

**Kazimierz Pławszewski**

Absolwent WSZOP studiów I stopnia na kierunku Zarządzanie i Inżynieria  
Produkcji

**Wojciech Mniszek**

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach,  
Katedra Inżynierii Środowiska i Higieny Pracy  
ul. Bankowa 8, 40-007 Katowice

## **Porównanie technologii uzdatniania wody pod względem skuteczności obniżenia stężenia azotanów w wodzie do picia**

Comparison of water treatment technologies in terms  
of reduction efficiency of nitrates concentration in drinking water

### **Streszczenie**

Woda pitna jest źródłem życia, ale zła jakość wody, która nie spełnia wymagań dla wody pitnej może być zagrożeniem dla zdrowia człowieka. Z tego powodu woda surowa musi być uzdatniana. W analizowanych ujęciach wody dopuszczalne stężenia azotanów w wodzie zostały przekroczone. Celem niniejszego artykułu jest porównanie dwóch różnych metod usuwania azotanów z wydobywanej wody i wskazanie tej, która umożliwi utrzymać parametry wymagane przez prawo i chronić obywateli przed zagrożeniami zdrowia. Porównywane metody to wymiana jonowa i odwrócona osmoza.

**Słowa kluczowe:** *azotany w wodzie, wymienniki jonitowe, system odwróconej osmozy*

### **Abstract**

Potable water is the source of life, but the poor quality of water that does not meet the requirements for drinking water can be hazardous to human health. For this reason, the raw water must be treated. In the analyzed water intakes limits for nitrates in the water were exceeded. The purpose of this paper is to compare two different methods of removing nitrate from water mined and identify the one that allows you

to keep the parameters required by the law and protect citizens against health threats. Methods compared are ion exchange and reverse osmosis.

**Keywords:** *nitrites in water, ion exchangers, reverse osmosis system*

## 1. Wprowadzenie

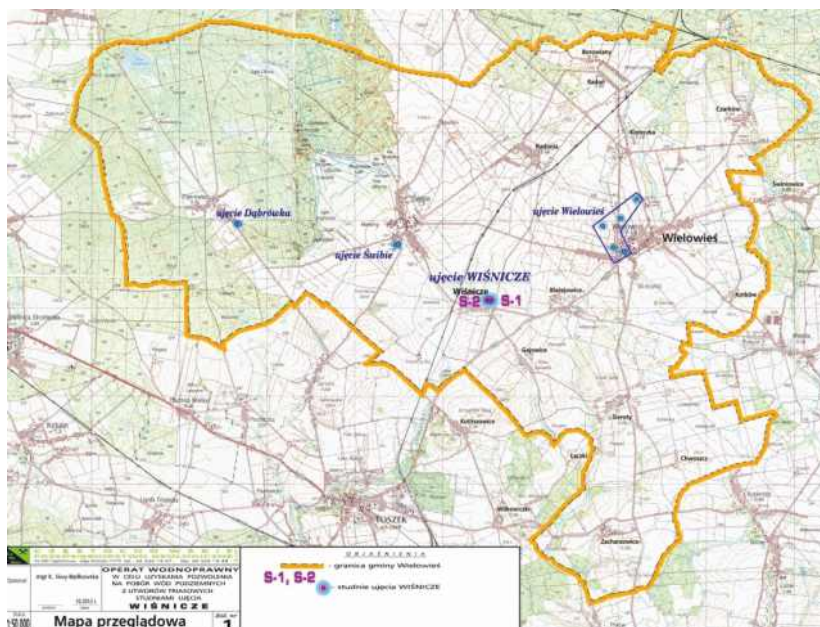
Problem przekroczenia dopuszczalnych stężeń azotanów w wodzie dodawanej do sieci jest regulowany aktami prawnymi i występuje na całym świecie. Tereny analizowanego obszaru Gminy Wielowieś to rejon upraw rolnych, co sprzyja kontaminacji wód podziemnych związkami azotu pochodzenia rolniczego. W związku z przekroczeniami dopuszczalnych stężeń związków azotu w wodzie pitnej na terenie Europy, wydana została dyrektywa Rady Europy z dnia 16 czerwca 1975 r. dotycząca wymaganej jakości wód powierzchniowych przeznaczonych do pozyskiwania wody pitnej w Państwach Członkowskich (75/440/EWG), która 12 grudnia 1991 r. została zastąpiona nową Dyrektywą Rady, tzw. „azotanową”, która nie tylko ustala dopuszczalną zawartość azotanów w wodzie przeznaczonej do picia na  $50\text{mg NO}_3^-/\text{dm}^3$ , ale określa także sposoby monitoringu i zmniejszania ilości azotanów w wodzie [1]. Celem tego aktu prawnego było unormowanie wartości stężenia azotanów w wodzie co pośrednio przyczynia się do obniżenia zanieczyszczenia wody tym anionem. Poskutkowało to stworzeniem odpowiednich aktów prawnych we wszystkich krajach Unii Europejskiej. W Polsce przez długi czas sprawy jakości wody do picia regulowało Rozporządzenie Ministra Zdrowia (Dz.U.1977 nr 18 poz. 72 ze zm.), a od 4 maja 1990 r. (Dz. U. 1990 nr 35 poz. 205). Następnie na podstawie art. 13 Ustawy o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków z dnia 7 czerwca 2001 r. (Dz. U. z 2006r. nr.123 poz.858, z późn. zm.), wydane zostało Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 19 listopada 2002 r. (Dz. U. 2002 nr 203, poz. 1718). Do chwili obecnej obowiązuje Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. [2], do którego zostały wprowadzone zmiany z dnia 20 kwietnia 2010 r. (Dz. U. nr 72, poz. 446). Zmiany tego rozporządzenia są w zdecydowanej mierze implementacją Dyrektywy Rady Wspólnoty Europejskiej 98/83 z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. Urz. L 330 str. 32) zwaną DWD (Drinking Water Directive), która zmieniła wymagania dyrektywy 80/778/EEC z 1980 r. Podczas eksploatacji i modernizacji ujęć wód podziemnych należy uwzględnić też zapisy zawarte w: Ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. 2001 nr 62 poz. 627), Ustawie z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. 2003 nr 80 poz. 717) oraz innych aktach prawa o znaczeniu ogólnym oraz lokalnym mającymi wpływ na eksploatację wód podziemnych oraz ich dystrybucję do odbiorców.

