

## **PAX XL 10 - NOWE DOŚWIADCZENIA W UZDATNIANIU WODY W ZAKŁADZIE UZDATNIANIA WODY W ISKRZYNI W ZAKRESIE REDUKCJI BEKTERII CLOSTRIDIUM PERFRINGENS**

### **Opis położenia zakładu**

Zakład Uzdadniania Wody w Iskrzyni oddany został do eksploatacji w 1973 r. Na ten okres był to zakład o nowoczesnej technologii mający możliwość produkcji ok. 18 tys. m<sup>3</sup> na dobę przy normach jakościowych radykalnie mniej rygorystycznych niż obecnie. Zdolność produkcyjna zakładu została zmniejszona do ok. 12 tys. m<sup>3</sup> na dobę zaś rzeczywista produkcja uzależniona jest od potrzeb i waha się od 6 tys. do 8 tys. m<sup>3</sup> na dobę. Zlokalizowany jest w odległości ok. 10 km od miasta Krosna w powiecie krośnieńskim województwo podkarpackie. Produkowana w nim woda przeznaczona jest na zaopatrzenie mieszkańców miasta Krosna i okolic. Woda do produkcji pobierana jest z rzeki „Wisłok” w km 149+500 w miejscowości Iskrzynia, zaś uzdatnianie odbywa się w oddalonym o 700 m zakładzie zlokalizowanym w Krościenku Wyżnym. Wzrastające wymagania jakościowe w stosunku wody do picia wymusiły konieczność jego modernizacji w zakresie technologii stąd od 2000 r. systematycznie wprowadzane są zmiany poprawiające jakość wody do picia.

Zakład Uzdadniania Wody w Iskrzyni składa się z dwóch organicznie związanych ze sobą obiektów – ujęcia i uzdatniania.

Ujęcie wody surowej stanowi jaz piętrzący wodę na rzece „Wisłok” do rzędnej 268,30 m. n.p.m. o długości 25 m z pięcioma ruchomymi, płaskimi stalowymi zasuwami o długości 5 m. i wysokości 3,30 m. każda. Pojemność zbiornika wynosi około 25 tys. m<sup>3</sup> Możliwość podnoszenia i opuszczania zasuw zabezpiecza zbiornik przed zamuleniem podczas wysokich stanów i wysokiej mętności wody oraz naruszeniem konstrukcji budowli podczas wiosennego pochodu kry lodowej.

Woda surowa z jazu przez kraty rzadkie i gęste, osadnik grawitacyjnie przepływa do studni zbiorczej [rys.1 – schemat technologiczny ujęcia (1)] a stąd przetłaczana jest do zakładu uzdatniania.

Uzdatnianie wody odbywa się w sposób tradycyjny tj. koagulację, filtrację, dezynfekcję. (rys.2 – schemat technologiczny uzdatniania [1]).Zmiany w technologii zostaną opisane w trzecim rozdziale.

### **Technologia uzdatniania stosowana do 2000 r.**

Uzdatnianie odbywało się w sposób tradycyjny tj. koagulację, filtrację na filtrach pośpiesznych piaskowo- antracytowych, dezynfekcję chlorem [rys.2 – schemat technologiczny uzdatniania (1)].

Koagulacja to proces wstępnego oczyszczania wody przy użyciu środka chemicznego. Polega na łączeniu cząsteczek koloidalnych obecnych w wodzie w większe aglomeraty, które można usunąć w procesie sedymentacji lub flotacji. Do 2000 r. stosowany był jako środek chemiczny siarczan glinu. Jako ciało stałe wymagał w pierwszej kolejności rozpuszczenia a więc stosowane musiały być komory zarobowe z nadmuchem powietrza (dwie dmuchawy o mocy 3 kW. każda). Otrzymany roztwór dozowany był do rurociągu wody surowej za pomocą rotametrów. Warunkiem dobrej koagulacji było uzyskanie odpowiedniego stężenia roztworu i dobre jego wymieszanie z wodą surową. Uzyskiwano to w mieszaczach szybkich i wolnych (po 3 szt.). Każdy z nich napędzany był silnikiem o mocy 4 kW. Proces sedymentacji odbywał i odbywa się w osadniku pokoagulacyjnym trzykomorowym o długości 50 m. Był to proces energochłonny – zapotrzebowanie mocy ok. 30 kW. Efektem koagulacji jest wstępne sklarowanie wody. W przypadku stosowanego siarczanu glinu efekt sklarowania był mierny. Dobre efekty tego procesu to podstawa uzdatniania bowiem osadzaniu w zbiorniku podlegają nie tylko zanieczyszczenia mineralne i organiczne ale i mikroorganizmy o większych wymiarach komórek. Po koagulacji woda poddawana jest filtracji na filtrach pośpiesznych żwirowo-antracytowych (cztery komory) a następnie dezynfekcji. W omawianym okresie dezynfekcji dokonywano tylko przez zastosowanie chloru ciekłego. Nie niszczy on jednak bakterii *Clostridium perfringens*, szczególnie ich form przetrwalnych. Dezynfekcja ta była wystarczająca do 2002 r. bowiem do tego roku nie było obowiązku wykrywania tych bakterii. Rozporządzenie Ministra Zdrowia taki obowiązek nałożyło, a zatem w momencie pojawienia się tych bakterii w wodzie surowej (zrzut ścieków sanitarnych do rzeki) zakład był bezradny. Po dezynfekcji woda gromadzona jest w zbiorniku wody czystej o pojemności 500 m<sup>3</sup>. Stąd pompami o zróżnicowanej wydajności połączonymi w układ równoległy tłoczona jest do odbiorców.

