

Warunki występowania wód podziemnych południowych Kujaw

Izabela Jamorska¹

Hydrogeological conditions of southern Kujawy region. *Prz. Geol.*, 63: 756–761.

Abstract. The paper presents results of hydrogeological studies on hydrogeological condition and the groundwater flow system in southern Kujawy region. The analysis was based on collected hydrological, geological and hydrogeological data. According to field-works which were made in 2012 and 2013, there were selected 69 dug wells, in which groundwater level were found on several or more than ten meters of depth. Fresh groundwater is occurring here in porous sediments of the Quaternary, Neogene and Paleogene and fissured-porous rocks of the Upper Cretaceous. There are selected few aquifers: four Quaternary aquifers, one Miocene aquifer and one Cretaceous aquifer.

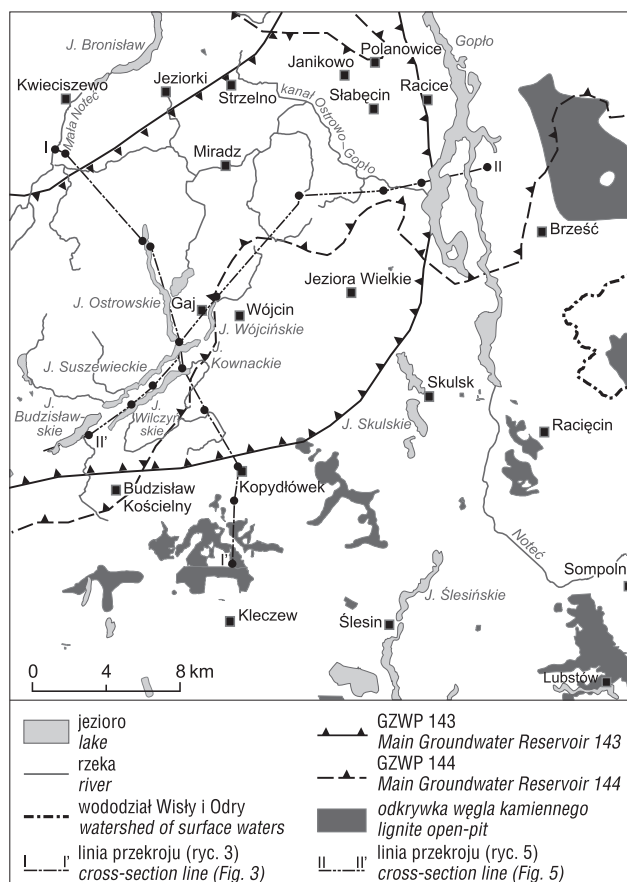
Keywords: hydrogeological conditions, groundwater contour level map, conceptual model

Głównym celem przeprowadzonych badań było rozpoznanie warunków hydrogeologicznych południowych Kujaw na granicy dorzeczy Wisły i Odry (zlewnia Noteci Górnej) oraz określenie aktualnego układu hydrodynamicznego wód podziemnych w tym rejonie. Badaniami objęto teren o powierzchni ok. 1300 km². Jest to obszar charakteryzujący się najniższą w Polsce roczną sumą opadów atmosferycznych, dużą liczbą jezior rynnowych, jak też znacznym przekształceniem antropogenicznym. Już w XVI w. osadnicy holenderscy rozpoczęli tu wylesianie, które doprowadziło do zmiany stosunków wodnych. W XIX w. prowadzono na tym terenie prace melioracyjne, polegające głównie na odwadnianiu, a także regulację koryt rzecznych w celu przystosowania ich do żeglugi. W pierwszej połowie XX w. rozpoczęto odwadnianie Kopalni Węgla Brunatnego Konin (KWB Konin). Wszystkie te działania przyczyniły się do znacznej zmiany warunków formowania się zasobów i krążenia wód podziemnych i były tematem licznych publikacji naukowych obejmujących zagadnienia dotyczące zarówno wód powierzchniowych (np. Kunz i in., 2010; Marszelewski i in., 2011; Marszelewski & Skowron, 2011), jak i wód podziemnych (Dąbrowski, 1995; Czyżkowski, 2005; Fiszer & Derkowska-Sitarz, 2010; Dąbrowski i in., 2011; Przybyłek & Nowak, 2011; Szczepiński & Straburzyńska-Janiszewska, 2011).

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Obszar badań znajduje się na Pojezierzu Wielkopolskim, w mezoregionie Pojezierza Gnieźnieńskiego (Kondracki, 2011). Pod względem klimatycznym należy on do Regionu Środkowowielkopolskiego (Woś, 1994). Średnia roczna temperatura powietrza z wielolecia 1951–1980 wynosi tu 7,8°C, a średnia roczna suma opadów z wielolecia z reguły nie przekracza 550 mm.

