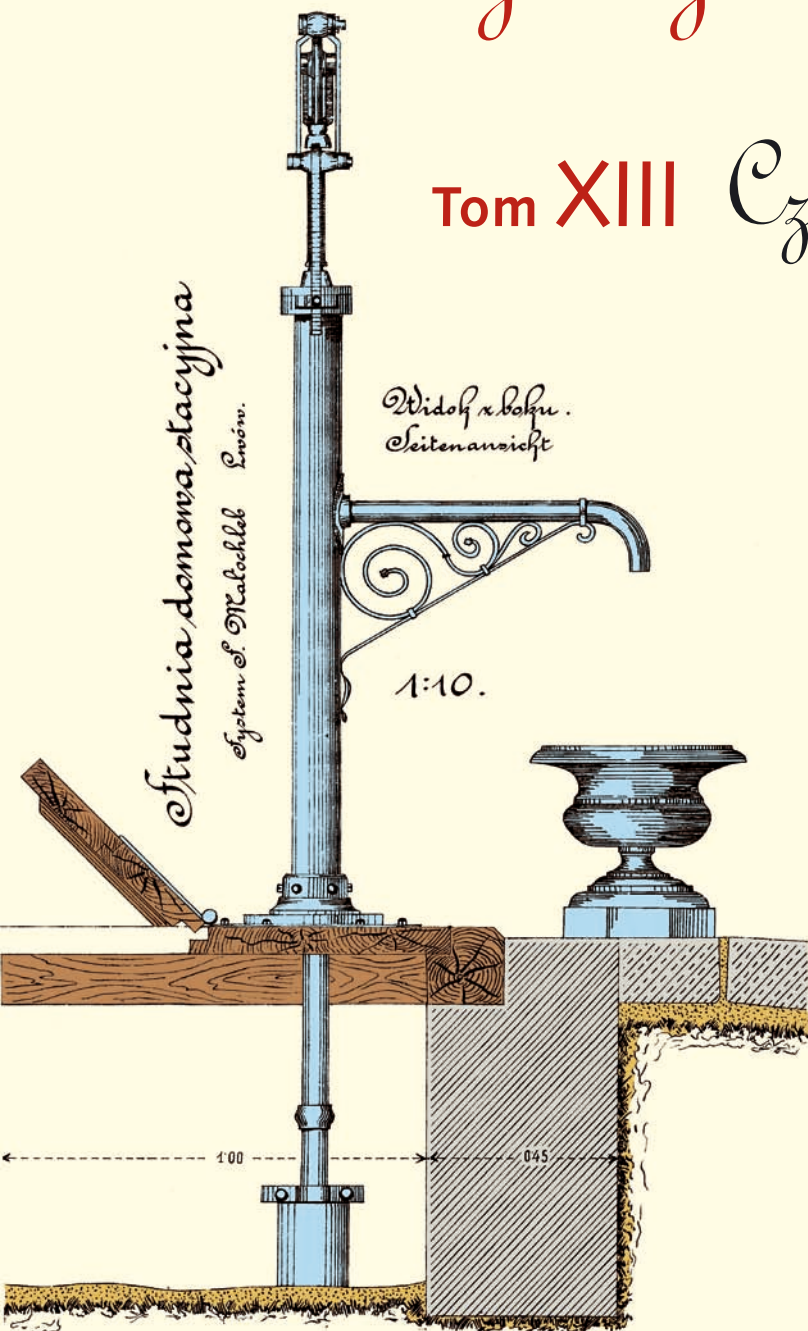


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 2.



Copyright © Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków 2007



Wydanie publikacji zostało sfinansowane przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Recenzenci:

Jadwiga Szczepańska
Wojciech Ciężkowski
Józef Górski
Andrzej Kowalczyk
Ewa Krogulec
Grzegorz Malina
Jerzy Małecki
Marek Marciniak
Jacek Motyka
Marek Nawalany
Jan Przybyłek
Andrzej Rózkowski
Andrzej Sadurski
Andrzej Szczepański
Stanisław Staško
Stanisław Witczak
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

Teksty artykułów w częściach 2. i 3. zostały wydrukowane z wersji elektronicznej dostarczonej przez Autorów, metodą bezpośredniej reprodukcji (*camera ready*)

