

Adam MAREK, Waldemar BICZ,
Justyna SOBOLCZYK

„Poltegor- Instytut” Instytut Górnicztwa Odkrywkowego
we Wrocławiu

PROBLEMY MAŁYCH UJĘĆ WODY NA GÓRSKICH POTOKACH - KONCEPCJE ROZWIĄZAŃ I BUDOWY

PROBLEMS OF SMALL WATER INTAKES IN MOUNTAIN STREAMS - CONCEPTS OF SOLUTIONS AND CONSTRUCTION

Technical progress in drinking water supply to a small extent reached the area of small communities. In particular, this problem concerns foothill villages using small water systems with a capacity of 150 m³/d or from individual wells. However, the quality of water obtained from small local intakes deviate from the standards of water intended for human consumption. In response to the needs of small communities the concept of water intakes in the Sękowa region near Gorlice has been developed. The concept included research on the quality and quantity of surface waters with assessment of supply possibilities and developing economical technologies of water intakes, water treatment and distribution.

Method of pretreatment of waters temporary contaminated with Carpathian flysch structures causing excessive turbidity has been presented in the paper. In order to remove excessive turbidity, filter column constructed of porous structures was used. The main advantage of this approach is to use preliminary pre- treatment of water using porous structures causing turbidity as “fluidized membrane”. Preliminary results indicate the possibility of economical and efficient pretreatment of water enabling reduction of disinfection doses. As a result of the treatment, water fulfilling consumption quality norms was obtained. The final outcome results from combination of several technological factors, starting from bioremediation in porous structures. The new solution proposed by Poltegor-Institute included water intake in a pond, as well as usage of filters with moving sand bed enabling oxygenation, filtration, biocoagulation and at the very end disinfection.

1. Wprowadzenie

Postęp techniczny w zaopatrzeniu w wodę pitną nie jest jeszcze w pełni uzyskiwany na terenach małych, gminnych jednostek osadniczych. Miejscowości podgórskie zlokalizowane w terenach obszarów leśnych i terenów hodowlanych korzystają od wielu lat z małych systemów wodociągowych o wydajności około 150 m³/d i studni indywidualnych. Jakość wody uzyskanej z rozproszonych ujęć i sieci wodociągowej wymaga spełnienia analogicznych przepisów nadzoru jakości i eksploatacji jakie obowiązują dużych producentów i użytkowników systemów wodociągowych.

Wobec wysokich wymagań sanitarnych i prawnych wydanych w celu nadzorowania jakości wody niezbędne jest analizowanie stanu technicznego istniejących małych ujęć wodociągowych i ich modernizowanie. Kierunek i sposób modernizacji powinny odpowiadać z jednej strony uzyskaniu dobrej wody pitnej i z drugiej zagwarantować prostą budowę i eksploatację dla użytkowników, którzy zazwyczaj nie posiadają stałych służb eksploatacyjnych w miejscu produkcji wody pitnej.

