

Agata LANDWÓJTOWICZ\*

## **WPLYW ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO TERENU NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW AZOTOWYCH W WODZIE PODZIEMNEJ UJĘCIA „GROTOWICE”**

W artykule dokonano analizy wpływu zagospodarowania terenu na stan jakościowy ujęcia wody „Grotowice” koło Opola. Przeprowadzona analiza zagospodarowania terenu pozwoliła na określenie głównych czynników zagrożenia dla jakości wód. Oszacowano, które z czynników mogą stanowić największe zagrożenie dla wód podziemnych. Ustalono, że zasilanie ujęcia odbywa się poprzez infiltrację wód opadowych w obszarze poza zasięgiem występowania kajpru. Dlatego też, pozbawione izolacji utworami nieprzepuszczalnymi wody wapienia muszlowego, narażone są na wpływ szeroko pojętych antropopresji. Trzy (1B, 1A i 3B) z czterech studni ujęcia znajdują się na terenie leśnym, jedna (6B) natomiast zlokalizowana jest na terenach łąkowych. Studnia 6 B jest usytuowana najbliżej obszarów zabudowanych, dlatego stwierdzono, iż jest najbardziej narażona na wpływ antropopresji. Pomimo to, że analiza jakości wód ujęcia wykazuje pozytywne i trwałe tendencję obniżania się zawartości zanieczyszczeń azotowych począwszy od 2008 roku, problem zanieczyszczenia związkami azotowymi dla analizowanego ujęcia jest wciąż aktualny. Na podstawie przedstawionych w artykule danych stwierdzono bezpośredni wpływ zagospodarowania przestrzennego na stan jakości ujęcia. Na podstawie przeprowadzonych analiz sformułowano wnioski do dalszych badań. W celu przeprowadzenia dokładnego modelowania należy przeprowadzić aktualizację badań dotyczących stężenia związków azotowych pochodzących z poszczególnych ognisk zanieczyszczeń.

### **1. WPROWADZENIE**

Podatność wód podziemnych na działanie wszelkich zanieczyszczeń jest naturalną właściwością systemu wodonośnego, która określa ryzyko migracji substancji szkodliwych z powierzchni terenu do poziomu wodonośnego. Mianem podatności wód, czy też ich wrażliwości w polskim słowniku hydrogeologicznym określa się również odporność wód na zanieczyszczenia [1]. Wyróżniamy dwa rodzaje podatności: właściwa i specyficzna. Podatność właściwa czyli naturalna warunkowana jest wyłącznie budową geologiczną i warunkami hydrogeologicznymi ujęcia wody i jego strefy. Natomiast podatność specy-

---

\* Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny, ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole

ficzna uwzględnia oprócz warunków podatności właściwej również rodzaj zanieczyszczenia, charakter ogniska zanieczyszczeń oraz jego ładunek [2].

W podobny sposób można rozpatrywać samo zagrożenie wód podziemnych i podzielić je na potencjalne i aktualne. Zagrożenie potencjalne wynika z budowy geologicznej zbiornika, występowania lub braku warstw izolujących zbiornika, warunków zasilania, krążenia, drenażu oraz z zagospodarowania powierzchni terenu. Stopień potencjalnego zagrożenia został określony na podstawie czasu przenikania zanieczyszczeń z powierzchni terenu do zbiornika wód podziemnych oraz ich oddziaływania na te wody [3].

Ogniska zanieczyszczeń można podzielić na: punktowe, liniowe i pasmowe, mało-powierzchniowe i wielko-powierzchniowe [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 składowiska odpadów, źle zaizolowane osadniki rolne (służące do magazynowania gnojowicy, gnojówki lub obornika), obszary upraw rolniczych, obszary opadów pyłów i gazów z atmosfery [5].

Ze względu na pochodzenie zanieczyszczeń można je zakwalifikować do jednej z grup [4]:

- geogeniczne - pojawiające się w wyniku przyrodniczych i geologicznych uwarunkowań,
- antropogeniczne - będące wynikiem działalności i bytowania człowieka,
- poligenetyczne - powstające w wyniku kumulowania się zanieczyszczeń stwarzających zagrożenia dla ludności i uciążliwości techniczne.

