

**WPŁYW URBANIZACJI NA STANY CHARAKTERYSTYCZNE  
ZWIERCIADŁA WÓD PODZIEMNYCH – ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ  
PROWADZONYCH NA STACJI NAUKOWO-BADAWCZEJ  
WYDZIAŁU GEOLOGII UW W WARSZAWIE**

**THE IMPACT OF URBANIZATION ON THE SPECIFIC LEVELS OF GROUNDWATER TABLE –  
AN ANALYSIS OF THE RESULTS OF STUDY CONDUCTED IN THE RESEARCH STATION  
OF THE FACULTY OF GEOLOGY, UNIVERSITY OF WARSAW**

JERZY J. MAŁECKI<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Charakterystyka reżimu wahań zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego na obszarach dużych aglomeracji miejskich zależy przede wszystkim od stanu infrastruktury technicznej gospodarki wodnej oraz lokalnie od intensywności drenażu wód tjęciami. Przebieg stanów płytkich poziomów wód podziemnych jest warunkowany przede wszystkim czynnikami antropogenicznymi, które skutecznie maskują czynniki przyrodnicze.

**Słowa kluczowe:** infiltracja efektywna, odpływ podziemny, stany charakterystyczne zwierciadła wód podziemnych, obszary miejskie.

**Abstract.** In order to assess the changes in the precipitation recharge due to natural and anthropogenic factors, and to determine the regime of fluctuations of the groundwater table of the shallow aquifer in urban areas, a detailed assessment of the results of long-term observations was made. The observations were carried out in the research station of the Faculty of Geology of the University of Warsaw. The research has shown that the regime of fluctuations of the groundwater table of the shallow aquifer in areas of large agglomerations is controlled mainly by anthropogenic factors that effectively mask natural factors.

**Key words:** effective infiltration, groundwater runoff, specific levels of groundwater table, urban areas.

## WSTĘP

Intensywny rozwój miast przy niewielkim zainteresowaniu warunkami przyrodniczymi, a nawet pomijanie ich rozpoznania w opracowaniach projektowych, doprowadził w wielu aglomeracjach miejskich do kryzysu ekologicznego. Wszystkie duże miasta powinny posiadać diagnozę warunków przyrodniczych, która pozwoliłaby na kształtowanie ich dalszego, zrównoważonego rozwoju. Ponieważ

badania klimatu prowadzono w aglomeracjach miejskich od ponad stu lat, ten element środowiska przyrodniczego jest najlepiej rozpoznany.

W ostatnich latach ukazało się wiele cennych pozycji, dotyczących klimatu Polski, w tym także Warszawy (Bogdanowicz, Stachy, 1998; Lorenc, 2000; Lorenc, Mazur, 2003). Zagadnienia, dotyczące występowania i dynamiki wód pod-

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa;  
e-mail: jerzy.malecki@uw.edu.pl

ziemnych na obszarach miejskich również doczekały się wielu ciekawych opracowań (Kazimierski, Paczyński, 2005; Nowicki, 2007).

Istotne jest, żeby zagadnienia klimatyczne i hydrogeologiczne obszarów miejskich interpretowano wspólnie, gdyż urbanizacja powoduje modyfikację prawie wszystkich elementów środowiska przyrodniczego.

Na obszarach miejskich w wyniku tworzenia się wysp ciepła powstają lokalne struktury opadów, które różnicują obszar pod względem intensywności w zasilaniu wód podziemnych. Wielkie miasta stanowią przeszkody oraz dodatkowe źródła jąder kondensacji dla przemieszczających się układów chmurowych. Badania Lorenc i Mazura (2003) wykazały, że w aglomeracji warszawskiej (na obszarach zabudowanych i odkrytych) istnieje wyraźny wpływ oddziaływania miasta na warunki klimatyczne. Maksimum opadów występuje na jego dowietrznej lub zawietrznej stronie w stosunku do przepływu mas powietrza. W Warszawie przy dominującej przewadze napływu mas powietrza z zachodu, potęgowanego również najintensywniejszą emisją pyłów w dzielnicach Kawęczyn i Targówek, różnica opadów w ciągu roku pomiędzy południowo-zachodnią (najuboższą w opady) a wschodnią (najbogatszą w opady) częścią miasta wynosi średnio 116 mm (tab. 1).