## Zmiany w technologii po 2000 r.

Przedstawiono na schematach: [ rys.3 - schemat technologiczny ujęcia (1)],

[rys.4 - schemat technologiczny uzdatniania (2)] po wprowadzonych zmianach.

Stosowany do 2000 r. jako środek chemiczny do koagulacji wody siarczan glinu  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$  nie spełniał żądanych oczekiwań. Proces koagulacji był energochłonny, ale i mało efektywny bowiem nigdy nie osiągnięto mętności wody po sedymentacji 1 NTU i zawartości glinu resztkowego do 0,2 mg/l.

Próby z nowymi koagulantami rozpoczęto pod koniec 2000 r. stosując kolejno: PAX- 18 o wzorze ogólnym  $\text{Al}(\text{OH})_a(\text{Cl})_b(\text{SO}_4)_c + \text{H}_2\text{O}$  poprzez PAX-10  $[\text{Al}(\text{OH})_a\text{Cl}_b]_c + \text{H}_2\text{O}$  aż do PAX-XL-10  $\text{Al}(\text{OH})_a\text{Cl}_b + \text{H}_2\text{O}$  modyfikowanego jonami wapnia (Ca) zastosowanego w 2005 r. i stosowanego do tej pory. Wszystkie te rodzaje koagulantów są cieczami. Zmiana rodzaju środka chemicznego spowodowała zmianę technologii. Wyeliminowano rozpuszczanie (dmuchawy, pompy), mieszanie koagulantu z wodą surową wykonano bezpośrednio w rurociągu eliminując przez to mieszacze szybkie i wolne. Pozostałe części procesu, czyli sedymentacja zostały bez zmian. Do dozowania koagulantu zastosowano automatyczną stację dozowania sprzężoną z przepływomierzem i mętnościomierzem. Z zapotrzebowania mocy 30 kW. w poprzednim układzie pozostało 0,37 kW. w nowym układzie. Osiągnięto też bardziej efektywny proces uzyskując wodę po sedymentacji o mętności max 1 NTU i zawartości glinu resztkowego max 0,1 mg/l niezależnie od jakości wody surowej w rzece „Wisłok”.

## Dlaczego wprowadzono dodatkową dezynfekcję ?

Dodatkową dezynfekcję wody przez zastosowanie promieniowania ultrafioletowego stało się konieczne po wprowadzeniu rozporządzeniem Ministra Zdrowia obowiązkowych badań bakteriologicznych na obecność bakterii *Clostridium perfringens*. W lutym 2005 r. doszło do zanieczyszczenia tymi bakteriami wodociągu krośnieńskiego. Źródłem zanieczyszczenia były ścieki komunalne zrzucane powyżej ujęcia wody surowej. Istniejąca technologia ograniczała, ale nie pozwalała na całkowite ich zniszczenie szczególnie ich form przetrwalnych stąd w listopadzie 2006 r. uruchomiono dodatkowa dezynfekcję z zastosowanie promieniowania ultrafioletowego.

Ultrafiolet jest promieniowaniem elektromagnetycznym, powszechnie występującym w promieniowaniu słonecznym długości fali 100-400 nm. Jest to niewidzialny zakres światła składający się z trzech przedziałów : UV-A, UV-B, UV-C.

Przedział UV-C o długości fali 265 nm. jest odpowiedzialny za bakteriobójcze działanie ultrafioletu. Atakuje ono kwas DNA bakterii i wirusów poprzez reakcję fotochemiczną powoduje jego destrukcję. Większość mikroorganizmów zostaje zabita lub traci zdolności rozmnażania się. Dezynfekcja promieniami UV stała się alternatywą w stosunku do chlorowych środków dezynfekcyjnych ze szczególnym zastosowaniem do wody pitnej. Technologia UV jest obecnie postrzegana jako niezawodna i bezpieczna dla środowiska.

Zgodnie z wymogami technologicznymi stosowania promieniowania ultrafioletowego do dezynfekcji wody pitnej generator UV zamontowano na rurociągu wody czystej po filtracji, a przed dezynfekcją chlorem. Moc urządzenia dobrano do ekstremalnych parametrów wody i przepływu a to:

- mętność – min. 0.19 NTU, max. 1 NTU,
- barwa – min. 5 mg Pt/l, max. 10 mg Pt/l,
- transmisja promieniowania przy mętności 1 NTU  $T_{1\text{ cm}} = 91\%$ ,
- przepływ maksymalny – 320 m<sup>3</sup>/h.
- liczba kolonii bakterii Clostridium perfringens – 20 szt.
- Istotnym dla efektywności dezynfekcji po za mocą promieniowania jest czas kontaktu wody z promieniami ultrafioletowymi ( w zależności od przepływu wynosi od 3.8 do 6 s.), klarowność wody (transmisja promieniowania), zawartość jonów żelaza i manganu pogarszających transmisję, ilość kolonii bakterii.