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

Na okładce: fragment projektu studni miejskiej we Lwowie z 1906 roku
— ze zbiorów prof. **Antoniego S. Kleczkowskiego** (1922–2006)

Korekta: Zespół

Skład komputerowy systemem $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$: pre $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ t, www.pretext.com.pl

Druk: ROMA-POL, www.romapol.pl

ISBN-13 978-83-88927-16-4

**Grzegorz Malina, Zbigniew Kaczorowski,
Jerzy Mizera**

**Zintegrowany system gospodarowania
GZWP 326 dla ochrony zasobów wodnych**

**Integrated Management System for Protection
of MGWB 326**

Słowa kluczowe

azotany, ochrona wód, sterowanie pracą ujęć, zintegrowane gospodarowanie, zasoby wodne

Key words

nitrate, groundwater protection, water extraction regime, integrated management, water resources

Abstract

The main goal was to develop the integrated system for management and prevention of water resources of the upper Jurassic Major Ground Water Basin (MGWB 326). Based on the complex site characterization (integration of existing data and field investigations), the thematic (hydrological, hydrogeological, hydrogeochemical, vulnerability) maps were created, whereas all data were included in the developed GIS databases. They were used to develop and verify mathematical fate and transport models for MGWB 326, which allowed for prognoses of nitrate concentrations distributions in groundwater depending on extraction regimes of water intakes, as well as for designing of the efficient local groundwater monitoring systems. The integrated system is developed to optimise the water extraction regime to protect (quantitatively and qualitatively) groundwater resources, based on verified prognoses of nitrate concentrations distribution, local groundwater monitoring, water intakes protection zones, and the spatial site planning within the MGWB 326, particularly on the areas with a high degree of risk to adjacent groundwater bodies.

Wprowadzenie

Główny Zbiornik Wód Podziemnych (GZWP 326) stanowi jeden z najbardziej zasobnych rezerwuarów dobrej jakości wody w Polsce (Kleczkowski, 1990). Podmiotem gospodarczym korzystającym z zasobów zbiornika jest Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Okręgu Częstochowskiego (PWiK) S.A. Część zbiornika o powierzchni ok. 170 km², leżąca na południowy-wschód od Częstochowy (GZWP 326S) posiada zatwierdzone zasoby dyspozycyjne (4220 m³/h) i eksploatacyjne (2700 m³/h), zasilając zbiorowe ujęcia Mirów i Olsztyn (Mizera i in., 2000a). Część północno-zachodnia (GZWP 326N) ma zatwierdzone zasoby eksploatacyjne w ilości 8900 m³/h na powierzchni ok. 570 km² i zasila zbiorowe ujęcia wody Wierzchowisko i Łobodno oraz pomocnicze ujęcia zlokalizowane na terenie Częstochowy oraz okolicznych gmin (Mizera i in., 2000b). Granicą części zbiornika jest rzeka Warta, przecinająca wychodnie górnourajskich wapieni i stanowiąca w różnych odcinkach biegu bazę drenażu lub strefy zasilania wód podziemnych.

Bardzo słaby stopień naturalnej izolacji warstw wodonośnych oraz szczelinowo-krasowe warunki przepływu wód (duże prędkości filtracji/fluacji) powodują stałe zagrożenie GZWP 326 ze względu na możliwość zanieczyszczenia oraz postępującą degradację stanu chemicznego wód (Szczepański i in., 1999). Zidentyfikowano główne ogniska zanieczyszczeń oraz substancje zanieczyszczające (Karwowska, 2003; Dąbrowska i in., 2005; Malina, 2006), a od pewnego czasu obserwuje się wzrost zanieczyszczenia wód zbiornika przede wszystkim związkami chromu i azotu (Hermański, 1993; Szczepański i in. 2000). Ponadnormatywny wzrost stężeń związków azotu w wodzie ujęcia Wierzchowisko spowodował konieczność uzdatniania wody metodą biologicznej denitryfikacji (Zatońska, 2001). Obserwuje się także stały trend wzrostu stężenia związków azotu w wodach eksploatowanych przez ujęcie Łobodno (Malina, 2006). W rejonie ujęcia Mirów wody podziemne zostały zanieczyszczone azotem amonowym i cyjankami (Karwowska, 2003).

