

Agata LANDWÓJTOWICZ, Adam RAK

Wydział Mechaniczny Politechnika Opolska
Wydział Budownictwa Politechnika Opolska

ANALIZA WPŁYWU ZAGOSPODAROWANIA TERENU NA STĘŻENIE AZOTANÓW W WODZIE PODZIEMNEJ UJĘCIA „GROTOWICE” Z UWZGLĘDNIENIEM JEGO BUDOWY GEOLOGICZNEJ

IMPACT STUDY OF LAND DEVELOPMENT ON NITRATE
CONCENTRATION IN UNDERGROUND WATER INTAKE
„GROTOWICE” CONSIDERING THE GEOLOGICAL CONSTRUCTION

Article analyzes the impact of spatial development district water abstraction on the state of water quality intake "Grotowice" near Opole. The analysis of land use allowed for the identification of major risk factors for the quality of water. It was found that the power supply intake takes place through infiltration of rainwater in the area beyond reach of the occurrence of the keuper. Therefore insulated water muschelkalk are exposed to the impact of broadly understood anthropopressure. Three (1B, 1A and 3B) of the four wells intake are in a forest, while one (6B), is located the areas in the meadow. Well 6 B is located close to the built environment - 500m from the nearest village. There was a tendency information Water contaminating intake the emergence of nitrogen pollution. Despite the fact that the analysis of water quality in a water intake shows a positive and lasting trend decrease in the content of nitrogen pollution since 2008, the problem of contamination by nitrogenous compounds for the analyzed scene is still current. Based on the analysis, conclusions were formulated for further research. One of the most important is the need to establish a protection zone for each well of water intake. This need stems from the fusion of isolation from the influence of water from the land surface, which in wells tested intake is insufficient. Pointed to the need to protect groundwater resources not only in of the proposed protection zone intake "Grotowice" but also on the entire surface of the an uninsulated reservoir GZWP 333 provided, as an area of high conservation.

1. Wprowadzenie

Zagospodarowanie przestrzenne stanowi jeden z podstawowych aspektów, które należy rozpatrzyć podczas badania przyczyn zanieczyszczenia zasobów wodnych ujęcia wody. Zagospodarowanie przestrzenne danego terenu jest pochodną różnorodnych cech fizyczno-geograficznych jak również rozwoju gospodarki i potrzeb mieszkańców zamieszkujących dany obszar.

Za główne zasady zagospodarowania przestrzennego w zakresie ochrony i kształtowania środowiska uznaje się [1,7]:

- zachowanie spójności i integralności przestrzeni ekologicznej województwa i terenów zewnętrznych,
- wzmacnianie lub przywracanie odporności i zdolności regeneracyjnych ekosystemów wrażliwych na antropopresję,
- dostosowanie zagospodarowania terenu do naturalnych uwarunkowań przyrodniczych i środowiskowych,
- ochronę i oszczędną gospodarkę zasobami naturalnymi,
- renaturyzację i rewitalizację obszarów przekształconych,
- zapewnienie wymaganych standardów jakości środowiska i przeciwdziałania konfliktom przyrodniczo-przestrzennym,
- ochronę przestrzeni i krajobrazu, przeciwdziałanie rozpraszanie zabudowy na terenach otwartych, cennych dla ochrony struktury ekologicznej i fizjonomii krajobrazu.

Obszary ochrony środowiska wodnego związane są głównie z podziemnymi i powierzchniowymi strukturami wodonośnymi, które stanowią podstawowe źródło zaopatrzenia w wodę, a w wyniku działalności człowieka podatne są na zanieczyszczenia w stopniu uniemożliwiającym ich wykorzystanie. Ze względu na charakter wykorzystania w Polsce wód powierzchniowych i podziemnych oraz znaczenie dla gospodarki i ludzkości wody wymagają czynnej ochrony zmierzającej do [7]:

- rozwoju i modernizacji komunalnej infrastruktury technicznej,
- dostosowaniu zabiegów agrotechnicznych do naturalnych właściwości terenu,
- ograniczeniach lokalizacyjnych inwestycji mogących zanieczyścić wody na obszarach wrażliwych,
- monitoringu gospodarki odpadami polegającym na eliminacji dzikich wysypisk.

Zagospodarowanie przestrzenne oraz działalność człowieka, która bezpośrednio się z nim wiąże generuje wiele zagrożeń dla wód podziemnych. Zagrożenia te wielokrotnie prowadzą do poważnego zanieczyszczenia warstw glebowych, co prowadzi do zanieczyszczenia utworów wodonośnych. Ze względu na charakter ich występowania można je podzielić na: punktowe, liniowe i pasmowe, mało-powierzchniowe i wielkopowierzchniowe [4]. Do źródeł punktowych zakwalifikować można wszelkie zbiorniki z zanieczyszczeniami, stacje paliw, studnie służące do odprowadzania ścieków oraz awaryjne wycieki z instalacji. Do źródeł liniowych i pasmowych zaliczyć można kanały, trasy kolejowe i drogi, rurociągi prowadzące gazy i ciecze. Natomiast do źródeł zarówno mało- jak i wielko-powierzchniowych zaliczyć można obszary upraw rolniczych, obszary opadów pyłów i gazów z atmosfery [5].

Nie tylko struktura zagospodarowania przestrzennego terenu wodonośnego ma znaczenie dla jakości wód podziemnych. Istotną rolę odgrywa również podatność wód podziemnych na zanieczyszczenia. Mianem podatności wód, czy też ich wrażliwości określa się również odporność wód na zanieczyszczenia [1]. Wyróżnić można dwa podstawowe rodzaje podatności: właściwa i specyficzna. Podatność właściwa (naturalna) warunkowana jest jedynie budową geologiczną oraz warunkami hydrogeologicznymi ujęcia wody i jego strefy. Natomiast podatność specyficzna uwzględnia oprócz warunków podatności właściwej również rodzaj zanieczyszczenia, charakter ogniska zanieczyszczeń oraz jego ładunek [2]. Zagrożenie jakości wody może wynikać z budowy geologicznej zbiornika, występowania lub braku warstw izolujących, warunków zasilania, krążenia, drenażu oraz z zagospodarowania powierzchni terenu.