**Tabela 1**

**Średnie roczne sumy opadów na terenie Warszawy w latach 1978–1985 (wg Lorenc, Mazura, 2003)**

The average annual rainfall in Warsaw in the period 1978–1985 (after Lorenc, Mazur, 2003)

Stacja	Średnie roczne sumy opadów [mm]
Okęcie	510
Bielany	587
Brwinów	540
Goleździnów	550
Kabaty	584
Legionowo	548
Piastów	654
Sulejówek	611
Kawęczyn	633
Świder	590

W konsekwencji prawdopodobieństwo występowania maksimum opadu nie jest największe w centralnych dzielnicach miasta, lecz we wschodnich dzielnicach Warszawy.

Zmiany zasilania opadowego kształtujące reżim wahań zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego, są zależne od wielu czynników, np. bilansu wilgoci w strefie aeracji, głębokości do zwierciadła wód podziemnych, stopnia przepuszczalności. Niezbędna jest również znajomość rozkładu temperatur powietrza zarówno w układzie sezonowym, jak i wieloletnim. Z analizy materiałów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej z lat 1778–1998 wynika, że na tendencję rosnącą średniej rocznej temperatury powietrza w Warszawie największy wpływ wywierają miesiące od listopada do kwietnia, głównie grudzień (+1,4°C/100 lat) i styczeń (+1,3°C/100 lat). Znaczny dodatni trend temperatury zaobserwowano także wiosną (+0,7°C/100 lat), na którą największy wpływ ma marzec (+1,1°C/100 lat). Analiza serii średnich miesięcznych, sezonowych i rocznych wartości temperatury powietrza w Warszawie wykazała, że średnia temperatura wiosny to 7,5°C, lata 17,9°C, jesieni 8°C, zimy –2,5°C, przy średniej rocznej z wielolecia wynoszącej 7,7°C. Niezależnie od przyczyn, od ostatniej dekady XIX wieku obserwuje się ocieplenie klimatu w Warszawie, opisuje to trend rosnący temperatury powietrza 0,55°C/100 lat (Lorenc, 2000).

Wyniki badań hydrologicznych prowadzone na obszarach miejskich wskazują, że proces urbanizacji, pomimo że sprzyja ograniczeniu strat wody na parowanie, w konsekwencji powoduje wielokrotnienie odpływu powierzchniowego (wody opadowe są szybko odprowadzane za pomocą sieci kanalizacyjnej), co prowadzi do wyraźnego zmniejszenia infiltracji efektywnej opadów atmosferycznych. Badania prowadzone przez Lvovich i Chernogaeva (1977) na obszarze miejskim Moskwy wykazały, że rozwój aglomeracji miejskiej powoduje w bilansie wodnym ponad trzykrotny wzrost spływu powierzchniowego kosztem dwu i półkrotnego zmniejszenia efektu parowania oraz dwukrotnego zmniejszenia odpływu podziemnego. Ograniczenie infiltracji efektywnej następuje również na obszarach przemysłowych, szczególnie tam gdzie parowanie jest związane z procesami technologicznymi. Obliczono, że roczna suma parowania, np. z obszaru Mazowieckich Zakładów Rafinerijno-Petrochemicznych wynosi około 1605 mm (Suwalska, 1989). Jest to wartość czterokrotnie większa od przeciętnej rocznej sumy parowania w Polsce, wynoszącej około 440 mm. Niewątpliwie wpływa to również w bilansie wodnym na zasadnicze ograniczenie infiltracji efektywnej.

## CEL I METODY BADAŃ

W celu oceny zmian zasilania opadowego pod wpływem czynników naturalnych i antropogenicznych oraz określenia reżimu wahań zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego na obszarach miejskich szczegółowej ocenie poddano wieloletnie wyniki obserwacji prowadzonych w strefie wy-

soczynny na stacji naukowo-badawczej Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego.

Występowanie wód pierwszego poziomu wodonośnego w obrębie aglomeracji warszawskiej jest głównie uwarunkowane budową geologiczną osadów czwartorzędowych. Są to

osady typowe dla zlodowaceń kontynentalnych, które pozostawiły po sobie gliny zwałowe, wodnolodowcowe piaski i żwiru oraz piaski, ily i mulki zastoiskowe.

