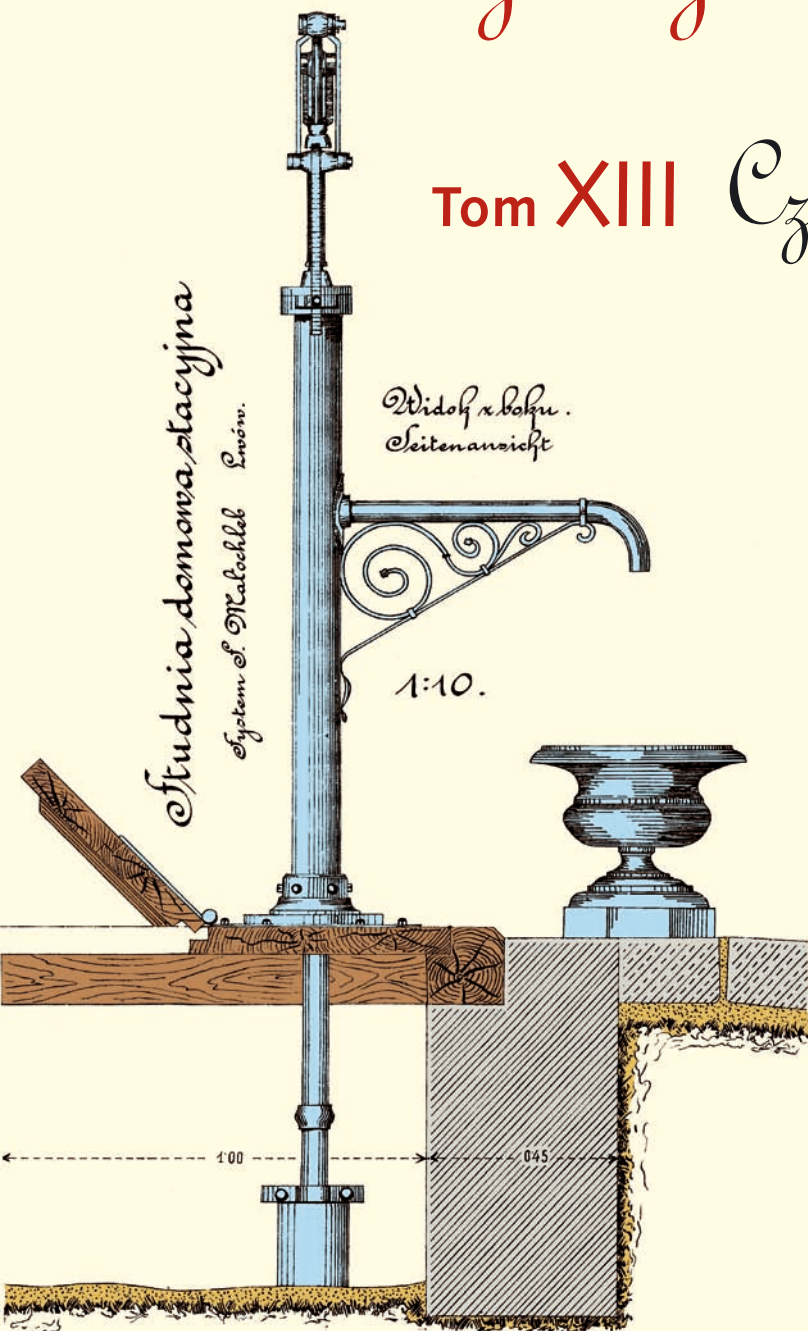


# Współczesne problemy hydrogeologii

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 Staśko  
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](http://www.pretext.com.pl)

Druk: ROMA-POL, [www.romapol.pl](http://www.romapol.pl)

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

Piotr Herbich, Magdalena Nidental,  
Małgorzata Woźnicka

**Założenia metodyczne do opracowania warstw  
informacyjnych bazy danych GIS mapy  
hydrogeologicznej Polski 1:50 000 „Pierwszy  
poziom wodonośny — wrażliwość na  
zanieczyszczenie i jakość wód”**