*Celem pracy jest analiza dwóch różnych funkcjonujących systemów uzdatniania wody na ujęciach wodociągowych w miejscowościach Świbie i Wiśnicze, aby dokonać oceny ich skuteczności i efektywności, pod względem doboru technologii uzdatniania wody oraz skutków ekonomicznych*

zastosowania poszczególnych rozwiązań. Analiza wyników pozwoli określić, jakie są perspektywy zmian jakości wody w pozostałych ujęciach oraz jakie są możliwości zapobiegania ich pogorszeniu w analizowanym zakresie.

## 2. Lokalizacja ujęć wody

Ujęcia wody poddane analizie są zlokalizowane na terenie gminy Wielowieś (powiat Gliwice) w północno-zachodniej części województwa śląskiego. Eksploatacją wodociągów na tym terenie zajmuje się Zakład Budżetowy Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej Gminy Wielowieś z siedzibą w Sierotach. W chwili obecnej eksploatowane są przez Zakład są cztery ujęcia wody: Wielowieś, Dąbrówka, Świbie oraz Wiśnicze, które są połączone ze sobą oraz gminami ościennymi (Toszek i Tworóg). Sieć wodociągowa ma długość 89,94 km wraz z 1597 przyłączami, o łącznej długości 41,67 km (wg danych na koniec 2012 r.). Każde z ujęć posiada po dwie zatwierdzone w operatach wodnoprawnych studnie, z których woda podawana jest do sieci przy zastosowaniu różnych rozwiązań technicznych. Tereny wokół studni są ogrodzone zgodnie z wydzieloną strefą bezpośrednią. Żadne z ujęć na terenie gminy Wielowieś nie posiada wyznaczonej strefy pośredniej, pomimo tego, że w dokumentacji hydrogeologicznej z 2000 r. zostały wstępnie opracowane mapy, na których wyznaczono wymagany zasięg stref pośrednich. Zasady ustanawiania stref określa Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 05-11-1991 r. [3].



