

Stanisław Mikołajski, Mieczysław Gielert

Zmiany jakości wody do picia w okresie funkcjonowania Saur Neptun Gdańsk SA (1992–1996)

Podstawowym problemem zaopatrzenia Gdańska w wodę, przed rozpoczęciem działalności przedsiębiorstwa Saur Neptun Gdańsk SA, była nieodpowiednia jakość wody wodociągowej, przy produkcji około 160 tys. m³/d.

Do połowy lat 80. zapotrzebowanie Gdańska na wodę pokrywane było z ujęć podziemnych, w warunkach wysokiego deficytu, sięgającego nawet 50 tys. m³/d. Uzupełnienie tego niedoboru wodami powierzchniowymi, z uruchomionego w 1986 r. ujęcia „Straszyn”, ukształtowało następującą strukturę zaopatrzenia Gdańska w wodę: 20÷25% dostaw z ujęcia powierzchniowego oraz 75÷80% z ujęć podziemnych. Ujęcia podziemne dostarczały wodę z trzech pięter wodonośnych w następujących proporcjach: czwartorzęd 60%, trzeciorzęd 5%, kreda 25% i wody drenażowe 10%. Wody kredowe podawane były do sieci wodociągowej bez uzdatnienia, a wody drenażowe były jedynie dezynfekowane chlorem.

W roku 1992 sieć wodociągowa Gdańska zasilana była z trzynastu ujęć miejskich (obecnie 9) i dwunastu ujęć lokalnych (obecnie 9). Prawie 60% dostaw zapewniały trzy główne ujęcia: „Straszyn”, „Lipce” i „Czarny Dwór”, a trzy dalsze ujęcia: „Zaspa”, „Dolina Radości” i ujęcie drenażowe „Pręgowo” dostarczały 18% ogólnej ilości wody.

Jakość wody – stan wyjściowy

Intensywna eksploatacja ujęć podziemnych w okresie deficytu wody spowodowała niekorzystne zmiany jakościowe ujmowanych wód. W wodach z ujęć kredowych stwierdzono wzrost barwy i pH, a także ponadnormatywne stężenia fluoru i azotu amonowego oraz występowanie siarkowodoru. W wodach czwartorzędowych, w ujęciach pasa nadmorskiego zagrożonych zasoleniem, wystąpiła degradacja jednego z głównych ujęć wody „Grodza Kamienna” (rys. 1), a także ogólny wzrost poziomu związków żelaza, manganu i niekiedy siarkowodoru, stwarzając dodatkowe problemy eksploatacyjne w dziesięciu stacjach uzdatniania wody.

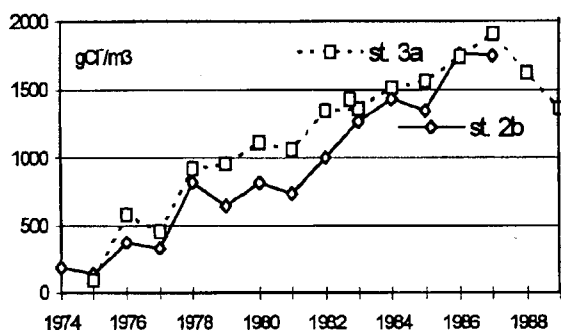
Ponadto, zanieczyszczenia wody z ujęcia „Straszyn” nie były eliminowane w dostatecznym stopniu, ze względu na nieskuteczną – typową – technologię uzdatniania, co powodowało kwestionowanie jakości wody wodociągowej ze względu na:

– planktonowy smak i zapach oraz wyczuwalny zapach chloru,

– ponadnormatywną zawartość THM-ów i innych produktów chlorowania (tab. 1),

Tabela 1. Zawartość produktów chlorowania w wodzie uzdatnionej z ujęcia „Straszyn”

Parametr, jednostka	1990		1991	
	ujęcie	sieć	ujęcie	sieć
CHCl ₃ , mg/m ³	maks. 33	maks. 51	maks. 27	maks. 37
CCl ₄ , mg/m ³	0,3	0,4	0,3	0,8



Rys. 1. Zmiany stopnia zasolenia wód podziemnych na ujęciu „Grodza Kamienna” w latach 1974–1989

– możliwość występowania mikrozanieczyszczeń spotykanych w wodach Raduni (WWA, pestycydy, metale ciężkie), których usuwanie nie było możliwe w istniejącym układzie technologicznym (tab. 2).