**Methodological Guidelines of Creating GIS Database  
Information Layers of Hydrogeological Map  
of Poland 1:50 000 “First Aquifer — Groundwater  
Vulnerability and Water Quality”**

**Słowa kluczowe**

Mapa Hydrogeologiczna Polski, pierwszy poziom wodonośny, wrażliwość na zanieczyszczenie, wskaźniki jakości wód

**Key words**

Hydrogeological Map of Poland, first aquifer, vulnerability, water quality determinant

**Abstract**

This article presents methodological guidelines of creating GIS database information layers of the Hydrogeological Map of Poland in scale 1:50 000 entitled “First aquifer — groundwater vulnerability and water quality”. Vulnerability is estimated according to Mean Residence Time (MRT), which is determined due to the time of water infiltration from the ground surface to the groundwater table of first aquifer according to the piston flow model of soil water and unsaturated zone water. Spatially variegated, average recharging infiltration is taken under consideration, depending on subsurface lithology, slopes and ground surface coverage and precipitation. Estimation of water quality includes mainly indicators of nitrogen contamination of agricultural source.

## Wstęp

Warstwy informacyjne bazy danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 „wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód pierwszego poziomu wodonośnego” stanowią kontynuację prac dotyczących rozpoznania i charakterystyki pierwszego poziomu wodonośnego. Realizacja tego przedsięwzięcia jest niezbędna i pilna w związku z koniecznością dokonania oceny stanu jakościowego płytkich wód podziemnych, bezpośrednio związanych z ekosystemami wód powierzchniowych oraz ekosystemami lądowymi zależnymi od wód podziemnych, w tym specjalnych obszarów ochrony siedlisk NATURA 2000. Określenie naturalnych możliwości ochronnych wód podziemnych jest jednym z ważniejszych zadań, jakie podejmowane są obecnie w związku z wdrażaniem w Polsce ustaleń wynikających z Ramowej Dyrektywy Wodnej (Witczak, 2006). Ze względu na to, że pierwszy poziom wodonośny w wielu obszarach stanowi jednocześnie źródło zaopatrzenia w wodę do picia ludności wiejskiej, przeprowadzenie tej oceny wymaga również ustalenia stopnia wrażliwości płytkich wód podziemnych na zanieczyszczenie, zwłaszcza związkami azotu pochodzenia rolniczego.

Obecnie w Państwowym Instytucie Geologicznym realizowana jest pierwsza, pilotażowa transza obejmująca autorskie i cyfrowe opracowanie warstw informacyjnych „pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość i jakość” na obszarze 85 arkuszy. PiG prowadzi koordynację i nadzór merytoryczny prac realizowanych przez konsorcjum 8 firm geologicznych oraz wykonuje 20 arkuszy. Zakończenie prac nastąpi w lipcu 2008 r.

Do realizacji wytypowane zostały arkusze, dla których opracowane były warstwy informacyjne „pierwszy poziom wodonośny - występowanie i hydrodynamika”, a jednocześnie obejmujące obszary o różnych warunkach występowania pierwszego poziomu wodonośnego. W oparciu o doświadczenia transzy pilotażowej zostanie opracowana szczegółowa instrukcja merytoryczna.

Edycja kartograficzna warstw informacyjnych „pierwszy poziom wodonośny - wrażliwość i jakość” obejmuje dwie mapy zawierające:

- 1) Pierwszy poziom wodonośny - wrażliwość na zanieczyszczenie:
  - Wrażliwość wód pierwszego poziomu wodonośnego na zanieczyszczenie.
  - Obiekty i działania pogarszające stan chemiczny wód podziemnych.
  - Granice jednostek hydrogeologicznych warunków występowania pierwszego poziomu wodonośnego.
- 2) Pierwszy poziom wodonośny – jakość wód:
  - Zawartość związków azotu w wodach pierwszego poziomu wodonośnego.
  - Wybrane wskaźniki jakości wód pierwszego poziomu wodonośnego.