Rys. 1. Mapa Gminy Wielowieś z naniesionymi ujęciami wody [4]

Fig. 1. Map of municipal Wielowieś with added water intakes [4]

Ujęcie wody Wiśnicze zasilane jest z dwóch studni S-1 i S-2 odległych od siebie o 11 m, które zasilają wolnostojący zbiornik betonowy o pojemności 200 m<sup>3</sup>, skąd woda grawitacyjnie zasilą miejscowości: Wiśnicze, Gajowice, Błażejowice znajdujące się na terenie gminy oraz 3 miejscowości w gminie Toszek: Kotłiszowice, Wilkowiczki, Łączki. W maju 2006 r. na ujęciu w hydroforni zamontowano 2 kolumny jonitowe, a w 2008 r. została podpięta dodatkowa trzecia kolumna jonitowa, w celu uzyskania jakości wody zgodnej z obowiązującymi przepisami i normami [5]. Ujęcie wody Świbie zasilane jest z dwóch studni S-1 i S-2 odległych od siebie o 34 m i zasilają retencyjny zbiornik stalowy, wolnostojący o pojemności 100 m<sup>3</sup>, a następnie trzypompowym zestawem falownika woda jest podawana do sieci w miejscowości Świbie. Jakość wody w studniach tego ujęcia stale wykazuje przekroczoną normę zawartości azotanów. W 2010 r. pozyskano środki z Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013, z pomocą których wykonano rozbudowę stacji uzdatniania wody w Świbiu o instalację do usuwania azotanów [6].

### 3. Hydrogeologia

Ujęcia wodociągowe gminy Wielowieś ujmują wody występujące w obrębie rozległego szczelinowo-kawernowego zbiornika wydzielonego na Mapie Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce, jako GZWP 327 „Lubliniec–Myszków”. Rejon gminy Wielowieś, z powodu braku odpowiedniej warstwy izolującej oraz istniejącej tektoniki, jest szczególnie narażony na bezpośredni wpływ zanieczyszczeń z powierzchni terenu. W przypadku gminy o charakterze rolniczym, jaką jest Wielowieś, istotnymi źródłami zanieczyszczeń środowiska są obszary intensywnego stosowania nawozów mineralnych i środków ochrony roślin, dodatkowo duży wpływ mają nieskanalizowane obszary, gdzie odprowadzanie ścieków odbywa się bezpośrednio do wód i gleby, poprzez tzw. rolnicze wykorzystanie ścieków, nieszczelne szamba i zbiorniki na gnojowicę. Zanieczyszczenia te migrując powodują degradację gleby oraz wód powierzchniowych i podziemnych, dlatego koniecznym stało się wykonanie modernizacji ujęć wody w miejscowości Wiśnicze i Świbie o instalację do usuwania azotanów. Obszar gminy Wielowieś obejmuje swym zasięgiem dość zróżnicowany rejon pod względem geologicznym ze zmienną ich grubością warstw oraz licznymi uskokami. Zasilanie poziomu wodonośnego w rejonie ujęć wody odbywa się przez opady atmosferyczne infiltrujące bezpośrednio na wychodniach utworów węglanowych triasu, a poza wychodniami pośrednio przez infiltrację osadów czwartorzędowych. Intensywność i długotrwałość opadów atmosferycznych odzwierciedla się więc bardzo szybko w pomiarach głębokości do zwierciadła wody, a w dalszej perspektywie wpływa również na wydajność studni i jakość wody. Największe jak dotąd przekroczenia normatywów zawartości azotanów są na ujęciach wód podziemnych w Wiśniczach i Świbiu. Kolektorem wód podziemnych są tu dolomity i wapienie przynależne stratygraficznie do triasu dolnego (górna część pstrego piaskowca – ret) i środkowego

(wapień muszlowy). Warstwę rozdzielającą poziomu wodonośnego retu i wapienia muszlowego tworzą margliste warstwy gogolińskie, które miejscami mogły ulec dolomityzacji, redukcji miąższości oraz zdyslokowaniu, przez co utraciły właściwości izolujące. Poziomy retu i wapienia muszlowego uznaje się generalnie za połączony poziom wodonośny tzw. kompleks serii węglanowej triasu. Drogami krążenia wód jest cały system spękań w postaci szczelin, kawern i uskoków. W związku z tym utwory węglanowe, które prowadzą tutaj wody podziemne mogą charakteryzować się zróżnicowanymi warunkami hydrogeologicznymi zarówno w profilu pionowym jak i poziomym.