Wody podziemne aglomeracji warszawskiej, występujące w wodonośnych utworach plejstocenu, tworzą Główny Zbiornik Wód Podziemnych nr 22 – Dolina Środkowej Wisły (Kleczkowski, 1990). Poziom ten jest zasilany przede wszystkim przez infiltrację wód opadowych, gdyż w wielu miejscach, szczególnie na obszarze północno-wschodnim, jest on pozbawiony izolacji od powierzchni terenu. Kierunki przepływu wód tego poziomu wynikają z drenującego charakteru Wisły. Prędkość przepływu oszacowano na około 30–100 m/rok (Kazimierski i in., 1998).

Na obszarze wysoczyzn we wschodniej części miasta, w osadach czwartorzędowych występują 2–3 warstwy wodonośne, które najczęściej pozostają w więzi hydraulicznej. W kierunku północnym oraz w części zachodniej aglomeracji warszawskiej łączą się one w jedną warstwę wodonośną. Na pozostałym obszarze, w zasięgu doliny Wisły, omawiany poziom jest najczęściej dwuwarstwowy i pozostaje w ściślejszej więzi hydraulicznej. Jego miąższość wynosi około 10–40 m, która w strefie kopalnej doliny Wisły wzrasta do 70–80 m (Nowicki, 2007).

Badania monitoringowe pełnią ważną rolę w ochronie środowiska, dlatego na początku lat 90. opracowano założenia metodyczne i organizacyjne stacji eksperymentalnej (Małecka i in., 1993). Zdając sobie sprawę, że jakość groma-

dzonych informacji zależy nie tylko od stosowanego sprzętu i aparatury badawczej, lecz w dużej mierze od fachowości obserwatora, na miejsce badań wytypowano teren położony przy gmachu Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego, u zbiegu ulic Żwirki i Wigury oraz Banacha. Stacja badawcza pełni rolę poligonu doświadczalnego w zakresie wpływu aglomeracji warszawskiej na środowisko.

Najistotniejsze są wyniki dotyczące zmian dynamiki zwierciadła wód podziemnych. W specjalnie zbudowanym pomieszczeniu znajdują się dwie studnie głębinowe ujmujące wody z osadów czwartorzędu i oligocenu oraz piezometr ujmujący płytkie wody gruntowe o zwierciadle swobodnym. W celu określenia rytmiki wahań w cyklu rocznym i wieloletnim, studnie i piezometr wyposażono w czujniki do ciągłej rejestracji stanów i temperatury wód.

Parametry klimatyczne – ciśnienie, wilgotność i temperaturę powietrza, rejestrują czujniki w klatce meteorologicznej. Zamontowano także deszczomierz zaopatrzone w dwa kolektory o pojemności 10 dm<sup>3</sup> każdy, które pozwalają na gromadzenie w dowolnym przedziale czasu zarówno opadu mokrego, jak i pyłu atmosferycznego (Engman, Gurney, 1991). Wszystkie pomiary są rejestrowane co godzinę i gromadzone w pamięci komputera.

Z uwagi na położenie stacji w centralnej części miasta, całkowitą automatyzację pomiarów oraz możliwość prowadzenia badań eksperymentalnych, występujące tu ujęcia wód podziemnych należy uznać za reperowe.

## WYNIKI BADAŃ

Wyniki monitoringu stanów wód podziemnych w przypadku poziomu oligoceńskiego w pełni potwierdzają obserwowaną na terenie miasta tendencję stopniowej odbudowy ciśnienia hydrostatycznego. Jednak zmiany zachodzące pod wpływem cykliczności zjawisk przyrodniczych oraz wielkości eksploatacji są dokumentowane przede wszystkim w dynamice czwartorzędowych poziomów wodonośnych (fig. 1).