Integralną częścią opracowania są objaśnienia tekstowe wraz z załącznikami tabelarycznymi oraz cyfrowy projekt GIS zawierający dane zgodne z GeoMedia Intergraph w formacie Microsoft Access.

## Wrażliwość na zanieczyszczenie wód pierwszego poziomu wodonośnego

Wrażliwość na zanieczyszczenie wód pierwszego poziomu wodonośnego, zwana również podatnością, odgrywa ważną rolę w określeniu stanu chemicznego wód podziemnych. Wyniki oceny wrażliwości są uwzględniane przy opracowywaniu programów działań ochronnych, wykorzystywane przy sporządzaniu miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego oraz przy ustanawianiu stref ochronnych ujęć i obszarów ochronnych głównych zbiorników wód podziemnych.

Ocena wrażliwości jest zagadnieniem złożonym, o terminologii różnie definiowanej w rozległej literaturze tematu (Vrba, Zaporozec, 1994; Krogulec, 2004). Generalnie wyróżnia się *podatność naturalną*, rozumianą jako naturalną właściwość systemu wodonośnego, określającą ryzyko migracji substancji zanieczyszczających z powierzchni terenu do wód podziemnych oraz *podatność specyficzną* uwzględniającą również rodzaj substancji zanieczyszczającej, jej ładunek, czas oddziaływania, a także związany z nim charakter przestrzenny ogniska zanieczyszczeń (Żurek i in., 2002; Witczak i in., 2005). Podatność naturalna zależy więc od naturalnych warunków hydrogeologicznych, z których najważniejsze to: infiltracja efektywna opadów, warunki hydrodynamiczne oraz parametry filtracyjne poziomu wodonośnego i utworów strefy aeracji. Na bazie podatności naturalnej można dokonywać oceny podatności specyficznej, tworząc tzw. scenariusze zagrożenia, uwzględniające rodzaj i zasięg zanieczyszczenia. Warstwy informacyjne bazy danych GIS MhP „pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość i jakość” przedstawiają podatność naturalną pierwszego poziomu wodonośnego (PPW).

Elementy podatności specyficznej uwzględnia Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, zrealizowana w zakresie informacyjnym określonym przez Instrukcję opracowania autorskiego MhP (1999). Stopień zagrożenia głównego użytkowego poziomu/piętra wodonośnego (GUPW) zanieczyszczeniami z powierzchni terenu jest na tej mapie określony z uwzględnieniem hydrogeologicznych warunków izolacji GUPW, koncentracji i oddziaływania istniejących ognisk zanieczyszczeń i zagrożeń endogenicznych oraz stopnia dostępności terenu dla działalności uciążliwej dla wód podziemnych (Herbich, 2004).

Wśród licznych metod określania podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie, najbardziej popularne są metody rangowe, polegające na przypisaniu poszczególnym parametrom określoną wagę punktową i rangę. Należą do nich m.in. metody DRASTIC, DIVERSITY, SEEPAGE, EPIK oraz metody oparte na ocenie czasu migracji zanieczyszczeń konserwatywnych (Krogulec, 2004; Witkowski i in., 2003; Witczak i in., 2005). Do realizacji warstw informacyjnych „PPW – wrażliwość na zanieczyszczenie” przyjęto założenia metodyki opracowanej przez S. Witczaka z zespołem dla potrzeb *Mapy wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie w skali 1:500 000* (Witczak, 2005). Metodyka ta została częściowo zmodyfikowana w zakresie uwzględniającym zmianę skali analizy warunków hydrogeologicznych.