#### **4. Zawartość azotanów w wodzie na opisywanych ujęciach**

Z analizy ujęć wody w latach 1995-2003 wynika, że jedynym ujęciem spełniającym wymogi rozporządzenia dotyczącego jakości wody zdanej do picia i na potrzeby gospodarcze było ujęcie wody w Wielowśi, natomiast ujęcia wody w Wiśniczach i Świbiu od 1997 r. wykazują częste przekroczenia normatywów pod względem zawartości azotanów w wodzie podawanej do sieci wodociągowej. Ujęcie w Dąbrówce jest wyjątkowo wrażliwe na zanieczyszczenia przedostające się do gleby, gdyż pierwszy poziom wodonośny w studni S-1 znajduje się na głębokości 18-19 m, co przy piaszczystych pokładach gleby powoduje szybką infiltrację zanieczyszczeń w głąb ziemi do wód podziemnych. Oprócz azotanów w wodzie z tego ujęcia, a przede wszystkim w studni S-1 pojawiły się zanieczyszczenia mikrobiologiczne (paciorkowce kałowe) oraz podwyższone zawartości żelaza. Sytuacja dopiero zdaje się unormować w 2003 r., co nie jest wynikiem uzdatniania wody, a tylko spadkiem zawartości azotanów w eksploatowanych studniach. Ujęcia wody w Wiśniczach i Świbiu leżą na terenach typowo rolniczych podobnie jak ujęcie w Dąbrówce, z tą różnicą, że górne warstwy ziemi są tu mniej przepuszczalne, co spowalnia migrację związków azotowych w głąb ziemi, ale powoduje jednocześnie dłuższe zaleganie różnych zanieczyszczeń w warstwie podskórnej gleby, co wpływa na ich długotrwałe oddziaływanie. Woda w okresie przekroczeń parametrów jakościowych była podawana do sieci warunkowo na podstawie decyzji Państwowego Terenowego Inspektora Sanitarnego. Zawierała ona podwyższone ilości azotu azotanowego i w badanym zakresie nie spełniała wymogów z rozporządzenia z 4 maja 1990 r. (Dz. U. nr 35, poz. 205) w sprawie warunków jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze. Przekroczenia azotanów w tym okresie spowodowały poza warunkowym dopuszczeniem wody do picia i na potrzeby gospodarcze, szereg czynności naprawczych, a przede wszystkim zwrócenie szczególnej uwagi na problem gospodarki ściekowej (w tym szczelności i systematyczności opróżniania szamb), gdyż w gminie tylko jedna na 13 miejscowości posiadała kanalizację sanitarną i dopiero w 2012 r. została skanalizowana największa miejscowość Wielowieś. Nawożenie gleb nawozami azotowymi w rejonie przedmiotowych ujęć było podstawową przyczyną kumulacji i wzrostu zawartości związków

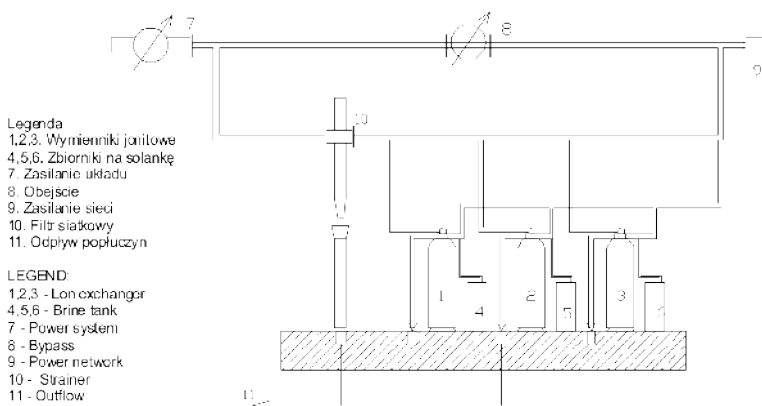
azotowych w glebie i wodzie. Dla mieszkańców będących odbiorcami wody z przekroczeniem normy azotanów skierowano informację w formie ogólnodostępnych ogłoszeń zawiadamiającą o podwyższonej zawartości azotanów w wodzie oraz zakazie spożywania tej wody przez kobiety w ciąży i niemowlęta. Wójt Gminy wystosował do Ośrodka Zdrowia pismo z informacją o zagrożeniu i prośbą o monitorowanie przypadków zachorowania na sinicę, jeśli takie wystąpią. Najbardziej wrażliwe na szkodliwe działanie azotanów są niemowlęta ze względu na to, że mogą u nich wystąpić objawy methemoglobinemii. Według Światowej Organizacji Zdrowia dorosły człowiek przy założeniu, że wypija 2 litry wody na dzień, może ona zawierać maksymalnie około  $72 \text{ mg NO}_3^-/\text{dm}^3$ . Wynika to z tego, że azotany przedostają się do organizmu człowieka nie tylko w wyniku spożywania wody, ale przede wszystkim ich źródłem jest żywność, głównie produkty pochodzenia roślinnego. Spożywane przez człowieka warzywa zawierają około 86,3% ogólnej liczby azotanów i azotynów dostarczonych do organizmu. Zgodnie z założeniami Światowej Organizacji Zdrowia dorosły człowiek, może bez skutków ubocznych spożywać w ciągu doby  $5 \text{ mg NO}_3^-/\text{kg}$  masy ciała. Biorąc pod uwagę przeciętną masę ciała dorosłego człowieka, jako 60 kg odpowiada to  $300 \text{ mg NO}_3^-/\text{dobę}$ .



