

## Zasilanie i drenaż wód podziemnych GZWP nr 401 (Zbiornik Niecka Łódzka) w świetle badań modelowych

Andrzej Rodzoch<sup>1</sup>, Karolina Pazio-Urbanowicz<sup>1</sup>

Recharge and discharge of groundwater of MGB No. 401 (Łódź Basin) in the light of modelling research. *Prz. Geol.*, 63: 1037–1041.

*Abstract.* Existing publications and hydrogeology studies about Łódź Basin say there is a thesis that Lower Cretaceous aquifer (including MGB No. 401 (Łódź Basin)) is recharged only at narrow part of under Cenozoic outcrop without Upper Cretaceous water recharge. The study questions above thesis and presents the new one, based on own groundwater modelling research. According the new thesis Lower Cretaceous aquifer is also recharged from Upper Cretaceous aquifer by vertical filtering during period intensive groundwater take off and from adjacent aquifers lateral recharge.

**Keywords:** Łódź Basin, Lower Cretaceous aquifer, groundwater modelling

Poziom wodonośny kredy dolnej w rejonie niecki łódzkiej, mimo głębokiego występowania na dużej części obszaru GZWP nr 401, ma strategiczne znaczenie dla zaopatrzenia ludności w wodę do picia. Obecnie z tego poziomu pochodzi około 24% (ok. 35 tys. m<sup>3</sup>/d) wszystkich wód podziemnych eksploatowanych w granicach obszaru GZWP nr 401, z czego około 95% poboru koncentruje się w rejonie Łodzi. Można zakładać, że z czasem znaczenie zbiornika jeszcze wzrośnie. W przypadku tego GZWP głównym problemem nie jest ochrona jakościowa, lecz ilościowa jego zasobów wodnych. Z uwagi na głębokie zaleganie poziomu wodonośnego, na większości obszaru jest on dobrze chroniony przed zanieczyszczeniem z powierzchni terenu. Nie obserwuje się także zagrożeń geogenicznych związanych z ascensją wód słonych. Problemem znanym od wielu lat (zwłaszcza w rejonie Łodzi) jest natomiast ustalenie optymalnych warunków eksploatacji wód całego piętra kredowego, w sposób gwarantujący zachowanie ich dobrego stanu ilościowego i chemicznego. Pomimo, że niebezpieczeństwo szczypania zasobów statycznych tego poziomu zostało obecnie zażegnane przez ograniczenie poboru wód, ważne jest ustalenie, jak duże są jego zasoby odnawialne i dyspozycyjne. W tym celu niezbędne jest wiarygodne rozpoznanie kierunków i wielkości zasilania poziomu kredy dolnej. Po raz pierwszy, w sposób kompleksowy, zostało to wykonane metodą badań modelowych, w ramach dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej obszar ochronny GZWP nr 401 (Rodzoch i in., 2014). Dotychczas przeważał pogląd sformułowany jeszcze w latach 70. XX wieku przez Kasjańskiego i in. (1972), powtarzany w późniejszych opracowaniach i publikacjach (m.in. Ziulkiewicz, 2003; Mięka i in., 2006; Wiktorowicz, 2014), że poziom ten jest zasilany tylko na wychodniach podkenozoicznych, a dopływ wód z poziomu kredy górnej praktycznie nie zachodzi, z uwagi na uszczelnienie górotworu w głębokich jego partiach przez zaciskanie się szczelin. Pogląd ten należy uznać za trudny do obrony już choćby na podstawie przybliżonej analizy rzeczywistych możliwości zasilania poziomu kredy dolnej, wzdłuż jego wychodni podkenozoicznych. Przyjmując w przybliżeniu, że powierzchnia tej wychodni w rejonie łódzkim wynosi około 29 km<sup>2</sup> (przy długości ok. 18,0 km i szerokości od 1,0 do