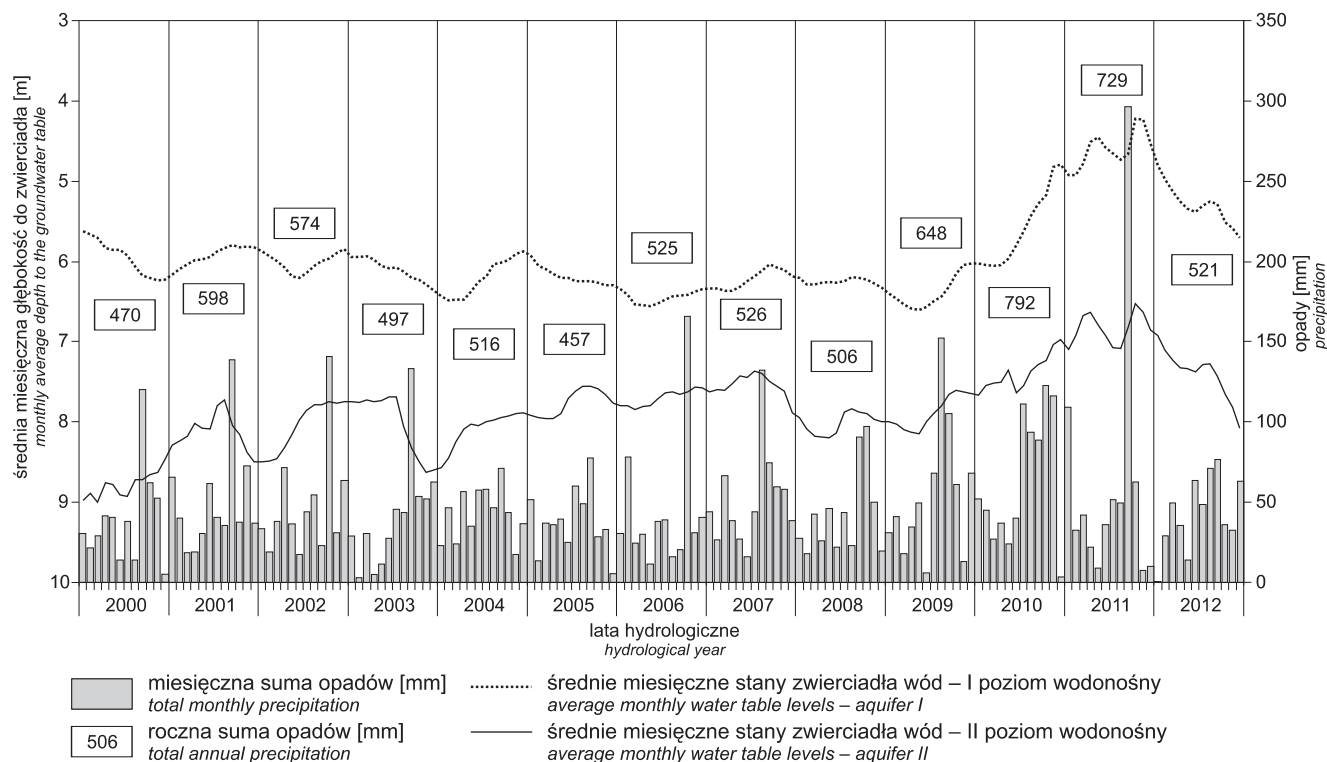
Na obszarze badań strefę przypowierzchniową profilu geologicznego stanowi nasyp antropogeniczny – pył piaszczysty z gruzem. Następnie do głębokości 1,5 m p.p.t. występują pyły piaszczyste, które przechodzą w piaski gliniaste, a następnie w drobnoziarniste. Poniżej profil pionowy stanowi około dwumetrowa warstwa glin zwałowych, izolująca wody przesiąkowe od wód gruntowych, ujmowanych na głębokości około 8 m p.p.t. z warstwy piasków pylastych. Poziom ten jest ujmowany piezometrem. Studnia badawcza ujmuje głębszy poziom czwartorzędowy, nawiercony na głębokości 18 m p.p.t. i stabilizujący się na głębokości około 9 m p.p.t. Poziom ten występuje w piaskach o różnej granulacji, od piasków pylastych do żwiru i otoczków, tworząc warstwę wodonośną, występującą na głębokości od 18 do 49,8 m p.p.t.

Pomiary stanów zwierciadła płytkich wód podziemnych w piezometrze oraz w studniach wierconych są wykonywane w systemie ciągłym. Do analizy przyjęto ostatni dwuna-

stoletni przebieg stanów wód podziemnych oraz miesięczne sumy opadów. Wyniki obserwacji ilustruje wykres na [fig. 1](#). Wysokie stany zwierciadła wód zarówno w piezometrze, jak i w studni badawczej występują najczęściej w okresach wiosennych, lecz nie wykazują podobnej rytmiki wahań w kolejnych latach. Odwzorowanie reżimu powtarzalności cykli rocznych jest problemem bardzo złożonym, wymagającym korelacji opadu inicjującego ze stopniem uwilgocenia strefy aeracji, który wywołuje reakcje impulsowe po przekroczeniu wartości granicznych (Staśko, Tarka, 2002; Staśko i in., 2010).