2. Określenie celów badawczych i wdrożeniowych

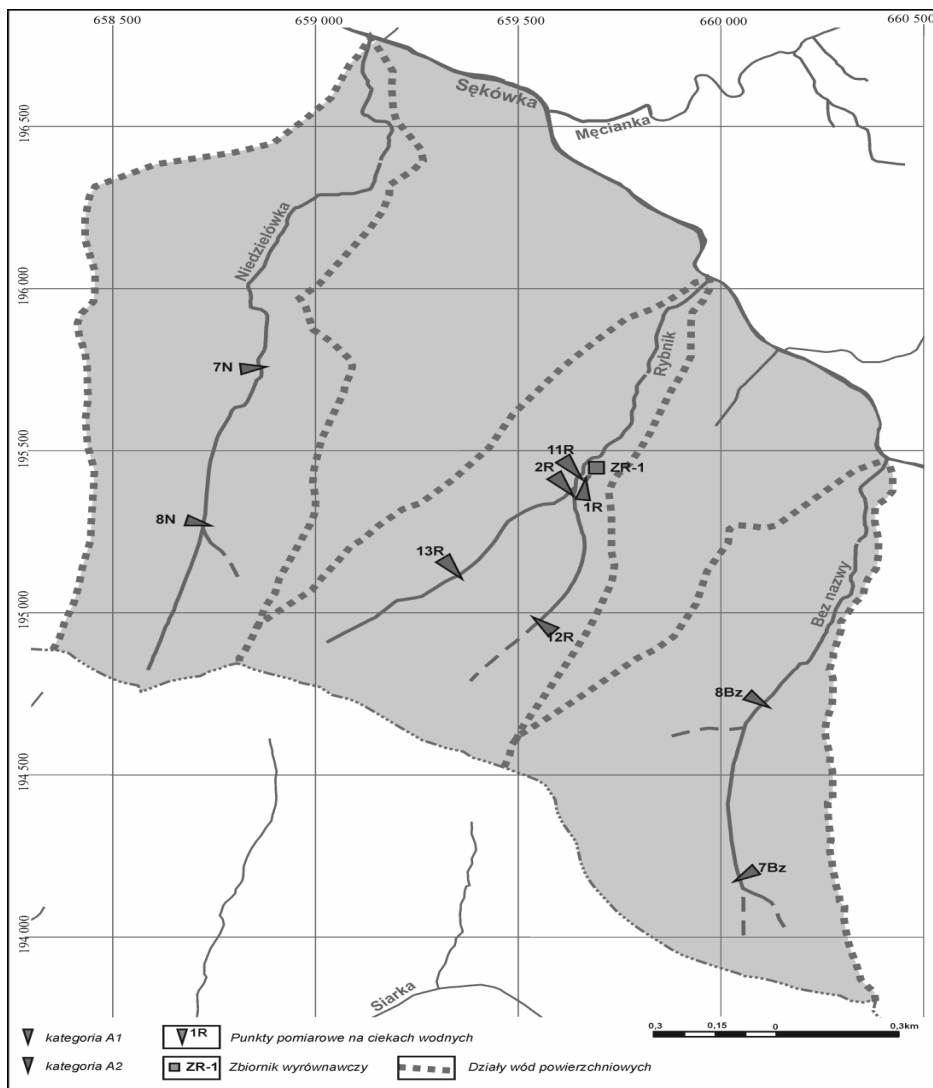
Celem badań było opracowanie technologii poprawy jakości, wydajności i bezpieczeństwa wody dostarczanej z lokalnego ujęcia w obszarach fliszu karpackiego.

Zaprojektowano doświadczalne ujęcie wody zlokalizowane w zbiorniku terenowym, zbudowane z modułu prefiltracji /opracowanego w Poltegor-Instytucie/ oraz filtra o działaniu ciągłym o przepustowości do 10 m³/h i dwustopniowej dezynfekcji wody, promiennikiem UV i chlorowaniem.

3. Materiały i metody badawcze

3.1. Prace projektowe

W początkowym etapie badań wykonano identyfikację hydrograficzną i geodezyjną zlewni potoku górskiego oraz identyfikację obszarów wodonośnych w zakresie występujących zanieczyszczeń i bilansowania zasobów wody. Prace zostały ukierunkowane na wykorzystanie wybudowanego w drugiej połowie ubiegłego wieku ujęcia wody, zbiorników terenowego i zapasowego, użytkowanego przez spółkę wodną – zaopatrującą gminę w wodę [1].



Rys.1. Lokalizacje punktów poboru bakteriologicznych próbek wód powierzchniowych ze zlewni Sękówki [AGH]

Fig.1. Locations of bacteriological sampling points of surface waters from the Sękówka river basin.

Tab. 1. Wyniki oznaczeń bakteriologicznych w wybranych punktach zlewni Sękówki [1]

Tab. 1. Results of bacteriological determination at selected points in Sękówka river basin [1]

Punkt monitorin-gowy	Nazwa cieku	Coli	Escherichia coli	Enterokoki	Clostridium perfringens
1R	Potok Rybnik	>300	>300	>300	17
2R	Potok Rybnik	>300	>300	>300	15
11R	Potok Rybnik	161	161	104	10
12R	Potok Rybnik	45	18	39	0
13R	Potok Rybnik	172	172	62	1
7N	Potok Niedzielówka	185	185	210	0
8N	Potok Niedzielówka	74	59	110	0
7Bz	Potok bez nazwy	83	83	12	0
8Bz	Potok bez nazwy	79	79	36	0
ZR-1	Zbiornik wyrównawczy	1	1	0	2

Po analizie wstępnych badań zasobowych i jakościowych w zlewni rzeki Sękówka i określeniu zapotrzebowania wody dla odbiorców opracowano koncepcję technologiczną i projekt wykonawczy przebudowy ujęcia i urządzeń technologicznych [Rys.1., Tab.1].