Stopień potencjalnego zagrożenia określa się na podstawie czasu przenikania zanieczyszczeń z powierzchni terenu do zbiornika wód podziemnych oraz ich oddziaływania na te wody [3].

Zanieczyszczenia wpływające na stan jakości wód podziemnych związane z zagospodarowaniem przestrzennym pochodzą również z atmosfery, z której do powierzchni ziemi mogą docierać gazy i pyły wskutek tzw. depozycji suchej lub mokrej. Większa część tych źródeł charakteryzuje się nieustaloną emisją, w związku z czym źródła te posiadają emisję o zmiennej wielkości, niejednokrotnie jest to emisja impulsowa. Czas trwania tej emisji również jest zmienny [5].

Zanieczyszczenia w wodach podziemnych pojawiają się poprzez źródła naturalne jak i antropogeniczne. Jakość wody może też być zmienna dzięki oddziaływaniu takich czynników zewnętrznych jak działalność handlowa, przemysłowa, miejska czy rolnicza czyli wpływu zagospodarowania przestrzennego danego terenu. Oprócz wcześniej wymienionych przyczyn do zanieczyszczenia wody podziemnej dochodzi również ze źródeł na powierzchni ziemi (m.in.: z miejsc gromadzenia odpadów, gnojowicy), oraz ze źródeł znajdujących się między powierzchnią ziemi, a zwierciadłem wody (szamb lub rurociągów).

W wodach podziemnych znajduje się wiele pierwiastków pochodzenia naturalnego. W sposób naturalny śladowe pierwiastki zanieczyszczeń przedostają się do wód podziemnych bezpośrednio ze skorupy ziemskiej, przenikając do wód, jako jony wolne. Nie stanowią one jednak zagrożenia i w większości przypadków ilości zanieczyszczeń tego typu są niewielkie [6]. W podobny sposób – jako cząsteczki, przedostają się do wód podziemnych substancje pochodzące z rozkładu materii organicznej. Przemieszczanie się do wód podziemnych substancji zależy od lokalnych uwarunkowań zwłaszcza hydrogeologicznych. W związku z tym wielkość dopływu substancji zanieczyszczeń do wód podziemnych, w tym substancji biogennych jest uwarunkowana głównie poprzez: sposób zagospodarowania przestrzennego obszaru strefy, przepuszczalność geologicznych utworów powierzchniowych, warunków meteorologicznych i ukształtowania terenu.

2. Opis obiektu badawczego

Ujęcie „Grotowice” należące do Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 333 (GZWP) stanowi jedno z największych jego ujęć. Jest to zbiornik w utworach wapienia muszłowego, gromadzący wody w ośrodku szczelinowo-krasowym [6,7]. GZWP 333 zajmuje obszar rozciągający się od Opola na zachodzie do Kielczy na wschodzie i od Gogolina, Strzelec Opolskich na południu po miejscowość Kolonowskie, Ozimek i Opole na północy. Powierzchnia samego zbiornika GZWP 333 wynosi 1835 km² natomiast zasoby dyspozycyjne szacowane są na 200-225 tyś. m³/d [12]. Zbiornik charakteryzuje się niską odpornością naturalną na zanieczyszczenia. Niska odporność zbiornika związana jest bezpośrednio z budową geologiczną zbiornika, a dokładnie z brakiem osadów przykrywających warstwy wodonośne zwłaszcza w południowej jego części [13, 14]. W Planie zagospodarowania przestrzennego województwa Opolskiego określono zadania konieczne do prowadzenie ochrony wód podziemnych na obszarze GZWP 333. Są to zasoby wody pitnej o znaczeniu strategicznym dla województwa opolskiego. W tym samym dokumencie określa się zbiornik GZWP 333, jako obszar wrażliwy na antropopresję oraz wymagający zintegrowanych działań samorządów

w szczególności w dziedzinie: systemu transportu publicznego, uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej i gospodarki odpadowej. Obszar zbiornika jest również wyznaczony do prowadzenia ekologicznej produkcji rolniczej ze względu na konieczność zapewnienia wysokich standardów jakości środowiska [7].

Ujęcie wody Grotowice zlokalizowane jest w Opolu na wschód od osiedla Grotowice. Obszar, w którym znajduje się ujęcie zaliczany jest do fragmentu Równiny Opolskiej położonej na tym terenie na wysokości 155-160 m. n.p.m (Rys. 1). W bezpośrednim sąsiedztwie samego ujęcia nie znajdują się zbiorniki wód powierzchniowych [6,8, 9].

