

WARUNKI WYSTĘPOWANIA I KRAŻENIA WÓD PIERWSZEGO POZIOMU WODONOŚNEGO W OBSZARZE ARKUSZA ZAWICHOST MHP 1:50 000

CONDITIONS AND HYDRODYNAMICS OF THE FIRST IN THE AREA AQUIFER IN ZAWICHOST SHEET

BEATA WIKTOROWICZ¹

Abstrakt. Hydrogeologiczne warunki występowania i hydrodynamika pierwszego poziomu wodonośnego posiadają kluczowe znaczenie dla kształtowania się zasobów wód podziemnych na danym obszarze. Region arkusza Zawichost wykazuje korzystne warunki hydrogeologiczne. Wyniki analizy warstw informacyjnych wskazują, że hydrogeologiczne warunki występowania pierwszego poziomu wodonośnego są zróżnicowane przestrzennie, co wynika przede wszystkim ze skomplikowanej budowy geologicznej i zróżnicowanej rzeźby w obszarze arkusza. W terenie objętym rozpoznaniem, wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w osadach czwartorzędowych dolin rzecznych, a na wysoczyznach w piaskach i piaskowcach neogeńskich, wapieniach, opokach i marglach górnokredowych oraz wapieniach górnokredowych. Niektóre jednostki hydrogeologiczne stanowią połączony poziom czwartorzędowy z wodami występującymi w starszych utworach.

Słowa kluczowe: pierwszy poziom wodonośny, hydrogeologiczne warunki występowania, Zawichost.

Abstrakt. Hydrogeological conditions and hydrodynamics of the first aquifer are of major importance for the formation of groundwater resources in the area. The region Zawichost has favorable hydrogeological conditions. The results of the analysis of information layers indicate that the hydrogeological conditions are varied spatially, which is primarily due to complicated geological and geomorphological region of the sheet. First aquifer water found in Quaternary sediments of river valleys, on plateaus in the sands and sandstones of the Neogene, in the Upper Cretaceous and Upper Jurassic limestone and marl. Some units are connected with the waters of the quaternary aquifer occurring in the older sediments.

Key words: first aquifer, hydrogeological conditions, Zawichost area.

WPROWADZENIE

Warstwy informacyjne bazy danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika w skali 1:50 000 stanowią uzupełnienie, o charakterystykę hydrogeologicznych warunków występowania pierwszego od powierzchni terenu poziomu wód podziemnych, Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000. Obecnie w Pracowni Państwowej Służby Hydrogeologicznej Oddziału Świętokrzyskiego PIG-PIB w Kiel-

cach zostały zrealizowane prace dotyczące określenia hydrogeologicznych warunków występowania i hydrodynamiki pierwszego poziomu wodonośnego na obszarze objętym arkuszem Zawichost Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Wiktorowicz, Herman, 2011; [fig. 1](#)). Zadanie jest mapą seryjną realizowaną na zlecenie Ministerstwa Środowiska, sfinansowane ze środków wypłacanych przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Świętokrzyski, ul. Zgoda 21, 25-953 Kielce;
e-mail: Beata.Wiktorowicz@pgi.gov.pl