Dla opracowania koncepcji technologicznej oczyszczania wody i modernizacji ujęcia przyjęto wykorzystanie opatentowanych przez IGO Poltegor – Instytut okładzin filtrowych– jako elementu prefiltracji umieszczonego w zbiorniku terenowym o pojemności czynnej około 150 m³. Dodatkowo zastosowano filtr o działaniu ciągłym umieszczony w zaprojektowanym budynku technologicznym.

Dla celów badawczych zaprojektowano możliwość koagulacji zanieczyszczeń ujmowanej wody i alternatywnie metody bezreagentowej redukcji zanieczyszczeń w procesie dwustopniowej filtracji – na ujęciu kolumnowym Poltegor- Instytut IGO i na filtrze dynamicznym.

Ze względu na nieznaczną pojemność retencyjną zbiornika zapasowego wody czystej, $V=100\text{m}^3$ w stosunku do średniego zapotrzebowania wody ($Q_{\text{sr}}=7,0\text{m}^3/\text{h}$) i wymagany czas kontaktu chloru z wodą, proces dezynfekcji wody po filtracji zaprojektowano dwustopniowo; lampą UV ($D=600\text{ J/m}^2$) i przez dozowanie, proporcjonalne do przepływu wody podchlorynu sodu.

3.2. Prace badawcze

Badania jakości wód zostały przeprowadzone zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi {[Dz. U. nr 61 (2007), poz. 417] z późniejszymi zmianami [Dz. U. nr 72 (2010), poz. 466]} [2].

3.2.1. Badania mikrobiologiczne

Do określenia jakości wód powierzchniowych przeprowadzono analizy mikrobiologiczne:

Liczba bakterii *E. coli*, bakterii z grupy coli oraz bakterii z grupy coli typu fekalnego

Oznaczenia wykonano metodą filtrów membranowych wg normy PN-EN ISO 9308-1 (2000). **Liczba paciorkowców kałowych z rodzaju *Enterococcus*:**

Oznaczenia dokonano metoda filtrów membranowych wg normy PN-EN ISO 7899-2.

Ogólna liczba kolonii

Oznaczenia przeprowadzono wg normy PN-EN ISO 6222. Posiew metodą płytek lanych wykonano na agarze odżywczym z ekstraktem drożdżowym. Inkubację prowadzono w temperaturach 22°C przez 68±3h oraz w 36°C przez 44±4h.

3.2.2. Badania chemiczne

Pobór próbek wód, ich przygotowanie do oznaczeń oraz badania fizyko-chemiczne wykonano w oparciu o obowiązujące normy i przepisy oraz opracowane na ich podstawie procedury systemu jakości stosowane w laboratorium NU – 2 Badań Chemicznych Wód Poltegor-Instytutu.

Oznaczenia poszczególnych składników przeprowadzono następującymi metodami:

- odczyn pH - elektrochemicznie wg PN-C-04540.01:1990,
- przewodność elektryczna właściwa - konduktometrycznie wg PN-EN 27888:1999
- wapń i magnez - kompleksometrycznie z wersenianem dwusodowym wg PN-ISO 6058:1999 i PN-ISO 6059:1999,
- chlorki - miareczkowo metodą Mohra wg PB - 12.17,
- fluorki - kolorymetrycznie z odczynnikiem SPADNS wg PB - 12.25,
- siarczany - grawimetrycznie wg PB - 12.16,
- azot amonowy- kolorymetrycznie, fotometrem LF200 firmy Slandi, wg instrukcji firmowej
- fosforany- kolorymetrycznie metodą molibdenową wg PB 12.18,
- zasadowość ogólną i wobec fenoloftaleiny (wraz z obliczeniem zawartości jonów HCO_3^- , CO_3^{2-} i OH^- oraz twardości węglanowej i niewęglanowej) - miareczkowo wg PN-EN ISO 9963-1:2001 i Instrukcji nr NU-2/1/2003,
- cynk, mangan, miedź i żelazo ogólne - metodą absorpcji atomowej na spektrometrze Perkin-Elmer typ 3100 kolejno wg procedur PB-12.19, 12.15, 12.20 i 12.14,
- chrom ogólny, kadm i ołów - metodą absorpcji atomowej na spektrometrze Perkin-Elmer typ 3100, wg instrukcji firmowej Perkin-Elmer, 1982r,
- zawiesina ogólna- wagowo wg PB 12.26,
- biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT_5)- wg PN-EN 1899- 1:2001 i PN 1899-2: 2002

Próbki do badań pobierane były zgodnie z PB -12.1 i PB - 12.2.