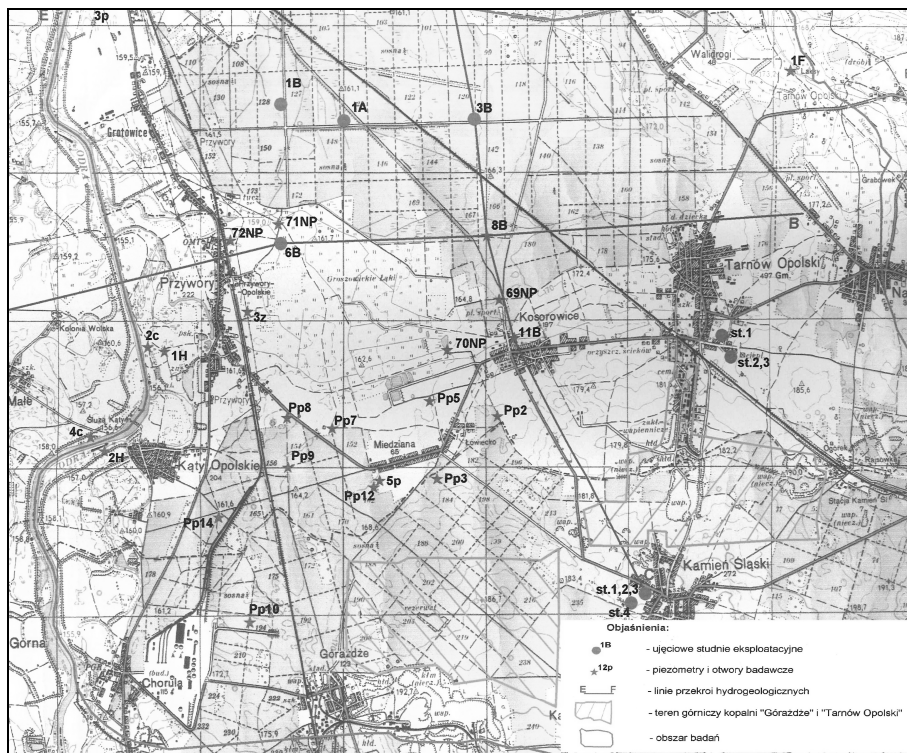
W skład ujęcia wchodzi obecnie 4 studnie 1A, 1B, 3B i 6B. Studnia 1A pełni funkcję studni awaryjnej. Eksploatację studni 1B i 6B rozpoczęto w roku 1995, natomiast studni 3B w 2008 roku. Ujęcie „Grotowice”, stanowi obok ujęcia „Zawada” podstawowe źródło zaopatrzenia w wodę mieszkańców Opolu. Wydajność eksploatacyjna ujęcia wynosi 16934,4 m³/d [9, 10].

Tab. 1. Specyfikacja warunków technicznych studni ujęcia Grotowice

Tab. 1. Specification of technical conditions of wells intake Grotowice

| Parametry studni | 1B | 6B | 1A | 3B |
|---|---------|--------------|---------|---------|
| Rzędna terenu [m n.p.m] | 162,20 | 160,89 | 161,50 | 165,80 |
| Depresja se [m] | 13,00 | 1,42 | 51,05 | 35,20 |
| Lokalizacja | las | użytki rolne | las | las |
| Głębokość [m] | 182,00 | 160,00 | 170,00 | 200,40 |
| Wydajność ekspl. Qe [m ³ /d] | 5448,00 | 4536,00 | 2880,00 | 4070,40 |

W budowie geologicznej obszaru biorą udział skały karbonu, permu, triasu, kredy, trzeciorzędu i czwartorzędu. Zbiornik wody podziemnej tworzą utwory dolnego i środkowego pstręgo piaskowca, retu oraz wapienia muszlowego. Zasilanie w wodę odbywa się na wychodniach utworów, z których są zbudowane. Drenaż tego zbiornika odbywa się przez ciekły powierzchniowe. Zbiornik ten oddziela od siebie słabo przepuszczalne iłupki, margle ilaste i wapienie margliste [9, 11].



Rys. 1. Lokalizacja studni 1A, 1B, 3B, 6B ujęcia „Grotowice wraz z obszarami oddziaływania kopalni „Góraźdze” i „Tarnów Opolski” [12]

Fig. 1. Lokalizacja studni 1A, 1B, 3B, 6B ujęcia „Grotowice wraz z obszarami oddziaływania kopalni „Góraźdze” i „Tarnów Opolski”

Zasadniczą rolę w izolacji zbiornika odgrywają ility kajprkowe. W rejonie Opola pod pokrywą kajpru przepuszczalność ich nie przekracza $400 \text{ m}^2/\text{d}$. W tego typu utworach bardzo często obserwuje się obniżanie zwierciadła wody. Podstawową przyczyną obniżania zwierciadła jest różnica między eksploatacją ujęcia, a możliwościami zasilania samego ujęcia. Tempo obniżania zwierciadła zmniejsza się w okresach zwiększonych opadów atmosferycznych [9].

3. Problemy jakości wody w obrębie obiektu badawczego

Monitoring jakości wód podziemnych w Polsce prowadzony jest na szczeblu krajowym, regionalnym i lokalnym. W ramach monitoringu krajowego, badania jakości wód prowadzi Państwowy Instytut Geologiczny (PIG). Wyniki przeprowadzonych przez PIG badań prezentowane są w Raportach Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska. Przedmiotem monitoringu jest 161 jednolitych części wód podziemnych (JCWPd), ze szczególnym

uwzględnieniem obszarów narażonych na zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego (OSN), znajdujących się na terenie niektórych jednolitych części wód podziemnych [15].

3.1. Jakość wód podziemnych obiektu badawczego

GZWP 333 Opole-Zawadzkie zaliczony został do JCWPd nr 116, na obszarze którego zlokalizowano 13 punktów monitoringowych. Według badań wody zaliczono do określonej klasy jakości wód podziemnych. Klasa I, II, III oznaczają dobry stan chemiczny, natomiast klasy jakości IV i V oznaczają słaby stan chemiczny. W poniższych tabelach zestawiono opis punktów pomiarowych oraz wyniki pomiarów przeprowadzonych w 2011 r. [16, 21].