Tabela 2. Zawartość mikrozanieczyszczeń w wodach Raduni

Parametr, jednostka	1990	1991
B(a)p, µg/m ³	1,7+15,6	1,0+16,2
Rtęć, gHg/m ³	nw+0,00016	nw+0,00058
DDT, mg/m ³	–	0,001
γ-HCH, mg/m ³	–	0,001
DMDT, mg/m ³	–	<0,001

W początkach lat 90. jakość wody z ponad dwudziestu ujęć komunalnych nie spełniała wymagań norm EWG w ponad 90% dostaw wody, a prawie połowa produkowanej wody nie spełniała krajowych wymagań sanitarnych. Sytuację pogarszał fakt, że wskutek liberalnych norm krajowych w zakresie dopuszczalnej zawartości żelaza, tj. 0,5 gFe/m³, sieć wodociągowa zarastała tlenkami żelaza i manganu, co sprzyjało wtórnemu zanieczyszczeniu wody.

Największe zagrożenia dotyczyły takich dzielnic, jak Stogi, Orunia, Lipce, Dolne Miasto, Wrzeszcz i Oliwa.

Poprawa jakości wody w latach 1992–1995

W wyniku pilotowych badań technologicznych i analizy głównych źródeł zasilania Gdańska w wodę przyjęto 3-letni program modernizacji docelowych ujęć wody, zapewniający produkcję wody w ilości około 100 tys. m³/d, spełniający normy Unii Europejskiej. Program ten zapewniał 30% rezerwę wydajności, umożliwiając etapowanie prac modernizacyjnych, w zależności od zmian zapotrzebowania na wodę, limitujących wydajność stacji wodociągowych „Straszyn”, „Lipce”, „Czarny Dwór” i „Zaspa Wodna”.

Zakładano także sukcesywną rezygnację z niektórych małych ujęć dostarczających wodę o bardzo złej jakości, z których dostawy mogły być rekompensowane wodą o wysokiej jakości z ujęć zmodernizowanych. Dotyczyło to głównie zdegradowanych ujęć kredowych („Chelm”, „Sobieski”, „Kraków”, „Kołobrzaska”) i czwartorzędowych („Leśny Młyn, Szadółki”, „Św. Wojciech”, „Suchanino”).

Alternatywny wariant programu poprawy jakości wody, zakładający ewentualną rezygnację z modernizacji ujęcia „Straszyn” na korzyść podwojenia dostaw z rozbudowanych ujęć „Lipce” i „Osowa”, był około 5-krotnie droższy i nie zapewniał pokrycia docelowego zapotrzebowania Gdańska na wodę. Wobec tego zdecydowano się na następującą wydajność ujęć: Straszyn – 60 tys. m³/d, Lipce – 20 tys. m³/d i „Czarny Dwór” – 20 tys. m³/d. Rozwiązanie to umożliwiało ewentualne zwiększenie całkowitej wydajności o około 30% w rezultacie biologicznego uzdatniania wody, kosztem 1,5-krotnego zwiększenia nakładów. Dla obu rodzajów ujęć, tj. ujęć powierzchniowych i ujęć podziemnych, zaprojektowane zostały najnowsze procesy technologiczne, gwarantujące najwyższą jakość wody.

Uzdatnianie wód powierzchniowych

Na ujęciu „Straszyn” zmodyfikowano proces technologiczny uzdatniania wody, który w stosunku do przedniego, polegającego na chlorowaniu wstępnym do punktu przełamania, koagulacji, sedymentacji, filtracji pospiesznej na złożach piaszkowych i dezynfekcji końcowej, wprowadzał nowoczesną technologię wykorzystującą węgiel aktywny i ozon. Zaprojektowano proces adsorpcji na granulowanym węglu aktywnym z 12 min czasem kontaktu oraz dwukrotne ozonowanie wody: wstępne dawką 0,8+1,5 gO₃/m³ w czasie 2 min i końcowe dawką 1,0+1,5 gO₃/m³ w czasie 10 min. Proces ten okazał się niezawodny, zarówno na etapie badań pilotowych jak i po wdrożeniu w latach 1993 (sorpcja) i 1994 (ozonowanie). Wprowadzone procesy ozonowania i sorpcji, poza zwiększeniem efektów wcześniejszych procesów technologicznych, zapewniły dodatkowo (tab.3):