Analiza stanów zwierciadła wód z wielolecia wykazuje ponadto zbliżoną dynamikę wahań w analizowanych poziomach, co może oznaczać, że oba czwartorzędowe poziomy wodonośne podlegają tym samym czynnikom (zasilanie i drenaż), decydującym o położeniu zwierciadła. Kluczowy jest brak występowania bezpośredniej reakcji zwierciadła na poszczególne zjawiska opadowe. Na podstawie porównania średnich miesięcznych stanów zwierciadła wód z wartościami miesięcznych sum opadów (w latach 2000–2012) nie stwierdzono zauważalnych korelacji ([fig. 1](#)).

W celu oceny tego zjawiska w krótszym interwale czasowym, szczegółowej analizie poddano przebieg stanów zwierciadła wód w roku o najbardziej zbliżonej sumie opadów do średniej z wielolecia ([fig. 2](#)). Analizowano okres od



**Fig. 1. Średnie miesięczne stany zwierciadła wód czwartorzędowych poziomów wodonośnych na tle miesięcznych sum opadów atmosferycznych (Małecki, 2008, uzupełnione)**

Average monthly water table levels of the Quaternary aquifers against the background of total monthly precipitation (Małecki, 2008, supplemented)

kwietnia do końca czerwca, gdyż ewapotranspiracyjny drenaż wód podziemnych w okresie wegetacji odgrywa istotną rolę w bilansie wodnym. W półroczu letnim, gdy ewapotranspiracja wyraźnie przewyższa opady atmosferyczne, niedobory wody są pokrywane z zasobów płytko zalegającego zwierciadła wód podziemnych (Herbich, 1989).

Stwierdzono, że nawet deszcze nawalne o intensywności około 30 mm dobowej sumy opadu nie wywołały w pierwszym i drugim poziomie czwartorzędowym reakcji zwierciadła. Dokładna analiza stanów zwierciadła wody zarówno bezpośrednio po opadzie, jak i z wielodniowym czy wielotygodniowym opóźnieniem nie wykazała tego typu reakcji (fig. 2).

Kolejną próbą znalezienia prawidłowości pomiędzy stanem zwierciadła a czynnikami geogenicznymi na obszarze aglomeracji miejskiej była ocena wpływu zmian temperatury powietrza (fig. 3).

W okresie ujemnych temperatur infiltracja efektywna nie występuje, co powinno skutkować obniżeniem zwierciadła płytko zalegających wód gruntowych. Wzrost temperatury przez zwiększone parowanie, szczególnie w okresach wzmożonej wegetacji roślin, powinien w analogiczny sposób oddziaływać na wody podziemne strefy aktywnej wymiany.

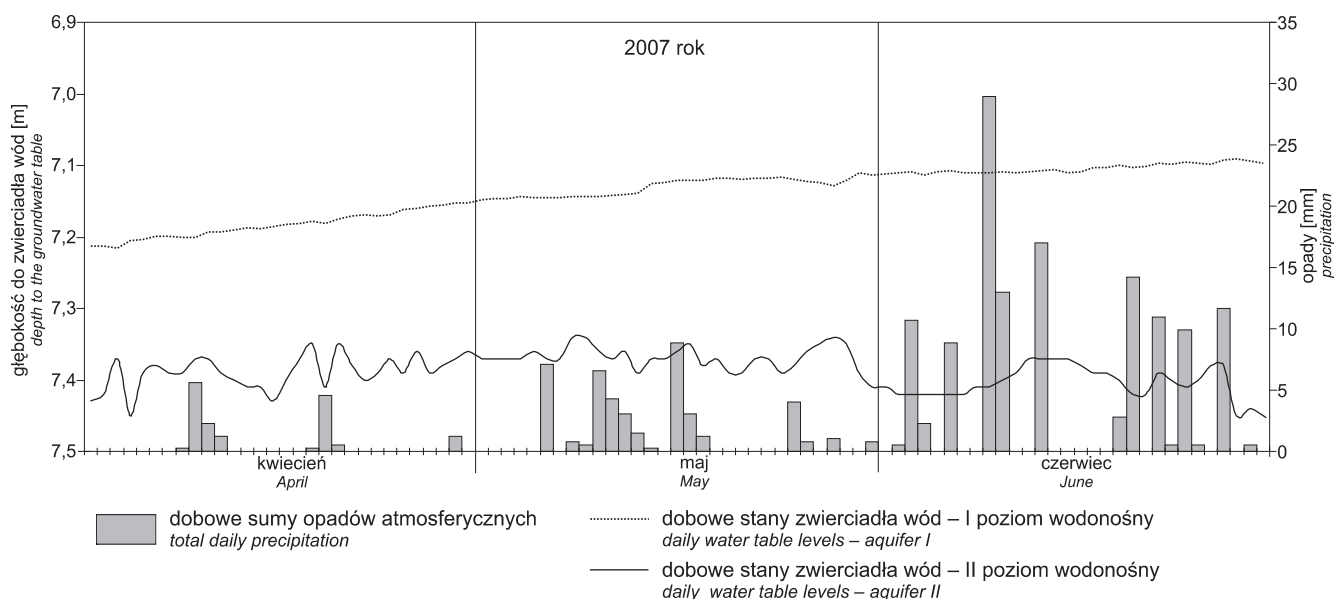
W wyniku tej oceny również nie znaleziono bezpośredniej przyrodniczej analogii. Podobnie jak w przypadku opadów w 2007 roku, zmiany temperatury w okresie letnim