Rys. 2. Wykres zawartości azotanów w wodzie surowej w latach 2004-2013 [źródło własne]  
 Fig. 2. Chart of content nitrate in raw water in 2004-2013 [own source]

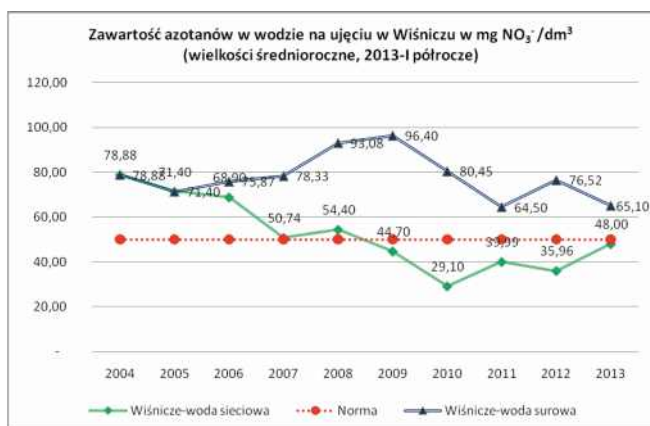
W związku z ciągłymi przekroczeniami zawartości azotanów w wodzie podawanej do sieci z ujęcia w Wiśniczach gmina była zmuszona do zbudowania systemu uzdatniania wody i obejmowała zabudowę instalacji do usuwania azotanów oraz dwa zbiorniki na wody popłuczynowe z instalacji do usuwania azotanów, gdyż w tym rejonie brak było sieci kanalizacyjnej [5]. W 2006 r. zamontowano system wymienników jonitowych oparty na dwóch kolumnach jonitowych z zamiarem zmniejszenia ilości azotanów, aby uzyskać wodę z zawartością azotanów poniżej  $50 \text{ mg NO}_3^-/\text{dm}^3$ . Woda

na wymienniki jest podawana pompami głębinowymi sterowanymi układem elektronicznym poprzez informacje z systemu pływaków zamontowanych w zbiorniku retencyjnym o pojemności 200 m<sup>3</sup> w pobliżu miejscowości Gajowice, oddalonym 3 km od stacji uzdatniania wody, na najwyższym wzniesieniu w terenie na wysokości 309 m n.p.m. Założenia projektowe nie do końca się sprawdziły, ponieważ zakładano, że woda przepływająca przez kolumny z anionitem zapewni usunięcie azotanów w 100%. Woda ze strumienia uzdatnianego w ilości od 8 do 10 m<sup>3</sup>/h z każdej kolumny, miała zapewnić po zmieszaniu ze strumieniem obejściowym, gdzie był przepływ w granicach 10 m<sup>3</sup>/h, wodę spełniającą wymogi dla wody zdatnej do picia i na potrzeby gospodarcze. Tak się niestety nie stało, ponieważ woda przechodząca przez kolumny nadal zawierała azotany i to w ilościach od 20 – 30mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/dm<sup>3</sup>, a nawet więcej. Dawało to skuteczność działania wymiennika jonitowego na poziomie około 60 - 80%. System był modyfikowany w celu uzyskania większej efektywności, ale w tym samym czasie wzrastała zawartość azotanów w wodzie surowej (nawet do 117,4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/dm<sup>3</sup>), co w 2008 r. w związku z ciągłymi przekroczeniami zawartości azotanów powyżej 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/dm<sup>3</sup> w wodzie podawanej do sieci doprowadziło do zainstalowania dodatkowej 3 kolumny wg poniższego schematu, co pozwoliło na osiągnięcie odpowiedniej efektywności.