Tab. 2. Charakterystyka punktów pomiarowych monitoringu operacyjnego zlokalizowanych w rejonie JCWPd 116 oraz GZWP 333 Opole-Zawadzkie w 2011 r. [opracowanie własne na podstawie 16]

Tab. 2. Characteristic of measurement points of operational monitoring located in the area of JCWPd 116 and GZWP 333 Opole Zawadzkie in 2011.

| Nr punktu | Miejscowość | Stratygrafia | Głębokość stropu warstwy wodonośnej | Charakter punktu | Typ ośrodka | Użytkowanie |
|-----------|-------------------|--------------|-------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------------------------|
| 370 | Wrzoski | Q | 2,0 | swobodne | porowy | Grunty orne – gospodarka rozdrobniona |
| 371 | Wrzoski | P2+ 2 | 535,0 | napięte | porowoszczelinowy | Grunty orne – gospodarka rozdrobniona |
| 372 | Wrzoski | T2 | 302,0 | napięte | szczelinowokrasowy | Grunty orne – gospodarka rozdrobniona |
| 373 | Wrzoski | K2 | 169,0 | napięte | porowoszczelinowy | Grunty orne – gospodarka rozdrobniona |
| 616 | Groszowice | Q | 2,3 | swobodne | porowy | Nieżytki naturalne |
| 617 | Zawada | Q | 49,0 | napięte | porowy | Nieżytki naturalne |
| 619 | Zdzieszowice | Pg+ Ng | 74,5 | napięte | porowy | Obszary zabudowane |
| 620 | Strzelce Opolskie | T | 40,0 | napięte | szczelinowokrasowy | Nieżytki naturalne |
| 1055 | Wrzoski | Q | 1,7 | swobodne | porowy | Grunty orne – gospodarka rozdrobniona |

| Nr punktu | Miejscowość | Stratygrafia | Głębokość stropu warstwy wodonośnej | Charakter punktu | Typ ośrodka | Użytkowanie |
|-----------|----------------|--------------|-------------------------------------|------------------|-----------------|---------------------------------------|
| 1868 | Dobrzeń Mały | Q | 1,5 | swobodne | porowy | Grunty orne – gospodarka rozdrobniona |
| 2656 | Gogolin | T1 | 27,5 | swobodne | szczelnokrasowy | Obszary zabudowane |
| 2659 | Poręba | T1 | 50,0 | swobodne | szczelnokrasowy | Obszary zabudowane |
| 2662 | Dobrodzień | Q | 9,3 | swobodne | porowy | Obszary zabudowane |
| 2664 | Tarnów Opolski | T2 | 9,3 | swobodne | szczelnokrasowy | Grunty orne – gospodarka rozdrobniona |
| 2712 | Dobrzeń Mały | K2 | 17,0 | napięte | porowy | - |

Objaśnienia:

- JCWPd - numer jednolitej części wód podziemnych na obszarze której znajduje się punkt badawczy,
- Stratygrafia – symbole stratygraficzne utworów ujętej warstwy wodonośnej: Pt – proteozoik, C – kambry, O – ordowik, S – sylur, D – dewon, C – karbon, P – perm, T – trias, J – jura, K – kreda, Pg – paleogen, Ng – neogen, Pc – paleocen, E – eocen, OI – oligocen, M – miocen, PI – pliocen, Q – czwartorzęd,
- Charakter punktu: swobodne – wody o swobodnym zwierciadle wody, napięte – wody o napiętym zwierciadle wody,

Tab. 3. Klasyfikacja jakości wód podziemnych w punktach monitoringu operacyjnego zlokalizowanych w rejonie JCWPd 116 oraz GZWP 333 Opole-Zawadzkie w 2011 r.

Tab. 3. Classification of groundwater quality in operational monitoring points located in the region of JCWPd 116 and GZWP 333 Opole Zawadzkie in 2011.

| Nr punktu | Miejscowość | Okres badań | Wskaźniki w granicach stężeń III klasy jakości | Wskaźniki w granicach IV klasy jakości | Wskaźniki w granicach V klasy jakości | Klasa jakości wody |
|-----------|-------------|-------------|--|--|---------------------------------------|--------------------|
| 370 | Wrzoski | Wiosna | Tlen rozpuszczony, mangan | żelazo | | IV |
| 371 | Wrzoski | wiosna | - | - | Potas, siarczan, wapń | V |
| 372 | Wrzoski | wiosna | Żelazo | Temp., fluorki | - | IV |

| Nr punktu | Miejscowość | Okres badań | Wskaźniki w granicach stężeń III klasy jakości | Wskaźniki w granicach IV klasy jakości | Wskaźniki w granicach V klasy jakości | Klasa jakości wody |
|-----------|-------------------|-------------|--|--|---------------------------------------|--------------------|
| 373 | Wrzoski | wiosna | Temp. | Odczyn, Fluorki | Potas | V |
| 616 | Groszowice | wiosna | Azotany, Azotyny, Wapń, Wodorowęglany | Temp. | Potas | V |
| | | jesień | Temp., Azotany, Azotyny, Wapń, Wodorowęglany | - | Potas | V |
| 617 | Zawada | wiosna | Mangan | Żelazo | - | IV |
| | | jesień | Tlen rozpuszczony, Mangan | Żelazo | - | IV |
| 619 | Zdzieszowice | wiosna | Tlen rozpuszczony, Mangan, Żelazo | - | - | III |
| | | jesień | Tlen rozpuszczony, Mangan, Żelazo | - | - | III |
| 620 | Strzelce Opolskie | wiosna | Azotany, Wapń | | | III |
| | | jesień | Azotany, Wapń | | | III |
| 1055 | Wrzoski | wiosna | Tlen rozpuszczony, arsen, kobalt | Odczyn, żelazo | Nikiel | V |
| 1868 | Dobrzeń Mały | wiosna | Azotany, Wapń | | Mangan, Potas | V |
| 2656 | Gogolin | wiosna | Tlen rozpuszczony | - | - | III |
| | | jesień | Tlen rozpuszczony | - | - | III |
| 2659 | Poręba | wiosna | Azotany | - | - | III |
| | | jesień | Azotany | - | - | III |
| 2662 | Dobrodzień | wiosna | Azotany | | Chrom | V |
| | | jesień | Azotany | | | III |
| 2664 | Tarnów Opolski | wiosna | Wapń | Azotany | | IV |
| | | jesień | Wapń | Azotany | | IV |
| 2712 | Dobrzeń Mały | wiosna | - | - | - | II |