### **Napowietrzanie wody jako dodatkowy element uzdatniania.**

Ten element w technologii uzdatniania wprowadzono pod koniec 2006 r. zaś przesłanką była eliminacja bakterii beztlenowych bowiem natlenienie wody tlenem zawartym w powietrzu atmosferycznym ogranicza ich rozwój.

Tlen atmosferyczny wykorzystywany jest też w procesach usuwania z wody żelaza i manganu (pierwiastki te mają znaczny wpływ na barwę wody), usuwania dwutlenku węgla występującego w postaci związanej (węglany, wodorowęglany) i wolnej (agresywnej), siarkowodoru będącego naturalnym produktem beztlenowego rozkładu substancji organicznych.

Sposób napowietrzania oparty jest o zastosowanie dmuchawy o wydajności 200 m<sup>3</sup>/h i ciśnieniu 800 mbar. (0.08) MPa. wraz z drenażem wykonanym z rur PE o średnicy 100 mm. zamontowanym w studni zbiorczej o pojemności 360 m<sup>3</sup>. Przyjęto zasadę że na każdy 1 m<sup>3</sup> uzdatnianej wody należy dostarczyć od 0,7 do 1 m<sup>3</sup> powietrza. Aeracji poddawana jest woda surowa bezpośrednio po ujęciu jej z rzeki. Proces ten uruchamiany jest w okresach, w których

występuje wysoka mętność i barwa wody, niskie temperatury. Przypadki takie występują podczas wiosennych roztopów, okresów zimowych, podczas których tworzy się na zbiorniku pokrywa lodowa (brak kontaktu wody z powietrzem atmosferycznym a zatem z tlenem), czyli warunki sprzyjające rozwojowi bakterii beztlenowych.

### **PAX XL-10 charakterystyka fizyko-chemiczna, dawkowanie.**

Charakterystyka fizyko-chemiczna :

Gęstość – 1.22 g/cm<sup>3</sup>

Al.<sup>+3</sup> – 5%

CL- 11.5%

pH – 2.5, zasadowość – 70%

Tabela nr 1. DAWKOWANIE PAX - XL-10

W tabeli podano dawki koagulantu PAX–XL-10 w l/m<sup>3</sup> uzdatnianej wody w zależności od mętności i barwy.

Mętność [NTU] – odczyt z mętnościomierza,

Barwa [mg Pt/l] – sprawdzenie przez laboratorium,

Mętność	Barwa do 10	Barwa [10 – 20]	Barwa [20 –30]	Barwa pow. 30
do 5	0.0365	0.0384	0.0400	0.0419
5 - 15	0.0365 – 0.0400	0.0384 – 0.0419	0.0400 – 0.0438	0.0419 – 0.0455
15 - 25	0.0400 – 0.0419	0.0419 – 0.0438	0.0438 – 0.0455	0.0455 – 0.0474
25 - 35	0.0419 – 0.0438	0.0438 – 0.0455	0.0455 – 0.0492	0.0474 – 0.0510
35 – 45	0.0438 – 0.0474	0.0474 – 0.0510	0.0492 – 0.0528	0.0510 – 0.0546
45 – 55	0.0474 – 0.0510	0.0510 – 0.0546	0.0528 – 0.0583	0.0583 – 0.0619
55 – 65	0.0510 – 0.0546	0.0546 – 0.0583	0.0583 – 0.0619	0.0619 – 0.0656
65 – 75	0.0546 – 0.0583	0.0583 – 0.0619	0.0619 – 0.0656	0.0656 – 0.0692
75 – 85	0.0583 – 0.0619	0.0619 – 0.0656	0.0656 – 0.0692	0.0692 – 0.0728
85 - 100	0.0583 – 0.0656	0.0656 – 0.0692	0.0692 – 0.0728	0.0728 – 0.0765
100 – 120	0.0656 – 0.0692	0.0692 – 0.0728	0.0728 – 0.0765	0.0765 – 0.0801
120 – 140	0.0692 – 0.0728	0.0728 – 0.0765	0.0765 – 0.0801	0.0801 – 0.0878
140 – 160	0.0528 – 0.0765	0.0765 – 0.0801	0.0801 – 0.0838	0.0838 – 0.0874
160 – 180	0.0765 – 0.0801	0.0801 – 0.0838	0.0838 – 0.0874	0.0874 – 0.0910
180 - 200	0.0801 – 0.0838	0.0838 – 0.0874	0.0874 – 0.0910	0.0910 – 0.0947
200 – 250	0.0847 – 0.0947	0.0947 – 0.1020	0.1020 – 0.1093	0.1093 – 0.1166
250 – 300	0.0947 – 0.1020	0.1020 – 0.1093	0.1093 – 0.1166	0.1166 – 0.1238
300 – 350	0.1020 – 0.1093	0.1093 – 0.1166	0.1166 – 0.1238	0.1238 – 0.1312
350 – 400	0.1093 – 0.1166	0.1166 – 0.1238	0.1238 – 0.1312	0.1312 – 0.1384

400 – 450	0.1166 – 0.1238	0.1238 – 0.1312	0.1312 – 0.1384	0.1384 – 0.1457
450 – 500	0.1238 – 0.1312	0.1312 – 0.1384	0.1384 – 0.1457	0.1457 – 0.1530
500 - 550	0.1312 – 0.1384	0.1384 – 0.1457	0.1457 – 0.1530	0.1530 – 0.1602

### **Charakterystyka bakterii Clostridium**

Woda jest siedliskiem życia wielu organizmów należących do różnych grup systematycznych. Z punktu widzenia higieniczno sanitarnego dotyczącego wody do picia największe znaczenie mają mikroorganizmy dostające się do wody ze ściekami bytowo- gospodarczymi szczególnie z kałem ludzi i zwierząt stałocieplnych. Główne mikroorganizmy wskaźnikowe zanieczyszczenia wody odchodami to :

1. Escherichia coli,
2. Termotolerancyjne i inne bakterie grupy Coli,
3. Paciorkowce kałowe,
4. Spory bakterii rodzaju Clostridium.