Rys. 3. Schemat instalacji do usuwania azotanów po modernizacji w 2008 r. [źródło własne]

Fig. 3. System design for the removal of nitrates after modernization in 2008 [own source]

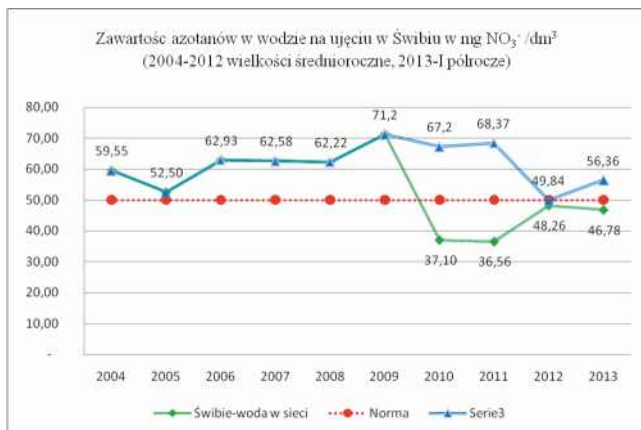


Rys. 4. Wykres zawartości azotanów w wodzie sieciowej oraz surowej w Wisniczu [źródło własne]  
 Fig. 4. Diagram of nitrates in the water network and the raw water in Wisnicz [own source]

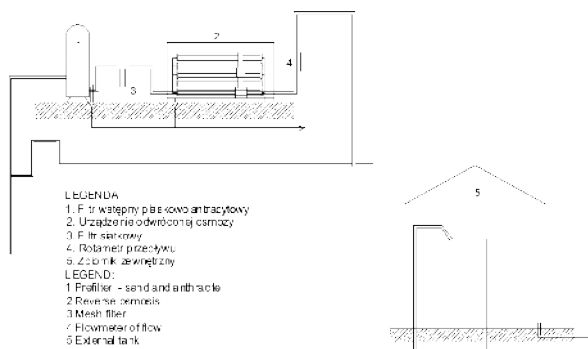
Ujęcie wody w Świbiu charakteryzujące się stałym przekroczeniem zawartości azotanów w wodzie podawanej do sieci, wymagało rozbudowy istniejącej hydroforni o system uzdatniania wody. Pierwsza koncepcja obejmowała system uzdatniania oparty na wymiennikach jonitowych, jako system już sprawdzony na ujęciu wody w Wisniczu i dopracowany po dłuższym okresie użytkowania. Niestety, problem związany z popłuczynami, będącymi produktem ubocznym procesu regeneracji kolumn z zawartością: NaCl, NaNO<sub>3</sub>, Na<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> mogłaby realnie zagrozić skutecznemu oczyszczaniu ścieków dla małej oczyszczalni z przestarzałą technologią z lat 70-tych XX wieku. Ponadto obecność chwilowych, podwyższonych stężeń: żelaza, niklu, ołowiu, manganu, itp. mogły być efektem przedostawania się do wód głębinowych zanieczyszczeń z terenu byłego wysypiska komunalnego, gdzie jeszcze w latach osiemdziesiątych wywożono odpady z terenu gmin Toszek i Wielowieś. Stąd zapadła decyzja o wyborze drogiego, ale skutecznego systemu uzdatniania, opartego na procesie odwróconej osmozy, który dodatkowo pozwolił na obniżenie twardości wody, co było również bardzo uciążliwym problemem dla jej odbiorców. System odwróconej osmozy – RO FG/S 8005 pozwala na usunięcie cząstek o wymiarach mniejszych od 10<sup>-6</sup> μm, np.: jonów metali, rozpuszczonych soli, kwasów, cukrów, barwników syntetycznych, pestycydów i herbicydów. Jedynymi składnikami pozostającymi w tak oczyszczonej wodzie są rozpuszczone w niej gazy, np. tlen i dwutlenek węgla. Urządzenie to funkcjonuje jako zestaw elementów, z których najistotniejsze części to: pompa z silnikiem zmiennej częstotliwości - odpowiedzialna za utrzymanie wysokiego ciśnienia oraz układ pięciu membran, gdzie następuje oddzielenie produktu zwanego permeatem od zanieczyszczeń czyli koncentratu, a całością procesu steruje sterownik. Wydobywana woda jest dzielona na dwa strumienie, z czego system odwróconej osmozy produkuje około 5 m<sup>3</sup>/h permeatu przy prawie 2 m<sup>3</sup>/h koncentratu, a pozostałe 7,5 m<sup>3</sup>/h płynie poprzez obejście zapewniając wodzie wartości smakowe



i odżywcze. Obydwa strumienie zasilają zbiornik retencyjny, skąd woda przewodem grawitacyjnie napływa do systemu pompowego typu Hydro-MDF3-CR15.5/4,0kW i zasila sieć [6].