Obszar badań w całości należy do dorzecza Noteci. Istotnym elementem sieci hydrograficznej tego terenu są jeziora polodowcowe, głównie rynnowe (ryc. 1). Największe skupisko jezior znajduje się w zlewni Kanału Ostrowo-Gopło. Dwa największe jeziora na obszarze badań, Jezioro Ostrowskie i Gopło, wypełniają zagłębienia o przebiegu S–N. Pozostałe duże jeziora w zlewni Kanału Ostrowo-Gopło: Budziszławskie, Suszewskie, Wilczyńskie, Kownackie i Wójcińskie zajmują rynną jeziorną o przebiegu



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań
Fig. 1. Location of the study area

SW–NE. Intensywne prace melioracyjne i regulacyjne prowadzone na obszarze badań w XIX w. spowodowały znaczne wahania poziomu wody w jeziorach. Najczęściej dochodziło do jego obniżania (Gopło), co w pojedynczych przypadkach doprowadziło do całkowitego zaniku mniejszych zbiorników (Choiński, 1995).

Zgodnie z podziałem Polski na jednostki geologiczno-strukturalne (Żelaźniewicz i in., 2011) badany teren leży na granicy segmentu kujawskiego antyklinorium śródpolskiego oraz segmentu mogileńsko-lódzkiego synklinorium

¹ Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń; izabela.jamorska@umk.pl.

szczecińsko-łódzko-miechowskiego. Antyklinorium śród-polskie na odcinku kujawskim tworzą serie utworów permu, triasu, jury i kredy.

METODY BADAŃ

Warunki hydrogeologiczne południowych Kujaw scharakteryzowano na podstawie archiwalnych materiałów i wyników badań, dostępnej literatury oraz wyników własnych prac terenowych przeprowadzonych na obszarze częściowo pokrywającym się z czterema arkuszami Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000: Strzelno (Dąbrowski & Janiszewska, 2002), Ślesin (Szadkowska, 1997), Kleczew (Mendakiewicz & Wójcik-Pazera, 2002) i Piotrków Kujawski (Maszońska, 2002). Na podstawie profili otworów wiertniczych z dokumentacji geologicznych i z Banku HYDRO (łącznie 400 otworów) wykonano przekroje hydrogeologiczne.

Podczas prac terenowych w latach 2012–2013 dwukrotnie wykonano zdjęcie położenia zwierciadła wód podziemnych w okresie wrzesień–listopad 2012 (69 studni) i maj–lipiec 2013 (67 studni). Pomiary przeprowadzono w studniach kopanych wytypowanych na podstawie przekrojów hydrogeologicznych. Wyniki pomiarów terenowych i dane archiwalne KWB Konin wykorzystano do sporządzenia map hydroizohips poziomów wodonośnych pięter czwartorzędowego i paleogeńsko-neogeńskiego z zastosowaniem oprogramowania Surfer, a następnie stworzono model koncepcyjny systemu hydrogeologicznego na badanym obszarze.

SZKIC WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Zgodnie z podziałem regionalnym zwykłych wód podziemnych Polski według jednostek hydrogeologicznych obszar badań znajduje się w prowincji wyżynnej, w regionie mogileńsko-łódzko-nidziańskim, w subregionie pojeziernym (basen mogileński). W zachodniej części obszaru występują fragmenty dwóch głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP): 144 (wielkopolska dolina kopalna) i 143 (subzbiornik Inowrocław–Gniezno). Zwykłe wody podziemne występują tu na głębokości do 200 m i tworzą zbiorniki wielopoziomowe (Dąbrowski i in., 2007).

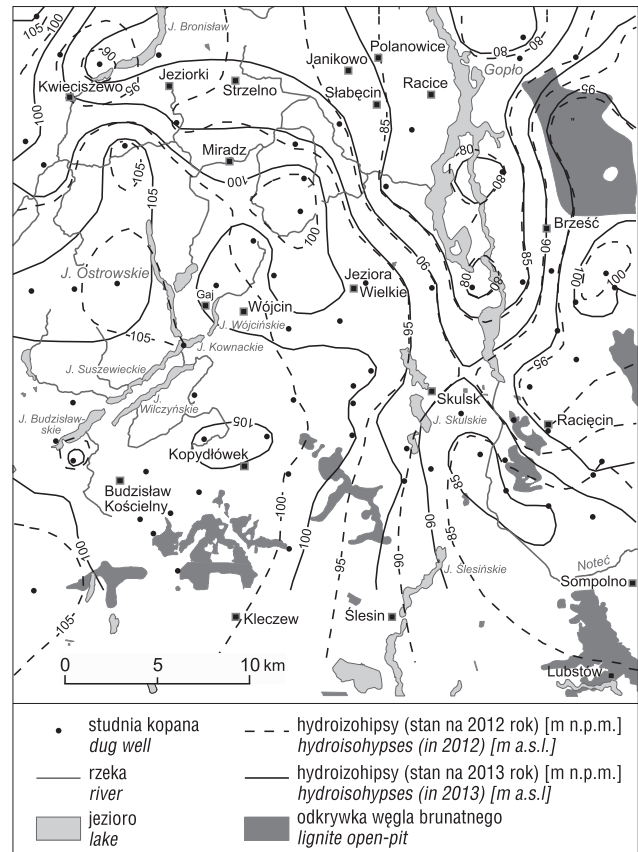
Na podstawie przekrojów hydrogeologicznych poziomu wodonośnego rozpoznano w utworach czwartorzędu, neogenu, paleogenu oraz kredy górnej.