Najtrudniejsze do zniszczenia są przetrwalniki (endospory) bakterii z rodzaju Clostridium bowiem pozostałe można wyeliminować z wody przez koagulację, filtrację, dezynfekcję środkami chemicznymi. Bakterie z rodzaju Clostridium są dużymi gram dodatnimi bezwzględnie beztlenowymi laseczkami wytwarzającymi przetrwalniki. Większość z nich to nieszkodliwe drobnoustroje występujące w kurzu, glebie, wchodzą w skład układu pokarmowego człowieka i zwierząt stałocieplnych. Wśród nich są też gatunki chorobotwórcze. Należą do nich (zidentyfikowane) :

- Clostridium botulinum (jad kiełbasiany)
- Clostridium tetani (laseczka tężca)
- Clostridium perfringens (laseczka zgorzeli gazowej)

Clostridia są stałym składnikiem mikroflory jelitowej nawet naturalnym składnikiem żeńskich dróg rodnych. Pośrednim źródłem zanieczyszczenia wody są ziemia, kurz, ścieki sanitarne dostające się do wód powierzchniowych. Szczególnie odporne na działanie czynników zewnętrznych (niskie i wysokie temperatury, środki chemiczne) są endospory tych bakterii. Zawdzięczają to błonie lipidowo-białkowej otaczającej kwas DNA zawierający kod genetyczny. Czynnikiem determinującym toksyczność Clostridium perfringens typu A jest wytwarzana w jelicie enterotoksyna. Powoduje ona zahamowanie transportu glukozy, utratę białek, uszkodzenie nabłonka jelitowego. Do uwolnienia enterotoksyny dochodzi w fazie rozwoju przetrwalników. Najgroźniejszym gatunkiem (śmiertelnie niebezpiecznym) jest Clostridium botulinum. Przetrwalniki tych bakterii wytwarzają enterotoksyny beta, gama, delta, epsilon, eta, jeta. Ten gatunek może występować w przetworach mięsnych szczególnie konserwach, dlate-

go poddawane są one sterylizacji w temperaturze 120<sup>0</sup> C. Przydatność Clostridiów jako elementu wskaźnikowego do oceny jakości wody do spożycia jest ograniczona. Wskaźnik ten charakteryzujący występowanie mikroorganizmów fekalnych obowiązuje w prawodawstwie Unii Europejskiej, nie obowiązuje w Stanach Zjednoczonych. W wydaniu drugim „WHO Guidelines” z 1983 r. stwierdzono m.in. „ Ponieważ organizmy te mają tendencję do długiego przeżywania i gromadzenia się mogą być wykrywane długo po fakcie zanieczyszczenia oraz daleko od miejsca zanieczyszczenia i z tego względu mogą być powodem fałszywych alarmów”. [p.2.2.5. str. 21, wydanie PZITS z 1998 r.]. W wydaniu trzecim (najnowszym) z 2004 roku [p.11.6.5. str. 288 –wyd. WHO wersja oryginalna] stwierdza się, że oznaczenie to nie jest wymagane do analiz rutynowych. W Stanach Zjednoczonych organizmem wskaźnikowym dla tej grupy bakterii są Cryptosporidia (C. parvum).

### **Niszczenie bakterii Clostridium perfringens w ZUW Iskrzynia w procesach napowietrzania, koagulacji, filtracji, dezynfekcji wody**

Obserwacje pokazały, że ten rodzaj bakterii jest szczególnie trudny do całkowitego zniszczenia w procesach technologicznych stosowanych w stacjach uzdatniania wody. Dotyczy to przede wszystkim przetrwalników (nieporównywalnie mniejsze wymiary w stosunku do komórek macierzystych) odpornych na niskie i wysokie temperatury, środki chemiczne. Najtrudniejszy okres dla zakładu z zanieczyszczeniem bakteriologicznym wody to połowa grudnia do połowy stycznia a więc okres w którym występują ostatnio najniższe temperatury, zwiększony zrzut ścieków związany z okresem świątecznym. Aby uzyskać zadowalające efekty w ZUW Iskrzynia zastosowano metody działania na bakterie i na środowisko (Tabele nr 2, nr 3, nr 4, nr 5 – wybrane parametry fizyko-chemiczne i bakteriologiczne wody surowej i uzdatnionej, redukcja bakterii Clostridium perfringens w cyklu technologicznym w okresach letnich i zimowych). Wybrano dni w których jakość wody surowej była najgorsza.