Klasy wrażliwości, określone stopniem podatności naturalnej, oznaczane są na podstawie czasu wymiany połowej pojemności wodnej gleb i skał strefy aeracji przez infiltrujące wody opadowe (*MRT* – Mean Residence Time), który jest utożsamiany z czasem

przebywania w tej strefie zanieczyszczeń konserwatywnych rozpuszczonych w wodzie i migrujących z powierzchni terenu do pierwszego poziomu wodonośnego. Średnią miąższość profilu glebowego określono na 1,5 m z wyjątkiem obszarów płytkiego występowania zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego (do 1 m), gdzie miąższość profilu glebowego określono na 0,5 m.

Algorytm oceny podatności naturalnej wód pierwszego poziomu wodonośnego jest następujący (objaśnienia symboli są podane w tabeli 1):

$$MRT = MRT_s + MRT_1 + MRT_2 \quad [\text{lata}] \quad (1)$$

gdzie:  $MRT_s$  - czas wymiany połowej pojemności wodnej profilu glebowego [lata]:

$$MRT_s = \frac{(1000 \cdot 1,5 \cdot w_{og})}{R} \quad (2)$$

$MRT_1$  - czas wymiany połowej pojemności wodnej utworów przepuszczalnych strefy aeracji [lata]:

$$MRT_1 = \frac{1000 \cdot ((m_A - m_{PZ} - 1,5) \cdot (1 - S_p) \cdot w_{op})}{R} \quad (3)$$

$MRT_2$  - czas wymiany połowej pojemności wodnej utworów słabo i półprzepuszczalnych w profilu strefy aeracji [lata]:

$$MRT_2 = \frac{1000 \cdot ((m_A - m_{PZ} - 1,5) \cdot S_p \cdot w_{oi})}{R} \quad (4)$$

Określenie stopnia podatności na podstawie czasu wymiany połowej pojemności wodnej gleb i skał strefy aeracji przez infiltrujące wody opadowe ( $MRT$ ) wymaga przygotowania danych wejściowych w celu wyznaczenia parametrów zestawionych w tabeli 1. Część z tych parametrów możliwa jest do pozyskania bezpośrednio z bazy danych MhP – PPW ( $m_A$ ,  $m_{PZ}$ ), zaś pozostałe wymagają szczegółowej analizy dostępnych materiałów archiwalnych i odpowiedniego przetworzenia wyselekcjonowanych danych (zwektorowania i dokonania przeliczeń w systemie GeoMedia).

**Tabela.1.** Dane wejściowe do obliczeń czasu połowej pojemności wodnej (*MRT*)**Table 1.** Input data for Mean Residence Time (*MRT*) calculation

| Wielkość  |   | Źródło danych  |
|---|---|--|
| Miaższość strefy aeracji<br>$m_A$ [m]   |   | GIS MhP – PPW 1:50 000<br>Mapa głębokości PPW  |
| Miaższość poziomów zawieszonych<br>$m_{PZ}$ [m]   |   | GIS MhP – PPW 1:50 000   |
| Współczynnik połowej pojemności wodnej profilu glebowego<br>$w_{og}$ [-]                          |   | Mapa współczynnika połowej pojemności wodnej gleb 1:100 000 (IUNG Puławy)                |
| Współczynnik połowej pojemności wodnej utworów przepuszczalnych w strefie aeracji<br>$w_{op}$ [-] |   | Litologia utworów – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, Bank HYDRO             |
| Współczynnik połowej pojemności wodnej utworów izolujących w strefie aeracji<br>$w_{oi}$ [-]      |   |  |
| Udział warstw izolujących w profilu strefy aeracji<br>$S_p$ [-]                                   |   | Przekroje geologiczne (SMGP) i hydrogeologiczne (MhP, PPW), profile otworów (Bank HYDRO) |
| Infiltracja efektywna<br>$R$ [mm/rok]   | Moduł zasobów odnawialnych wód podziemnych $ZO$ [ $m^3/d \cdot km^2$ ]  | Mapa wskaźnika infiltracji efektywnej (PIG) 1:500 000                                    |
|   | Względny współczynnik infiltracji efektywnej opadów $W$ [-]   |  |
|   | Obszary o utrudnionej infiltracji:<br>• zwarta zabudowa miejsko-przemysłowa - $U_1=1$<br>• zróżnicowana zabudowa miejska - $U_2=1$<br>• spadki terenu $>10^\circ$ - $U_3=1$ | Mapa topograficzna 1:50 000 (lub 1:25 000),<br>Atlasy aglomeracji miejskich              |