Dodatkowo źródłem zanieczyszczenia może być sama atmosfera, 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. 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

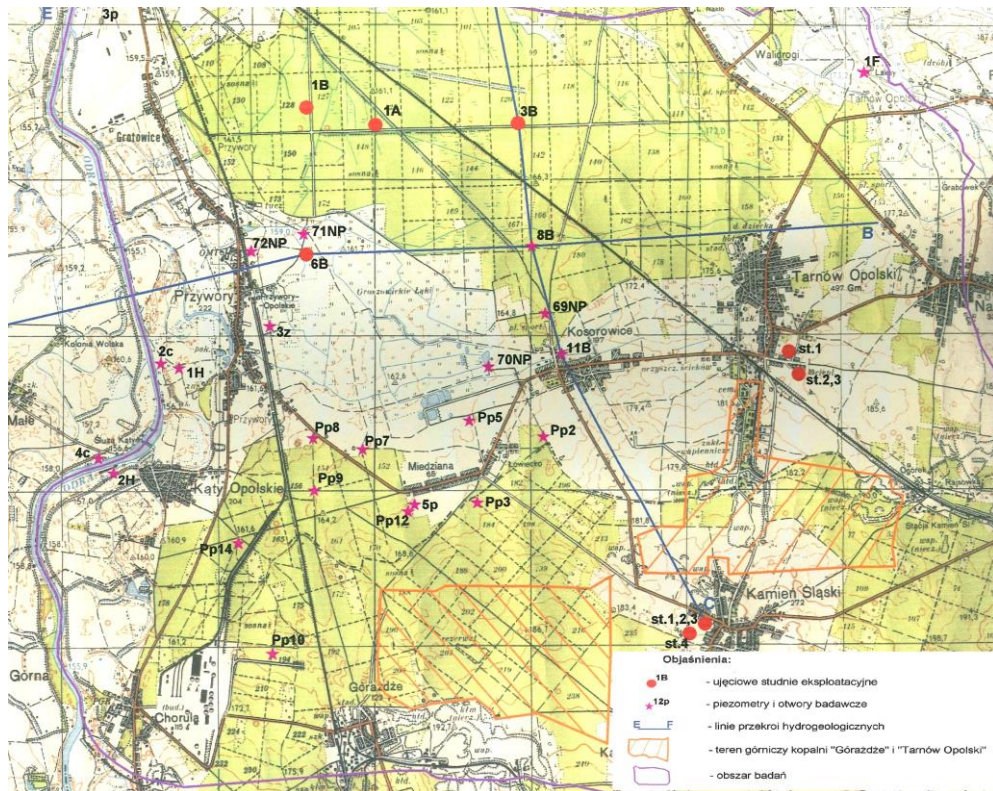
Ujęcie „Grotowice” należące do Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 333 (GZWP) jest jednym z największych jego ujęć. Jest to zbiornik w utworach wapienia muszlowego, gromadzący wody w ośrodku szczelinowo-krasowym [6, 7]

Ujęcie wody Grotowice zlokalizowane jest na wschód od osiedla Grotowice, w mieście Opolu. 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 pobliżu samego ujęcia nie znajdują się żadne zbiorniki wód powierzchniowych zarówno sztuczne jak i naturalne. Powierzchnia zbiornika wynosi 1835 km<sup>2</sup>, a zasoby dyspozycyjne szacuje się na 200 - 225 tys. m<sup>3</sup>/d [6, 7, 8].

W skład ujęcia wchodzi obecnie 4 studnie 1A, 1B, 3B i 6B. Eksploatację studni 1B i 6B rozpoczęto w roku 1995, natomiast studni 3B w 2008 roku. Studnia 1A pełni funkcję studni awaryjnej. Ujęcie „Grotowice”, stanowi obok ujęcia „Zawada” podstawowe źródło zaopatrzenia w wodę mieszkańców Opolu. Wydajność eksploatacyjna ujęcia wynosi 16934,4 m<sup>3</sup>/d [8, 9].

W budowie geologicznej obszaru biorą udział skały karbonu, permu, triasu, kredy, trzeciorzędu i czwartorzędu. Zbiornik wody podziemnej tworzą utwory dolnego i środkowego 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 iłolupki, margle ilaste i wapienie margliste [8, 10].