Do poszczególnych oznaczeń próbki wód przy poborze były utrwalane wg PB -12.1:

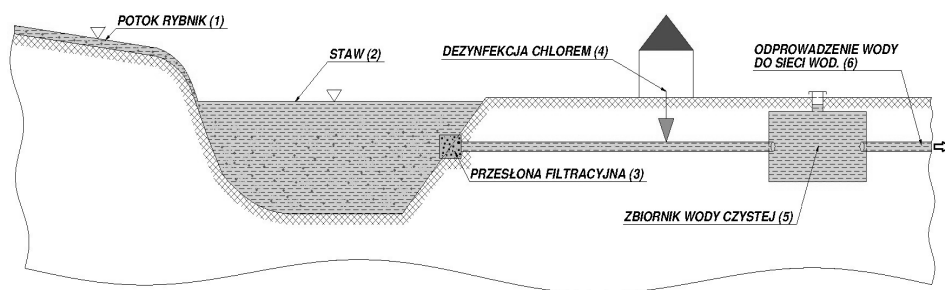
- metale ciężkie oraz sód, potas, wapń i magnez przez dodanie 2-2.5 cm^3 stężonego HNO_3 na 1 dm^3 wody do $\text{pH}<2$,
- zawiesina przez dodanie 2 cm^3 CHCl_3 na 1 dm^3 wody

Pozostałe oznaczenia wykonane były na próbach nie utrwalonych.

4. Wyniki i dyskusja

Na podstawie obowiązujących przepisów w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (Dz. U. Nr204, poz1728) wodę zakwalifikowano do klasy A 1, wymagającej filtracji i dezynfekcji. Pod względem bakteriologicznym określono wodę na klasę A2, wymagającej utleniania wstępnego, koagulacji, flokulacji, dekantacji, filtracji i dezynfekcji końcowej [3].

Materiał badawczy i doświadczenia eksploatacyjne wskazywały, że okresowe pogorszenie jakości wody podawanej do sieci wodociągowej może wynikać z zastoju mułu i zakwitów glonów w zbiorniku terenowym i nieproporcjonalnym dozowaniu dezynfektanta do wody gromadzonej w zbiorniku zapasowym. Dodatkowym punktem krytycznym pogorszenia jakości wody dla odbiorców był brak urządzeń do filtracji wody, szczególnie w okresach opadów i roztopów. Na rys.2. przedstawiono schemat ujęcia



Rys. 2. Schemat ujęcia wody przed przebudową

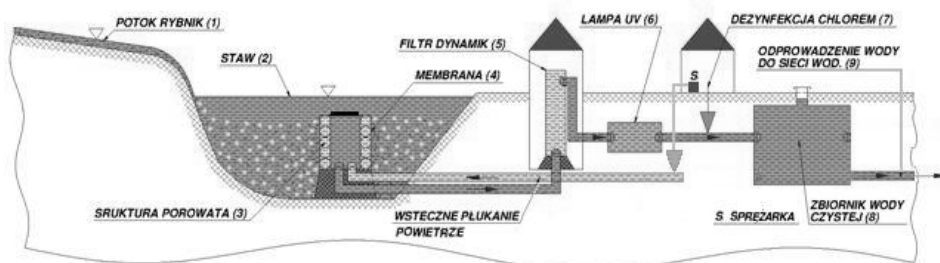
Fig.2. Diagram of water intake before the conversion

Opis schematu:

Woda napływa z potoku Rybnik (1) do stawu (2), z którego po usunięciu zanieczyszczeń na przesłonie filtracyjnej (3) jest dezynfekowana i wypełnia zbiornik wody (5), a następnie wprowadzana jest do sieci wodociągowej.