Rys. 5. Wykres zawartości azotanów w wodzie sieciowej oraz surowej w Świbiu [źródło własne]  
 Fig. 5. Graph of nitrate in the water network and raw water in Świbie [own source]

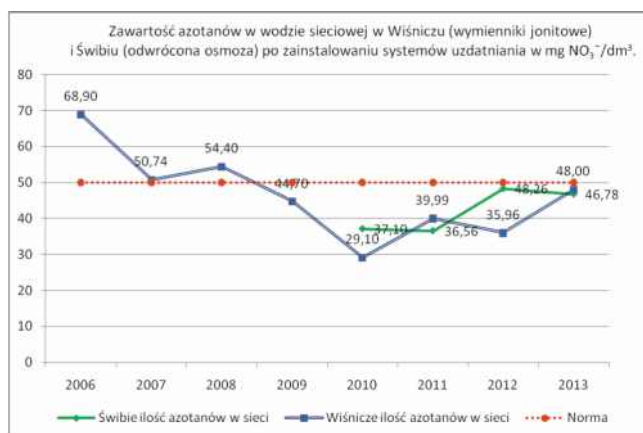


Rys. 6. Schemat systemu uzdatniania wody – odwrócona osmoza na ujęciu wody w Świbiu [źródło własne]  
 Fig. 6. Diagram of the water treatment system - reverse osmosis for water intake in Świbie [own source]

## 5. Porównanie efektów usuwania azotanów metodą wymienników jonitowych oraz systemu odwróconej osmozy

Po kilku latach eksploatacji dwóch różnych systemów uzdatniania wody można zauważyć, że każda z metod prowadzi do skutecznego usuwania nadmiaru azotanów z wody przeznaczonej do picia, jednak wymaga to wzmoczonego nadzoru nad poprawnością działania urządzeń w celu uniknięcia pojedynczych przekroczeń. Zdecydowanie mniej skomplikowanym, generującym mniejsze zużycie energii oraz łatwiejszą obsługę jest system wymienników jonitowych. Biorąc pod uwagę spektrum

zanieczyszczeń jakie może usuwać system odwróconej osmozy można jednoznacznie stwierdzić, że nie licząc skutków ekonomicznych jest to system wyjątkowo dobrze oczyszczający wodę i dodatkowo zmniejsza jej twardość. W wodzie przeznaczonej do picia nie należy dopuścić do nadmiernej demineralizacji, gdyż organizm człowieka potrzebuje wielu związków mineralnych w odpowiednich ilościach. Podczas procesu odwróconej osmozy do kanalizacji wraz z koncentratem przedostają się tylko zanieczyszczenia wytrącone z wody natomiast po regeneracji wymienników jonitowych dodatkowo używane do tego celu związki, np. NaCl. System odwróconej osmozy generuje też dużo większe straty wody, do których należy woda zużyta do celów technologicznych. Na każdy  $1 \text{ m}^3$  produktu przypada prawie  $0,4 \text{ m}^3$  koncentratu, co daje stratę 15% wody w stosunku do całej produkcji, a w systemie wymienników jonitowych straty podczas płukania wstecznego oscylują w granicach 8% wyprodukowanej wody. Rysunek 7 pokazuje, że od 2010 r. zawartość azotanów w wodzie podawanej do sieci wodociągowej jest zdecydowanie poniżej normy, tj.  $50 \text{ mg NO}_3^-/\text{dm}^3$ , a od 2012 r. można zaobserwować, że wartości azotanów oscylują blisko maksymalnej dopuszczalnej zawartości azotanów, co związane jest z optymalizowaniem procesu w celu zminimalizowania kosztów i strat wody. Obydwa systemy są zróżnicowane też pod względem możliwości produkcyjnych z korzyścią dla zabudowanego systemu wymienników jonitowych, gdyż obecny układ z rys. 3 w ciągu godziny może wprowadzić do sieci około  $26 \text{ m}^3$  wody z czego 65% poprzez kolumny jonitowe. W zabudowanym systemie odwróconej osmozy z rys. 6 układ jest w stanie dostarczyć  $12,5 \text{ m}^3/\text{h}$  z czego około 40% poprzez membrany osmotyczne. Przy obecnych nastawach produkcyjnych porównując zawartość azotanów w wodzie surowej i sieciowej (rys. 4 i 5) każdy z systemów redukuje zawartość azotanów do zawartości dopuszczalnych, ale wg wyników badań laboratoryjnych w Wiśniczach na przestrzeni lat 2009 – 2013 obniża średnio zawartość azotanów o około 50%, a układ odwróconej osmozy w latach 2010 – 2013 tylko o około 30%.