Zasadniczą rolę w izolacji zbiornika odgrywają ropy kajakowe. W rejonie Opolu pod pokrywą kajaków przepuszczalność ich nie przekracza 400 m<sup>2</sup>/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 [8].



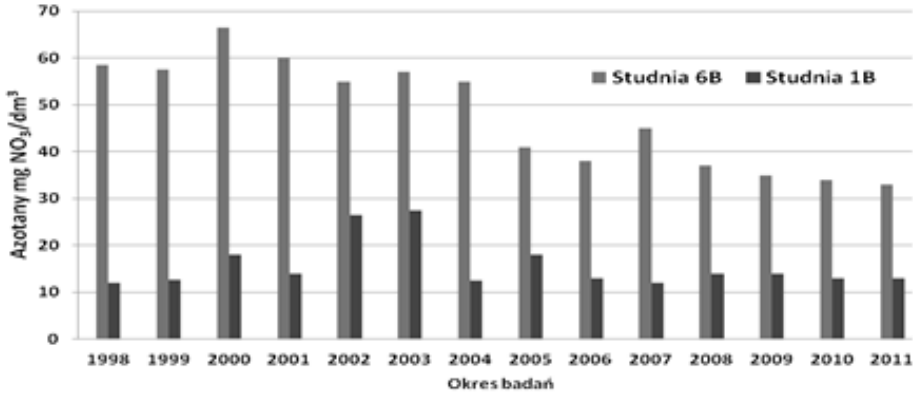
Rys. 1. Lokalizacja studni 1A, 1B, 3B, 6B ujęcia „Grotowice wraz z obszarami oddziaływania kopalni „Góraźdze” i „Tarnów Opolski” [13]

## 2.1. ZANIECZYSZCZENIA POJAWIAJĄCE SIĘ W STREFIE OBIEKTU BADAWCZEGO

Najbardziej aktualnym problemem analizowanego ujęcia jest zawartość związków azotowych spowodowana lokalizacją poszczególnych studni. Trzy z analizowanych badanych studni (1B, 1A i 3B) zlokalizowane są na użytkach leśnych. Natomiast studnia 6B na terenach użytków rolnych (Rys. 1) [6]. Wyniki badań [6] zawartości azotanów w okresie badawczym wskazują, że najwyższe wartości notuje się w wodzie ujmowanej ze studni 6B co obrazuje poniższy wykres.

Maksymalną zawartość oznaczono w lutym 2000 roku i wynosiła  $66,5 \text{ mgNO}_3/\text{dm}^3$ . Nadto należy wskazać, że do roku 2000 zawartość azotanów wzrastała. 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 wynosi poniżej  $27,5 \text{ mgNO}_3/\text{dm}^3$ . Należy jednak zauważyć, że jeszcze do 2003r. następował wzrost zawartości azotanów, a stabilizacja następowała od 2006r. W latach

2006-2011, maksymalna zawartość azotanów w tej studni kształtowała się na poziomie 12-14 mgNO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>. Odchylenie standardowe uzyskanych wyników za ten okres wynosi od 0,613 do 1,144 [6].



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

Na podstawie przeprowadzonych analiz [6] 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. 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.

Należy zauważyć, że ze względu na budowę geologiczną zbiornika dochodzi do różnego rodzaju wymiany wód. W zbiorniku występują wody młode, które infiltrowały w masyw skalny 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 [8, 10].

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 [8, 10].

### 3. ZAGOSPODAROWANIE PRZESTRZENNE W REJONIE UJĘCIA „GROTOWICE”

Na podstawie rys. 1 można zaobserwować, iż studnie 1B, 3B oraz studnia awaryjna 1A znajdują się na obszarach leśnych. Jedynie studnia 6B zlokalizowana jest na terenach łąkowych i położona w bliskiej odległości od zabudowań miejscowości Przywory (500 m.).

Analizując budowę geologiczną rejonu ujęcia [13] 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, Przywory, Groszowice i Malina [13].