Czwartorzędowe piętro wodonośne

Wody podziemne w utworach czwartorzędowych tworzą układ piętrowy, co wynika z budowy geologicznej obszaru. Można wyróżnić cztery poziomy wodonośne: lokalny poziom wód gruntowych, poziom międzyglinowy górny, poziom międzyglinowy dolny (GZWP 144) i podrzędny poziom podglinowy (Przybyłek & Nowak, 2011).

Poziom wód gruntowych charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością i jest związany z lokalnymi strukturami hydrogeologicznymi. Jego wody występują w piaskach i żwirach pradolin rzecznych, sandrach, osadach rynien jeziornych oraz w piaszczystych partiach glin zwałowych (Mocek i in., 2007). Występuje on w formie nieciągłych, lokalnie izolowanych warstw.

Z pomiarów terenowych w studniach kopanych wynika, że zwierciadło wód poziomu gruntowego, przeważnie



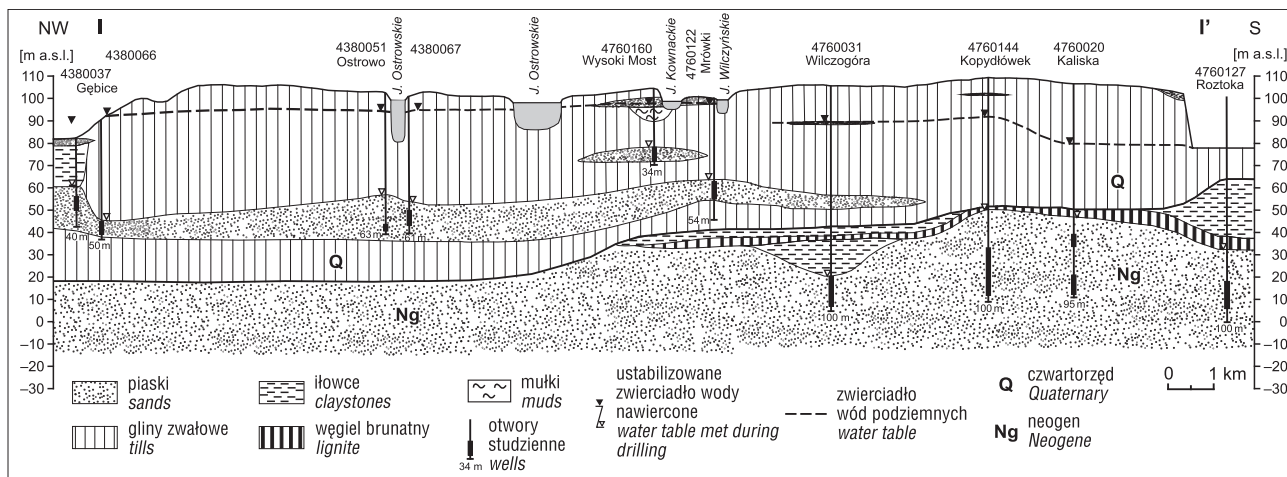
Ryc. 2. Mapa hydroizohips pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego

Fig. 2. Map of hydroisohypses of first aquifer

swobodne, znajduje się na głębokości do 11 m. Na podstawie analizy pomiarów głębokości występowania zwierciadła wody w studniach kopanych przeprowadzonych w latach 2008–2014 potwierdzono wrażliwość wód tego poziomu na warunki klimatyczne. Zwierciadło wód poziomu gruntowego pozostaje w dobrym kontakcie hydraulicznym z wodami powierzchniowymi i podlega wahaniom sezonowym wynoszącym od 0,2 do 2,0 m. Główne bazy drenażu stanowią Gopło oraz Noteć. Układ hydrodynamiczny wód podziemnych tego poziomu w latach 2012 (sezon zimowy) i 2013 (sezon letni) przedstawiono na mapie hydroizohips na rycinie 2.