Określenie wielkości infiltracji efektywnej ( $R$ ) wymaga przeprowadzenia analizy litologicznych warunków infiltracji utworów powierzchniowych, spadków terenu, stopnia zurbanizowania i modułu odpływu podziemnego w zlewniach bilansowych (zróżnicowanego zgodnie z rozkładem opadów atmosferycznych w obrębie zlewni). Algorytm określenia wielkości infiltracji efektywnej ma następującą postać:

$$R = \frac{ZO \cdot W \cdot (1 - 0,9 \cdot U_1) \cdot (1 - 0,6 \cdot U_2) \cdot (1 - 0,5 \cdot U_3) \cdot 365}{1000} \quad [\text{mm/rok}] \quad (5)$$

Na podstawie wyznaczonego sumarycznego czasu wymiany połowej pojemności wodnej gleb i utworów strefy aeracji (*MRT*) dokonuje się klasyfikacji wód pierwszego poziomu wodonośnego do pięciu klas wrażliwości (tab. 2). Jest to warstwa informacyjna przestrzenna, prezentowana z zastosowaniem zróżnicowania barw dla poszczególnych klas wrażliwości. Punktowo, zgodnie z obowiązującym na MhP znakami graficznymi, przedstawione są obiekty i działania antropogeniczne pogarszające stan chemiczny wód pierwszego poziomu wodonośnego.

**Tabela 2.** Klasy stopnia podatności wód pierwszego poziomu wodonośnego

**Table 2.** Vulnerability classes of shallow water table aquifer

| MRT<br>Szacunkowy<br>czas wymiany<br>wody w profilu<br>strefy aeracji<br>[lata] | Stopień<br>podatności<br>na mapie<br>1:500 000* | Klasy wrażliwości<br>MhP-PPW<br>1:50 000 | Opis*   |
|---|---|--|---|
| < 5   | bardzo podatne                                  | bardzo wysoka                            | Ośrodek podatny na większość zanieczyszczeń.  |
| 5 – 25  | podatne   | wysoka                                   | Ośrodek podatny na wiele typów zanieczyszczeń, oprócz silnie sorbowanych (np. metale ciężkie).                                      |
| 25 – 50   | średnio podatne                                 | średnia                                  | Ośrodek podatny na niektóre typy zanieczyszczeń, ale tylko, gdy są wprowadzane lub wyługowywane w sposób ciągły.                    |
| 50 – 100  | mało podatne                                    | niska                                    | Ośrodek podatny tylko na zanieczyszczenia konserwatywne wprowadzane lub wyługowane w sposób ciągły, intensywny i na dużym obszarze. |
| > 100   | bardzo mało podatne                             | bardzo niska                             | Ośrodek nie podatny na większość zanieczyszczeń.  |

\* za Witczak, 2005, zmodyfikowane

## Jakość wód pierwszego poziomu wodonośnego

Jakość wód podziemnych określana jest na podstawie klasyfikacji podanej w obowiązującym na czas wykonania arkusza akcie prawnym. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz.U. Nr 32/2004 poz. 284), wprowadzone w życie z dniem 11 lutego 2004 roku utraciło ważność z dniem 1 stycznia 2005 roku. W związku z przyjęciem 12 grudnia 2006 r. *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu*, Polska jest zobligowana do wydania



odpowiedniego Rozporządzenia stanowiącego podstawę prawną do określenia klas jakości wód podziemnych.