W obszarze zasilania wód podziemnych ujęcia „Grotowice” można zaobserwować następujące ogniska zanieczyszczeń: zakłady przemysłowe, usługowe, magazyny materiałów ropopochodnych, środków ochrony roślin, miejsca zrzutu ścieków, żwirownie, dzikie wysypiska śmieci, zespoły kurników, nieizolowane zbiorniki na gnojowice i wiele innych [13]. Jednak kluczowe pod względem uciążliwości dla środowiska są obiekty położone w rejonie strefy ochronnej ujęcia:

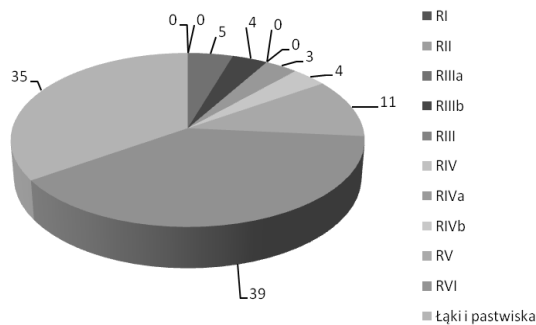
- Zakłady Naprawcze Mechanizacji Rolnictwa w Przyworach,
- Zakłady techniczno-Budowlane „Pol-Bau” w Przyworach,
- Przedsiębiorstwo „Biomar” w Przyworach,
- Żwirownia „Kosorowice-Miedziana”,
- Gminna oczyszczalnia ścieków w Kosorowicach,
- Gminne wysypisko w Kosorowicach,
- Cmentarze w Kątach Opolskich i Miedzianej [14].

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 200 kg/ha (od 185 do 220 kg/ha/rok. [5]. Należy zauważyć, iż tzw.: dyrektywa azotanowa [16] określająca zasady ochrony wód przed azotanami pochodzenia rolniczego, reguluje również dopuszczalną dawkę azotu w przypadku stosowania nawozów naturalnych. Dawka ta wynosi  $170 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  [17]. W dyrektywnie nie ma niestety określonych dawek dla azotu mineralnego.

Strukturę zagospodarowania gruntów rolnych na obszarze strefy przedstawiono w tabeli nr 1 oraz na rys. 3.

Tabela 1. Struktura zagospodarowania ziemi na terenie strefy ochrony pośredniej ujęcia [5]

Sposób zagospodarowanie terenu -rodzaj użytku rolnego	Kosorowice [ha]	Przywory [ha]	Kąty Opolskie [ha]	Miedziana [ha]
RI	0	0	0	0
RII	0	0	0	0
RIIIa	0	39,74	35,27	0
RIIIb	0	34,67	24,02	0
RIII	0	0	0	0
RIV	0	0	0	0
RIVa	3,00	15,82	30,34	5,20
RIVb	5,51	36,71	14,57	1,74
RV	50,56	59,71	26,94	37,41
RVI	44,08	347,34	68,86	160,28
Łąki i pastwiska	209,28	258,67	48,69	33,47
<b>Łącznie</b>	<b>312,42</b>	<b>792,66</b>	<b>248,67</b>	<b>238,10</b>



Rys. 3. Struktura użytkowania gruntów w rejonie ujęcia wody „Grotowice” w ujęciu procentowym [opracowanie własne]

Na podstawie powyższego wykresu (Rys. 3) można stwierdzić, iż największy udział użytków zajmują gleby klasy VI aż 35% (gleby orne najłagodniejsze) oraz łąki i pastwiska, aż 35%. Gleby klas III, IV i V zajmują łącznie zaledwie 26 % powierzchni badanego terenu. Gleby o klasie VI użytkowane rolniczo wielokrotnie poddawane są wapnowaniu (wprowadzanie określonych dawek wapna do gleb zakwaszonych) w celu mineralizacji i odkwaszenia gleby. Proces wapnowania prowadzi do zwiększenia intensywności pobierania azotu z powietrza zarówno przez mikroorganizmy wolnożyjące w glebie (*Azotobacter*), jak również współżyjące z większością roślin motylkowych. Wapnowanie gleb wpływa na intensyfikację rozkładu substancji organicznej oraz proces nityfikacji, które najefektywniej przebiegają przy słabo kwaśnym lub obojętnym odczynie gleby. Dzięki poprawie właściwości fizycznych, biolo-

gicznych i chemicznych 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-

Do analizy przyjęto ilość nawozów (NPK) wprowadzanych do gleb strefy ujęcia w wysokości 310 kgNPK/ha-rok dla gleb klas I–III, 200 kgNPK/ha-rok dla gleby klas IV–VI w przypadku prowadzenia intensywnej produkcji rolniczej oraz odpowiednio 200 kgNPK/ha-rok dla gleby klas I–III i 90 kgNPK/ha-rok dla gleby klas IV–VI w przypadku ekstensywnej produkcji rolniczej. Do oszacowania ilości azotu wprowadzanego do środowiska przyjęto wartość 20% jako średnią zawartość tego pierwiastka w nawozach. W tabeli nr 2 przedstawiono ilość azotu wprowadzanego do gleby w badanej strefie [5].