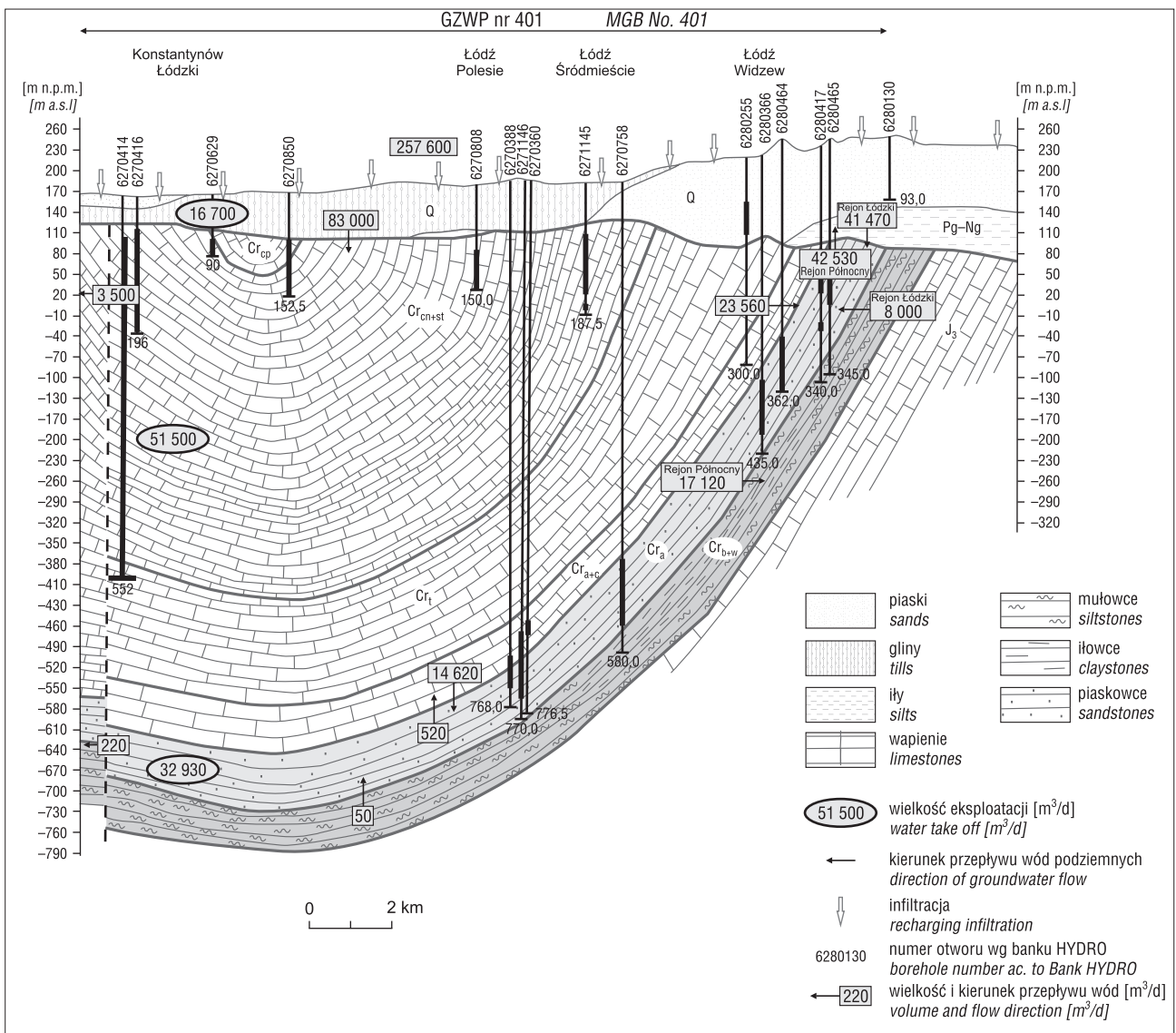
2,0 km) (ryc. 1), dla pokrycia eksploatacji w rejonie Łodzi, sięgającej obecnie blisko 33 000 m<sup>3</sup>/d, moduł zasilania wzdłuż wychodni musiałby wynieść około 1140 m<sup>3</sup>/d · km<sup>2</sup>. Tak wysoka wartość modułu przesączania pionowego jest trudna do przyjęcia z hydrogeologicznego punktu widzenia. W niniejszej publikacji, w sposób bardzo skrótowy autorzy przedstawili najważniejsze wyniki własnych badań, dotyczące zasilania i drenażu poziomu wodonośnego kredy dolnej na obszarze GZWP nr 401.

### ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ I WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Wodonośne utwory kredy dolnej są wykształcone w postaci kompleksu piasków i piaskowców albu środkowego oraz lokalnie hoterywu. Miąższość utworów waha się w przedziale 50–200 m, przy wartości średniej około 100 m (ryc. 2). Strop poziomu występuje na głębokości od kilku metrów w rejonie wychodni na północy i południu GZWP nr 401, do ponad 1000 m wzdłuż południowo-zachodniej granicy zbiornika. Strefa wychodni podkenozoicznych o szerokości około 1–4 km biegnie wzdłuż krawędzi antyklinorium kujawsko-pomorskiego i obrzeżenia mezozoicznego Gór Świętokrzyskich. Wychodnie kredy dolnej na powierzchni podkenozoicznej stwierdzono także w strefie antyklinalnej Lutomierska, choć ich zasięg nie został w tym rejonie szczegółowo rozpoznany (ryc. 1). Zbiornik dolnokredowy charakteryzuje się dużą jednorodnością i dobrymi parametrami hydrogeologicznymi. Współczynnik filtracji mieści się w przedziale 0,6–20 m/d, średnio około 10 m/d. Rzeczywiste wydajności otworów studziennych wynoszą od 40 m<sup>3</sup>/h przy depresji 10 m w rejonie Ozorkowa na północy, do 340 m<sup>3</sup>/h przy depresji 50 m w rejonie Łodzi. Zwierciadło statyczne poziomu dolnokredowego stabilizuje się na rzędnej od 120 m n.p.m. wzdłuż północnej granicy GZWP nr 401, do około 190 m n.p.m. wzdłuż jego południowej granicy i w rejonie wychodni na wschód od Łodzi (ryc. 1). W centrum leja depresyjnego w rejonie Łodzi, występuje na rzędnej około 160 m n.p.m. (stan na 2012 r.). W obrazie powierzchni piezometrycznej, uzyskanej na modelu, wyraźnie zaznacza się wododział wewnętrzny w obrębie poziomu kredy dolnej, przesunięty nieco na południowy

<sup>1</sup> HYDROEKO – Biuro Poszukiwań i Ochrony Wód, ul. Wąwozowa 25 lok. 48, 02-796 Warszawa; rodzoch@hydroeko.waw.pl, k.pazio@hydroeko.waw.pl.





Ryc. 2. Schemat krążenia wód podziemnych w północnej części GZWP nr 401  
 Fig. 2. Groundwater circulation scheme in the northern area of MGB No. 401