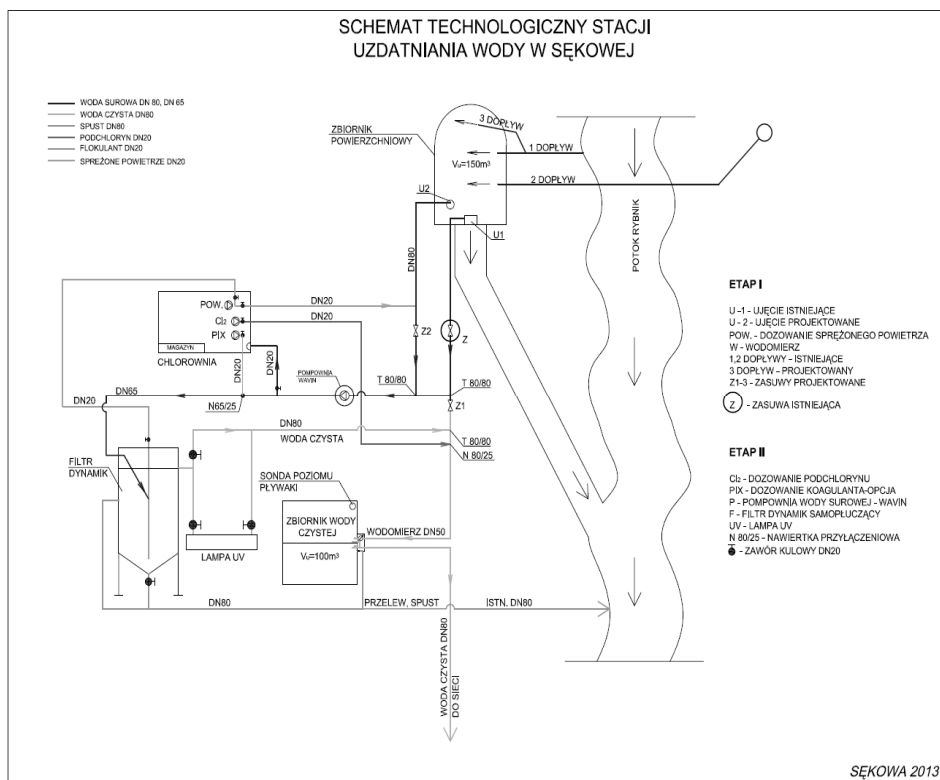
Problemy i zagrożenia:

Woda doprowadzona do sieci wodociągowej nie odpowiada parametrom mikrobiologicznym szczególnie w okresach deszczy nawalnych powodujących powstawanie nadmiernej mętności, powstałej w wyniku wypłukiwania utworów fliszu karpackiego. Znaczna mętność uniemożliwia zabiegi dezynfekcji, co jest problemem technologicznym zwłaszcza na Podkarpaciu.



Rys. 3. Schemat koncepcji przebudowy ujęcia wody

Fig. 2. Schematic reconstruction of the concept of water intake



Rys. 4. Schemat technologiczny stacji uzdatniania wody w Sękowej.

Fig. 4. Technological scheme of water treatment plant in Sękowa

Na uwagę zasługują następujące wdrożone rozwiązania:

- zastąpienie dotychczasowego ujęcia brzegowego, ujęciem nurtowym w postaci kolumny filtracyjnej zaproponowanej przez Poltegor-Institut IGO (Patent 88677). Zastosowany filtr wykonany jest ze struktury porowatej o gabarytach $D_w = 325$ mm, $D_z = 400$ mm, $L = 100$ cm, zbudowany z piasku o granulacji 0,8-1,6 mm, skleiony żywicą epidianową. Wodoprzepuszczalność struktury porowatej określono w akredytowanym laboratorium PCA NR 282, która wynosi $100 \text{ dm}^3/\text{min}$ z powierzchni jednego metra kwadratowego, przenikalność cząstek piasku przez strukturę wynosi $< 0,3$ mm. Materiał struktury porowatej filtra posiada Atest Higieniczny PZH nr HK/W/0852/01/2008, dopuszczający do kontaktu z wodą do picia,
- zmianę ukierunkowania strugi dopływu wody ze strumienia do zbiornika terenowego, w celu eliminacji zastoisk wody,
- budowa budynku technologicznego z filtrem piaskowym o działaniu ciągłym i sterylizatorem UV.
- zainstalowanie pomp w istniejącym budynku chlorowni do dozowania dezynfektanta i koagulantu oraz sprężarki do oczyszczania prefiltra i złoża filtracyjnego,
- zainstalowanie monitoringu poziomu wody w zbiorniku wody czystej i przepływomierza impulsowego.

Dobór filtra o działaniu ciągłym uzasadnia się wysoką efektywnością działania w rejonach podgórskich dla zmiennych parametrów zanieczyszczeń wody surowej. Filtry o działaniu ciągłym charakteryzują się większą skutecznością obniżania mętności wody niż konwencjonalne filtry piaskowe [4].

Monitoring jakości wody nowego ujęcia

Budowę i rozruch instalacji przeprowadzono w drugim półroczu 2013 r.

Koszt prac budowlano-montażowych wynosił około 150,0 tys. zł.

Prace wdrożeniowe wykonywano we współpracy ze Spółką Wodną i samorządem gminnym w Sękowej.