Poziom międzyglinowy górny tworzą utwory piasczysto-żwirowe rozdzielające gliny dwóch różnych zlodowaceń. Jest to poziom nieciągły, o zwierciadle napiętym, lokalnie swobodnym (na obszarach zerodowanych glin). Miąższość tego poziomu wynosi 2–15 m. Z powodu niewielkiego rozprzestrzenienia osadów, w których występuje ten poziom, a także jego małej miąższości, jest on sporadycznie ujmowany do eksploatacji.

Poziom międzyglinowy dolny (odpowiadający GZWP 144; ryc. 3) w północnej i północno-zachodniej części obszaru badań stanowi główny użytkowy poziom wodonośny o charakterze naporowym. Jest to poziom piaszczysty o zwierciadle napiętym i miąższości 5–40 m, przy czym jego miąższość jest największa w rejonie północnej części Gopła i Lubstowa, a maleje na południe od miejscowości Budziszław Kościelny i Kopydlówek. Zasilanie poziomu międzyglinowego dolnego zachodzi w wyniku infiltracji opadów lub przesączania się wód gruntowych. Główne bazy drenażu stanowią rynny jeziorne oraz Noteć. We wschod-



Ryc. 3. Przekrój hydrogeologiczny I-I' (lokalizacja – ryc. 1)
 Fig. 3. Hydrogeological cross-section I-I' (for location see Fig. 1)

niej części obszaru badań poziom międzyglinowy dolny jest nieciągły. W okolicach Lubstowa i Jeziora Budziszawskiego występuje kontakt hydrauliczny między piętrami czwartorzędowym i paleogeńsko-neogeńskim.

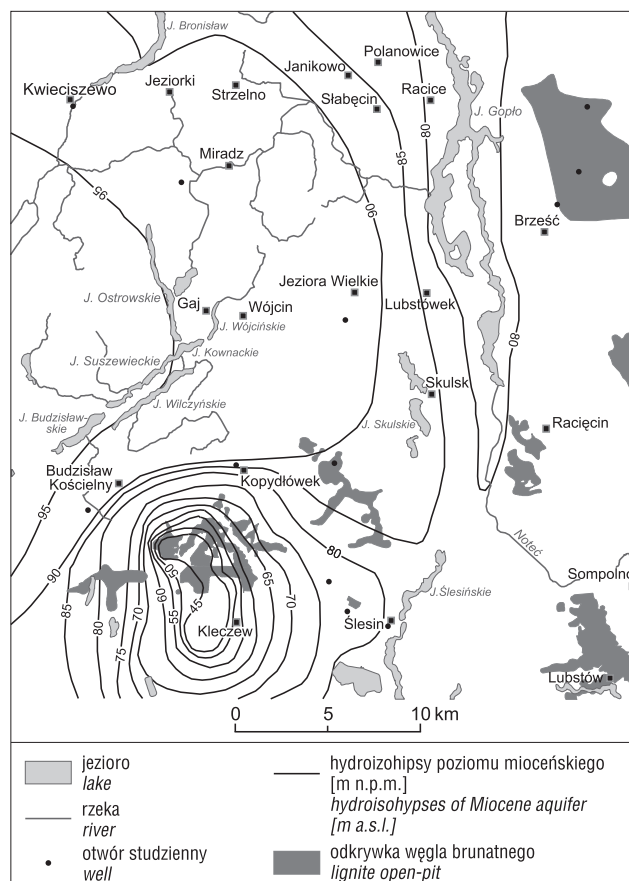
Osady wodonośne piętra czwartorzędowego nie występują na zachód od Jeziora Ślesińskiego, w rejonie Sompolna i Lubstowa, w okolicach Piotrkowa Kujawskiego oraz między Wójcinem a Kleczewem. W systemie regionalnego krążenia piętro czwartorzędowe zasila bezpośrednio (przez okna hydrogeologiczne) lub pośrednio (przesączanie przez izolujące warstwy słabo przepuszczalne) piętro paleogeńsko-neogeńskie lub piętro górnokredowe.