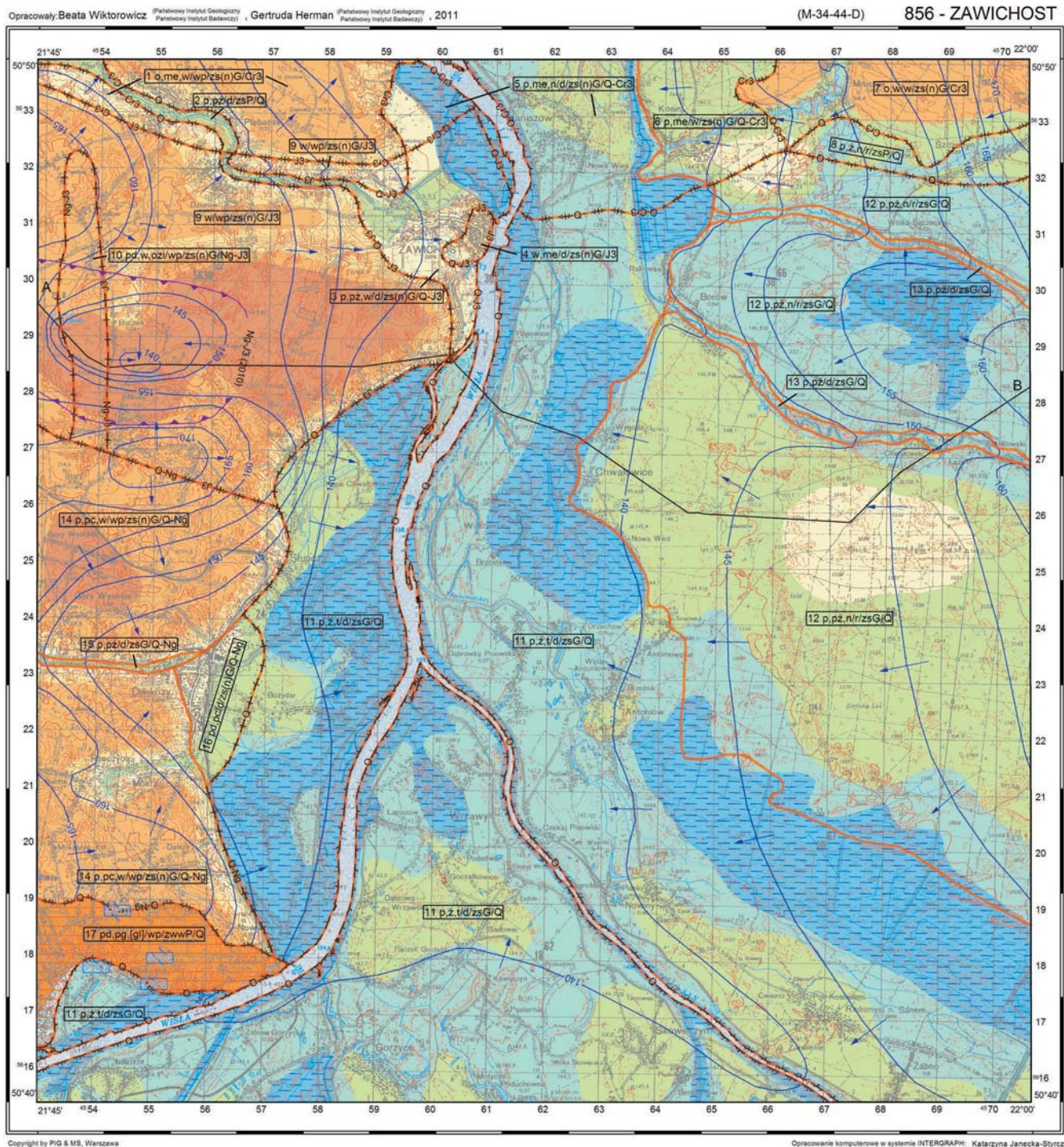


Fig. 1. Mapa zbiorcza Mapy hydrogeologicznej Polski Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika, arkusz Zawichost (Wiktorowicz, Herman, 2011)

Summary map of Polish Hydrogeological Map of the First Aquifer – occurrence and hydrodynamics, Zawichost area (Wiktorowicz, Herman, 2011)

Objaśnienia do Fig.1

WODONOŚNOŚĆ Regionalizacja hydrogeologiczna

Symbol jednostki pierwszego poziomu wodonośnego (PPW):

- 10 - nr jednostki PPW,
- pd - symbol litologiczny utworów dominujących w PPW, występujących w strefie zwierciadła PPW,
- w - symbol litologiczny utworów PPW równorzędnie występujących w strefie zwierciadła PPW,
- ozi - symbol litologiczny utworów PPW podrzędnie występujących w strefie zwierciadła PPW,
- wp - symbol strefy hydrodynamiczno-geomorfologicznej,
- zs(n) - symbol charakteru zwierciadła PPW,
- G - symbol rodzaju PPW,
- Ng-J3 - symbol stratygrafii PPW.

10 pd,w,ozl/wp/zs(n)G/Ng-J3

Litologia utworów pierwszego poziomu wodonośnego:

- ż - żwiry, pż - piaski i żwiry, p - piaski różnoziarniste, pd - piaski drobnoziarniste, pg - piaski gliniaste,
- pc - piaskowce, ozi - okruchowe zwięzłe inne, w - wapienie, me - margle, o - opoki, t - torfy, n - namuły.