Dla tak zdefiniowanego problemu jako główny cel pracy przyjęto opracowanie Zintegrowanego Systemu Gospodarowania (ZSG) GZWP 326, który umożliwi bardziej efektywną eksploatację ujęć PWiK i ochronę stanu chemicznego zasobów wód podziemnych.

Metodyka badań

Na podstawie analizy dostępnych danych oraz wykonanych zdjęć (hydrologicznych, hydrogeologicznych, hydrogeochemicznych i sozologicznych) opracowano mapy tematyczne GZWP 326 oraz bazy danych Systemu Informacji Przestrzennej (GIS) (Malina, 2006). Uzyskane wyniki posłużyły do opracowania i weryfikacji modeli matematycznych dynamiki wód podziemnych i migracji zanieczyszczeń dla GZWP 326 oraz umożliwiły prognozowanie rozkładu stężeń związków azotu w zależności od reżimu eksploatacji ujęć (Kaczorowski i in. 2006a,b). Stanowiły także podstawę do opracowania koncepcji efektywnego monitoringu lokalnego GZWP 326 oraz osłonowego ujęć PWiK (Malina, 2006). Do modelowania użyto programu MT3D bazującego na rozwiązaniu dynamiki programem MODFLOW, który umożliwia modelowanie trójwymiarowej, adwekcyjno-dyspersyjnej migracji zanieczyszczeń z uwzględnieniem sorpcji oraz zadawanie zmiennej w polu dyspersji i zmiennego w czasie

ładunku zanieczyszczeń wchodzącego do warstwy wodonośnej. Modelowanie numeryczne wraz z analizą przestrzenną danych wg GIS w postaci pakietu ArcView 8, umożliwiło łączenie informacji geograficznej (w formie mapy elektronicznej) z danymi o obiektach przestrzennych i środowisku (ogniska zanieczyszczeń, zakłady przemysłowe, ujęcia wody, sposób zagospodarowania terenu). Do lokalizacji obiektów środowiskowych (ogniska zanieczyszczeń, studnie, piezometry) zastosowano Systemu Nawigacji Satelitarnej (GPS).

Przyjęte podejście jest zgodne z polityką UE w zakresie zintegrowanej gospodarki wodnej. Znajduje to swoje odzwierciedlenie w dyrektywie ogólnej 80/68/EEC, a rozwinięcie w ramowej dyrektywie wodnej (RDW) (2000/60/EC) i wprowadzonej w grudniu 2006 tzw. dyrektywie-córce (2006/118/EC), której zadaniem jest zapewnienie kontynuacji ochrony wód podziemnych po uchyleniu dyrektywy 80/68/EEC w roku 2013, z uwzględnieniem innych obowiązujących dyrektyw (składowiska odpadów, woda pitna, związki azotu w wodzie, itp.).