Tabela 3. Charakterystyka wody uzdatnionej z ujęcia „Straszyn”

Parametr, jednostka	1992	1996
Barwa, gPt/m ³	5	3
pH, –	7,3	7,2
Mętność, g/m ³	0	0
Zapach, –	g2R (plankton)	z1R
Żelazo og., gFe/m ³	0,01	0,01
Mangan, gMn/m ³	0,06	0,01
Utlenialność, gO ₂ /m ³	2,4	2,3
CHCl ₃ , mg/m ³	17,1	3,6
B(a)p, µg/m ³	2,0	0,2

- usunięcie smaku i zapachu wody,
- obniżenie stężeń THM-ów,
- usunięcie związków mutagennych,
- 4-krotne zmniejszenie dawki chloru niezbędnej do zabezpieczenia bakteriologicznej jakości wody w sieci wodociągowej.

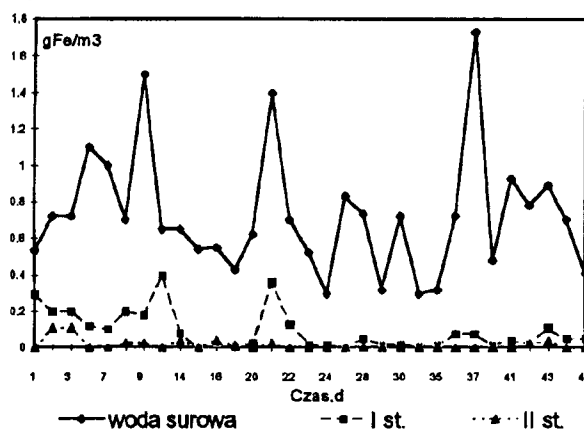
Uzdatnianie wód podziemnych

W programie poprawy zaopatrzenia Gdańska w wodę przyjęto założenie pozyskania docelowo wody w ilości 100 tys. m³/d z ujęć podziemnych pasa nadmorskiego, o parametrach zgodnych ze standardami europejskimi (żelazo ≤ 0,2 gFe/m³, mangan ≤ 0,05 gMn/m³, azot amonowy ≤ 0,5 gMn/m³). W tym celu dla głównych ujęć podziemnych zaprojektowany został proces biologicznego uzdatniania wody, w oparciu o badania na instalacji pilotowej i modelowanie usuwania związków żelaza i manganu oraz azotu amonowego na drodze biologicznej, dla zmiennej prędkości filtracji.

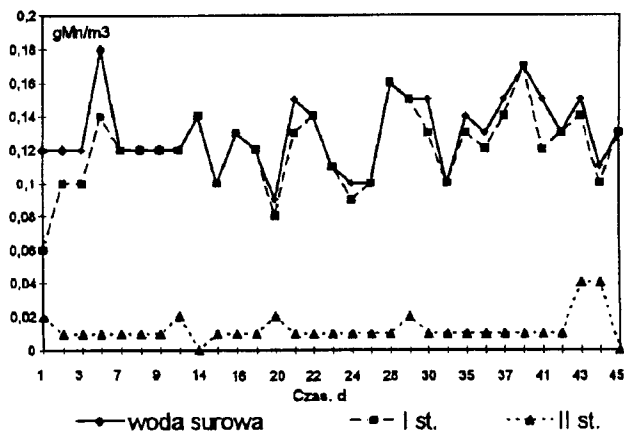
Stacja pilotowa składała się z trzech kolumn filtracyjnych o powierzchni 0,0176 m² każda i wysokości złoża 120 cm. Wypełnienie pierwszej kolumny stanowił pumeks o granulacji 1,6 mm, natomiast dwie pozostałe wypełnione były piaskiem o uziarnieniu 1,0+1,3 mm. Kolumny były wyposażone w przepływomierze pozwalające na stosowanie odpowiednich prędkości filtracji. Układ badawczy wyposażony był dodatkowo w trzy pompy wirowe (typ GARDENA) zasilające kolumny w wodę, trzy zbiorniki retencyjne o pojemności 0,8 m³ każdy i kompresor do napowietrzania wody.