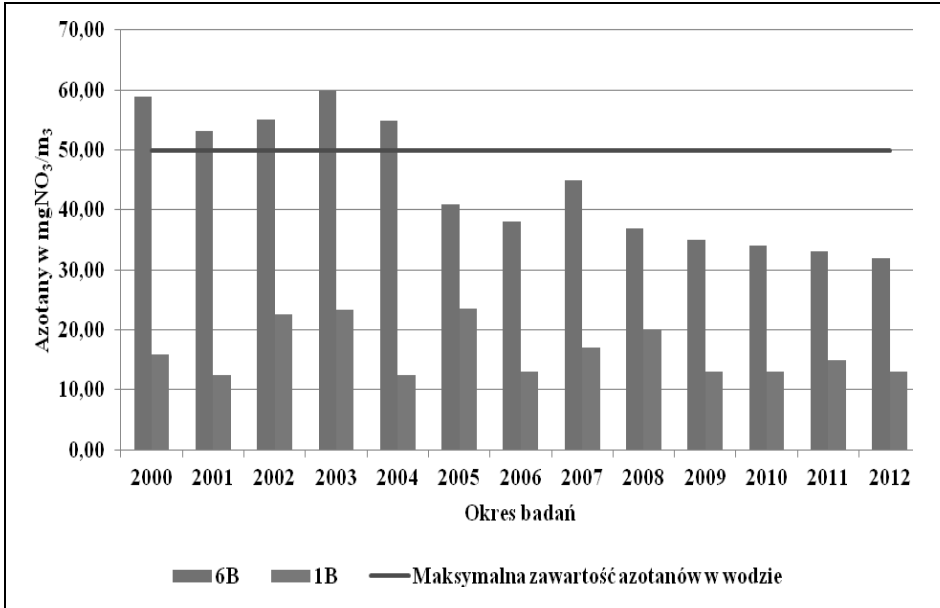
Na podstawie przedstawionych analiz można stwierdzić, iż wody podziemne zlokalizowane w obszarze GZWP 333 Opole-Zawadzkie posiadają zróżnicowaną jakość. Jednakże nadal w wielu punktach pojawiają się zanieczyszczenia w granicach V klasy jakości wody, co oznacza słaby stan chemiczny badanych wód. Wielokrotnie nadal pojawiają się zanieczyszczenia azotowe, najczęściej w granicach III i IV klasy jakości wód. Zanieczyszczenia pojawiające się w granicach V klasy to najczęściej mangan, potas, nikiel, siarczany raz chrom. Wielokrotnie pojawia się również żelazo klasyfikując wody w badanych punktach w granicach IV klasy jakości wód.

Należy zwrócić uwagę na fakt, iż IV i V klasa wód podziemnych oznaczona została w większości w tych punktach pomiarowych, które zlokalizowane są na gruntach ornych.

Ważnym aspektem wpływającym na klasę wód jest budowa geologiczna. Klasa V wód pojawia się w tych punktach pomiarowych, których typ ośrodka został określony jako porowy lub porowo-szczelinowy. Fakt ten jest niezmiernie istotny ze względu na to, że zbiorniki porowe zbudowane są ze skał luźnych głównie pisaków i żwirów lub rumoszy, co przyczynia się do wysokiej porowatości zbiornika oraz zróżnicowanej odsączalności. Z kolei zbiorniki porowo-szczelinowe to skały zwarte, często spękanе o dużej porowatości z różnymi odmiany piaskowców i węglanowych skał ziarnistych np. dolomitów, wapieni. W tego typu zbiornikach porowatość jest podwójna gdzie szczeliny charakteryzują się dużą przepuszczalnością oraz małą pojemnością wodną. Natomiast pory charakteryzuje mniejsza przepuszczalność, duża pojemność wodna oraz odsączalność silnie zróżnicowana [20].

3.2. Zanieczyszczenia wód w strefie obiektu badawczego

Najbardziej aktualnym problemem analizowanego ujęcia jest zawartość związków azotowych wynikająca z lokalizacji poszczególnych studni. Trzy z analizowanych badanych studni (1B, 1A i 3B) zlokalizowane są na użytkach leśnych (Rys.1). Natomiast studnia 6B na terenach użytków rolnych [6]. Przeprowadzona analizy w okresie badawczym wskazują, że najwyższe wartości azotanów notuje się w wodzie ujmowanej ze studni 6B co zobrazowano na rys. 2.



Rys. 2. Maksymalna zawartość azotanów w okresie badawczym [6].

Fig. 2. Maksymalna zawartość azotanów w okresie badawczym

Maksymalną zawartość azotanów zanotowano w 2000 roku i wynosiła 58,92 mgNO³/dm³ oraz 2003 roku, odpowiednio 59,8 mgNO³/dm³. Należy jednak zauważyć, że jeszcze do 2003r. następował wzrost zawartości azotanów, a stabilizacja następowała dopiero od 2006r. Mogło to być spowodowane skutkami zalewu terenu zasilana ujęcia wodami powodziowymi rzeki Odry w 1997 r. [6,11,12]. Znacznie mniejszą zawartość azotanów odnotowano w studni 1B. W całym okresie badawczym, zawartość azotanów wynosiła poniżej 27,5 mgNO³/dm³. W latach 2006-2011, maksymalna zawartość azotanów w tej studni kształtowała się na poziomie 12-14 mgNO³/dm³. Odchylenie standardowe uzyskanych wyników za ten okres wynosi od 0,613 do 1,144 [6].

Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że od 2005 roku obserwują się korzystne zmiany w zawartości azotanów zarówno w studni 6B i 1B. Szczególnie istotne zmiany zanotowano w poprawie jakości wody w studni 6B [6]. Wskazać należy, że strefa zasilana tej studni położona jest na użytkach rolnych i w pobliżu terenów zabudowanych. Widoczna poprawa jakości wody związana jest z podjętymi działaniami samorządów gminnych na tym terenie po 1997 roku polegającymi głównie na uporządkowaniu gospodarki ściekami i odpadami.