Litologia niewodonośnych utworów towarzyszących (obszary zww):

- [gl] - glina.

Strefy hydrodynamiczno-geomorfologiczne:

- d - dolina, r - równina, w - wysoczyzna, wp - wzniesienie ze skał starszego podłoża z pokrywą utworów Q.

Charakter zwierciadła:

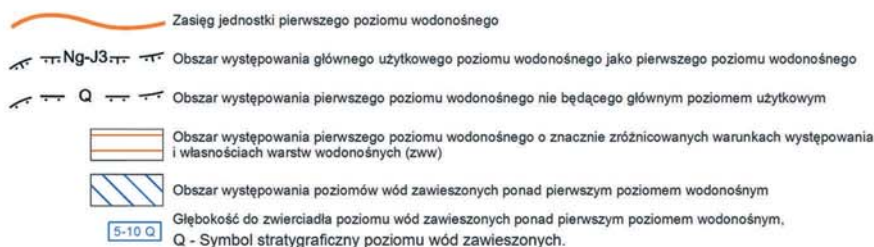
- zs - zwierciadło swobodne, zs(n) - zwierciadło swobodne, lokalnie napięte,
- zww - obszar o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania i własnościach warstw wodonośnych - zwierciadło nieciągłe o zmiennym charakterze.

Rodzaj PPW:

- G - będący głównym użytkowym poziomem wodonośnym,
- P - nie będący głównym użytkowym poziomem wodonośnym.

Symbole stratygraficzne PPW:

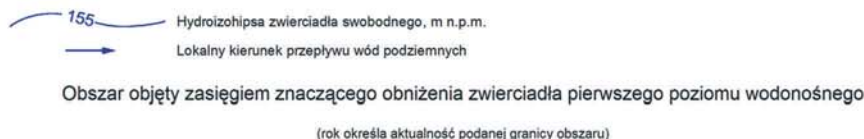
- Q - czwartorzęd, Ng - neogen, Cr3 - kreda górna, J3 - jura górna.



HYDRODYNAMIKA

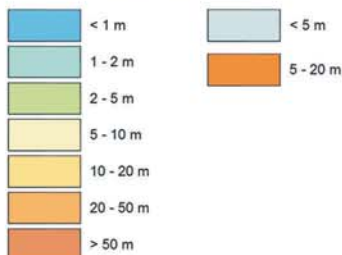
Hydroizohipsa pierwszego poziomu wodonośnego

(opracowano na podstawie pomiarów z (sierpień, 2010))



Ng-J3(2010) - Granica obszaru objętego zasięgiem znaczącego obniżenia zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego spowodowane eksploatacją ujęć wód podziemnych komunalnych i przemysłowych

GLĘBOKOŚĆ DO PIERWSZEGO POZIOMU WODONOŚNEGO



ZWIĄZEK WÓD PODZIEMNYCH Z WODAMI POWIERZCHNIOWYMI

--- Podmokłości

Rozpoznanie pierwszego poziomu wodonośnego jest niezbędne do przeprowadzenia oceny ilościowego stanu wód podziemnych zgodnie z wytycznymi Ramowej Dyrektywy Wodnej UE (2000), wprowadzonymi do Ustawy Prawo wodne (Dz. U. z 2005 r. Nr 239, poz. 2019 z późn.zm.), a także przy wykonywaniu prac projektowych i dokumentacyjnych zgodnie z Ustawą prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 1994 nr 27 poz. 96 z późn.zm.) i rozporządzeniami wykonawczymi.

Problematyka zagadnienie warunków występowania wód podziemnych w rejonie arkusza Zawichost była przedmiotem szeregu opracowań m.in.: Żaka, Maszońskiego (1965), Bieleckiej (1968), Cicheckiej, Sidel (1997) oraz Markiewicza (1980).

Badania dotyczące rozpoznania warunków występowania pierwszego poziomu wodonośnego wykonano według

zasad określonych w Programie prac do opracowania warstw informacyjnych bazy GIS MhP. Udostępnianie, weryfikacja, aktualizacja i rozwój Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Ćwiertniewska i in., 2007).