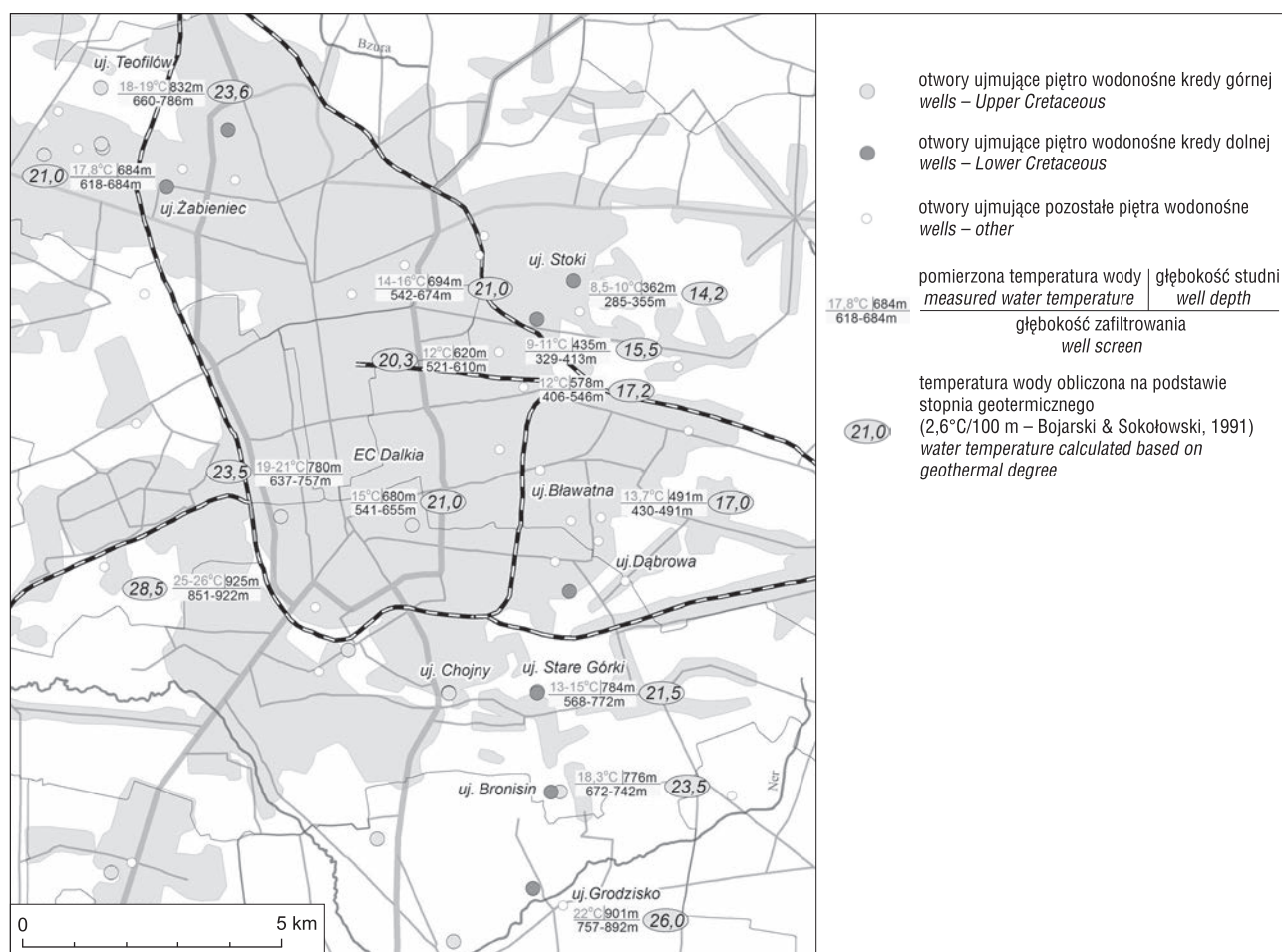
wschód w stosunku do hydrograficznego wododziału I rzędu. Wzajemna relacja ciśnień piezometrycznych poziomów wodonośnych kredy dolnej i górnej jest zróżnicowana. Ogólnie na większości obszaru dokumentowanego zbiornika powierzchnia piezometryczna poziomu kredy dolnej zalega nieco niżej niż w kredzie górnej, i stąd też w rejonach tych poziomów zbiornikowy jest zasilany od góry, z przesączania pionowego. Wielkość tego zasilania, stosunkowo niewielka, jest zróżnicowana przestrzennie i zależy od różnicy ciśnień, tektoniki górotworu oraz miąższości i charakteru słabo przepuszczalnych utworów kredy górnej. Maksymalny zasięg lejów depresji w poziomie dolnokredowym w rejonie Łodzi przypada na lata 80. XX wieku, kiedy to obejmował południową część Zgierza. W latach 90., na skutek ograniczenia poboru wód podziemnych, lej znacznie się zmniejszył i wypłynął, osiągając quasi ustalony charakter. Jego zasięg był dotąd tylko orientacyjnie oszacowany. Na podstawie badań modelowych, wykonanych w ramach dokumentacji GZWP nr 401 (Rodzoch i in., 2014), powierzchnia obszaru ograniczonego izolacją obniżenia zwierciadła wody w poziomie kredy dolnej o 5,0 m w stosunku do stanu quasi naturalnego (bez eks-