Należy zauważyć, że ze względu na budowę geologiczną zbiornika dochodzi do różnego rodzaju wymiany wód. W zbiorniku występują wody młode, które infiltrowały w masy skalne kilkanaście lat temu. Właśnie te strefy są najbardziej narażone na zanieczyszczenia azotowe powstałe kilkanaście lat temu, gdy gospodarka nawozowa i komunalna nie były jeszcze uregulowane. Są także strefy występowania wód, które

infiltrują od kilkuset do kilkuset tysięcy lat. Te strefy są całkowicie bezpieczne dla utrzymywania czystych wód podziemnych [9, 11].

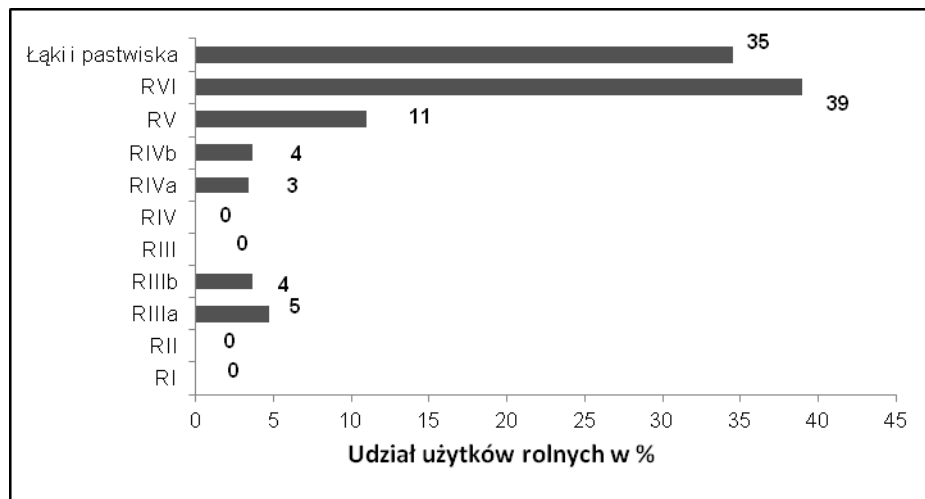
Istotną przyczyną wciąż utrzymującego się wysokiego poziomu zanieczyszczeń w studni 6B jest jednak infiltracja wód potoku Lutnia, przepływającego stosunkowo niedaleko studni, formowana głównie poprzez zrzut wód z kopalni „Tarnów Opolski”. Infiltracja następuje w obrębie leja depresyjnego studni nr 6B ujęcia „Grotowice”. Efektem tej infiltracji jest stały wzrost koncentracji związków azotowych w wodach ujęcia [9, 11].

4. Wpływ zagospodarowania przestrzennego na jakość wody w obszarze ujęcia „Grotowice”

Analizując budowę geologiczną rejonu ujęcia [12] można stwierdzić, że jego zasilanie odbywa się poprzez infiltrację wód opadowych w rejonie na południowy-wschód od ujęcia wody w obszarze wykraczającym poza zasięg osadów kajpru. W opisywanym rejonie pojawia się zasadniczy wpływ antropopresji na jakość wód wapienia muszlowego pozbawionych izolacji utworami nieprzepuszczalnymi. W zasięgu opisywanego obszaru znajduje się szereg niedawno skanalizowanych miejscowości m.in. Miedziana, Kąty Opolskie, Kamień Śląski, Paznowice, Walidrogi, Nakło, Tarnów Opolski, Kosorowice, Przyworzy, Groszowice i Malina [12].

W obszarze zasilania wód podziemnych ujęcia „Grotowice” można zaobserwować następujące ogniska zanieczyszczeń: zakłady przemysłowe, usługowe, magazyny materiałów ropopochodnych, środków ochrony roślin, miejsca zrzutu ścieków, zwirownie, dzikie wysypiska śmieci, zespoły kurników, nieizolowane zbiorniki na gnojowice i wiele innych [12]. Jednak kluczowe pod względem uciążliwości dla środowiska są obiekty położone w rejonie strefy ochronnej ujęcia: Zakłady Naprawcze Mechanizacji Rolnictwa w Przyworach, zakłady techniczno-budowlane „Pol-Bau” w Przyworach, przedsiębiorstwo „Biomar” w Przyworach, zwirownia „Kosorowice-Miedziana”, gminna oczyszczalnia ścieków w Kosorowicach, gminne wysypisko w Kosorowicach oraz cmentarze w Kątach Opolskich i Miedzianej [17].

Obszar strefy ochronnej ujęcia stanowią głównie użytki rolne z dominacją hodowli. Grunty orne stanowią łącznie około 700 ha, natomiast łąki zaledwie 100 ha. Przeważają tu gleby lekkie, które zaliczono do IV, V i VI klasy bonitacyjnej dla, których roczny poziom nawożenia (NPK) zalecono od 185 do 220 kg/ha/rok [5]. Należy zauważyć, iż tzw. dyrektywa azotanowa [16] określająca zasady ochrony wód przed azotanami pochodzenia rolniczego, reguluje dopuszczalną dawkę azotu w wysokości 170 kg N/ha/rok [17]. Strukturę zagospodarowania gruntów rolnych na obszarze strefy przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Struktura użytkowania gruntów w rejonie ujęcia wody „Grotowice”

Fig. 3. The structure of land use in the area of water intake "Grotowice"

Z rys. 3 wynika, że największy udział użytków zajmują gleby klasy VI 35% (gleby orne najslabsze) oraz łąki i pastwiska 35%. Gleby klas III, IV i V zajmują łącznie zaledwie 26 % powierzchni badanego terenu. Gleby o klasie VI użytkowane rolniczo wielokrotnie poddawane są wapnowaniu w celu mineralizacji i odkwaszeniu gleby. Zabiegi te wielokrotnie prowadzą do zwiększenia powstawania zanieczyszczeń azotowych przenikających do wód gruntowych, a z nimi do wód podziemnych. Na terenach łąkowych, na których dochodzi do wypasu, pojawiają się okresowe zanieczyszczenia związkami azotu pochodzącymi z odchodów zwierząt hodowlanych.