Po wykonaniu prac odbiorowych, rozpoczęto rozruch technologiczny i monitoring mikrobiologiczny wody z nowego ujęcia i SUW na potoku Rybnik w Sękowej. Poboru wody do analiz wykonywano na każdym etapie technologicznym. Pobór prób wykonywano ze zbiornika naturalnego-stawu następnie wodę po membranie fluidalnej na strukturze porowatej Poltegor-Instytut, wodę po filtrze dynamicznym z ruchomym złożem piaskowym, wodę z sieci wodociągowej.

W wyniku przeprowadzonych wstępnych badań jakości wody w potoku Rybnik oraz wody pobranej z ujęcia i zbiornika zapasowego stwierdzono, że woda surowa i po procesie chlorowania, w większości analiz nie odpowiada obowiązującym przepisom sanitarnym. Głównymi zanieczyszczeniami wody była: nadmierna ilość bakterii w tym bakterii kałowych – chorobotwórczych. Wskaźniki fizyko-chemiczne utrzymywały się w granicach normy [Tab. 2].

Tab.. 2. Parametry fizyko- chemiczne prób wody na ujęciu Rybnik w Sękowej. Próby: 1- woda ze stawu; 2- woda po filtrze dynamicznym; 3- woda z sieci wodociągowej

Tab. 2. Physico-chemical parameters of water samples in Rybnik intake in Sękowa. Sample: 1 - water from a pond, 2 - water filtered in dynamic filter, 3 - water from the water supply

L.p.	Oznaczenia	Jednostka				Wymagania ^{*)}
			Próba 1.	Próba 2.	Próba 3.	
1.	Odczyn-pH	-	8,38	8,20	8,28	6,5 – 9,5
2.	Przewodność elektryczna właściwa (25°C) ^{8/}	μS/cm	398	393	388	2500
3.	Zasadowość ogólna	mmol/l	3,65	3,62	3,60	
4.	Zasadowość wobec fenoloftaleiny	mmol/l	0,12	0,04	0,02	
5.	Wapń	mg/l	65,92	65,51	65,10	
6.	Magnez	mg/l	8,70	8,22	7,98	30 - 125
7.	Suma wapnia i magnezu (twardość ogólna)	mmol/l	2,00	1,97	1,95	
		mgCaCO ₃ /l	200,5	197,5	195,5	60 - 500
8.	Twardość węglanowa	mmol/l	1,83	1,81	1,80	
		mgCaCO ₃ /l	182,7	181,2	180,2	
9.	Żelazo ogólne	mg/l	0,03	0,01	0,02	0,200
10.	Mangan	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,050
11.	Kadm	mg/l	0,0004	0,0004	0,0004	0,005
12.	Chrom ogólny	mg/l	0,0010	0,0011	0,0011	0,050
13.	Miedź	mg/l	0,0109	0,0109	0,0104	2,0
14.	Ołów	mg/l	0,0045	0,0035	0,0028	0,025
15.	Cynk	mg/l	0,4478	0,4280	0,4074	3 - 5 ^{**) /}
16.	BZT ₅	mgO ₂ /l	4,0	-	-	3 - 7 ^{**) /}
17.	Chlorki	mg/l	2,18	1,09	1,82	250
18.	Fluorki	mg/l	0,250	0,160	0,160	1,5
19.	Siarczany	mg/l	33,96	33,44	33,65	250
20.	Fosforany	mg/l	0,059	0,083	0,047	0,4 – 0,7 ^{**) /}
21.	Sód	mg/l	9,36	9,62	11,02	200
22.	Potas	mg/l	1,68	1,76	1,93	
23.	Żelazo ogólne	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,200
24.	Mangan	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,050
25.	Azot amonowy	mgNNH ₄ /l	0,019	0,016	0,018	0,338
26.	Zawiesina ogólna	mg/l	< 40	< 10	< 10	25 – 35 ^{**) /}

^{*)} wg Rozporządzenia Min. Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [Dz.U. nr 61 (2007), poz. 417] z późniejszymi zmianami [Dz.U. nr 72 (2010), poz. 466].

^{**) /} wg Rozporządzenia Min. Środowiska w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności wodę przeznaczoną do spożycia [Dz.U. nr 204 (2002), poz. 1728].

Dużym atutem wód w rejonie Podkarpacia jest dobra jakość chemiczna. Potwierdzeniem tego są przeprowadzone analizy, które wskazują, że w zakresie oznaczonych parametrów badane wody spełniają wymagania dla wód przeznaczonych do spożycia przez ludzi.