Tabela 2. Szacunkowe ilości azotu wprowadzanego do gleby [opracowanie własne na podstawie [5]]

Rodzaj gruntów	Ilość nawozów NPK [kg]	Ilość azotu [kg]	Ilość azotu [kg/ha]
Rolnictwo intensywne			
Gleby klas I-III	41443,65	8288,73	5,21
Gleby klas IV-VI	181610,64	36322,13	22,82
Łąki i pastwiska	170534,22	34106,84	21,43
Rolnictwo ekstensywne			
Gleby klas I-III	26737,84	5347,57	3,36
Gleby klas IV-VI	81724,79	16344,96	10,27
Łąki i pastwiska	49509,94	9901,99	6,22

Można zauważyć, iż ilość związków azotowych wprowadzanych do środowiska przy zastosowaniu gospodarki ekstensywnej, zmniejsza się o ponad połowę.

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 (stosowana jest gnojówka, obornik, nawóz kurzy i gnojowica).

Z obserwacji własnych wynika, że dawki azotu mogą być niejednokrotnie przekraczane ponad 170 kgN/ha-rok, zwłaszcza przez rolników prowadzących intensywną gospodarkę rolną i zwierzęcą.

Ze względu na pojawiające się zanieczyszczenia azotowe w wodach ujęcia, istotne są badania pod kątem rocznego zastosowania nawozów zawierających związki azotowe w celu oszacowania zagrożenia wynikającego z gospodarki rolnej. 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 NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>, natomiast przy zastosowaniu saletry amono-



wej w dawce  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  obserwowano pięciokrotny wzrost zawartości azotanów ( $47,8 \text{ mg NO}_3/\text{dm}^3$ ). Przy zastosowaniu dawki  $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  poziom  $\text{NO}_3$  wzrósł aż do  $83,7 \text{ mg NO}_3/\text{dm}^3$ .

Kolejnym problemem zanieczyszczenia obszarowego w strefie są emisje 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 (tab. 3) [5].

Tabela 3. Ilość azotu przekazywana do powietrza podczas spalania paliw stałych w strefie ujęcia „Grotowice”[5]

Paliwo	Zawartość azotu [%]	Szacunkowe zużycie paliwa [kg/rok]	Ilość azotu [kg/rok]
Węgiel kamienny	2,00	2712000	54000
Olej	0,03	108360000	40
Drewno	0,25	375000	900
<b>Łącznie</b>	-	<b>22000</b>	<b>54940</b>

Na podstawie tabeli 3 można stwierdzić, iż ilość związków azotowych wprowadzanych do powietrza ze spalania paliw stałych wynosi  $54940 \text{ kg}$  rocznie [5].

Podobny problem stanowią emisje przemysłowe pojawiające się w rejonie Zdzieszowic, Choruli, Blachowni, Kędzierzyna Koźła oraz Opola [13]. W badaniach prowadzonych przez Słodczyk i zespół [5], przyjęto jako wskaźnik obciążenia azotem powierzchni użytków rolnych w wysokości  $15 \text{ kgN/ha}\cdot\text{rok}$  [15]. Biorąc pod uwagę powierzchnię strefy ochrony ujęcia „Grotowice” zajmującą  $2226 \text{ ha}$ , ilość azotu przedstawiana się za pomocą depozycji mokrej oszacowano na  $33\,390 \text{ kgN/rok}$ . Natomiast według innych badań [15], miesięczna depozycja azotu azotanowego oraz azotu ogólnego wprowadzonego do gleby na obszarze zlewni Odry, wyniosły odpowiednio  $0,03\text{--}1,35 \text{ kg/ha}$  azotu amonowego oraz  $0,29\text{--}1,28 \text{ kg/ha}$  azotu ogólnego. Na podstawie tych badań (biorąc pod uwagę powierzchnię strefy ochronnej i maksymalną wartość miesięcznej depozycji w przeliczeniu na rok dla azotu ogólnego –  $15,36 \text{ kgN/rok}$ ), można oszacować wielkość depozycji mokrej, która wynosi  $34191 \text{ kgN/rok}$ .