Dla potrzeb wykonania opracowania autorskiego warstw informacyjnych bazy danych GIS MhP „pierwszy poziom wodonośny – jakość wód” wykonawcy opróbowują 20–30 reprezentatywnych punktów na obszarze arkusza. Są to studnie kopane, źródła, sondy okrętne, piezometry i studnie wiercone ujmujące pierwszy poziom wodonośny. Wybór punktów zależy przede wszystkim od warunków hydrogeologicznych (kierunki przepływu wód, rozciągłość warstwy wodonośnej). Opróbowanie pomija punkty w bezpośrednim zasięgu lokalnych ognisk zanieczyszczeń (szamba, obory, kompostowniki i inne) oraz niezabezpieczone przed przedostawaniem się wód spływających po powierzchni terenu.

Jakość wód oceniana jest na podstawie polowych oznaczeń następujących wskaźników fizyko-chemicznych: azotany, azotyny, amoniak, chlorki, siarczany, PEW i pH. Oznaczenia wykonywane są „na miejscu” z wykorzystaniem zestawu polowych mierników, w okresie czerwca-lipca (tab. 3).

**Tabela 3.** Wykaz badanych wskaźników jakości wód podziemnych

**Table 3.** Water quality determinant specification

| Wskaźnik                 | NO <sub>3</sub>  | NO <sub>2</sub>  | NH <sub>4</sub> | Cl  | SO <sub>4</sub> | pH                         | PEW                            |
|--------------------------|--|--|-----------------|-----|-----------------|----------------------------|--------------------------------|
| Jednostka                | [mg/dm <sup>3</sup> ]  |  |                 |     |                 | [-]                        | [μS/cm]                        |
| Dopuszczalna wartość     | 50   | 0,05   | 0,5             | 250 | 250             | 6,5 - 9,5                  | 2500                           |
| Obowiązujący akt prawny  | Rozp. Ministra Środ. (Dz.U. Nr 241, poz.2093)  | Rozporządzenie Ministra Środowiska* (Dz. U. Nr 32. poz. 284) |                 |     |                 |                            |                                |
| Sprzęt do badań polowych | Fotometr SLANDI – typ LF 300 z wyposażeniem standardowym wraz z zestawem odczytników |  |                 |     |                 | Pehametr SLANDI typ SP 300 | Konduktometr SLANDI typ SC 300 |

\* ww. Rozporządzenie utraciło ważność z dniem 1.01.2005 r.

Na mapie „pierwszy poziom wodonośny – jakość wód” prezentowane są dwie warstwy informacyjne. Pierwsza z nich - *zawartość związków azotu w wodach pierwszego poziomu wodonośnego* – opracowywana jest dla obszarów gruntów rolnych i osadnictwa. Zadaniem tej warstwy jest wstępna identyfikacja obszarów, na których stwierdzono zanieczyszczenie wód związkami azotu ( $\text{NO}_3 > 50 \text{ mg/dm}^3$ ) lub zagrożenie zanieczyszczeniem związkami azotu ( $25 < \text{NO}_3 < 50 \text{ mg/dm}^3$ ). Jest ona opracowywana zarówno na podstawie badań terenowych jak i w oparciu o zgromadzone wyniki monitoringu jakości wód podziemnych – sieci krajowej (MONBADA) i sieci regionalnych (WIOŚ, RZGW) i innych (SANEPID). Drugą warstwę informacyjną - *wybrane wskaźniki jakości wód pierwszego poziomu wodonośnego* - stanowi punktowe przedstawienie wartości wybranych wskaźników fizyko-chemicznych wód podziemnych, pomierzonych w trakcie przeglądu terenowego.