Na podstawie przeprowadzonej ankietyzacji [5] stwierdzono, że rolnicy w strefie ujęcia używają głównie nawozów sztucznych typu Polifoska, saletra amonowa i saletra potasowa. Nieliczni rolnicy stosują nawóz naturalny: gnojówka, obornik, nawóz kurzy i gnojowica. Z przeprowadzonych analiz wynika, że dawki azotu mogą być niejednokrotnie przekraczane ponad 170 kgN/ha-rok, zwłaszcza przez rolników prowadzących intensywną gospodarkę rolną i zwierzęcą. Na bezpośredni wzrost zawartości azotanów w glebie po zastosowaniu nawożenia wskazują m.in.: badania lizymetryczne z zastosowaniem różnych dawek nawozów w nawożeniu traw na glebie lekkiej [18]. Wykazano, iż odcieki z gleby lekkiej, która nie była poddana nawożeniu zawierały 9,7 mg NO₃/dm³, natomiast przy zastosowaniu saletry amonowej w dawce 100 kg N/ha/rok obserwowano pięciokrotny wzrost zawartości azotanów (47,8 mg NO₃/dm³). Przy zastosowaniu dawki 150 kg N/ha, poziom NO₃ wzrósł aż do 83,7 mg NO₃/dm³.

Do zanieczyszczeń obszarowych w strefie ujęcia zliczyć należy imisje pyłowe i gazowe pochodzące z tzw. niskiej emisji, czyli spalania paliw stałych oraz odpadów, jak również biomasy w kotłach węglowych o niskiej sprawności. W związku z powyższym występuje relatywne zagrożenie związane z wpływem zanieczyszczenia powstającego podczas spalania paliw stałych [5, 12]. W badaniach prowadzonych przez Ślodziak K. i zespół, przyjęto jako wskaźnik obciążenia azotem powierzchni użytków rolnych w

wysokości 15 kgN/ha-rok [5]. Biorąc pod uwagę powierzchnię strefy ochrony ujęcia „Grotowice” zajmującą 22,26 km², ilość azotu przedostająca się za pomocą depozycji mokrej oszacowano na 33 390 kgN/rok, co w przeliczeniu daje dawkę w wysokości 20,97 kgN/ha. Natomiast według innych badań [19], miesięczna depozycja azotu azotanowego oraz azotu ogólnego wprowadzonego do gleby na obszarze zlewni Odry, wynosiła odpowiednio 0,03-1,35 kg/ha azotu amonowego oraz 0,29-1,28 kg/ha azotu ogólnego.

Istotnymi do rozpatrzenia są również zanieczyszczenia liniowe. Długość dróg krajowych i lokalnych przebiegających w strefie ochrony pośredniej ujęcia „Grotowice” wynosi 12,4 km, co w przeliczeniu na powierzchnię jezdni wynosi 7,4 ha. Na podstawie powyższych danych można obliczyć, iż źródła liniowe zanieczyszczeń w strefie ujęcia dostarczają do środowiska blisko 5,36 kgN/rok [5].

Innym znaczącym źródłem obszarowego zanieczyszczenia znajdującym się w zasięgu oddziaływania ujęcia wody „Grotowice” są czynne wyrobiska wapieni i zakłady przemysłu wapienniczego w Tarnowie Opolskim i w Górażdżach. Zakłady eksploatują kopalnie, w których wydobycie wapieni oraz margli wymaga odwodnienia masywu skalnego do znacznych głębokości. Wyrobiska odprowadzają ponad 100 000 m³/d wód kopalnianych do Odry. Zabiegi te prowadzą do istotnej i znacznej zmiany reżimu i bilansu wodnego cieków przyrzecza Odry. Konsekwencje zmiany cieków w obrębie wyrobisk obserwuje się na przykładzie potoku Lutnia zlokalizowany w strefie ujęcia, który charakteryzuje się specyficznym biało-brunatnym kolorem wody o wysokiej zawartością Ca. Potokiem tym odprowadzane są wody z odwadniania kopali „Tarnów Opolski” [5, 12]. Ze względu na sposób prowadzenia kruszenia skał w ww. zakładach (metoda strzałowa), istnieje prawdopodobieństwo, iż do wód podziemnych mogą dostawać się związki azotu amonowego pochodzące z materiałów wybuchowych, których składnikiem jest saletra amonowa [5].

5. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, iż zagospodarowanie przestrzenne ma dominujący wpływ, obok samej budowy zbiornika, na jakość wody ujęcia „Grotowice”. Największe zagrożenie dla jakości wód w poziomie środkowego triasu wynika z możliwości przenikania ich z poziomu wodonośnego retu, który zawiera wody o podwyższonej mineralizacji i jest ogniskiem zanieczyszczenia wód ujęcie.

Zaprezentowane analizy wskazują również na to, iż obszar poddany badaniom jest podatny na zanieczyszczenia antropogeniczne, a podatność ta wynika zarówno ze względu na budowę geologiczną jak i na użytkowanie tych terenów.