Istotnymi do rozpatrzenia są również zanieczyszczenia liniowe. Długość dróg krajowych i lokalnych przebiegających w strefie ochrony pośredniej ujęcia „Grotowice” wynosi  $12,4 \text{ km}$ , co w przeliczeniu na powierzchnię jezdni wynosi  $7,4 \text{ ha}$ . Na podstawie powyższych danych można obliczyć, iż źródła liniowe zanieczyszczeń w strefie ujęcia dostarczają do środowiska blisko  $5,36 \text{ kgN/rok}$  [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 wydobyte wapieni oraz margli wymaga odwodnienia masywu skalnego do znacznych głębokości. Wyrobiska odprowadzają ponad

100 000m<sup>3</sup>/d wód kopalnianych do Odry. Zabiegi te prowadzą do istotnej i znacznej zmiany reżimu i bilansu wodnego cieków przyrzecza Odry. Na rys 4. przedstawiono widok potoku Lutnia znajdującego się w strefie ujęcia, na którym można zaobserwować charakterystyczny kolor wody niosącej ze sobą cząsteczki wapna. Potokiem tym odprowadzane są wody z odwadniania kopalni „Tarnów Opolski” [5, 13].



Rys. 4. Potok Lutnia zlokalizowany w strefie ujęcia wody „Grotowice” [opracowanie własne]

Tabela 4. Ilość azotu powstająca z poszczególnych ognisk zanieczyszczeń w strefie ujęcia „Grotowice” [5]

Pochodzenie zanieczyszczeń		Ilość azotu [kg/ha-rok]
Rolnictwo	intensywne	49,45
	ekstensywne	19,85
Depozycja mokra		15,00
Komunikacja		0,0024
Łącznie		84,30*
		34,85**

\*w przypadku zanieczyszczeń pochodzących z rolnictwa intensywnego

\*\*w przypadku zanieczyszczeń pochodzących z rolnictwa ekstensywnego

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].

Przedstawione powyżej badania dotyczące wpływu zanieczyszczeń azotowych z zagospodarowania przestrzennego rejonu ujęcia „Grotowice” ukazują szereg ognisk zanieczyszczeń zlokalizowanych w omawianej strefie. Na podstawie poniższej tabeli (tab. 4.) można stwierdzić, iż zanieczyszczenia azotowe wprowadzane do strefy ujęcia „Grotowice” w ciągu roku mieszczą się w przedziale od 3988,19 kgN/rok do 4017,79 kgN/rok (w zależności od sposobu użytkowania gruntu).

#### 4. WPŁYW BUDOWY GEOLOGICZNEJ NA PRZENIKANIE ZANIECZYSZCZEŃ Z POWIERZCHNI OBSZARU UJĘCIA WODY „GROTOWICE”

Ochrona jakości wód ujęcia „Grotowice” związana jest głównie z zagadnieniami zagospodarowania przestrzennego. W omawianym ujęciu eksploatuje się głównie warstwę wodonośną w osadach środkowego triasu. O podatności warstw wodonośnych na zanieczyszczenia przenikające z powierzchni terenu decyduje głównie istnienie nadkładu oraz jego charakter. Miąższość nadkładu wynosi od kilkunastu metrów na południu od ujęcia do ponad 140 m na północy. W samych studniach ujęcia miąższość nadkładu wynosi od 74 m w studni 3B do 30 m w studni 6B. W części południowej w obszarze zasilania ujęcia, gdzie obserwuje się brak nadkładu izolującego, przepuszczalne osady triasowe stwarzają bardzo dobre warunki dla migracji zanieczyszczeń. Można się spodziewać, że do studni 6B, znajdującej się przy południowej granicy zasięgu utworów kajpru, mogą dopływać wody infiltrujące do wód podziemnych z pobliskiego potoku Lutnia. Potokiem tym odprowadzane są wody z odwadniania kopalni „Tarnów Opolski” zawierające znaczne ilości związków azotowych [15].