W trakcie terenowych prac wykonano pomiary głębokości zwierciadła wody w studniach kopanych i wierconych oraz ich głębokość do dna. Łącznie wykonano pomiary zwierciadła wód podziemnych w 124 punktach, w tym w 94 studniach kopanych, w 20 studniach wierconych i 10 płyt-kich sondach penetracyjnych (Wiktorowicz, Herman, 2011). Punkty pomiarowe, dokumentujące położenie zwierciadła PPW, zostały rozmieszczone równomiernie na obszarze całego arkusza, z uwzględnieniem zróżnicowania geologicznego i geomorfologicznego warunków występowania PPW.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Arkusz Zawichost obejmuje obszar o powierzchni 328 km². Administracyjnie teren ten znajduje się w obrębie trzech województw. W części północno-wschodniej obszar należy do województwa lubelskiego, w części południowo-wschodniej do podkarpackiego, pozostała zachodnia część leży w województwie świętokrzyskim.

Hydrologicznie obszar objęty rozpoznaniem położony jest w zlewni rzeki Wisły, obejmując tereny otaczające ujście Sanu do Wisły, płynącej przez jego teren w szerokiej dolinie ciągnącej się od południowego-zachodniego narożnika mapy w kierunku północnym. Najwyższe wzniesienia na obszarze arkusza znajdują się na zachód od wsi Buczek

(219 m n.p.m.), a najniższe w dolinie Wisły, na północ od Zawichostu (134 m n.p.m.).

Pod względem budowy geologicznej obszar arkusza znajduje się w zasięgu trzech dużych geologicznych jednostek strukturalnych, charakteryzujących się odmiennymi warunkami występowania i krążenia wód podziemnych (fig. 2). Północna część obszaru arkusza obejmuje strefę brzeżną synklinorium lubelskiego. Część południowa obszaru zlokalizowana jest w jednostce zapadliska przedkarpackiego. Nie-wielka południowo-zachodnia część arkusza stanowi fragment obrzeżenia permsko-mezozoicznego Gór Świętokrzyskich. Skąły przedczawartorzędowe budują wyniesienia

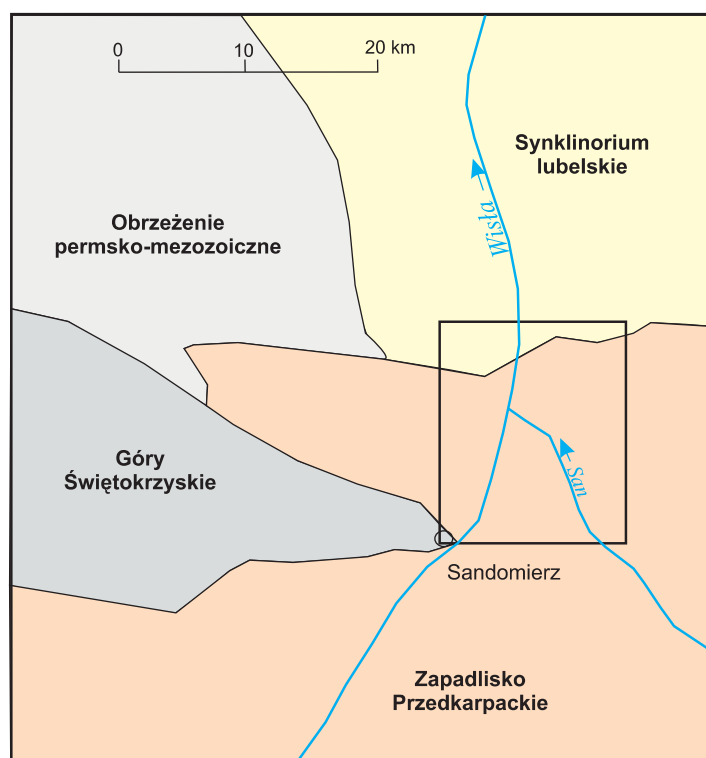


Fig. 2. Położenie arkusza Zawichost na tle szkicu geologicznego (na podstawie Bielecka, 1968)

Location Zawichost area against geological background (after Bielecka, 1968)

morfologiczne, które porozcinane są dolinami rzek i licznych mniejszych cieków oraz wąwozami lessowymi (Bielecka, 1968).