Biorąc pod uwagę przedstawione uwarunkowania i wyniki analiz można wysunąć następujące wnioski:

1. Na pojawianie się w wodach ujęcia „Grotowice” zanieczyszczeń azotowych mogą mieć wpływ wszelakie zanieczyszczenia punktowe, liniowe oraz powierzchniowe. W celu przeprowadzenia dokładnej analizy ich wpływu należy monitorować stężenie azotanów pochodzących z poszczególnych ognisk zanieczyszczeń.
2. Do utrzymania dobrej jakości wody konieczne jest utworzenie strefy ochronnej dla ujęcia. W celu wyznaczenia takiej strefy należy sporządzić model numeryczny uwzględniający budowę geologiczną, warunki hydrogeologiczne, planowaną wielkość poboru wody oraz istniejące zagospodarowanie terenu.
3. Uwzględniając istniejące zagospodarowanie terenu w strefie studni 6B (użytki

- rolne, zastoiska wodne) wskazane jest przeprowadzenie badań o większej częstotliwości w celu określenia stężeń związków azotowych w okresach roztopowych (wiosennych), jak również w czasie długotrwałych opadów deszczu.
4. Na obszarze najbliższej zabudowy mieszkaniowej należy uporządkować gospodarkę wodami opadowymi, tak aby do cieków powierzchniowych nie były odprowadzane niepodczyszczone ścieki z terenów dróg, chodników i placów przydomowych.

Bibliografia

- [1] Dowgiałło J., Kleczkowski A.S., Macioszyk T., Różycki A. [Red.], Słownik hydrogeologiczny, Dep. Geologii, Min. Środowiska, PIG, Warszawa, 2002.
- [2] Virba J. i Zaporozec A. – Giudebook on map ping groundwater vulnerability.,IAH Intern Contribution to Hydrogeology, v.16, Heise Verlag, Hannover, 1994 r., w: Mapa wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie, AGH, Kraków 2011.
- [3] [Kleczkowski A.S. [Red.], 1990, Mapa obszarów GZWP w Polsce wymagających szczególnej ochrony (z objaśnieniami) 1:500000, AGH, Kraków 1990.
- [4] Cieccko P., i.in., [Pod kier.], Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2010 roku, WIOŚ, Kraków, 2011.
- [5] Słodczyk K., i.in. [Red.] Ochrona środowiska w strefie ochrony ujęć wodnych Grotowice, Politechnika Opolska, Opole 2001.
- [6] Landwójtowicz A., Rak A., Stan i prognoza zanieczyszczenia związkami azotowymi wody podziemnej ujęcia „Grotowice”. Materiały VII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody”, Gliwice, Politechnika Śląska, 2013, Vol. 3, s. 103-115.
- [7] Plan zagospodarowania przestrzennego województwa opolskiego, Załącznik nr 1 do uchwały Nr XLVIII/505/2010 Sejmiku Województwa Opolskiego z dnia 28 września 2010 r., dostępny w internecie: http://umwo.opole.pl/docs/tekst_pzpwo_20100.pdf (dostęp dnia 02.04.2014 r.)
- [8] Kryza J., Kryza H., Kościański R.K., Gospodarowanie i zarządzanie zasobami wód podziemnych regionu opolskiego. GZWP - 333 (Trias Opolski), Aquator Sp. z o.o., Wrocław, Kruger Int.Cons.A.S., Kopenhaga, 1998.,
- [9] Landwójtowicz A., Ocena wpływu opadów atmosferycznych na stan zanieczyszczeń azotowych wody ujęcia "Grotowice", Materiały z Konferencji Naukowej Doktorantów i Młodych Naukowców „Młodzi Dla Techniki 2013”, Politechnika Wrocławska, Płock, 2013.
- [10] Aktualizacja Programu Ochrony Środowiska dla miasta Opola na lata 2012-2015 z perspektywą na lata 2016-2019. Załącznik do Uchwały XXXIV/528/12 Rady Miasta Opola z dnia 29 listopada 2012 r.
- [11] Charakterystyka ujęcia „Grotowice” – materiał udostępniony przez WIK Sp. z o.o. w Opolu.

- [12] Kryza, J. Kryza, H. Kościański, R.K. Gospodarowanie i zarządzanie zasobami wód podziemnych regionu opolskiego. GZWP - 333 (Trias Opolski). Aquator Sp. z o.o., Wrocław, Kruger Int.Cons.A.S., Kopenhaga, 1998.
- [13] Rak, A. Stan i prognoza rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń azotowych w wodach podziemnych Triasu Opolskiego. Monografia red. H. Szymańska „Problemy ochrony zasobów wodnych w dorzeczu Odry - 2002”. Szklarska Poręba: PZITS. 2002, 810, 125-133.
- [14] Rak, A. Tukiendorf, A. Groundwater protection of the main basin 333 as one the strategies of environmental protection in the province of Opole, Poland, supported with the European Union means. Monografia “Environmental Engineering”. Stuttgart University of Applied Sciences - Technical University of Opole. 2003, (4)291/2003, 345-351.
- [15] Monitoring wód podziemnych, strona Inspekcji Ochrony Środowiska, <http://mjwp.gios.gov.pl/>, (dostęp 03.04.2014 r.)
- [16] Stan Środowiska w Województwie Opolskim w roku 2011, WIOŚ, OPOLE 2012
- [17] Bielecka H., Projekt stref ochrony ujęcia :Grotowice - Utrata” (studnie 1B, 3B I 6B), Proxima SA. Wrocław, 2001
- [18] Czyżyk F., Kozdraś M. Wpływ nawożenia traw kompostem z osadów ściekowych na skład chemiczny odcieków z gleby w: Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. PAN, Warszawa2003, Z.494 s.85-92.
- [19] Twarowski R. Szykowski A., Gendolla T., Zanieczyszczenia opadów w dorzeczu Odry i ich znaczenie dla gospodarko wodnej. W: Problemy oczyszczania ścieków w dorzeczu Odry. Materiały Konferencyjne, Polnica Zdrój
- [20] Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych, http://www.mos.gov.pl/g2/kategoriaPliki/2009_04/str_001-077.pdf
- [21] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz. U. Nr 143, poz. 896)