Płytkie wody gruntowe odzwierciedlające intensywność wszystkich opisanych procesów zanieczyszczających, zawierają wysokie stężenia azotanów i na przeważającej części obszaru jakość ich dalece odbiega od wymaganej jakości dla wód pitnych. W głębszych wodach wapienia muszlowego obserwuje się zróżnicowane wartości związków azotowych, które są bezpośrednio powiązane z zasięgiem północnej części zbiornika przykrytego osadami kajpru (izolującego wpływ zanieczyszczeń). Stężenie azotanów w części północnej jest kilkakrotnie mniejsze od wartości stężeń w części południowej i nie przekracza  $5\text{mgNO}_3/\text{dm}^3$ . Natomiast w części południowej, która nie jest izolowana zanieczyszczenia azotowe plasują się w granicach od  $25\text{mgNO}_3/\text{dm}^3$  do  $50\text{mgNO}_3/\text{dm}^3$  (czasem nawet powyżej).

## 5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że zagospodarowanie przestrzenne ma bezpośredni wpływ 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, a zwłaszcza w przypadku ich nadmiernej eksploatacji.

Przeprowadzone analizy [8] wskazują również na wpływ opadów atmosferycznych na przenikanie zanieczyszczeń azotowych do wód ujęcia „Grotowice”. Można stwierdzić, iż ilość dni z opadem ma wpływ na wielkość zanieczyszczeń azotowych pojawiających się w badanych studniach zbiornika wód podziemnych. Natomiast wysokość opadów nie ma tak bezpośredniego wpływu [8].

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 wpływu należy monitorować stężenie omawianych zanieczyszczeń 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.

## LITERATURA

- [1] DOWGIAŁŁO J., KLECKOWSKI A.S., MACIOSZYK T., RÓŻYCKI A. [red.], Słownik hydrogeologiczny, Dep. Geologii, Min. Środowiska, PIG, Warszawa, 2002.
- [2] VIRBA J. I ZAPOROZEC A. – *Guidebook on mapping 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] CIECKO 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] 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.
- [8] 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.
- [9] *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.
- [10] *Charakterystyka ujęcia „Grotowice”* – materiał udostępniony przez WIK Sp. z o.o. w Opolu.
- [11] 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”. PZITS, Szklarska Poręba, 2002, 810, 125-133.
- [12] RAK, A. *Wpływ powodzi 1997 roku na jakość wód podziemnych i systemu zasilania w wodę miasta Opola*. Materiały IV Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy oczyszczania ścieków i ochrony wód w dorzeczu Odry”, PZITS, Kudowa Zdrój, 1998, 5-6.
- [13] KRYZA, J. KRYZA, H. KLEŚTA, W. *Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej w celu ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wody w utworach triasowych „Grotowice” koło Opola*. Aquator Sp. z o.o., Wrocław, 2012.
- [14] BIELECKA H., *Projekt stref ochrony ujęcia :Grotowice - Utrata” (studnie 1B, 3B i 6B)*, Proxima SA. Wrocław, 2001.
- [15] TWAROWSKI R. SZYKOWSKI A., GENDOLLA T., *Zanieczyszczenia opadów w dorzeczu Odry i ich znaczenie dla gospodarki wodnej*. [w]: Problemy oczyszczania ścieków w dorzeczu Odry. Materiały Konferencyjne, Polanica Zdrój.
- [16] Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego. Dz.U.UE L 375.
- [17] *Ustawa o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r. Dz.U. 2007 Nr 147 poz. 1033*.
- [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, Warszawa 2003, Z.494 s.85-92.

#### INFLUENCE OF LAND USE ON THE CONTENT OF NITROGEN COMPOUNDS IN GROUNDWATER INTAKE "GROTOWICE"

This article analyzes the impact of land use on the area of water intake on the water quality intake "Grotowice" near Opole. The analysis of land use allowed for the identification of major risk factors for water quality. Based on studies was estimated factors which may constitute the greatest threat to groundwater. Despite the fact that the analysis of water quality intake shows a positive and last trend decrease in

the content of nitrogen pollution since 2008, the problem of contamination by nitrogenous compounds for the analyzed intake is still up to date. On the basis of the data presented in the article a direct impact on the state of spatial quality intake has been stated. Based on the conducted analysis, conclusions were formulated for further research were formulated.