W podziale regionalnym (Paczyński, Sadurski, 2007) zwykłych wód podziemnych w Polsce, arkusz Zawichost położony jest w obrębie dwóch regionów. Północna część znajduje się w regionie lubelsko-podlaskim, a pozostała czę-

ść w regionie środkowomałopolskim (subregionie świętokrzyskim).

Należy również zaznaczyć, że część południowa opisanego arkusza położona jest w obrębie regionu Kotliny Sandomierskiej, posiadającej duże tradycje rolnicze szczególnie w dziedzinie sadownictwa, warzywnictwa i przetwórstwa rolno-spożywczego.

WARUNKI WYSTĘPOWANIA I HYDRODYNAMIKA PIERWSZEGO POZIOMU WODONOŚNEGO

Analiza warstw informacyjnych wykazała, że warunki hydrogeologiczne występowania pierwszego poziomu wodonośnego w obrębie obszaru arkusza Zawichost są bardzo zróżnicowane. Wyniki przeprowadzonej analizy pozwalają stwierdzić, że uzyskany obraz zróżnicowania przestrzennego, wynika przede wszystkim ze skomplikowanej budowy geologicznej i geomorfologicznej tego rejonu.

W obszarze arkusza Zawichost wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w osadach czwartorzędowych dolin rzecznych (Q), a na wysoczyznach w piaskach i piaskowcach neogeńskich (Ng), wapieniach, opokach i marglach górnokredowych (K₃) oraz wapieniach górnourajskich (J₃). Niektóre jednostki hydrogeologiczne stanowią połączone poziomy czwartorzędowy z wodami występującymi w starszych utworach. W takich przypadkach mamy często do czynienia z bardzo skomplikowanymi i zróżnicowanymi warunkami występowania pierwszego poziomu wodonośnego (PPW), gdyż łączność hydrauliczna na wysoczyźnie, pomiędzy poziomem czwartorzędowym a poziomami wodonośnymi występującymi w utworach starszych, jest dosyć zróżnicowana.

Na obszarze arkusza, zwierciadło wody pierwszego poziomu wodonośnego posiada generalnie charakter swobodny. Napięte jest tylko lokalnie w jego części zachodniej. Głębokość występowania pierwszego poziomu wód jest bardzo zróżnicowana i wynosi od poniżej 1 m p.p.t., w obrębie doliny Wisły w występujących podmokłościach, do ponad 50 m p.p.t. w zachodniej i północno-wschodniej części arkusza na wysoczyźnie.

Pierwszy poziom wód na obszarze arkusza Zawichost zasilany jest głównie przez infiltracje z opadów atmosferycznych. Naturalnymi strefami drenażu wód podziemnych są doliny rzek i cieków. Odpływ wód odbywa się do głównej osi drenażu, którą jest rzeka Wisła i San. Do mniejszych stref drenażu należy zaliczyć inne doliny rzek, jak: Opatówka, Sanna, czy Karasiówka.

Na obszarze arkusza dokonano rejonizacji hydrogeologicznych warunków występowania pierwszego poziomu wodonośnego w postaci wyróżnienia jednostek pierwszego poziomu wodonośnego (Ćwiartniewska i in., 2007). W toku wykonanych prac na arkuszu Zawichost wydzielono 17 jednostek występowania pierwszego poziomu wodonośnego. Zaznaczyć należy, że na przeważającej części omawianego obszaru pierwszy poziom wodonośny jest zarazem głównym

poziomem użytkowym. Na podstawie aktualnych i archiwalnych wyników pomiarów zwierciadła wody w studniach kopanych i wierconych uszczegółowiono i zmodyfikowano przebieg hydroizohips, w stosunku do wyznaczonych na MhP, oraz zaznaczono charakter zwierciadła wody (swobodny lub napięty). W obrębie obszarów, gdzie niemożliwe było zinterpretowanie pierwszego poziomu wodonośnego w sposób ciągły, wydzielono jednostkę o zróżnicowanych warunkach występowania pierwszego poziomu wodonośnego (zww).

Na obszarze arkusza wydzielono następujące typy jednostek pierwszego poziomu wodonośnego:

- typ pierwszy – jednostki, w których występowanie pierwszego poziomu wodonośnego jest związane ze skałami starszego podłoża: neogeńskimi i mezozoicznymi;
- drugi typ jednostek – obszary występowania pierwszego poziomu wodonośnego w połączonych utworach czwartorzędowych i przedczwartorzędowych;
- trzeci typ – jednostki w utworach czwartorzędowych;
- czwarty typ – jednostka, która charakteryzuje się znacznie zróżnicowanymi warunkami występowania i właściwościami warstw wodonośnych.

