	3h	4h	5h	
odczyn	pH	7,59	7,59	7,64	7,67	7,63	6,5-9,5
barwa	mgPt/dm ³	2	3	3	3	3	15
mętność	NTU	0,11	0,17	0,23	0,26	0,16	1
jon amonowy	mgNH ₄ /dm ³	0,12	0,34	0,55	0,61	0,66	0,5
żelazo	mgFe/dm ³	n.w.	n.w.	0,01	0,01	n.w.	0,2
mangan	mgMn/dm ³	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05
utlenialność	mgO ₂ /dm ³	-	-	3,89	-	3,97	5,0

Tab. 5. Parametry jakościowe wody uzdatnianej na SUW „Leśna”, wartości średnie zostały obliczone z wyników 18 analiz wykonanych w 2007r [5]

Tab. 5. Quality parameters of treated water for „Lesna”, mean values were calculated using the results of 18 analyses performed in 2007 [5]

oznaczenie	jednostka	wartość minimalna	wartość maksymalna	wartość średnia	wartość dopuszczalna Dz.U. nr 61, poz. 417
odżelazicze					
jon amonowy	mgNH ₄ /dm ³	0,06	1,82	1,09	0,5
żelazo	mgFe/dm ³	0,01	0,40	0,04	0,2
mangan	mgMn/dm ³	0,02	0,48	0,25	0,05
tlen rozp.	mgO ₂ /dm ³	4,50	12,50	9,75	
odmanganiacze					
jon amonowy	mgNH ₄ /dm ³	0,04	0,77	0,13	0,5
żelazo	mgFe/dm ³	0,01	0,03	0,02	0,2
mangan	mgMn/dm ³	0,01	0,01	0,01	0,05
tlen rozp.	mgO ₂ /dm ³	5,50	9,90	7,75	
woda uzdatniona					
jon amonowy	mgNH ₄ /dm ³	0,02	0,21	0,11	0,5
żelazo	mgFe/dm ³	0,01	0,06	0,02	0,2
mangan	mgMn/dm ³	0,01	0,01	0,01	0,05
tlen rozp.	mgO ₂ /dm ³	6,60	9,80	7,82	

4. Wnioski

- Ujmowana na obu ujęciach OPWiK woda jest wodą trudną do uzdatnienia ze względu na występowanie znacznych ilości jonu amonowego (2,5-4,0 mg/dm³), wysoką utlenialność (5-7 mgO₂/dm³), oraz występowanie trudnych do wytrącenia związków żelaza i manganu.
- Technologie uzdatniania wód zastosowane na stacjach były różne. Lepsze efekty uzyskano na SUW „Leśna”, gdzie zastosowano technologie tradycyjną tj. napowietrzanie do wartości 80-90% nasycenia wody tlenem oraz dwustopniową filtrację przez złoża piaskowo-zwirowe. Po usunięciu związków żelaza na pierwszym stopniu filtracji związki manganu były usuwane na drugim stopniu filtracji, a jednocześnie w procesie nityfikacji usuwany był jon amonowy znacznie poniżej wartości normatywnych. Okazało się, że zarówno mangan jak i jon amonowy były usuwane równocześnie i nie zaobserwowano oddziaływań konkurencyjnych.
- Technologia uzdatniania wody zastosowana na stacji ”Kurpiowska” tj. usuwanie żelaza manganu na pierwszym stopniu filtracji nie sprawdziła się. Przechodzenie niewielkich ilości związków żelaza i znacznych ilości związków manganu na filtry

nitryfikacyjne powoduje okresowe zakłócenie ich pracy i pomimo, że jakość wody po procesie uzdatniania nie przekracza ustaleń normatywnych, a jon amonowy w wodzie uzdatnionej oscyluje na poziomie 0,2-0,3 mg/dm³ to eksploatacja stacji jest uciążliwa i kosztowna. Modernizacja SUW „Kurpiowska” powinna zmierzać w kierunku poprawy technologii usuwania związków żelaza i manganu w procesie filtracji pierwszego stopnia.

Bibliografia

- [1] Biłozor S., Ilecki W., Raczyk-stanisławiak U. Proces jednoczesnego odmanganiania i usuwania azotu amonowego z wody do picia. Konferencja „Zaopatrzenie w wodę miast i wsi. Poznań 1994, 423-437.
- [2] Biłozor S., Ilecki W., Raczyk-Stanisławiak U., Nawrocki J. Jednoczesne usuwanie związków manganu i azotu amonowego z wody na złożu piroluzytowym. *Ochrona Środowiska*, 1995, 4(59), 13-18.
- [3] Dziubek A.M., Maćkiewicz J. Usuwanie azotu amonowego na filtrach braunsztynowych. *Ochrona Środowiska*, 1996, 2(61), 15-17.
- [4] Granops M. Badania nad modernizacją procesu technologicznego SUW w Ostrołęce. Część I – odżelazianie i odmanganianie wody. Warszawa 2006, materiały OMPWiK.
- [5] Granops M. Technologia uzdatniania wody przeznaczonej do picia w stacji uzdatniania wody „Leśna”, w OPWiK w Ostrołęce. Warszawa 2007, materiały OPWiK.
- [6] Kowal A., Świdorska-Bróż M. *Oczyszczanie wody*. PWN Warszawa 2005.
- [7] Papciak D. Usuwanie azotu amonowego z wód podziemnych w procesie biofiltracji. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód” Poznań, 2004, 721-728.
- [8] Papciak D., Zamorska J. *Podstawy biologii i biotechnologii środowiskowej*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów 2005.
- [9] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29.03.2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. Nr 61 poz. 417)