Tab. 3. Wyniki oznaczeń bakteriologicznych- wartości średnie

Tab. 3. Results of bacteriological determination - average values

Rodzaj skażenia	Norma- najwyższa dopuszczalna wartość	Punkty pomiarowe na SUW w Sękowej			
		Próba nr 1 Staw powierzchniowy zasilający	Próba nr 2 Membrana hydrofluידalna na strukturze porowatej wg Poltegor-Instytut	Próba nr 3. Filtr z ruchomym złożem piaskowym – filtr dynamiczny	Próba nr 4 Sieć wodociągowa
	[jtk]	[jtk]	[jtk]	[jtk]	
<i>Escherichia coli</i> [jtk/100 ml]	0	33	5	7	0
<i>Enterococcus faecalis</i> [jtk/100 ml]	0	14	4	10	0
Bakterie z gr. coli typu fekalnego [jtk/100 ml]	0	93	3	5	0
Bakterie z gr. coli [jtk/100 ml]	0	50	35	30	0
Ogólna liczba mikroorganizmów w 36°C [jtk/ml]	Bez nieprawidłowych zmian	109	28	30	0
Ogólna liczba mikroorganizmów w 22°C [jtk/ml]	Bez nieprawidłowych zmian	390	330	225	0

Skuteczność utworzonego systemu bioremediacji i barier oczyszczania ujmowanej wody, widoczne są na poszczególnych etapach i urządzeniach [tab.3].

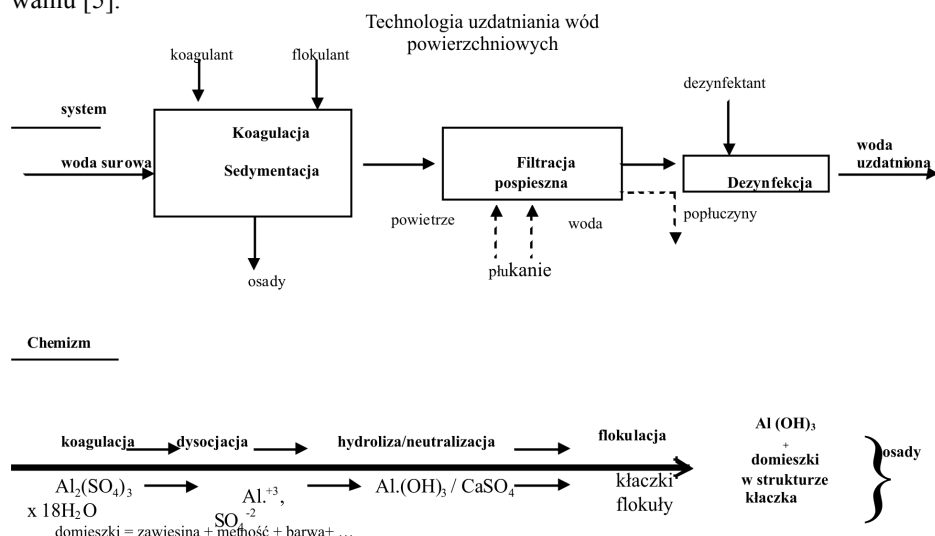
Najbardziej skażoną mikrobiologicznie wodą jest woda ze stawu. Na kolejnym etapie odcyszczania w strukturze porowatej nowego ujęcia IGO stwierdzono znaczną redukcję poszczególnych grup mikroorganizmów. Woda poddana filtracji na filtrze dynamicznym również uzyskała poprawę wskaźników jakości w stosunku do wody ze stawu. Najwyższą skuteczność oczyszczania uzyskano dla bakterii z grupy *coli* typu fekalnego oraz dla bakterii *E. coli*.

Dzięki wyżej wymienionym działaniom, które stosowane są kaskadowo, woda dystrybuowana do sieci jest bardzo dobrej jakości i pozbawiona zanieczyszczeń mikrobiologicznych, tym samym spełnia wymagania rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Należy jednak podkreślić, że niezbędny

jest ostatni etap odcyszczania, obejmujący dezynfekcję wody podchlorynem sodu oraz promiennikiem UV. W okresie zimowym poziom chlorowania wody ustalono na niższym poziomie tj. 0,2 mg Cl₂/dm³ co poprawiło jej walory organoleptyczne.