#### **Działanie na bakterie i środowisko :**

**1. Koagulacja** – okazało się, że przez zastosowanie odpowiedniego koagulantu można radykalnie zmniejszyć liczbę kolonii bakterii szczególnie tych, które charakteryzują się większymi wymiarami. Obserwacje dotyczą koagulantu PAX XL - 10. Bakterie te opadają na dno zbiornika wraz z innymi zanieczyszczeniami. Z przedstawionych w tabelach danych wynika, że redukcja ta wynosi ok. 85 - 90% (z 234 pozostało 27 kolonii, z 167 pozostało 22). Badania te przeprowadzono w okresie bardzo intensywnego i długotrwałego spływu ścieków sanitarnych przy zawartości azotu amonowego 0,829 mg/l, pokrywie lodowej na całym zbiorniku. temp.

powietrza – (-18<sup>0</sup>C), temp. wody surowej – (+4.5<sup>0</sup>C). Koagulant dawkowano w ilościach wyższych o 10% w stosunku do warunków normalnych przy tej samej mętności i barwie wody. Pomimo tego, że zadaniem koagulacji nie jest dezynfekcja wody wytworzone przez chloroderek poliglinu środowisko uniemożliwiło dalszy rozwój mikroflory. Koagulacja stosowana jest po napowietrzaniu. Obydwie instalacje technologiczne odległe są od siebie o 700 m.

Tab. 2. Wybrane parametry fizyko-chemiczne i bakteriologiczne wody surowej i uzdatnionej – lato  
Data przyjęcia próbki(-ek): **02.07.2007 i 06.08.2007**

Miejsce pobrania próbki/rodzaj próbki:			WS	WU	WS	WU	Normy i/lub procedury badawcze
Kod metody	Parametry/wskazniki	Jednostka	Kod próbki				
			02.07.2007	02.07.2007	06.08.2007	06.08.2007	
9	Barwa	mg/l	15	5	<b>40</b>	<b>5</b>	PN-EN ISO 7887:2002 rozdz.4
10	Mętność	NTU	4,90	0,09	<b>28,1</b>	<b>0,14</b>	PN-EN ISO 7027:2003
11	Odczyn	pH	7,9	7,6	<b>7,8</b>	<b>7,5</b>	PN-90/C-04540/01
12	Przewodność właściwa	µS/cm	414	428	<b>435</b>	<b>446</b>	PN-EN 2788:1999
13	Glin	mg/l	-	0,051	-	<b>&lt;0,040</b>	PN-92/C-04605/02
14	Chlor wolny	mg/l	-	0,66	-	<b>0,06</b>	PN-ISO 7393-1:1994/Ap1:2000
15	Zasadowość ogólna	mmol/l	3,65	3,60	<b>3,70</b>	<b>3,45</b>	PN-EN ISO 9963-1:2001/Ap:2004
16	Współczynnik stabilności wody I st	-	-0,32	-0,01	<b>-0,23</b>	<b>0,13</b>	Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków, W.Hermanowicz, W-wa 1999
17	Twardość ogólna jako CaCO <sub>3</sub>	mg/l	209,0	203,0	<b>184,0</b>	<b>202</b>	PN-ISO 6059:1999
18	Chlorki	mg/l	6,4	14,9	<b>9,2</b>	<b>22,6</b>	PN-ISO 9297:1994
19	Indeks nadmanganianowy	mg/l	3,02	1,75	<b>7,59</b>	<b>2,60</b>	PN-EN ISO 8467:2001
20	Jon amonowy	mg/l	0,115	<0,064	<b>0,745</b>	<b>0,334</b>	PN-ISO 7150-1:2002
21	Azotyny	mg/l	0,079	<0,012	<b>0,250</b>	<b>0,018</b>	PN-EN 26777:1999
22	Azotany	mg/l	3,489	4,324	<b>5,803</b>	<b>6,585</b>	PN-82/C-04576/08
23	Żelazo ogólne	mg/l	0,066	<0,01	<b>0,146</b>	<b>&lt;0,01</b>	PN-ISO 6332:2001
24	Ortofosforany PPO <sub>4</sub>	mg/l	0,042	-	<b>0,1</b>	-	PN-EN 6878:2006 pkt.4
25	Tlen rozpuszczony	mg/l	6,8	-	<b>6,4</b>	-	PN-EN 25814:1999
26	BZT <sub>5</sub>	mg/l	1,7	-	<b>5,2</b>	-	PN-EN 1899-2:2002
27	<b>Mangan</b>	<b>mg/l</b>	-	-	<b>0,072</b>	<b>0,019</b>	Metodyka Hach 8149
30	Związki organiczne metodą spektrofotometr. w nadfiolecie	mg/l	9,7	3,8	<b>23,9</b>	<b>6,7</b>	PB-09 wydanie 1 z dnia 24.09.2007
31	Siarczany	mg/l	-	-	<b>27,0</b>	<b>22,0</b>	Metodyka Hach 8051
1	Bakterie grupy coli	jtk/100 ml	-	0	-	<b>0</b>	PN-ISO 9308-1:2004
2	Escherichia coli	jtk/100 ml	-	0	-	<b>0</b>	PN-ISO 9308-1:2004
3	Ogólna liczba mikroorganizmów w (36±2)°C po 48 h	jtk/1 ml	900	0	<b>10400</b>	<b>1</b>	PN-EN ISO 6222:2004
4	Ogólna liczba mikroorganizmów w (22±2)°C po 72 h	jtk/1 ml	10100	1	<b>24400</b>	<b>1</b>	PN-EN ISO 6222:2004
5	Clostridium perfringens	jtk/100 ml	102	0	<b>1580</b>	<b>0</b>	Metodyka wg ISO/CD 6461-2 PZH
6	Enterokoki (paciorkowce kałowe)	jtk/100 ml	26	0	7400	0	PN-EN ISO 7899-2:2004