## Podsumowanie i wnioski

Realizowana w latach 2006/2008 transza pilotażowa warstw informacyjnych Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 „pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód” będzie podstawą dla ustalenia optymalnej metodyki badań terenowych jakości płytkich wód podziemnych oraz metodyki kartograficznej prezentacji stopnia naturalnej podatności na zanieczyszczenie pierwszego poziomu wodonośnego. Uzyskane doświadczenia zostaną ujęte w formie szczegółowej instrukcji merytorycznej, która będzie podstawą opracowania tych warstw na pozostałym obszarze kraju - zgodnie z ramowym harmonogramem rozwoju bazy danych GIS MhP (Herbich i in., 2004).

W ten sposób baza danych GIS MhP będzie obejmowała charakterystykę płytkich i użytkowych poziomów wodonośnych w zakresie wymaganym przez zadania realizowane w ramach wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej i określone w obowiązującej Ustawie Prawo Wodne: opracowywanie, wdrażanie i monitorowanie programów działań dla ochrony wód podziemnych bezpośrednio związanych z ekosystemami wód powierzchniowych oraz ekosystemami lądowymi zależnymi od wód podziemnych, w tym specjalnych obszarów ochrony siedlisk NATURA 2000, a także wód podziemnych, które są lub mogą być w przyszłości źródłem zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia.

## Literatura:

- Dyrektywa 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu.
- Herbich P., 2004: *The assessment of risk to groundwater quality in the Hydrogeological map of Poland 1:50 000*. [in:] Groundwater vulnerability assessment and mapping, International conference, Ustroń, 15-18 June 2004.
- Herbich P. z Zespołem Koordynacyjnym MhP, 2004: *Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, udostępnianie, weryfikacja, aktualizacja i rozwój. Instrukcja*, MŚ-PIG, Warszawa.
- Instrukcja opracowania autorskiego i edycji komputerowej Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000*. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa 1999.
- Krogulec E., 2004: *Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia w dolinie rzecznej na podstawie przesłanek hydrodynamicznych*. wyd.1, Warszawa, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, 2004, ISBN 83-235-0165-3.
- Ramowa Dyrektywa Wodna: *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Wspólnoty Europejskiej 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 roku w sprawie ustanowienia ram działalności Wspólnoty w zakresie polityki wodnej*.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych z dnia 23 grudnia 2002 r. (Dz. U. Nr. 241, poz. 2093).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz. U. Nr. 32, poz. 284).

- Vrba J., zaporożec A., 1994: *Guidebook on mapping groundwater vulnerability*. IAH. [in:] International Contributions to Hydrogeology, 16. Verlag Heinz Heise, Hannover.
- Witczak S., Duda R., Karlikowska J., Żurek A., 2005: *Możliwość wykorzystania mapy podatności do weryfikacji stref wrażliwych na zanieczyszczenia azotanami*. [in:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, Toruń, 6-9 września 2005 r.
- Witczak S. (red.), 2005: *Mapa wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie 1:500000* (Plansza 1 – Wody podziemne związane z wodami powierzchniowymi oraz ekosystemami lądowymi zależnymi od wód podziemnych; Plansza 2 – Podatność na zanieczyszczenie Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP). Arcadis Ekokonrem Sp. z o.o., Warszawa.
- Witczak S., 2006: *Ochrona jakości wód podziemnych w świetle dyrektyw UE*. [in:] Problemy związane z wprowadzaniem Ramowej Dyrektywy Wodnej, Częstochowa, 25-26 kwietnia 2006r.
- Witkowski A., Rubin K., Kowalczyk K., Rózkowski A., Wróbel J., 2003: *Groundwater vulnerability map of the Chrzanów karst – fissured Triassic aquifer (Poland)*. Environmental Geology (2003) 44. Springer Verlag: 59-67.
- Żurek A., Witczak S., Duda R., 2002: *Ocena podatności szczelinowych zbiorników wód podziemnych na zanieczyszczenie*. Prace WNoZ UŚ. Nr 22. Jakość i podatność wód podziemnych na zanieczyszczenie. Sosnowiec: 241-254.