Koncepcja Zintegrowanego Systemu Gospodarowania GZWP 326

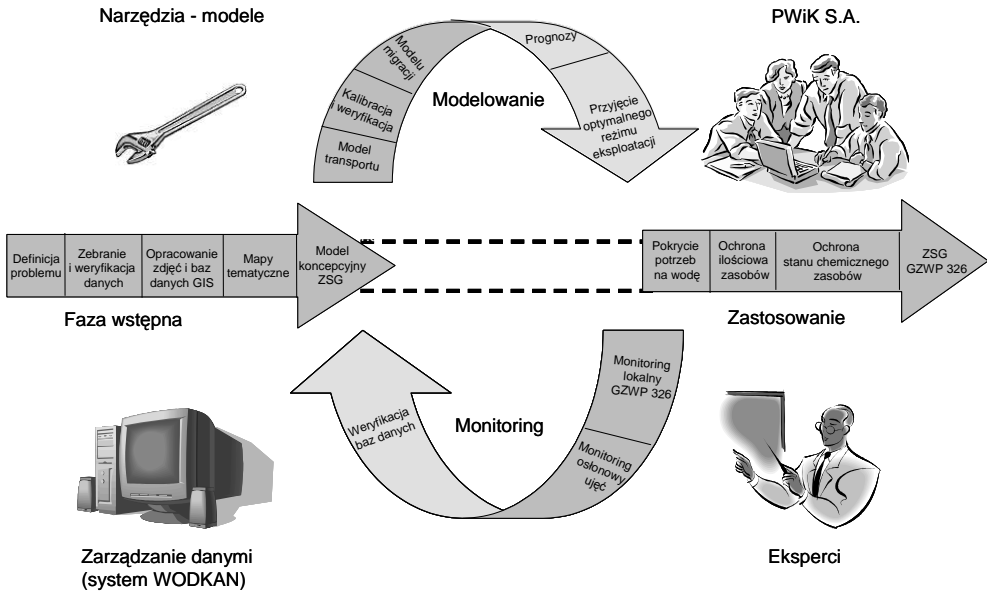
Badania modelowe wykazały, że jakość wody GZWP 326, przy aktualnym sposobie gospodarowania, będzie ulegała stałemu pogarszaniu (Kaczorowski i in., 2000a,b). Podstawą ZSG GZWP 326, którego schemat koncepcyjny pokazano na rysunku 1, jest optymalizacja sterowania pracą ujęć w oparciu o weryfikację prognoz rozkładu stężeń zanieczyszczeń (głównie związków azotu), z uwzględnieniem monitoringu lokalnego i osłonowego, stref ochrony pośredniej ujęć oraz planów zagospodarowania przestrzennego w obszarze GZWP 326, zwłaszcza na terenach o dużym stopniu zagrożenia wód podziemnych. Elementem łączącym aspekty ochrony ilościowej i jakościowej (stanu chemicznego) jest sterowanie reżimem eksploatacji (pracą ujęć) w taki sposób, aby zapewniając pełne pokrycie zapotrzebowania na wodę uzyskać bezpośredni wpływ na ładunki zanieczyszczeń w strumieniu wód dopływających do ujęć. W ten sposób nie stosując nadmiernej eksploatacji zasobów można chronić ujęcia przed skażeniem. Integracja polega na powiązaniu ze sobą tych elementów (rys. 2).

ZSG GZWP 326 wskazuje kierunki działań w przypadku czterech scenariuszy eksploatacji ujęć (rys. 3) i winien zapewnić:

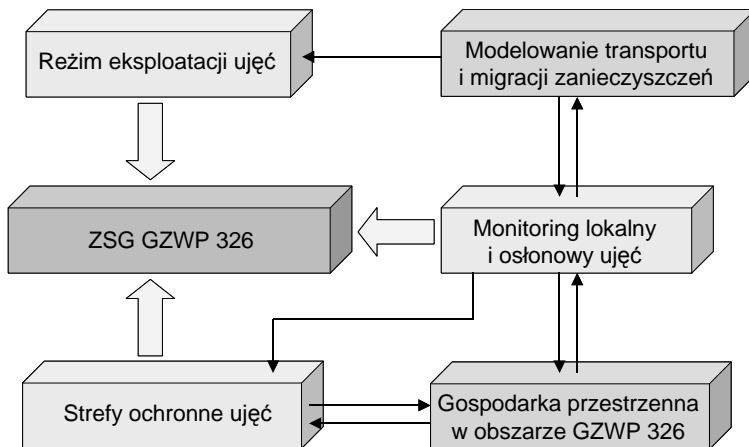
- pełne pokrycie zapotrzebowania na wodę,
- ograniczenie ujemnego wpływu na środowisko,
- pobór możliwej najlepszej jakości wody, aby jej uzdatnianie było jak najmniej kosztowne,
- ochronę stanu chemicznego wód poprzez redukcje lub całkowite wyeliminowanie ładunku zanieczyszczeń przedostającego się do zbiornika.

Z przedstawionych problemów dwa już dotknęły GZWP 326. Wody ujęcia Wierzchowisko, Łobodno i Mirów są zanieczyszczone i zgodnie z wynikami modelowania należy