ploatacji) odtworzonego na modelu, wynosi w przybliżeniu 328 km<sup>2</sup> (ryc. 1), a maksymalna depresja rejonowa przekracza 40 m w rejonie ujęcia Stare Górkę (ryc. 3). Powierzchnia obszaru zasilania ujęć wód eksploatacyjnych poziomu wodonośnego kredy dolnej w rejonie Łodzi, wynosi około 326 km<sup>2</sup> (ryc. 1).

### ZASILANIE I DRENAŻ POZIOMY WODONOŚNEGO KREDY DOLNEJ

Zasoby odnawialne GZWP nr 401 obliczono na modelu matematycznym jako sumę wielkości zasilania pionowego i wielkości dopływów bocznych w poszczególnych modelowych warstwach wodonośnych, odwzorowujących poziom zbiornikowy kredy dolnej. Łączna wielkość tak obliczonych zasobów dla całego GZWP nr 401 wynosi około 183 600 m<sup>3</sup>/d, przy średnim module 104,4 m<sup>3</sup>/d · km<sup>2</sup>, odniesionym do obszaru zbiornika o powierzchni 1759,2 km<sup>2</sup>. Około 112 830 m<sup>3</sup>/d (61,5% całego zasilania) pochodzi z przesączania pionowego wód z poziomów kenozoiku wzdłuż wychodni podkenozoicznych o powierzchni szacowanej na około 285 km<sup>2</sup>. Moduł tego przesączania wynoszący średnio





**Ryc. 3.** Mapa otworów studziennych w rejonie Łodzi z pomiarami temperatury pompowanych wód  
**Fig. 3.** Map of wells in Łódź's area with temperature of pumped water

395 m<sup>3</sup>/d · km<sup>2</sup>, jest stosunkowo wysoki, ale możliwy do przyjęcia z hydrogeologicznego punktu widzenia. W zasilaniu poziomu kredy dolnej bierze również udział dopływ wód z utworów jury od strony wału kujawskiego, zaznaczający się najsilniej w rejonie Łodzi (ok. 8000 m<sup>3</sup>/d), oraz od strony północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich w południowej części obszaru. Z uwagi na występowanie ciągłego kompleksu osadów słabo przepuszczalnych w podłożu poziomu wodonośnego kredy dolnej (osadów iłowcowo-marglistych beriasu, walanżyny i hoterywu oraz łupków marglistych i iłowców kimerydu górnego), stanowiącego skuteczną barierę dla dopływu wód z utworów jurajskich, zasilanie to jest niewielkie. Łącznie szacuje się je na około 23 920 m<sup>3</sup>/d (13,0% całości), z tego około 13 280 m<sup>3</sup>/d przypada na dopływ od strony południowej (ryc. 1). Zasilanie z przesączania pionowego, z utworów węglanowych kredy górnej, w obszarze głębokiego występowania poziomu zbiornikowego jest także niewielkie i wynosi 18 620 m<sup>3</sup>/d (10,1% całości). Największy dopływ obserwuje się w rejonie Łodzi (ok. 14 620 m<sup>3</sup>/d), co jest związane z intensywną eksploatacją poziomu kredy dolnej. Kontrolne wyliczenia bilansowe wykonane dla kilku wytypowanych rejonów pokazały, że moduł tego zasilania nie przekracza z reguły 15 m<sup>3</sup>/d · km<sup>2</sup>, co jest wartością niską i bardzo wiarygodną w warunkach hydrogeologicznych omawianego rejonu. Pozostała część zasilania poziomu kredy dolnej (28 180 m<sup>3</sup>/d – 15,4%) pochodzi z dopływu bocznego z poziomu kredy górnej w rejonie wschodni (dopływ z wewnętrznej części