WS – woda surowa, WU – woda uzdatniona

Tabela nr 3. Kontrola technologii ZUW ISKRZYŃNIA - bakteriologia lipiec, sierpień 2007

Data	02.07.2007		06.08.2007	
Rodzaj próbki	Liczba <i>Clostridium perfringens</i> w 100ml/ jtk /	Liczba <i>Enterokoków kałowych</i> (paciorkowce) w 100ml/ jtk /	Liczba <i>Clostridium perfringens</i> w 100ml/ jtk /	Liczba <i>Enterokoków kałowych</i> (paciorkowce) w 100ml/ jtk /
<b>Surowa bez napowitrzania</b>	<b>102</b>	<b>26</b>	<b>1580</b> ( amoniak=0,745)	<b>7400</b>
<b>Po koagulacji</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>900</b>
<b>Po filtrze 1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>260</b>
<b>Po filtrze 2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>280</b>
<b>Po filtrze 3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>360</b>
<b>Po filtrze 4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>240</b>
<b>Po lampie UV</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
<b>Uzdatniona</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b> ( amoniak=0,334)	<b>0</b>

Tabela nr 4. Wybrane parametry fizyko-chemiczne i bakteriologiczne wody surowej i uzdatnionej - zima  
Data przyjęcia próbki (-ek): **07.01.2008, 08.01.2008**

Data rozpoczęcia/zakończenia badań: 07.01.2008/12.01.2008

Miejsce pobrania próbki/rodzaj próbki:			WS	WU	WS	WU	Normy i/lub procedury badawcze
Kod metody	Parametry/wskaźniki	Jednostka	Kod próbki				
			07.01.2008	07.01.2008	08.01.2008	08.01.2008	
<b>9</b>	Barwa	mg/l	15	5	15	5	PN-EN ISO 7887:2002 rozdz.4
<b>10</b>	Mętność	NTU	3,38	0,37	<b>2,74</b>	<b>0,40</b>	PN-EN ISO 7027:2003
<b>11</b>	Odczyn	pH	7,7	7,4	<b>7,7</b>	<b>7,5</b>	PN-90/C-04540/01
<b>12</b>	Przewodność właściwa	μS/cm	577	597	<b>573</b>	<b>589</b>	PN-EN 2788:1999
<b>13</b>	Glin	mg/l	-	<0,040	-	<b>0,057</b>	PN-92/C-04605/02
<b>14</b>	Chlor wolny	mg/l	-	0,26	-	<b>0,22</b>	PN-ISO 7393-1:1994/ Ap1:2000
<b>15</b>	Zasadowość ogólna	mmol/l	-	-	<b>5,30</b>	<b>4,90</b>	PN-EN ISO 9963-1:2001/ Ap:2004
<b>16</b>	Współczynnik stabilności wody I st	-	-	-	<b>-0,44</b>	<b>-0,18</b>	Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków, W.Hermanowicz, W-wa 1999
<b>17</b>	Twardość ogólna jako CaCO <sub>3</sub>	mg/l	-	-	<b>294</b>	<b>302</b>	PN-ISO 6059:1999
<b>18</b>	Chlorki	mg/l	-	-	<b>8,8</b>	<b>18,7</b>	PN-ISO 9297:1994
<b>19</b>	Indeks nadmanganianowy	mg/l	1,25	0,46	<b>1,14</b>	<b>0,53</b>	PN-EN ISO 8467:2001
<b>20</b>	Jon amonowy	mg/l	0,829	0,408	<b>0,498</b>	<b>0,389</b>	PN-ISO 7150-1:2002
<b>21</b>	Azotyny	mg/l	-	-	<b>0,048</b>	<b>&lt;0,012</b>	PN-EN 26777:1999
<b>22</b>	Azotany	mg/l	-	-	<b>5,529</b>	<b>6,012</b>	PN-82/C-04576/08
<b>23</b>	Żelazo ogólne	mg/l	-	-	<b>0,115</b>	<b>&lt;0,050</b>	PN-ISO 6332:2001
<b>24</b>	Ortofosforany PPO <sub>4</sub>	mg/l	0,048	-	<b>0,041</b>	-	PN-EN 6878:2006 pkt.4
<b>25</b>	Tlen rozpuszczony	mg/l	10,6	-	<b>10,9</b>	-	PN-EN 25814:1999
<b>26</b>	BZT <sub>5</sub>	mg/l	2,9	-	-	-	PN-EN 1899-2:2002
<b>27</b>	<b>Mangan</b>	mg/l	<b>0,065</b>	<b>0,053</b>	-	-	Metodyka Hach 8149
<b>30</b>	Związki organiczne metodą spektrofotometr. w nadfiolecie	mg/l	7,7	5,0	<b>8,0</b>	<b>4,7</b>	PB-09 wydanie 1 z dnia 24.09.2007
<b>31</b>	Siarczany	mg/l	36	36	-	-	Metodyka Hach 8051
<b>1</b>	Bakterie grupy coli	jtk/100 ml	-	0	-	<b>0</b>	PN-ISO 9308-1:2004
<b>2</b>	Escherichia coli	jtk/100 ml	-	0	-	<b>0</b>	PN-ISO 9308-1:2004
<b>3</b>	Ogólna liczba mikroorgani-	jtk/1 ml	-	1	-	<b>1</b>	PN-EN ISO 6222:2004