Podstawą skuteczności technologicznej biologicznego uzdatniania wody jest wytworzenie i utrzymanie w złożu filtracyjnym optymalnych warunków do rozwoju właściwych szczepów bakterii. Wymagało to m.in. odpowiedniego pH i potencjału redox wody oraz braku siarkowodoru (<0,1 gH₂S/m³). Filtr biologiczny może mieć 3-krotnie mniejszą powierzchnię niż filtr pospieszny. Jednakże, ze względu na wzajemną konkurencyjność związków żelaza i manganu, procesy odżelaziania i odmanganiania wody, w zależności od ich stężeń wyjściowych, powinny być prowadzone oddzielnie, np. w układzie dwustopniowym, w zróżnicowanych warunkach tlenowych. Czynnikiem limitującym jest w tym wypadku mangan, dla którego współczynniki eliminacji są najniższe.

Wyniki biologicznego usuwania związków żelaza i manganu w skali pilotowej na ujęciu „Czarny Dwór” przedstawiono na rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. Przebieg usuwania związków żelaza na stacji pilotowej ujęcia „Czarny Dwór”



Rys. 3. Przebieg usuwania związków manganu na stacji pilotowej ujęcia „Czarny Dwór”

W badaniach wykazano, że zadowalające wyniki oddzielania wody uzyskano w I^o filtracji z prędkością 14÷25 m/h, a także odmanganiania i nitryfikacji w II^o filtracji z prędkością 12÷19 m/h. Jako materiał filtracyjny w I^o zastosowano pumeks, natomiast w II^o – piasek. Jednakże w sytuacji ograniczonej produkcji wody w Gdańsku w latach 1992–1995 o około 30%, modernizacja ujęć podziemnych wg przygotowanych projektów została rozłożona w czasie. Efekty biologicznego uzdatniania wody podziemnej osiągnięto także na podstawowych ujęciach „Czarny Dwór” i „Lipce”, w warunkach zmniejszenia produkcji wody, przy prędkości filtracji 7÷8 m/h (tab.4). Dodatkowo jakość wody z tych ujęć oraz z ujęcia „Zaspa” uległa poprawie w wyniku włączenia wód z utworów kredowych do układu uzdatniania (usunięcie siarkowodoru).

Tabela 4. Charakterystyka wód podziemnych z ujęć „Lipce” i „Czarny Dwór”

Ujęcie	Żelazo ogólne gFe/m ³		Mangan gMn/m ³		Azot amonowy gN/m ³	
	sur.	uzd.	sur.	uzd.	sur.	uzd.
„Lipce”	0,86	0,02	0,10	0,02	0,79	0,01
„Czarny Dwór”	1,53	0,02	0,22	0,02	0,37	0,02

W kolejnych latach, w wyniku modernizacji ujęcia „Straszyn” i zmian wydajności głównych ujęć podziemnych, a także rezygnacji z małych ujęć dających wodę o bardzo złej jakości, znacznie wzrósł poziom zgodności jakości wody do picia ze standardami europejskimi (z 8% w roku 1992 do 75% w roku 1996). W celu zabezpieczenia przed pogorszeniem się jakości wody, w wypadku konieczności zwiększenia jej produkcji, główne ujęcia podziemne na okres przejściowy (do zakończenia modernizacji) wyposażone zostały w instalacje do dawkowania nadmanganianu potasu.

Plan poprawy jakości wody w latach 1996–1998

W zależności od możliwości finansowych miasta przygotowano trzy warianty planów modernizacji ujęć wody oraz sukcesywną realizację wieloletniego programu naprawczego sieci, obejmującego jej czyszczenie i stabilizację ciśnień. Ponadto zakłada się możliwość budowy stacji uzdatniania wody „Osowa” oraz modernizację ujęć „Zaspa Wodna” i „Grodza Kamienna”, co pozwoli na osiągnięcie w roku 1998 jakości wody do picia zgodnej w 95% ze standardami europejskimi.