nie skutkowały zmianami położenia zwierciadła wód podziemnych.

W analizowanym przypadku w obrębie aglomeracji miejskiej (centralna część Warszawy) wyraźnie widać, że naturalna infiltracja wód opadowych i ich drenaż są zakłócone przez infrastrukturę. Opad z nieprzepuszczalnych powierzchni (jezdnie, chodniki i dachy domów) jest natychmiast odprowadzany siecią kanalizacji burzowej do miejsc drenażu, a wartość infiltracji efektywnej w tych częściach miasta jest praktycznie zredukowana do zera. Zasilanie wód podziemnych jest możliwe przez dopływ lateralny z obszarów sąsiednich oraz przez dopływy wód, będące wynikiem oddziaływania infrastruktury miasta.

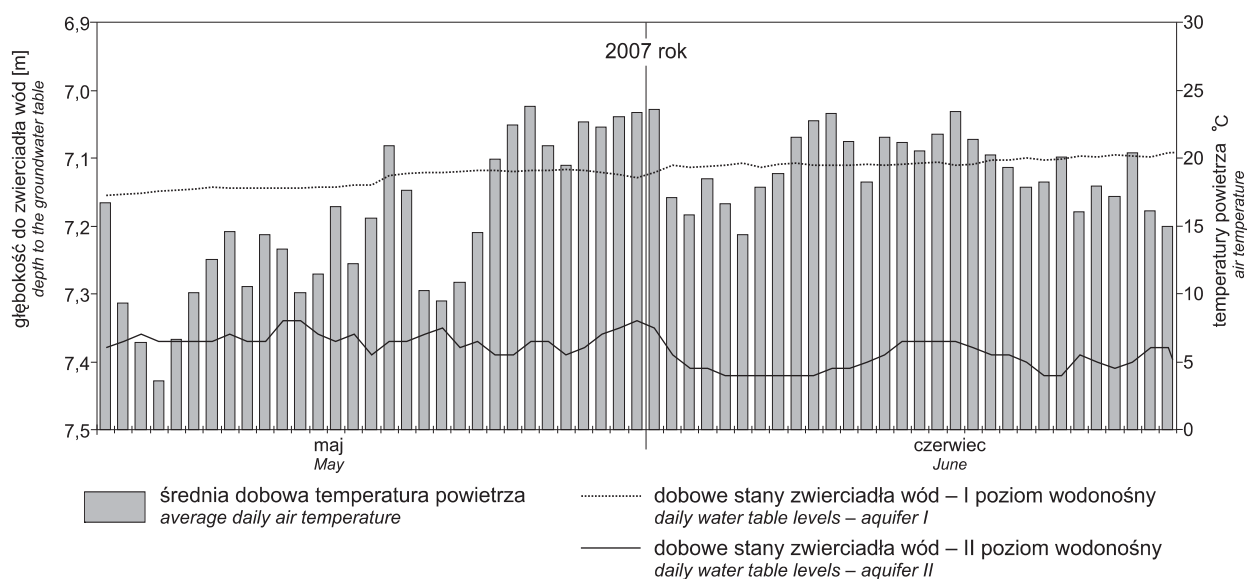
Ujęcia warszawskie z Wisły i Zalewu Zegrzyńskiego wtłaczają do sieci wodociągowej o długości 3352 km, która swym zasięgiem pokrywa praktycznie całą warszawską aglomerację, około 410 000 m<sup>3</sup> wody na dobę (tab. 2).