Największe rozprzestrzenienie w obrębie arkusza posiada czwartorzędowy poziom wodonośny występujący w aluwialnych osadach dolin rzek Wisły, Sanu, Opatówki, Sanny i Karasiówki, zalegających na bezwodnych łożach neogeńskich. Przeważnie są to osady piaszczysto-żwirowe, których miąższość waha się tu od 5 do 10 m w rejonie Sandomierza i stopniowo zwiększa się w kierunku północnym dochodząc nawet do 20 m. Podaje się, że wydajności potencjalne zlokalizowanych tu studni zawierają się tu w granicach od 30 do 50 m³/h (Cichecka, Sidel, 1997). Należy również zaznaczyć, że w obrębie doliny Opatówki opisywany poziom wodonośny wykazuje łączność hydrauliczną z niżej leżącym poziomem neogeńskim, wykształconym głównie w postaci piasków, piaskowców i wapieni. W związku z faktem, że czwartorzędowy poziom wodonośny zasilany jest bezpośrednio przez infiltrację opadów atmosferycznych, a drenowany przez doliny rzek Wisły i Sanu, jest to ośrodek najbardziej podatny na zanieczyszczenia.

W północnej części arkusza, pierwszy poziom wodonośny występuje w wapieniach, opokach i marglach kredy gór-

nej. Zwierciadło wody posiada charakter swobodny, a tylko lokalnie występuje pod napięciem hydrostatycznym. Głębokość występowania pierwszego poziomu wodonośnego waha się przedziale 20–50 m. Wydajności potencjalne według Cicheckiej i Sidel (1997) wynoszą od 30 do 60 m³/h. Zasilanie poziomu kredowego zachodzi poprzez infiltrację opadów atmosferycznych na wychodniach skał kredowych.

W części zachodniej granicy arkusza pierwszy poziom wodonośny występuje w wapieniach górnej jury oraz piaskach i piaskowcach neogenu, tworząc jeden wspólny zbiornik wodonośny. W rejonie tym zlokalizowana jest wschodnia część GZWP nr 422 – Romanówka (Kleczkowski, 1990), obejmujące największe wielootworowe ujęcie dla miasta Sandomierz. Głębokość występowania zwierciadła wód podziemnych zawiera się w dość szerokim przedziale od 20 do 50 i ponad 50 m. Generalnie obserwuje się tu zwierciadło o cha-

rakterze swobodnym, choć lokalnie mogą zaznaczyć się warunki naporowe. Jak podaje Cichecka i Sidel (1997) wydajności potencjalne zawierają się w przedziale 10–30 m³/h.

Na obszarze arkusza Zawichost odpływ wód podziemnych odbywa się w kierunku wschodnim i zachodnim do głównej osi drenażu, którą jest dolina rzeki Wisły. Należy podkreślić, że na obszarze objętym rozpoznaniem układ pola hydrodynamicznego ma w większości charakter naturalny. Wyjątek stanowi tu obszar ujęcia Romanówka (okolice miejscowości Buczek), gdzie od wielu lat trwa intensywna eksploatacja. W związku ze zwiększonym poborem obserwować można deformacje powierzchni piezometrycznej o charakterze antropogenicznym (fig. 3). Lej depresji spowodowany oddziaływaniem ujęcia kontynuuje się na sąsiednim arkuszu Sandomierz. Pobór wód podziemnych w ostatnich latach wynosił 211–240 m³/h (Guździk, Błach, 1994).