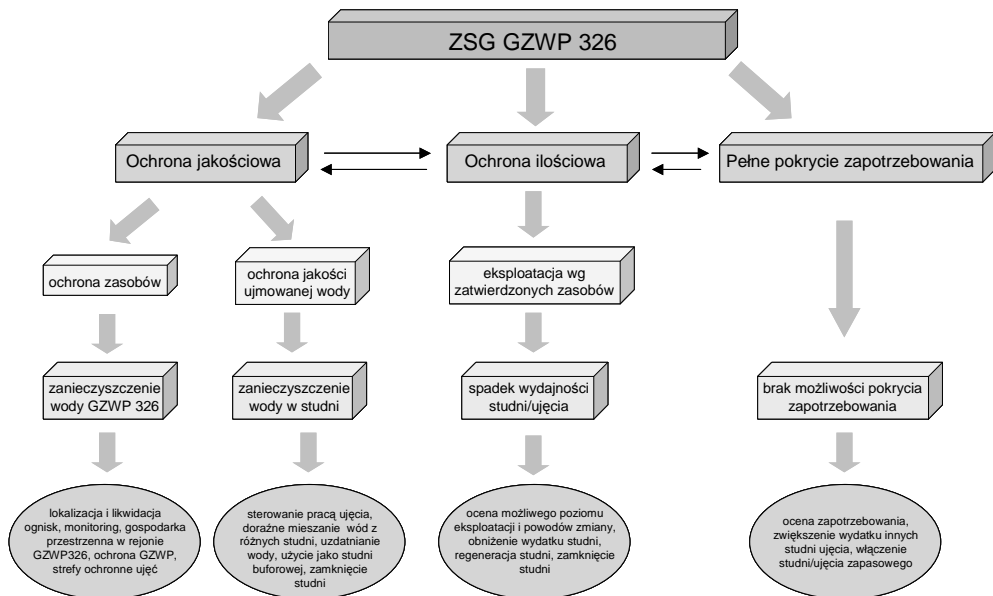
prorowadzić ich eksploatację z określonymi wydatkami (Kaczorowski i in., 2006a,b). Rozwiązanie drugiego problemu dotyczy bezpośrednio likwidacji ognisk zanieczyszczeń zlokalizowanych na kierunkach spływu wody do ujęć oraz realizacji (w zaplanowanym zakresie) monitoringu lokalnego GZWP 326 i ostonowego ujęć.



Rysunek 1. Zintegrowany System Gospodarowania (ZSG) GZWP 326 – Koncepcja
Figure 1. Concept of integrated management system for MGWB 326



Rysunek 2. Elementy Zintegrowanego Systemu Gospodarowania (ZSG) GZWP 326
Figure 2. Elements of integrated management system for MGWB 326



Rysunek 3. Działania w ramach Zintegrowanego Systemu Gospodarowania (ZSG) GZWP 326

Figure 3. Main actions within integrated management system for MGWB 326

Wdrożenie ZSG w warunkach PWiK dotyczy analizy wybranych parametrów (związki azotu), i na tej podstawie oceny skutków wprowadzenia systemu, zarówno pod kątem racjonalizacji gospodarowania zasobami jak i poprawy jakości ujmowanych wód podziemnych w rejonie referencyjnym (ujęcie Łobodno). Narzędziami niezbędnymi do wdrożenia i prawidłowego funkcjonowania ZSG są scenariusze i prognozy uzyskane na podstawie modelowania dynamiki wód podziemnych i migracji zanieczyszczeń oraz monitoring lokalny i osłonowy ujęć. Dane z punktów monitoringowych (pomiar poziomu zwierciadła wody i wskaźniki fizyko – chemiczne wody) stanowią podstawę modyfikacji systemu WODKAN (INFOKART, 2003). Uzupełnia on funkcjonujący od 1993 roku system RTMC służący do sterowania i monitoringu instalacji wodociągowych (m.in. studni głębinowych, pompowni wody, stacji uzdatniania i dezynfekcji, zbiorników magazynowych wody). System WODKAN umożliwia, m.in. pełną ewidencję i aktualizację danych dotyczących ujęć i źródeł poboru wody, sieci wodociągowych i kanalizacyjnych, uzbrojenia i armatury, jak również ewidencję wszystkich informacji o przyłączach wodno-kanalizacyjnych (mapy rastrowe i wektorowe w skali 1:500). Od roku 2006 roku, w ramach wdrożenia ZSG, system jest rozbudowywany o nowe moduły obsługujące rastrowe mapy numeryczne GIS w skalach 1:25 000 i 1:50 000, co pozwala na graficzne odwzorowanie obiektów na mapach obejmujących cały rejon działalności PWiK. Pliki z danymi opisowymi i geometrycznymi przechowywane są w bazie danych GIS, w której umieszczono wszystkie dane zebrane, przeanalizowane i zweryfikowane w trakcie realizacji projektu (tzw. zintegrowany model danych). System zapewnia podgląd i edycję