W zależności od sposobu uwzględnienia w obliczeniach wód technologicznych, na skutek nieszczelności lub awarii, od około 18 do 24% (GUS, 2011) ujmowanej w Polsce wody wycieka z sieci wodociągowych. Przyjmując dolną granicę tej wartości, w obrębie aglomeracji warszawskiej straty dobowe to około 74 000 m<sup>3</sup> wody. Wartość tę należy zwiększyć o kolejne 18%, wynikające z nieszczelności sieci kanalizacyjnej, której długość na terenie aglomeracji warszawskiej wynosi 3038 km. Zdając sobie sprawę, że są to tylko oceny szacunkowe, a z doświadczenia autora wynika, że



**Fig. 2. Dobowe stany zwierciadła wód czwartorzędowych poziomów wodonośnych na tle dobowych sum opadów atmosferycznych**

Daily water table levels of the Quaternary aquifers against the background of total daily precipitation



**Fig. 3. Dobowe stany zwierciadła wód czwartorzędowych poziomów wodonośnych na tle średnich dobowych temperatur powietrza**

Daily water table levels of Quaternary aquifers against the background of average daily air temperatures

również znacznie zaniżone, sumarycznie około  $150\,000\text{ m}^3$  wody na dobę dopływa do płytkich czwartorzędowych poziomów wodonośnych. Przeliczając, dopływ ten w skali rocznej wynosi około  $55\text{ mln m}^3$  wody na powierzchnię aglomeracji warszawskiej ( $550\text{ km}^2$ ), tak liczone zasilanie wyniosłoby około  $100\text{ mm}$ , co jest wartością znaczną w bilansie tych wód. Na podstawie wymienionych wartości oszacowano moduł odpływu podziemnego na  $3,16\text{ l/s/km}^2$ , który w skali regionalnej, w uproszczeniu, jest równoważny wska-

źnikowi infiltracji efektywnej i drenażowi rzeczemu. Należy zaznaczyć, że przyjęta do obliczeń wartość 18% strat wody z sieci wodociągowej (zgodnie z danymi GUS) jest wartością wyraźnie zaniżoną. Ucieczkę wody spowodowaną nieszczelnością rurociągów i straty wody na stacjach uzdatniania, obliczaną z różnicy wody wyprodukowanej i wody sprzedanej w skali kraju, szacuje się na około 50%. W rozwiniętych krajach europejskich wartość ta jest niewiele niższa i wynosi ok. 30% (Frankowski i in., 2009).

Tabela 2

Średnia wartość poboru i strat ujmowanej wody dla Polski [dam<sup>3</sup>] (wg GUS, 2011)The average value of water abstraction and loss in Poland [dam<sup>3</sup>] (after Central Statistical Office – GUS, 2011)

Woda pobrana z ujęć		Woda pobrana na cele technologiczne	Straty wody
razem	ujęcia powierzchniowe		
2 032 992,3	610 465,7	162 707,5	339 175,4

## WNIOSKI

Podsumowując należy stwierdzić, że charakterystyka reżimu wahań zwierciadła wód pierwszego poziomu wodonośnego na obszarach dużych aglomeracji miejskich jest zależna przede wszystkim od stanu infrastruktury technicznej gospodarki wodnej oraz lokalnie od intensywności drenażu wód ujęciami. Przebieg stanów płytkich poziomów wód podziemnych jest warunkowany przede wszystkim czynnikami antropogenicznymi, które skutecznie maskują czynniki przyrodnicze.

Z porównania uzyskanych wyników z wynikami badań przeprowadzonych na obszarach chronionych i rolnych

(Małecki, 1998) jednoznacznie wynika, że w dużych aglomeracjach miejskich decydującymi czynnikami, warunkującymi reżim wahań zwierciadła płytkich wód podziemnych są czynniki antropogeniczne. Jednocześnie stwierdzono, że interpretacja reżimu wahań na obszarach miejskich jest bardzo trudna, często ze względu na brak wiarygodnych danych o stratach wody w sieci, częstotliwości i przebiegu awarii czy intensywności drenażu wręcz niemożliwa.