W oparciu o dotychczasową ewolucję zapotrzebowania Gdańska na wodę opracowano prognozę jej zużycia do roku 2010 oraz określono nakłady potrzebne do zapewnienia jakości wody z poszczególnych ujęć zgodnej ze standardami europejskimi. Prognozowany wzrost zapotrzebowania na wodę po roku 2000 pokryje docelowa modernizacja ujęć „Czarny Dwór”, „Dolina Radości” i „Straszyn”, dzięki zastosowaniu pełnej automatyzacji, natomiast eliminowanie zakłóceń jakości wody wodociągowej będzie osiągane w miarę realizacji programu oczyszczania i przebudowy sieci, a także wdrażania metody komputerowego zarządzania siecią.

Monitoring jakości wody

Podstawą zapewnienia wymaganej jakości wody jest kontrola jej parametrów fizyczno-chemicznych, bakteriologicznych i organoleptycznych, zarówno na wyjściu z zakładu wodociągowego jak i w sieci rozdzielczej, a także bezpośrednio u odbiorców. Kontrola taka jest prowadzona na dwóch poziomach: bezpośrednio na ujęciach, w zakresie podstawowym przez Laboratoria Obiektowe oraz w pełnym zakresie przez Laboratorium Centralne w obiektach i na sieci wodociągowej. Zakres analityczny Laboratorium Centralnego był od roku 1992 sukcesywnie rozszerzany i obecnie obejmuje 146 parametrów, w tym:

- mikrozanieczyszczenia, takie jak insektycydy, herbicydy, chlorofenole, węglowodory, lotne rozpuszczalniki, metale ciężkie (61%),
- parametry fizyczno-chemiczne (31%),
- parametry bakteriologiczne, hydrobiologiczne i organoleptyczne (8%).

Ogółem wykonywanych jest około 100 tys. analiz wody rocznie, a w działalności laboratorium wdrożony jest system jakości i zdobycia akredytacji (normy ISO). Dla lepszego rozpoznania jakości wody podawanej bezpośrednio odbiorcom wdrożony został stały monitoring jakości wody w sieci wodociągowej obejmujący 60 punktów pomiarowych rozłożonych równomiernie w rejonach miasta. Założono cztery rejonny monitoring:

I – zasilanie dzielnic: Przymorze, Zaspa i Wrzeszcz z ujęć „Czarny Dwór”, „Zaspa”, „Bitwa pod Płowcami” i ze zbiornika „Sobieski”,

II – zasilanie dzielnic: Dolne Miasto, część Oruni, Przeróbka i Stogi z ujęć „Lipce”, „Grodza Kamienna” i ze zbiorników „Orunia”,

III – zasilanie dzielnic: Oliwa i Wrzeszcz z ujęć „Polanki” i „Dolina Radości”,

IV – zasilanie dzielnic: Niedźwiednik, Morena, Chełm, Suchanino i Orunia Górna z ujęcia „Straszyn”.

W rejonach tych wykonywane są comiesięczne pomiary czternastu parametrów fizyczno-chemicznych, bakteriologicznych i organoleptycznych wody, a także pomiary hydrauliczne sieci. Półroczny monitoring wykazał, że jakość wody w sieci może się pogorszyć w stosunku do jakości wody oddawanej z poszczególnych ujęć. Jednakże statystycznie jakość wody w sieci nie była gorsza niż na ujęciach. Cechy organoleptyczne wody w sieci zasilanej z ujęcia „Straszyn” w ponad 95% wyników badań potwierdzają całkowite usunięcie planktonowego zapachu wody, a wszystkie testy smakowe wykazały próg smakowy 1 (woda bez smaku), zgodny z normami europejskimi (tab.5).

Tabela 5. Częstość wyników spełniających standardy europejskie i polskie w poszczególnych rejonach monitoringu (%)

Rejon monitoringu	Ogółem		Żelazo ogólne		Mangan		Azot amonowy	
	UE	PL	UE	PL	UE	PL	UE	PL
I	71	90	96	100	74	90	100	100
II	90	96	94	99	97	98	99	99
III	94	100	96	100	97	100	100	100
IV	79	95	86	99	97	100	96	96
Ogółem	83	95	93	99	91	97	99	99

Zawartość chloru w wodzie z ujęcia „Straszyn”, niezbędna do zapewnienia jej pewności bakteriologicznej, występowała na poziomie niewyczuwalnym przez odbiorców w prawie wszystkich wypadkach.