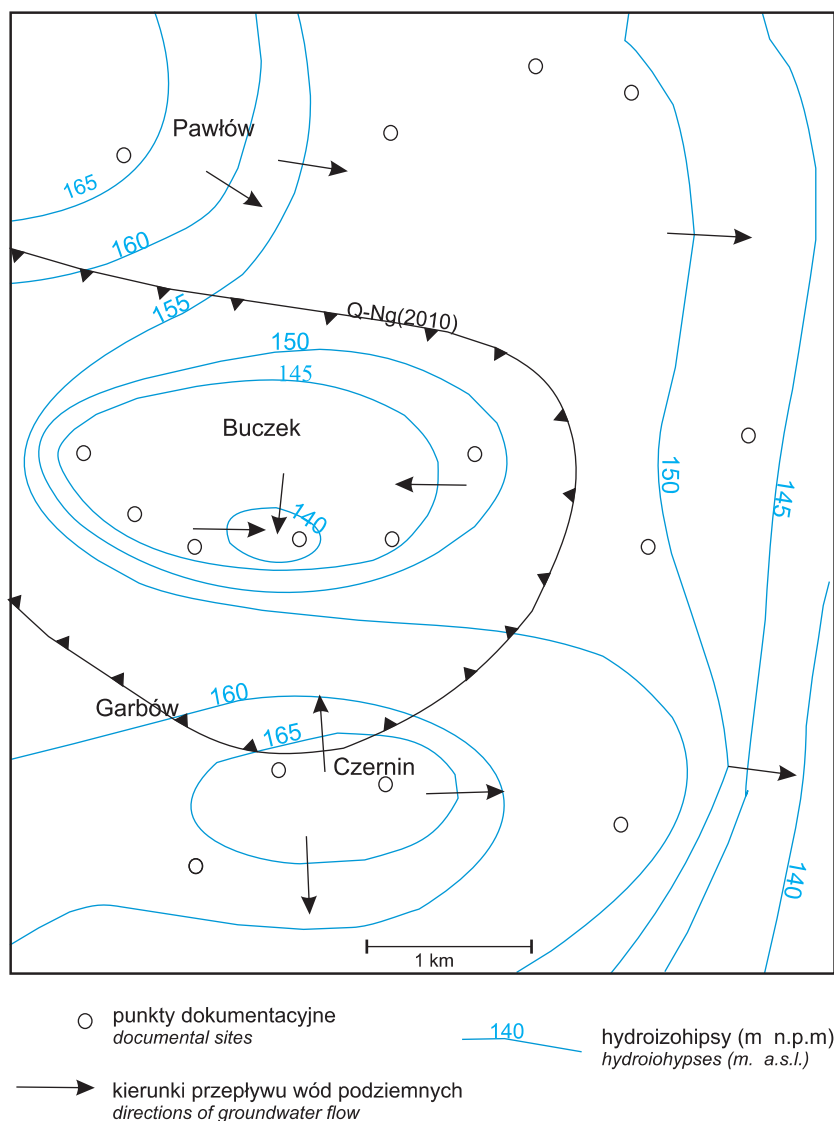


Fig. 3. Mapa hydroizohips obszaru ujęcia Romanówka (stan na 2010 rok)

Hydroisohypses map of Romanówka groundwater intake area (in 2010)

PODSUMOWANIE

Hydrogeologiczne warunki występowania pierwszego poziomu wodonośnego w obrębie obszaru arkusza Zawichost zostały rozpoznane w związku z opracowaniem warstw informacyjnych bazy GIS Mapy hydrogeologicznej Polski „Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika”. Niniejsze praca stanowi bardziej szczegółowe rozpoznanie i przedstawienie za pomocą warstw informacyjnych mapy: charakterystyki zasięgu form występowania pierwszego poziomu wodonośnego, jego hydrodynamiki, głębokość do zwierciadła, charakter związku z wodami powierzchniowymi, formy naturalnego wypływu wód podziemnych na powierzchnię oraz antropogenicznych zmian położenia zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego o zakresie istotnym dla stanu ekosystemów lądowych i wód powierzchniowych.

Stwierdzono, że w obrębie opisywanego obszaru warunki występowania pierwszego od powierzchni poziomu wodonośnego są zróżnicowane przestrzennie. Wyróżnione zostały cztery typy jednostek pierwszego poziomu wodonośnego. Do pierwszego typu zaliczono jednostki, w których występowanie pierwszego poziomu wodonośnego jest związane ze utworami przedczwartorzędowymi. Drugi typ, obejmuje utwory zawadnione zarówno w czwartorzędzie, jak i utworach star-

szego podłoża. Trzeci zaś, reprezentowany jest przez jednostki rozwinięte w utworach czwartorzędowych. Czwarty typ, stanowi jednostka o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania wód podziemnych.