danych, wydruki kompozycji mapowych i map, edycje danych geometrycznych, pomiary odległości i pól powierzchni. Dane podzielone są na dwie zasadnicze warstwy tematyczne: „hydrogeologia” i „sozologia”. Podkład topograficzny systemu stanowią mapy cyfrowe w skali 1:50 000, w układzie 1992 (15 arkuszy) oraz mapy w skali 1:25 000, w układzie 1965 (16 arkuszy). Każdy punkt monitoringu stanowi oddzielny obiekt z praktycznie nieograniczonym polem opisowym, do którego można wprowadzać zarówno dane graficzne jak i tekstowe. Dane mogą być przetwarzane i wizualizowane w formie wykresów i tabel.

Analiza zmienności składu chemicznego wód w poszczególnych studniach i piezometrach pozwoli na prognozę pracy danej studni, dynamiki wzrostu zanieczyszczeń w rejonach eksploatacji i kierunków migracji, a co za tym idzie daje możliwość wskazania studni, którym grozi wyłączenie z eksploatacji. Umożliwia także wytypowanie obszarów perspektywicznych dla poszukiwania nowych źródeł zaopatrzenia w wodę podziemną (obszary, na których istnieją możliwości budowy ujęć), bądź też eliminację niektórych obszarów nie perspektywicznych.

Wprowadzone do systemu WODKAN dane archiwalne, w połączeniu z aktualnymi danymi z projektowanego monitoringu lokalnego GZWP 326 i osłonowego ujęć, będą stanowić podstawę do systematycznej (co 5 lat) weryfikacji modeli dynamiki wód podziemnych i migracji zanieczyszczeń w rejonie GZWP 326 oraz wykonania prognoz, które określać będą strategiczne kierunki działań PWiK dotyczące optymalnej eksploatacji zbiornika. Aktualizowane modele matematyczne stanowić będą także podstawę wykonywania dokumentacji hydrogeologicznych poszczególnych ujęć, weryfikacji stref ochronnych, wykonywania orzeczeń hydrogeologicznych dotyczących, np. zasięgu leja depresyjnego ujęć.

Podsumowanie

W efekcie wdrożenia ZSG oczekuje się obniżenia/likwidacji ryzyka związanego z dalszą degradacją wód GZWP 326. Według prognoz opartych o wyniki badań modelowych, w przypadku produkcji wody na obecnym poziomie oraz wprowadzaniu do warstwy wodonośnej ładunku zanieczyszczeń na poziomie zbliżonym do obecnego, stężenie związków azotu (priorytetowy parametr) w niektórych studniach ujęcia Łobodno (obszar referencyjny) już w 2010 roku może przekroczyć wartość dopuszczalną. Ocenia się, że wdrożenie ZSG pozwoli na zatrzymanie, a w przypadku niektórych studni ujęcia nawet odwrócenie, obserwowanego od pewnego czasu trendu wzrostu stężenia związków azotu, a w efekcie na uniknięcie przekroczenia wartości dopuszczalnej w roku 2010.

Wymierne korzyści ekonomiczne związane są natomiast z uniknięciem kosztów wprowadzania ewentualnego uzdatniania wody (jak w przypadku ujęcia Wierzchowisko) dla innych ujęć eksploatujących wody GZWP 326.

ZSG stanowi podstawę sporządzania dokumentacji hydrogeologicznych i operatów niezbędnych dla uzyskania pozwoleń wodno-prawnych na pobór wód podziemnych i do wyznaczania zasięgów stref ochrony pośredniej ujęć, co eliminuje konieczność wykonywania w przyszłości pojedynczych dokumentacji dla poszczególnych obiektów.

Wskazanie obszarów GZWP 326, w których występuje szczególna podatność wód podziemnych na zanieczyszczenie (nie tylko w strefach ochrony pośredniej ujęć), umożliwi przedstawienie udokumentowanych merytorycznie dowodów zagrożeń związanych z lokalizacją w planach zagospodarowania przestrzennego obiektów uciążliwych, a także zaleceń odnośnie sposobów zagospodarowania powierzchni terenu, z punktu widzenia ochrony wód. Dodatkowym atutem w tych dyskusjach mogą być wyniki badań w ramach wprowadzonego systematycznego monitoringu lokalnego GZWP 326 oraz osłonowego ujęć.