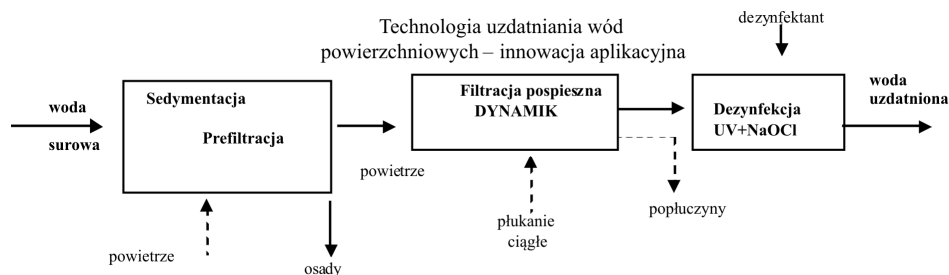
Uzyskany skuteczny efekt oczyszczania wody został uzyskany dzięki łącznemu działaniu kilku czynników, począwszy od struktur porowatych w stawie, poprzez filtr Dynamiczny oraz ostatecznie chlorowanie. Początkowe procesy filtracji mają na celu przede wszystkim usunąć zawiesinę, która jest głównym nośnikiem skażeń mikrobiologicznych. Eliminując zawiesinę, pozbywamy się części mikroorganizmów bytujących w mule.

Porównanie schematów technologicznych oczyszczania wód powierzchniowych w procesie fizyko-chemicznym z koagulacją Rys.5 i w procesie pre-filtracji, filtracji dynamicznej i dwustopniowej dezynfekcji Rys.6, przedstawiono w niniejszym opracowaniu [5].



Rys.5. Schemat technologiczny uzdatniania wód powierzchniowych – w procesie fizyko-chemicznym z koagulacją [5].

Fig.5. Technological scheme of surface water treatment - in the physico-chemical process with coagulation [5]



Rys. 6. Schemat technologiczny uzdatniania wód powierzchniowych – w procesie prefiltracji i filtracji ciągłej z dezynfekcją 2-stopniową.

Fig. 6. Technological scheme of surface water treatment- in the process of prefiltration and continuous filtration with 2-step disinfection

5. Podsumowanie

Uzyskano pozytywne wyniki sanitarne wody tak na SUW jak też w sieci wodociągowej.

W opracowaniu przedstawiono problematykę badawczo wdrożeniową budowy doświadczalnego ujęcia wody w zlewni potoku Rybnik na Podkarpaciu.

Przedstawione wyniki badań nie ukazują wielu wskaźników zanieczyszczeń badanej wody uzdatnionej. W okresie wdrożeniowym skupiono się na szybkim uzyskaniu zmniejszenia zanieczyszczeń mikrobiologicznych i uzyskaniu pozwolenia na użytkowanie od władz sanitarnych i budowlanych. Czas modernizacji rozruchu wynosił około 4 miesiące.

W drugim etapie prac badawczo wdrożeniowych Poltegor- Instytutu planuje się;

- wdrożenie standardów kontroli wewnętrznej produkowanej wody w spółce wodnej,
- wdrożenie okresowych badań kontrolnych wody z punktów czerpania wody u odbiorców,
- określenie zakresu niezbędnych prac renowacyjnych sieci wodociągowej i zasad rozliczania odbiorców,
- rozszerzenie badań wody o wskaźniki fizyko-chemiczne i mikrobiologiczne w okresach krytycznych /opady, roztopy, susze hydrologiczne/,
- wykonanie działań technicznych w zlewni potoku Rybnik ograniczających erozyjne spływy wód opadowych- zwiększające retencję wody w strukturach geologicznych,
- podjęcie działań we współpracy z Gminą Sękowa w kierunku poprawy ochrony zasobów ujęcia wody.

Bibliografia

- [1] Szczepańska- Plewa J., Szczepański A., Opracowanie z badań „ Identyfikacja hydrogeochemiczna zlewni potoku Rybnik w Sękowej” 2011 r., AGH Kraków, nr arch. 6358/IGO.
- [2] Rozporządzenia Min. Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [Dz.U. nr 61 (2007), poz. 417] z późniejszymi zmianami [Dz.U. nr 72 (2010), poz. 466].
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia [Dz. U. 204 poz. 1728]
- [4] Kowal Apolinary L., Świdarska- Bróż M., Oczyszczanie wody- Podstawy teoretyczne i technologiczne, procesy i urządzenia. Wydawnictwo Naukowe PWN wydanie 5, 2007 r.
- [5] Jaszczyszyn K., Sozański M. Zarządzanie systemami zaopatrzenia w wodę. Materiały konferencyjne. 2011 Wadowice Wyd. Seidel- Przywecki Sp. z o. o

*Badania wykonano w ramach projektu NR 09-0036-10/2011
współfinansowanego przez NCBiR*