Głębokość występowania pierwszego poziomu wodonośnego waha się od poniżej 1 m p.p.t. w dolinach rzecznych do ponad 50 m p.p.t. na wyniesieniach zbudowanych ze skał neogenu i jury górnej. Zwierciadło wody ma przeważnie charakter swobodny, a jedynie lokalnie napięty.

Znaczący wpływ na warunki hydrogeologiczne w północno-zachodniej części arkusza ma wielootworowe ujęcie komunalne „Romanówka”. Długoletnia i intensywna eksploatacja neogeńsko-górnojurajskiego poziomu wodonośnego spowodowała wytworzenie się lejów depresji, który wpływa znacząco na zmianę pola hydrodynamicznego.

Uważa się, że w ramach zwiększenia stopnia rozpoznania warunków występowania i dynamiki wód podziemnych na obszarze arkusza Zawichost, wskazane jest wykonanie dodatkowych badań hydrogeologicznych na terenie wschodnim, w obszarze zwanym Lasami Lipskimi, gdzie brak jest otworów wierconych z udokumentowanym profilem stratygraficznym. Badania uzupełniłyby możliwości rozpoznania warunków występowania pierwszego poziomu wodonośnego.

LITERATURA

- BIELECKA M., 1968 — Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1: 50 000, arkusz Zawichost. Wyd. Geol., Warszawa.
- CICHECKA K., SIEDEŁ G., 1997 — Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000. arkusz Zawichost wraz z objaśnieniami. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ĆWIERTNIEWSKA Z., CZEBRESZUK J., GEJ K., FERT M., MORDZONEK G., NIDENTAL M., PRZYTUŁA E., WĘGLARZ D., WOŹNICKA M., 2007 — Program prac i szczegółowe wskazania metodyczne do opracowania warstw informacyjnych bazy GIS Mapy hydrogeologicznej Polski „pierwszy poziom wodonośny i hydrodynamika”. PIG-PIB Warszawa (mat. niepublikowane).
- GUŹDZIK A., BŁACH B., 1994 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych w kat. B z utworów trzeciorzędowo-jurajskich ujęcia „Romanówka” dla zaopatrzenia miasta Sandomierz – aneks nr 2. PG Kielce.
- KLECZKOWSKI A.S. (red), 1990 — Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP w Polsce wymagających szczególnej ochrony w skali 1:500 000. AGH, Kraków.
- MARKIEWICZ D., 1980 — Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:200 000, arkusz Sandomierz, wraz z objaśnieniami. Inst. Geol., Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red), 2007 — Hydrogeologia regionalna Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- 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.
- USTAWA z dnia 4 lutego 1994r. Prawo geologiczne i górnicze (Tekst Jednolity z 1994r., Dz.U. Nr 27 poz. 96, z późn.zm).
- USTAWA z 16 lipca 2001r. Prawo wodne (Tekst jednolity: Dz. U. z 2005 r. Nr 239, poz. 2019, z późn.zm.).
- WIKTOROWICZ B., HERMAN G., 2011 — Baza danych GIS Mapy Hydrogeologicznej Polski 1: 50 000 Pierwszy poziom wodonośny – Występowanie i hydrodynamika. PIG-PIB, Oddział w Kielcach.
- ŻAK CZ., MASZOŃSKI E., 1965 — Objąsnienia do Szczegółowej Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1: 50 000, arkusz Zawichost. Inst. Geol., Oddział w Kielcach.

SUMMARY

General purpose of accomplished works was characteristic of hydrogeological conditions in Zawichost area, about 238 km² area. The area of research is located in the south-east part of Poland in the upper Wisła river basin. Hydrogeological conditions in Zawichost area are differentiated. First aquifer water found in Quaternary sediments of river valleys, on plateaus in the sands and sandstones of the Neogene, in the Upper Cretaceous and Upper Jurassic limestone and marl. According to fieldworks, which were made in 2010, there were selected and inventorized 124 locally dug wells.

The paper describes four types of units of the first aquifer. First type include the units in which the first aquifer occurring in the older sediments. The second type include both Quaternary and older sediments. The third one, represented by a unit developed in the Quaternary. The fourth type, an entity with significantly different conditions of groundwater. The depth of the first aquifer varies from less than 1 m below the surface in the river valleys to over 50 m below the elevations are constructed from rocks of Neogene and Jurassic. Local groundwater flow directions are general – to Wisła and San river.