	zmów w (36±2)°C po 48 h						
<b>4</b>	Ogólna liczba mikroorganizmów w (22±2)°C po 72 h	jtk/1 ml	-	1	-	<b>1</b>	PN-EN ISO 6222:2004
<b>5</b>	Clostridium perfringens	jtk/100 ml	234	0	-	<b>0</b>	Metodyka PZH wg ISO/CD 6461-2
<b>6</b>	Enterokoki (paciorkowce kałowe)	jtk/100 ml	1700	0	-	-	PN-EN ISO 7899-2:2004

WS – woda surowa, WU – woda uzdatniona

Tabela nr 5. Redukcja bakterii Clostridium perfringens w cyklu technologicznym zima

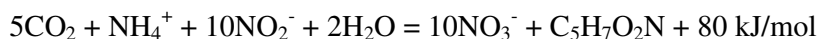
Data	07.01.2008		11.02.2008	
	Liczba Clostridium perfringens w 100ml / jtk /	Liczba Enterokoków kałowych (paciorkowce) w 100ml / jtk /	Liczba Clostridium perfringens w 100ml / jtk /	Liczba Enterokoków Kałowych (paciorkowce) w 100ml / jtk /
<b>Surowa Ujęcie-Jaz</b>	<b>279</b>	<b>1300</b>	<b>208</b>	<b>185</b>
<b>Surowa – po napowietrzaniu</b>	<b>234</b>	<b>1700</b>	<b>167</b>	<b>240</b>
<b>Po koagulacji</b>	<b>27</b>	<b>122</b>	<b>22</b>	<b>8</b>
<b>Po filtrze 2</b>	<b>10</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
<b>Po filtrze 3</b>	<b>12</b>	<b>59</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Po filtrze 4</b>	<b>14</b>	<b>84</b>	<b>10</b>	<b>4</b>
<b>Po lampie UV</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Uzdatniona</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**2. Filtracja** – w zakładzie pracują filtry pośpieszne, otwarte żwirowo – antracytowe (4 komory). Ten proces i przy zastosowaniu tego rodzaju złoża ma na celu zatrzymanie tych frakcji zanieczyszczeń z którymi nie poradziła sobie koagulacja. Należy zaznaczyć, że w przypadku próby zatrzymania drobin zbliżonych wielkością do przetrwalników Clostridium należy prędkość filtracji zmniejszyć do możliwego minimum. Prędkość tę w okresach zagrożeń zmniejszono do 3 m/h, normalnie wynosi 4 m/h. Celem nie dopuszczenia do kolmatacji filtrów zawiesziną zawierającą azot amonowy zwiększono częstotliwość płukania jeden na 8 godz. (w warunkach stabilnych płukana jest jedna komora na dobę). Osiągnięta redukcja kolonii bakterii Clostridium (tabele) wyniosła dla tego typu złoża ok. 50 – 70 % w stosunku do ilości bakterii po koagulacji. Aby osiągnąć lepsze rezultaty na tym etapie technologicznym w bieżącym roku planowane są na stacji pilotażowej w Iskrzyni próby z zastosowaniem złoża chalcedonitowego. Umożliwia ono osiągnięcie procesu nityfikacji a więc przetworzenie azotu amonowego będącego pożywką dla Clostridiów do azotanów w toku dwuetapowej nityfikacji.

I etap – bakterie Nitrosomonas:



II etap – bakterie Nitrobacter:



$\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$  – uproszczony wzór chemiczny komórki bakteryjnej.

Szybkość wzrostu bakterii nitryfikacyjnych zależy od stężenia tlenu, amoniaku, temperatury w mniejszym stopniu od stężenia ortofosforanów i zasadowości wody.

W przypadku ZUW Iskrzynia na korzyść procesu nitryfikacji działają następujące elementy :

- niska prędkość filtracji zapewniająca długi czas kontaktu wody i błony biologicznej,
- niskie obciążenie złoża zawiesziną pokoagulacyjną co jest efektem bardzo dobrej pracy układu koagulacji (mętność poniżej 1 NTU),
- wysokie natlenienie wody surowej – powyżej 10 mg  $\text{O}_2/\text{l}$  uzyskiwane na drodze napowietrzania mechanicznego.

Ujemny wpływ na proces ma :

- płukanie komór filtracyjnych wodą zachlorowaną (max zawartość  $\text{Cl}_2$  nie wpływająca ujemnie na bakterie 0.3 mg/l)
- częstotliwość płukania filtrów – jeden na zmianę w okresie zagrożenia - (można ją zmniejszyć ),
- niska temperatura wody surowej ( $4^{\circ}\text{C}$ ) powinna być wyższa od  $8^{\circ}\text{C}$ ,
- wysoka intensywność płukania wodą i powietrzem mogące wypłukiwać bakterie
- nitryfikacyjne – można zmniejszyć,
- mała wysokość złoża filtracyjnego – w trakcie wymiany można zwiększyć.