Paleogeńsko-neogeńskie piętro wodonośne

Na rozpatrywanym obszarze paleogeńsko-neogeńskie piętro wodonośne obejmuje tylko jeden – mioceni – poziom wodonośny. Tworzą go głównie piaski drobnoziarniste i pylaste, rzadziej średnioziarniste. Zasilanie poziomu mioceni następuje na obszarze wysoczyzn morenowych (Przybyłek & Nowak, 2011), w wyniku przesączania się wód z poziomów czwartorzędowych lub bezpośrednio z opadów atmosferycznych. Poziom ten jest drenowany przez rynny jeziorne i dolinę Noteci oraz przez obszary o obniżonej powierzchni piezometrycznej, która powstała wskutek odwodnienia odkrywek węgla brunatnego. Napięcie zwierciadło wody stabilizuje się na rzędnej 80–90 m n.p.m. Miąższość utworów mioceni poziomu wodonośnego zależy od ukształtowania podłoża mezozoicznego i wynosi od 5 do 40 m (miejscami 80 m). Poziom ten stanowi główny użytkowy poziom wodonośny na obszarze między Jeziorem Wilczyńskim a Jeziorem Ślesińskim, gdzie nie występują warstwy wodonośne czwartorzędu.

W północno-zachodniej części badanego obszaru, między jeziorem Bronisław na północy a Jeziorem Wilczyńskim na południu, mioceni poziom wodonośny stanowi fragment GZWP 143. Poziom ten występuje przeważnie na głębokości 80–120 m i lokalnie jest rozdzielony warstwami mulków i węgla brunatnego. Brak utworów wodonośnych miocenu stwierdzono w południowo-wschodniej części rejonu badań, w okolicy miejscowości Racięcina oraz lokalnie w rejonie Jezior Wielkich i Brześcia.

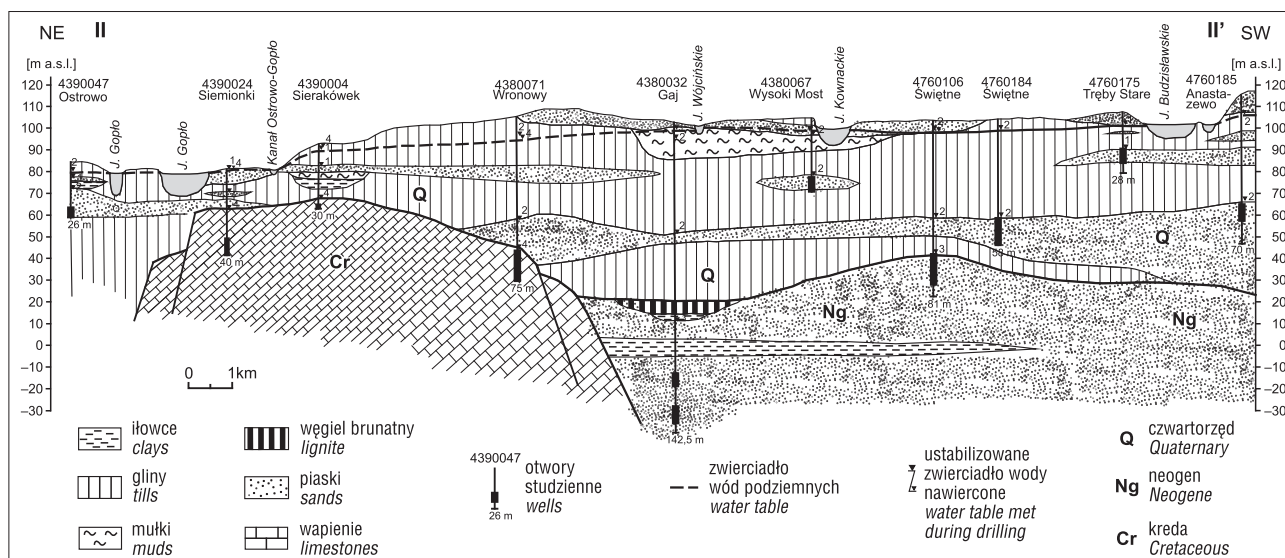
Na reżim przepływu w mioceni poziomie wodonośnym – szczególnie w południowej części obszaru – duży



Ryc. 4. Mapa hydroizohips mioceni poziomu wodonośnego (stan na 2012 r. wg danych KWB Konin)

Fig. 4. Map of hydroisohypses of Miocene aquifer (in 2012 according to KWB Konin data)

wpływ ma obecność odwadnianych odkrywek węgla brunatnego. W wyniku prac odwodnieniowych w południowej części obszaru powstał lej depresji (ryc. 4), co doprowadziło do zmiany naturalnych dróg krążenia wód. Prace odwodnieniowe prowadzone przez KWB Konin do końca lat 80. XX w. sprawiły, że południowo-zachodnia część obszaru badań wraz z rynną jeziorną Powidz-Ostrowo znalazła się w pasywnym układzie hydrodynamicznym (Przybyłek & Nowak, 2011). Dopiero gdy po 1980 r. uruchomio-