obszaru GZWP). Z przedstawionych obliczeń wynika, że zasilanie poziomu wodonośnego kredy dolnej z dopływu wód z utworów kredy górnej wynosi łącznie 46 800 m<sup>3</sup>/d, co stanowi 25,5% wielkości jego całkowitego zasilania. Ustalone na modelu zasilanie poziomu zbiornikowego od dołu z poziomu jury górnej jest marginalne i wynosi około 50 m<sup>3</sup>/d.

Drenaż wód poziomu kredy dolnej z północnej części GZWP nr 401 odbywa się głównie przez odpływ podziemny w kierunku północnym do obniżenia Równiny Łowicko-Błońskiej i doliny Bzury (ryc. 1). Wielkość tego drenażu wynosi około 59 650 m<sup>3</sup>/d, z czego 71% przypada na odpływ pionowy wzdłuż wschodni podkenozoicznych a 29% na odpływ poziomy do poziomu wodonośnego jury górnej. Istotnym składnikiem bilansu wodnego tego rejonu, po stronie rozchodu, jest także eksploatacja wód wynosząca około 32 930 m<sup>3</sup>/d (wg stanu na 2012 r.). Znaczne obniżenie zwierciadła wody w poziomie wodonośnym kredy górnej, na skutek intensywnej jego eksploatacji w rejonie Łodzi i Zgierza, uruchomiło lokalny drenaż pionowy poziomu kredy dolnej w obrębie wglębnej części zbiornika. Z uwagi na obniżenie zwierciadła wody w poziomie kredy dolnej, wywołane intensywną eksploatacją wód, odpływ ten jest nieduży (około 520 m<sup>3</sup>/d). W południowej części GZWP nr 401 drenaż poziomu kredy dolnej odbywa się głównie poprzez odpływ pionowy na obszarach wschodni podkenozoicznych w dolinie rzeki Pilicy i pod dnem Zbiornika Sulejowskiego (około 86 280 m<sup>3</sup>/d)

i w niewielkim stopniu przez odpływ do poziomu kredy górnej poza tym obszarami (około 1630 m<sup>3</sup>/d). Eksploatacja poziomu jest nieduża i wynosi 1850 m<sup>3</sup>/d. W przyjętym schemacie hydrogeologicznym, zachodnia i południowo-zachodnia granica GZWP nr 401, w głębokiej jego części są praktycznie neutralne z hydrodynamicznego punktu widzenia i wody mają raczej stagnujący charakter. Sytuacja ta, chociaż bardzo prawdopodobna, jest tylko hipotezą z uwagi na brak dostatecznego, w tym rejonie, rozpoznania kredy dolnej.

Ustalone szacunkowo na modelu, zasoby dyspozycyjne poziomu kredy dolnej GZWP nr 401, wynoszą łącznie 97 200 m<sup>3</sup>/d, z czego około 52% przypada na obszar północny. Wielkość ta stanowi 53% zasobów odnawialnych zbiornika. Moduł tak ustalonych zasobów dyspozycyjnych wynosi około 55 m<sup>3</sup>/d · km<sup>2</sup>. Zasoby te ustalono przy założeniu, że eksploatacja pozostałych poziomów wodonośnych na obszarze GZWP nr 401 odbywa się w wysokości przyznanych poziomów wodnoprawnych. Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych wszystkich użytkowych poziomów wodonośnych w granicach zbiornika są szacowane na około 328 800 m<sup>3</sup>/d (tj. ok. 187,3 m<sup>3</sup>/d · km<sup>2</sup>).