## LITERATURA

- BOGDANOWICZ E., STACHY J., 1998 — Maksymalne opady deszczu w Polsce, charakterystyki projektowe. *Mater. Bad. IMiGW Ser. Hydrol. Oceanol.*, **23**.
- ENGMAN E.T., GURNEY R.J., 1991 — Remote sensing in hydrology. Chapman and Hall, London.
- FRANKOWSKI Z., GAŁKOWSKI P., MITRĘGA J., 2009 — Struktura poboru wód podziemnych w Polsce. *Informator PSH, PIG-PIB*, Warszawa.
- GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY, 2011 — Dane niepublikowane Głównego Urzędu Statystycznego.
- HERBICH P., 1989 — Ewapotranspiracja wód podziemnych w rejonie Chełma. *W: Współczesne problemy geologiczne Polski centralnej*: 219–235. Wyd. UW, Warszawa.
- KAZIMIERSKI B., PACZYŃSKI B., 2005 — Monitoring wód podziemnych aglomeracji miejskich: 71–80. *WNoZ UŚL., Sosnowiec*.
- KAZIMIERSKI B., CABALSKA J., MIKOŁAJCZYK A., MODLIŃSKI P., PRZYTUŁA E., NOWICKI Z., 1998 — Dokumentacja hydrogeologiczna regionu mazowieckiego centralnej części niecki mazowieckiej. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- KLECZKOWSKI A.S. (red.), 1990 — Mapa obszarów Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce, wymagających szczególnej ochrony 1: 500 000. AGH, Kraków.
- LORENC H., 2000 — Studia nad 220-letnią (1779–1998) serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji. *IMiGW*, Warszawa.
- LORENC H., MAZUR A., 2003 — Współczesne problemy klimatu Warszawy. *IMiGW*, Warszawa.
- LVOVICH M.I., CHERNOGAEVA G.M., 1977 — The water balance of Moscow. *W: Effects of Urbanization and Industrialization on the Hydrological Regime and Water Quality, Proceedings of the Amsterdam Symposium*: 48–51. IAHS–UNESCO, Amsterdam.
- MAŁECKA D., MAŁECKI J.J., SKORUPSKI W., 1993 — Raport o stanie środowiska w rejonie stacji badawczej przy Wydziale Geologii UW. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*. T. VI: 255–266. *UWroc.*, Wrocław.
- MAŁECKI J.J., 1998 — Rola strefy aeracji w kształtowaniu składu chemicznego płytkich wód podziemnych wybranych środowisk hydrogeochemicznych. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **381**.
- MAŁECKI J.J., 2008 — Analiza antropogenicznych zmian zasilenia opadowego i reżimu wahań zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego na obszarach miejskich na przykładzie wieloletnich wyników obserwacji prowadzonych na stacji naukowo-badawczej Wydziału Geologii UW w Warszawie. Praca wykonana na potrzeby opracowania warstw informacyjnych bazy danych GIS MHP „Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika”. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- NOWICKI Z. (red.), 2007 — Wody podziemne miast wojewódzkich Polski. *Informator PSH*. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SUWALSKA M., 1989 — Parowanie z obszaru zakładu przemysłowego. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, CCI, Melioracja*, **8**: 34–65.
- STAŚKO S., TARKA R., 2002 — Zasilanie i drenaż wód podziemnych na obszarach górskich na podstawie badań w masywie Śnieżnika. *Acta Univ. Wratisl., Ser. Hydrogeol.*, **2528**.
- STAŚKO S., TARKA R., OLICHWER T., LUBCZYŃSKI M., 2010 — Groundwater recharge in mountainous terrains – case study from Sudeten Mountains in SW Poland. *W: Global Groundwater Resources Management*: 451–474. Scientific Publishers, Jodhpur.

## SUMMARY

The characteristics of the regime of groundwater table fluctuations of the first aquifer in areas of large urban agglomerations depend mainly on the condition of technical infrastructure of the water systems and, locally, on the drainage intensity of water intakes. In the studied case, it is clear that natural infiltration of rainwater and its drainage in the

urban agglomeration (central part of Warsaw) are disturbed by the infrastructure. The fluctuations of groundwater table levels in shallow-circulating groundwater are controlled primarily by anthropogenic factors that effectively mask natural factors.