Literatura

- Dąbrowska L., Malina G., Karwowska E., 2005: *Antropogeniczne zmiany jakości wód podziemnych w wybranych ujęciach regionu częstochowskiego*. [W]: Współczesne Problemy Hydrogeologii, tom XII, Wyd. UMK Toruń, str. 149-154.
- Hermański, S., 1993: *Sprawozdanie z badań zanieczyszczenia wód podziemnych związkami Cr*. GEOBIOS Sp. z o.o. Częstochowa (maszynopis).
- INFOKART, 2003: *Komputerowe wspomaganie zarządzania eksploatacją sieci wodociągowych i kanalizacyjnych – System WODKAN*, INFOKART Warszawa.
- Kaczorowski Z., Mizera J., Malina G., Janczarek K., Rychliński T., Pacholewski A., 2006a: *Weryfikacja modeli hydrodynamiki i migracji związków azotu w rejonie ujęć wód podziemnych Łobodno i Wierzchowisko (GZWP 326N)*. [W]: Modelowanie Przepływu Wód Podziemnych, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, str. 121-130.
- Kaczorowski Z., G. Malina G., Mizera J., Pacholewski A., Rychliński T., Janczarek K., 2006b: *Zmiany stężenia związków azotu w GZWP 326(S) w rejonie eksploatacji PWiK Okręgu Częstochowskiego*. [W]: „Aktualne problemy hydrogeochemii” - Mat. X Konf. Naukowej Hydrogeochemia'06, Rubin H., Kowalczyk A. (red.). WNoZ UŚ Sosnowiec, str. 32-35 (pełny tekst na CD).
- Karwowska E., 2003: *Wpływ zanieczyszczeń przemysłowych na wody podziemne regionu częstochowskiego*. Praca magisterska WliOŚ P.Cz., Częstochowa (maszynopis).
- Kleczkowski A.S. (red.), 1990: *Mapa obszarów Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1:500.000*. C.P.B.P.04.10 podprogram 04.10.09, AGH Kraków.
- Malina G. (red.), 2007: *Zintegrowany System Gospodarowania i Ochrony (ZSGiO) zasobów wodnych GZWP326*. Projekt celowy nr 6T12 2003C/06267 - Raport końcowy, Częstochowa (maszynopis).
- Mizera J., Bartoszek R., Rabęda B., Wróbel P., Kowal T., 2000a: *Operat wodnoprawny na pobór wód podziemnych i eksploatację ujęć Mirów-Olsztyn przez PWiK O.Cz. z utworów jury górnej (GZWP-326S)*. Częstochowa (maszynopis).

Mizera J., Bartoszek R., Rabęda B., Kowal T., 2000b: *Operat wodnoprawny na pobór wód podziemnych i eksploatację ujęcia podstawowego Wierchowisko przez PWiK O.Cz z utworów jury górnej (GZWP-326N)*. Częstochowa (maszynopis).

Szczepański A., Malicki W., Kaczorowski Z., 1999: *Wpływ zanieczyszczeń na jakość użytkowych wód podziemnych występujących w GZWP-326 w rejonie Częstochowy*. EXBUD – HYDROGEOTECHNIKA Sp. z o.o., Kielce (maszynopis).

Szczepański A., Kaczorowski Z., Malicki W., 2000: *Zastosowanie modelowania matematycznego do sterowania pracą ujęć Wodociągów Częstochowskich w aspekcie zagrożenia wód związkami azotu*. [W]: XIII Sympozjum nt. Problemy wykorzystania wód podziemnych w gospodarce komunalnej, Częstochowa, str. 78-84.

Zatońska E., 2001: *Usuwanie azotanów z wody podziemnej na drodze denitryfikacji biologicznej*. Praca inżynierska WliOŚ P.Cz., Częstochowa (maszynopis).

Dyrektywy UE

80/68/EEC: *Dyrektywa w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniami spowodowanymi przez określone substancje niebezpieczne*.

2000/60/EC: *Ramowa Dyrektywa Wodna*.

2006/118/EC: *Dyrektywa w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu*.

Prezentowane badania zostały wykonane w ramach projektu celowego finansowanego przez Komitet Badań Naukowych MNiSzW oraz PWiK Okręgu Częstochowskiego S.A. (nr projektu 03570/C.T12-6/2004).