Przedstawiony obraz zasilania i drenażu poziomu wodonośnego kredy dolnej niecki łódzkiej jest logiczny i czytelny z hydrogeologicznego punktu widzenia. Uwiarygadniają go dodatkowo wyniki analizy pionowej zmienności temperatury wód podziemnych z rejonu Łodzi (Rodzoch i in., 2014). Przyjmując za Bojarskim i Sokołowskim (1991), że na obszarze niecki łódzkiej wartość średniego gradientu geotermicznego wynosi 2,6°C/100 m, oraz, że temperatura w górotworze na głębokości 100 m wynosi 8,0°C, można stwierdzić, że w rejonie aglomeracji łódzkiej występuje wyraźne wychłodzenie wód poziomu kredy dolnej, związane z jego długoletnią, intensywną eksploatacją (ryc. 3). Stopień tego wychłodzenia, zależny od głębokości występowania poziomu, intensywności jego eksploatacji oraz charakteru kontaktów hydraulicznych z poziomami sąsiednimi, jest zmienny przestrzennie i zawiera się w przedziale 2,5–6,7°C. Wychłodzenie wód świadczy o intensywnym zasilaniu tego poziomu przez dopływ chłodniejszych wód od góry warstwy wodonośnej kredy dolnej,

a także przez dopływ pionowy z utworów kredy górnej. Niestety, brak ciągłych badań temperatury na przestrzeni wielolecia nie pozwala dokonać korelacji jej zmienności wraz ze zmianami wielkości eksploatacji, co pozwoliłoby bardziej szczegółowo ustalić wielkość zasilania tego poziomu z dopływu od góry, z poziomu kredy górnej i wzdłuż wychodni kredy dolnej. Obecnie mamy potwierdzenie występowania takiego zasilania, natomiast jego wielkość możemy ustalić jedynie szacunkowo na podstawie badań modelowych.

Wyniki badań modelowych potwierdzają pogląd, że poziom wodonośny kredy dolnej w rejonie niecki łódzkiej jest zasilany głównie z przesączania pionowego wód w rejonie jego wychodni podkenozoicznych. Nie potwierdzają natomiast twierdzenia, spotykanego w niektórych publikacjach, że zasilanie poziomu wodonośnego kredy dolnej przez dopływ wód z utworów węglanowych kredy górnej praktycznie nie zachodzi, z uwagi na zamknięcie szczelin. Oczywiście kwestia wielkości tego zasilania i jego składowych powinna być weryfikowana w miarę przybywania nowych danych. Do ustalenia optymalnych warunków eksploatacji wód podziemnych w całym rejonie łódzkim jest niezbędne wykonanie bardziej szczegółowych analiz modelowych.

## LITERATURA

- BOJARSKI L. & SOKOŁOWSKI A. 1991 – Dokumentacja zasobów wód termalnych w kat. C i B z utworów kredy dolnej regionu Uniejowa. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- KASJAŃSKI F., MIKUŁA E. & BIERKOWSKA M. 1972 – Studium hydrogeologiczne – Wykorzystanie wód podziemnych w Łódzkim systemie wodnym. Arch. PG POLGEOL, Łódź.
- MIKUŁA E. & STĘPIŃSKA-DRYGALA I. 2007 – Wody podziemne miast wojewódzkich Polski – Łódź. [W:] Nowicki Z. (red.), Informator Państwowej Służby Hydrogeologicznej. Warszawa.
- RODZOCH A., MUTER K. & MANUSZAK M. 2014 – Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 401. HYDROEKO, Warszawa.
- WIKTORÓWICZ B. 2014 – Wody termalne niecki łódzkiej – zielona energia z wnętrza ziemi. Państw. Inst. Geol.-PIB, Oddział Świętokrzyski.
- ZIUŁKIEWICZ M. 2003 – Pionowa strefowość hydrochemiczna wód podziemnych na obszarze aglomeracji łódzkiej. Acta Geographica Lodziensia, 85.