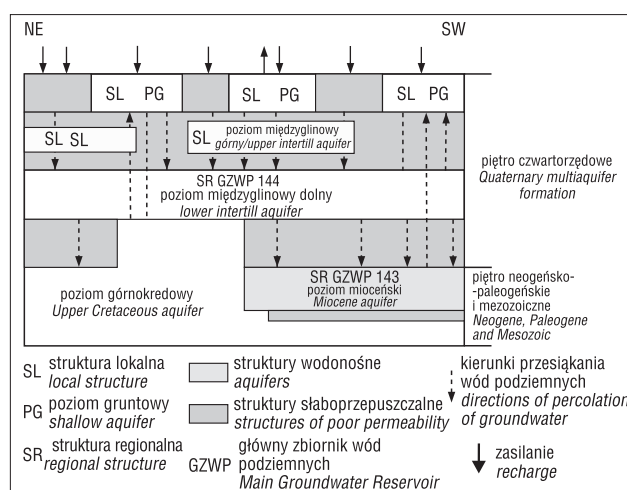


Ryc. 5. Przekrój hydrogeologiczny II-II' (lokalizacja – ryc. 1)
Fig. 5. Hydrogeological cross-section II-II' (for location see Fig. 1)

no kolejne odkrywki, południowa część terenu znalazła się w zasięgu oddziaływania leja depresji. W 2009 r. rozpoczęto odwadnianie kolejnej odkrywki – Tomisławice. Obecnie planowane jest uruchomienie odkrywki Ościśłowo, znajdującej się najbliżej rejonu badań. Na podstawie wyników badań modelowych wykonanych dla KWB Konin (Fischer & Derkowska-Sitarz, 2010) stwierdzono, że do 2037 r. rozwój leja depresji powstałego w efekcie odwadniania odkrywki Tomisławice nie będzie oddziaływał na Gopło. W wyniku tych samych badań modelowych wykazano jednak rozwój wspólnego leja depresji w poziomach mioceńskim i górnokredowym wytworzonego przez systemu odwodnienia trzech odkrywek: Kazimierz, Józwin IIB i Ościśłowo. Według prognoz na 2037 r. ten lej depresji przesunie się w kierunku północnym w rejon jeziora Skulska Wieś i Jeziora Skulskiego i rozwinie się pod jeziorami Kownackim i Wójcińskim (Fischer & Derkowska-Sitarz, 2010).

Górnokredowe piętro wodonośne

W górnokredowym piętrze wodonośnym występuje jeden poziom wodonośny. Ma on zasięg regionalny, tworzą go spękane margle i wapień oraz piaskowce margliste. Jest to poziom naporowy zasilany przez przesączanie z poziomów nadległej formacji kenozoicznej. Poziom górnokredowy zasilą poziom mioceński w strefach kontaktu hydraulicznego. W południowo-wschodniej części obszaru badań poziom ten stanowi główny użytkowy poziom wodonośny. Strop utworów kredy górnej występuje na rzędnej 60 m n.p.m. w rejonie Gopła (ryc. 5) oraz miejscowości Miradz, Polanowice i Racięcina i obniża się w kierunku południowo-zachodnim. W rejonie Kwieciszewa nie nawiercono utworów kredy do głębokości 154 m (–80 m n.p.m.). Na obszarze wyrobiska odkrywki Pątnów, strop kredy występuje na głębokości 100 m (0 m n.p.m.). Wzdłuż zachodniej rynn Gopła na utworach kredowy zalegają wodonośne piaski czwartorzędowe będące w bezpośredniej więzi hydraulicznej z utworami wodonośnymi kredy. Podobny układ występuje lokalnie w okolicach Słabęcina, Raciec, Miradza oraz Racięcina. W południowo-wschodniej części obszaru badań, w rejonie Lubstowa, miejscami na wschód od Strzelna, w rejonie miejscowości Gaj i Jeziora, jak rów-



Ryc. 6. Schemat systemu hydrogeologicznego obszaru badań
Fig. 6. Diagram showing groundwater system in the study area

nież w okolicy Kleczewa utwory wodonośne kredy znajdują się w kontakcie hydraulicznym z utworami paleogenu i neogenu.