**Promieniowanie UV** – Instalacja uruchomiona w 2006 r. Zastosowane jej jako pojedynczy element w dezynfekcji wody bez wcześniejszego oczyszczenia w procesach napowietrzania, koagulacji filtracji przy tak dużym ładunku amoniaku, ilości kolonii bakterii i tej dawce promieniowania było by nieskuteczne. Ponadto woda po dezynfekcji tylko promieniami UV nie jest stabilna biologicznie stąd należy stosować dodatkową dezynfekcję. Zastosowanie promieniowania podniosło znacznie bezpieczeństwo bakteriologiczne produkowanej wody, ale w bardzo niekorzystnych, długich okresach tj. występowanie pokrywy lodowej, niskim stanie wody w zbiorniku, niskich temperaturach wody i powietrza, wysokiej ilości związków organicznych i bakterii w wodzie surowej skuteczność promieniowania uległa obniżeniu. Stąd jedynym sposobem było obniżenie produkcji wody uzdatnionej.

Efektywność działania promieniowania na drobnoustroje zależy od wielu czynników z których najważniejsze to:

- a. dawka promieniowania – producenci podają, że do wody do picia wystarczy  $400 \text{ J/m}^2$  ale do wody do picia zawierającej bakterie *Clostridium perfringens*  $700 \text{ J/m}^2$ ,
- b. transmisja promieniowania ( $T_{10}$ ) – informuje jaki procent promieniowania przechodzi przez warstwę wody o grubości 10 cm a zatem o klarowności wody, zawartości jonów żelaza, manganu, związków organicznych. Wszystkie to powoduje obniżenie transmisji. Wody do picia w Polsce posiadają transmisję promieniowania od 80% do 95%. W ZUW Iskrzynia zmierzona transmisja wynosiła 92%
- c. czas kontaktu promieniowania z wodą – im dłuższy tym efekt lepszy. W okresach potencjalnych zagrożeń zanieczyszczeniem przez zmniejszenie wydajności czas wydłużono do 6 sekund. W warunkach stabilnych wynosi 3.8 sek.

**Napowietrzanie wody surowej** – uruchamiane jest okresowo w sytuacjach, w których zawartość azotu amonowego przekroczy  $0.4 \text{ mg/l}$ . Ta zawartość jest wskaźnikiem, że w wodzie mamy podwyższoną zawartość ogólnej liczby bakterii a wśród nich *Clostridium perfringens*. Tlen zawarty w powietrzu atmosferycznym usuwa z wody żelazo i mangan (pierwiastki te obniżają transmisję promieniowania a zatem nie sprzyjają efektywności pracy lampy UV), usuwa dwutlenek węgla występujący w postaci związanej (węglany, wodorowęglany) i wolnej (agresywny), siarkowodór (produkt beztlenowego rozkładu substancji organicznych), powietrze uwalnia amoniak zawarty w postaci gazowej.

W procesie napowietrzania mechanicznego osiągnięto zawartość tlenu ponad  $10 \text{ mg/l}$  co może skutkować pozytywnym efektem w procesie wymiany złoża filtracyjnego na chalcedonitowe (osiągnięcie dobrego efektu nityfikacji).

### **Wnioski**

- a. Największy ładunek niosą ze sobą ścieki pochodzące z małych, bezobsługowych oczyszczalni ścieków które po paru latach eksploatacji stają się magazynem okresowo opróżnianym przez wypuszczenie ich do rzeki,
- b. Proces niszczenia bakterii *Clostridium perfringens* jest trudny dlatego musi być wieloetapowy (napowietrzanie, koagulacja, filtracja, UV, dezynfekcja),
- c. Z analizy bakteriologicznej wynika, że koagulacja w stosunku do pozostałych elementów technologii w najwyższym stopniu redukuje ich zawartość – 85 – 90%,
- d. Dodatkowym efektem stosowania koagulantów glinowych w postaci ciekłej jest niska energochłonność procesu pod warunkiem zastosowania mieszania hydraulicznego bezpośrednio w rurociągu wody surowej.

## **Schematy technologiczne zakładu przed i po wprowadzonych zmianach**

- schemat technologiczny ujęcia (1),
- schemat technologiczny uzdatniania (2),
- schemat technologiczny ujęcia po zmianach (1),
- schemat technologiczny uzdatniania po zmianach (2).

## **Spis literatury**

- a. Wąsowski J.: „Wybrane wsokoefektywne procesy w technologii uzdatniania wody”  
Materiały konferencji „Zaopatrzenie w wodę miast i wsi”; Poznań 1992,
- b. Nawrocki J.; Białozor S.: „Uzdatnianie wody”; Wydawnictwo naukowe PWN; Warszawa – Poznań 2000,
- c. Kowal A.; Świdorska-Bróz M.: „Oczyszczanie wody”; PWN Warszawa- Wrocław 2000,
- d. Sozański M.; Weber Ł.; Jeż- Walkowiak J.: „Usuwanie jonów amonowych z wody podziemnej. Badania pilotowe na Stacji Uzdatniania „Odra” w Świnoujściu”; Politechnika Poznańska 2006,
- e. Zamajski R.: „Praktyczne zastosowanie techniki UV do dezynfekcji wody i ścieków”; Sopot 2007.