Rys.7. Zawartość azotanów w wodzie sieciowej po zainstalowaniu systemów uzdatniania (mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/dm<sup>3</sup>) [źródło własne]

Fig. 7. Content of nitrates in the water network after installing treatment systems (mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/dm<sup>3</sup>) [own source]

## 6. Podsumowanie i wnioski wynikające z analizy

Podsumowując można stwierdzić, że w chwili obecnej na terenie gminy Wielowieś woda dostarczana do odbiorców poprzez zainstalowane systemy uzdatniania, spełnia wymagania Rozporządzenia Ministra Zdrowia (Dz. U.2007 nr 61, poz. 417, zm. Dz. U. 2010 r. nr 72, poz. 466). Ujęcia w Świbiu i Wiśniczu ze względu na przekroczoną zawartość azotanów w wodzie surowej powyżej 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/dm<sup>3</sup> muszą funkcjonować, jako stacje uzdatniania wody. Na rys. 2 wykres wyraźnie pokazuje, że w wodzie surowej na przestrzeni lat 2004 – 2013 występuje ciągle przekroczenie zawartości azotanów stąd wprowadzono systemy uzdatniania wody. W 2006 r. zamontowano wymienniki jonitowe w Wiśniczach, ale jak widać na rys. 4 jego efektywność została osiągnięta dopiero po rozbudowie systemu w grudniu 2008 r. Na ujęciu w Świbiu w 2010 r. zamontowano system odwróconej osmozy, którego widoczne skutki na rys. 6 pokazują, że efekt uzdatniania wody został osiągnięty. Zarówno metoda wymienników jonitowych jak i odwróconej osmozy w chwili obecnej spełniają swoje funkcje co widać na rys. 7, pozwalając na dostarczanie do sieci wodociągowej wody z zawartością azotanów zgodnie z normą do 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/dm<sup>3</sup>. Zdecydowanie korzystniejszym dla odbiorców wody jest system odwróconej osmozy, który oprócz usuwania azotanów obniża twardość wody, co jest odczuwalne dla mieszkańców. Dla eksploatatora jest to jednak system bardziej awaryjny, energochłonny, wymagający większych nakładów finansowych i byłby bardziej uzasadniony w przypadku występowania innych zanieczyszczeń oprócz azotanów. Dla usuwania samych azotanów system wymiany jonitowej w wymiennikach z zastosowaniem silnie zasadowej żywicy o nazwie Purolite A-520E jest dla eksploatatora ujęcia systemem wystarczającym i wymaga zdecydowanie mniejszych nakładów finansowych w trakcie eksploatacji. Z kilkunastoletnich

obserwacji zawartości azotanów w wodzie na ujęciach gminy Wielowieś wynika, że ze względu na sporą przepuszczalność warstw geologicznych występujących na tym terenie decydujący wpływ na ilość azotanów w poszczególnych ujęciach ma wielkość opadów atmosferycznych w połączeniu z okresami nawożenia upraw rolniczych oraz okresu wegetacyjnego uprawianych roślin. W celu poprawy jakości wody na terenie gminy Wielowieś, a przynajmniej utrzymania jej na nie pogarszającym się poziomie należałoby zrealizować następujące działania:

- wyznaczyć strefy pośrednie dla poszczególnych ujęć wody biorąc pod uwagę kierunek spływu wód w celu ograniczenia przedostawania się do wody zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego,
- prowadzić stały nadzór nad systemami uzdatniania wody w Wiśniczach i Świbiu, aby nie doprowadzać do przekroczeń zawartości azotanów powyżej 50 mg NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> w wodzie podawanej do sieci, przy jednoczesnym minimalizowaniu kosztów.

## LITERATURA

- [1] Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego, Dz. Urz. WE L 375 z 31.12.1991.
- [2] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz. U. 2007 nr 61 poz. 417.
- [3] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 05.11.1991r. w sprawie zasad ustanawiania stref ochronnych źródeł i ujęć wody; Dz. U. Nr.116 poz.504 (1584).
- [4] Częstochowskie Przedsiębiorstwo Geologiczne Sp. z o.o., *Operat wodnoprawny w celu uzyskania pozwolenia na pobór wód podziemnych z otworów triasowych studniami ujęcia Wiśnicze*, Częstochowa, 2012.
- [5] H2Optim Sp. z o.o. *Projekt rozbudowy stacji uzdatniania wody w Wiśniczach o instalację usuwającą azotany*, Poznań 2005.
- [6] H2Optim Sp. z o.o., *Projekt rozbudowy stacji uzdatniania wody w Świbiu o instalację do usuwania azotanów*, Poznań 2009.