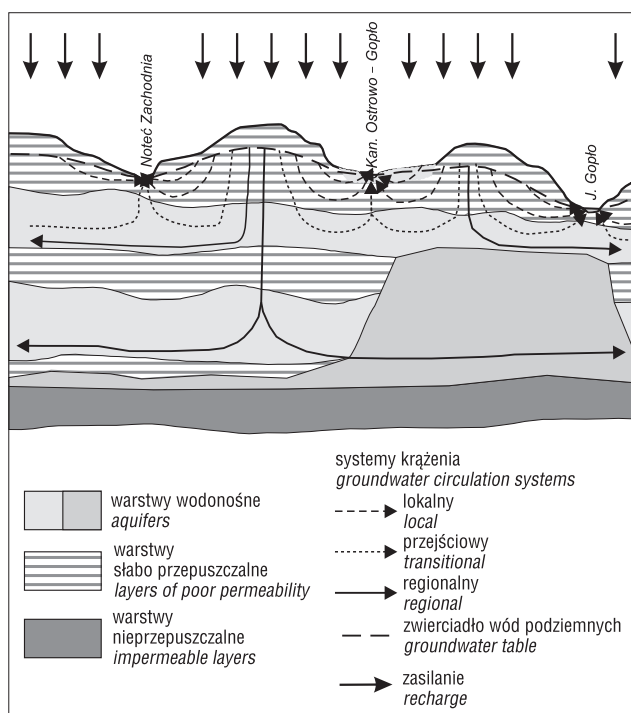
MODEL KONCEPCYJNY SYSTEMU HYDROGEOLOGICZNEGO

Na podstawie podanych wcześniej informacji oraz przekrojów hydrogeologicznych opracowano wstępny model koncepcyjny systemu hydrogeologicznego obszaru badań, składający się z pięciu warstw przepuszczalnych i czterech warstw izolujących (ryc. 6).

Opracowany diagram przedstawia układ warstw skalnych, występowanie poziomów wodonośnych oraz kontaktów hydraulicznych między poszczególnymi piętrami wodonośnymi opisanymi w poprzednim rozdziale. Wydzielono na nim czwartorzędowy poziom gruntowy, poziomy międzyglinowe górny i dolny (izolację między nimi stanowią gliny), poziom mioceński (izolowany od piętra czwartorzędowego przez gliny i ropy) oraz poziom górnokredowy. Na diagramie zaznaczono też występujący lokalnie, głównie w południowo-wschodniej części obszaru badań,

Tab. 1. Charakterystyka poziomów wodonośnych południowych Kujaw
Table 1. Characteristic of aquifers in the southern Kujawy Region

Poziom wodonośny <i>Aquifer</i>	Utwory wodonośne <i>Water-bearing deposits</i>	Miaższość utworów [m] <i>Aquifer thickness [m]</i>	Głębokość występowania [m] <i>Depth [m]</i>	Współczynnik filtracji [m/h] <i>Hydraulic conductivity [m/h]</i>	Wydajność jednostkowa studni [m ³ /h · m] <i>Specific discharge of a well [m³/h · m]</i>
Poziom gruntowy <i>Shallow aquifer</i>	piaski różnoziarniste, żwiry <i>varigrained sands, gravels</i>	1–15	0–11	0,30–6,00	0,89–28,60
Poziom międzyglinowy górny <i>Upper intertill aquifer</i>	piaski, piaski ze żwirem, żwiry <i>sands, sands with gravel, gravels</i>	2–15	5–30	0,20–4,00	
Poziom międzyglinowy dolny <i>Lower intertill aquifer</i>	piaski średnioziarniste, różnoziarniste <i>medium and varigrained sands</i>	5–40	5–95	0,20–3,00	
Poziom mioceni <i>Miocene aquifer</i>	piaski drobnoziarniste, średnioziarniste, pylaste <i>fine, medium and silty sands</i>	10–40 (80)	15–120	0,10–1,20	0,50–18,50
Poziom górnokredowy <i>Upper Cretaceous aquifer</i>	margle, wapienie, piaskowce margliste <i>marls, limestones, marly sandstones</i>	ok. 40	20–100	0,01–0,20	0,14–25,40



Ryc. 7. Systemy krążenia wód podziemnych na obszarze południowych Kujaw

Fig. 7. The groundwater-circulation systems in the southern Kujawy region

kontakt górnokredowego poziomu wodonośnego z poziomami pięter czwartorzędowego i paleogeńsko-neogeńskie. Położenie stropu i spągu, a także parametry hydrogeologiczne warstw wodonośnych określono na podstawie wyników badań głębokich otworów wiertniczych oraz danych z dokumentacji geologicznych i z Banku HDYRO (tab. 1).

Układ krążenia wód na badanym obszarze (ryc. 7) jest związany z wysoczyznami, będącymi obszarami zasilania, z rzekami i rynnymi jezior, które stanowią bazy drenażu wód podziemnych. Z uwagi na głębokość występowania

poszczególnych poziomów wodonośnych można wyróżnić system krążenia lokalnego (w poziomie wód gruntowych), system krążenia przejściowego (lokalnie, w poziomie międzyglinowym) oraz system krążenia regionalnego (poziom międzyglinowy dolny i poziom mioceni).