Zakłócenia jakości wody w sieci występują losowo i najczęściej dotyczą wtórnych zanieczyszczeń związkami żelaza i manganu (miękkie osady) lub niekiedy powstawanie zapachu wody (siarkowodór, sporadycznie substancje ropopochodne), powodowany przeważnie zastosowaniem niewłaściwych materiałów przez wykonawców sieci wodociągowej.

Podsumowanie

W latach 1992–1996 przedsiębiorstwo wodociągowe Saur Neptun Gdańsk SA osiągnęło bardzo wysoki skokowy efekt poprawy jakości wody do picia z eksploatowanych ujęć, dzięki zastosowaniu nowoczesnych technologii uzdatniania wody z ujęcia „Straszyn” i optymalizacji zarządzania produkcją wody z ujęć podziemnych. Ilość wody wodociągowej, spełniającej europejskie standardy jakości, wzrosła w tym okresie o prawie 70%. Plany dalszej poprawy jakości wody w latach

następnych będą polegały na wdrażaniu technologii biologicznego uzdatniania wód z głównych ujęć podziemnych oraz na sukcesywnej realizacji programu poprawy rozdziału wody w sieci (czyszczenie rurociągów z osadów, stabilizacja ciśnień). W planach kierunkowych rozwoju wodociągów zakłada się dalszą modernizację linii technologicznej ujęcia „Straszyn”, m.in. alternatywną dezynfekcję wody dwutlenkiem chloru. Przekroczenia zawartości azotu amonowego i związków żelaza w wodach podziemnych zostaną wyeliminowane na drodze biologicznego uzdatniania, którego realizacja jest przewidziana w planach inwestycyjnych.

Eliminacja bieżących zakłóceń w dostawach wody będzie prowadzona przy wykorzystaniu ciągłego monitoringu sieci wodociągowej, pozwalającego na określenie przyczyn zmian jakości wody i ustaleniu zakresu działań interwencyjnych. Także wprowadzenie zaostrzonych warunków odbioru nowo budowanych wodociągów oraz przeglądy nieodebranych dotychczas sieci powinny zniwelować zmiany jakości wody (zapach substancji ropopochodnych, obecność zawiesin), wynikające z nieprawidłowego wykonawstwa sieci.

LITERATURA

1. B. ZYGMUNT i in.: Jakość wody pitnej w Gdańsku oraz jej zmiany w latach 1993–1994 (praca nie publikowana).
2. A. OSIŃSKI, R. SYKUTERA: Problemy eksploatacyjne w zakresie jakości i rozprowadzania wody w Gdańsku. SNG, Gdańsk 1992.
3. Z. MAKSYMUK, S. MIKOŁAJSKI: Woda pitna w Gdańsku przed i po wejściu SNG. SNG, Gdańsk 1995.
4. Biologiczne uzdatnianie wody; Raport techniczny za 1995 r.; Raport techniczny za 1996 r.; Schemat kierunkowy rozwoju wodociągów. Materiały wewnętrzne SNG (prace nie publikowane).

Quality of Drinking Water in 1992–1996 Under Operation of Saur Neptun Gdańsk

In the period of drinking water deficit in the city of Gdańsk, the quality of the water drawn from the overused groundwater intakes deteriorated drastically. The start-up of the surface-water intake Straszyn in 1986 eliminated water shortage, but did not improve water quality (organoleptic properties) or abate the presence of micropollutants in finished water. In 1992, hardly any of the 20 municipal intakes complied with the requirements of the EC Drinking Water Directive and only 10 met domestic sanitary regulations. The problems considered in the paper can be itemized as follows: quality of water in the main sources of municipal supply (with emphasis on the deterioration of

groundwater intakes and the Straszyn intake); favourable improvements in water quality in 1992–1996 due to the modernization of the surface-water intake in Straszyn, and to some desirable changes in the management of water production from the main groundwater intakes; water quality forecasts and options for the time span of 1995 to 2010 (on the basis of pilot-plant investigations and modelling of biological treatment of groundwater). The paper also provides the results of 6-month monitoring of water quality in the water supply system for the city of Gdańsk.