PODSUMOWANIE

Zwykle wody podziemne na obszarze badań występują w utworach czwartorzędowego, neogenu, paleogenu i kredy górnej. Nieciągłość warstw słabo- i nieprzepuszczalnych powoduje, że poszczególne wydzieliska geologiczne pozostają w kontakcie hydraulicznym. Na obszarze badań występuje lokalnie bezpośredni kontakt hydrauliczny poziomów mioceni i górnokredowego oraz poziomu górnokredowego z utworami wodonośnymi piętra czwartorzędowego. Opracowany model koncepcyjny systemu wodonośnego w dalszym etapie prac będzie stanowić podstawę przy konstruowaniu modelu numerycznego.

LITERATURA

- CHOIŃSKI A. 1995 – Katalog jezior Polski. Cz. 3. Pojezierze Wielkopolsko-Kujawskie. UAM, Poznań.
- CZYŻKOWSKI B. 2005 – Modelowanie dynamiki przepływu wód podziemnych w okolicy odkrywki węgla brunatnego o zmiennej geometrii. [W:] Krawiec A. & Sadurski A. (red.), Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. 12. UMK, Toruń: 133–139.
- DĄBROWSKI S. 1995 – Wielkoobszarowe obniżenia powierzchni piezometrycznych wód podziemnych w rejonie wielkopolskim. [W:] Szczepańska J. i in. (red.), Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. 7. Wyd. AGH, Kraków-Krynica: 101–108.
- DĄBROWSKI S. & JANISZEWSKA B. 2002 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Strzelno (438). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DĄBROWSKI S., PRZYBYŁEK J. & GÓRSKI J. 2007 – Subregion Warty nizinny. [W:] Paczyński B. & Sadurski A. (red.), Hydrogeologia Regionalna Polski. T. 1. Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 369–406.
- DĄBROWSKI S., RYNARZEWSKI W., STRABURZYŃSKA-JANISZEWSKA R., ZACHAŚ J. & PAWLAK A. 2011 – Zasoby wód podziemnych systemu wodonośnego wschodniej części Pojezierza Wielkopolskiego. Biul. Państw. Inst. Geol., 445: 75–86.

- FISZER J. & DERKOWSKA-SITARZ M. 2010 – Prognoza rozwoju leja depresji i dopływów do kopalni węgla brunatnego Konin z uwzględnieniem projektowanych odkrywek Tomisławice i Ościslów. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 442: 37–42.
- KONDRACKI J. 2011 – Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KUNZ M., SKOWRON R. & SKOWROŃSKI S. 2010 – Zmiany morfometrii Jeziora Ostrowskiego (Pojezierze Gnieźnieńskie) w świetle badań kartograficznych, teledetekcyjnych oraz pomiarów geodezyjnych, *Limnol. Rev.*, 10 (2): 77–85.
- MARSZELEWSKI W. & SKOWRON R. 2011 – Związki między odwodnieniem odkrywki „Tomisławice” a wybranymi elementami ustroju hydrologicznego jeziora Gopło. *Zesz. Glebozn.*, 62 (2): 273–282.
- MARSZELEWSKI W., PTAK M. & SKOWRON R. 2011 – Antropogeniczne i naturalne uwarunkowania zaniku jezior na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim. *Zesz. Glebozn.*, 62 (2): 283–294.
- MASZOŃSKA D. 2002 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Piotrków Kujawski (439). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MENDAKIEWICZ A. & WÓJCIK-PAZERA M. 2002 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Kleczew (476). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MOCEK A., RZAŚA S., OWCZARZAK W., KĘDZIORA A. & CHOIŃSKI A. 2007 – Wpływ kopalnictwa odkrywkowego w Konińsko-Turkowskim Zagłębiu Węglowym na zmiany hydrologiczne obszarów przyległych do wyrobisk kopalnianych. *Akad. Roln., Poznań*.
- PRZYBYŁEK J. & NOWAK B. 2011 – Wpływ niszówek hydrogeologicznych i odwodnień górniczych na systemy wodonośne Pojezierza Gnieźnieńskiego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 445: 513–528.
- SZADKOWSKA M. 1997 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Ślesin (477). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SZCZEPIŃSKI J. & STRABURZYŃSKA-JANISZEWSKA R. 2011 – Prognoza zasięgu leja depresji dla odkrywki węgla brunatnego Mękoszyn-Grochowska KWB Konin S.A. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 445: 671–684.
- WOŚ A. 1994 – Klimat Niziny Wielkopolskiej. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- ŻELAŻNIEWICZ A., ALEKSANDROWSKI P., BUŁA Z., KARNKOWSKI P.H., KONON A., OSZCZYPKO N., ŚLĄCZKA A., ŻABA J. & ŻYTKO K. 2011 – Regionalizacja tektoniczna Polski. *Kom. Nauk Geol. PAN, Wrocław*.