

Warunki hydrogeologiczne rejonu Kampinoskiego Parku Narodowego — nowe dane z badań geofizycznych

Ewa Krogulec*, Paweł Pomianowski*

Rozpoznanie głębokości zalegania oraz morfologii stropu ilów plioceńskich, występujących w podłożu osadów tarasowych Wisły pozwoliło na próbę określenia miąższości i litologii (a przez to właściwości filtracyjnych) warstwy wodonośnej w Kampinoskim Parku Narodowym. Obszar parku z uwagi na znaczne zalesienie, niewielkie uprzemysłowienie oraz ochronę prawną wymaga stosowania metod badawczych nie naruszających środowiska przyrodniczego. Za najodpowiedniejszą uznano badania geofizyczne metodą elektrooporową. Badania poprowadzono wzdłuż przekroju zgodnego z jedną z linii wyznaczonej przez punkty sieci monitoringowej parku. Regularne obserwacje położenia zwierciadła wody podziemnej w piezometrach wspomnianej sieci (obserwacje prowadzone są od 2 lat w interwałach dwutygodniowych) pozwoliły na uszczegółowienie danych uzyskanych z badań geofizycznych oraz ocenę ciągłości i miąższości warstwy wodonośnej.

Słowa kluczowe: Kampinoski Park Narodowy, taras kampinoski, badania geoelektryczne, system monitoringu wód podziemnych

Ewa Krogulec & Paweł Pomianowski — **Hydrogeological conditions of Kampinos National Park — new data derived from geophysical investigations (Central Poland)**. *Prz. Geol.*, 49: 312–316.

Summary. The purpose of the conducted investigations was to determine a depth and relief of Pliocene clay top within the basement of Vistula valley deposits and to assess thickness and lithology (along with filtration properties) of aquifer in Kampinos National Park. This legally protected forested area requires applying non-destructive and safe to the environmental investigation methods. Of the most suitable methods, geophysical electroresistivity measurements were recognized. These investigations were carried out along a cross-section, which was compatible with one of the groundwater lines determined by points within a park monitoring network. Regular observations of groundwater table in monitoring network piezometers allowed to interpret in more detail the data derived from geophysical measurements and to assess the continuity and thickness of aquifer in a park area.

Key words: Kampinos National Park, Kampinos terrace, geophysical investigations, groundwater monitoring network

Kampinoski Park Narodowy (KmPN) zajmuje obszar 38 500 ha, jest otoczony pasem ochronnym (otuliną), której powierzchnia wynosi ponad 37 600 ha. Park, drugi co do wielkości w Polsce, został utworzony w 1959 r. z inicjatywy Jadwigi i Romana Kobendzów w celu zachowania fragmentu Puszczy Kampinoskiej częściowo zmienionej przez dewastacyjną gospodarkę leśną, prowadzoną już od XVIII w. oraz współczesną parcelację terenów dla celów budownictwa.

Ocena warunków hydrogeologicznych rejonu KmPN, przedstawiona w licznych publikacjach, oparta o bogaty materiał archiwalny, dotyczy głównie interpretacji rozpoznania punktowego (profilu wierceń). Obszar parku jest w 70% zalesiony, istniejące tu najczęściej płytkie otwory studzienne są zlokalizowane w nielicznych miejscowościach, profil geologiczny jest często niepełny oraz dotyczy głównie osadów przypowierzchniowych, rzadko sięgając do stropu osadów podścielających ujmowaną warstwę wodonośną. Szersze rozpoznanie warunków hydrogeologicznych na terenie parku dostarczyły badania modelowe. Wyniki tych badań umożliwiły określenie ogólnego bilansu wodnego jednostki dolinnej, w obrębie której jest położony KmPN (Kazimierski, 1993; Kazimierski i in., 1995) oraz identyfikację wartości parametrów hydrogeologicznych (Krogulec, 1994, 1996, 1997a, b; Sikorska-Maykowska 1981; Michalak, 1978).

Zakres dotychczasowych badań geofizycznych na obszarze KmPN był dostosowany potrzeb prac dokumentacyjnych przy projektowaniu ujęć wód podziemnych. Szerszego rozpoznania, ale tylko rejonu południowej części otuliny parku, dostarczyły badania geoelektryczne prowadzone dla potrzeb *Mapy hydrogeologicznej Polski* w skali 1 : 50 000, arkusz Kampinos (Grycko & Iciek, 1999).

Badania geofizyczne wykonane na przekroju prostopadłym do Wisły w 1995 r. (Krogulec, 1997a), a uzupełnione w 1999 r., potwierdziły dotychczasowy pogląd o systemie wodonośnym w tym rejonie, ale także w znacznym stopniu rozszerzyły informacje na temat miąższości i ukształtowania spągu warstwy wodonośnej obszaru pozornie dobrze znanego.

Położenie terenu badań, warunki hydrogeologiczne

Kampinoski Park Narodowy jest położony w obrębie jednostki hydrogeologicznej typu dolinnej, na obszarze tarasu nadzalewowego (taras kampinoski) i tarasów zalewowych Wisły. Granicami tej jednostki są: od południa krawędź tarasu erozyjno-akumulacyjnego warszawsko-błońskiego (poziom błoński), od północy i wschodu Wisła i częściowo aglomeracja warszawska, od zachodu Bzura (ryc. 1).

Na obszarze Kampinoskiego Parku Narodowego występuje jedna warstwa wodonośna o miąższości, rozpoznanej z nielicznych wierceń, wynoszącej od 10 do 50 m.

Zwierciadło wód podziemnych ma charakter swobodny i tylko w miejscach przewarstwień gliniastych lub ilastych możliwe jest lokalne występowanie wód podziemnych o zwierciadle napiętym.

Badania warunków hydrogeologicznych, prowadzone przez wiele lat na terenie KmPN, przez Kazimierskiego i Sikorską-Maykowską (1979) pozwoliły na wydzielenie stref o podobnej dynamice wód podziemnych (ryc. 1). Kryteriami wydzielenia, a jednocześnie czynnikami powodującymi odrębność hydrodynamiczną, oprócz procesów zasilania czy drenażu były: różnice w budowie geologicznej i geomorfologii, litologia utworów przypowierzchniowych i związane z tym pokrycie szatą roślinną, głębokość zwierciadła wód podziemnych, amplituda zmian stanów wód oraz gospodarza działalność człowieka. Wydzielone strefy charakteryzują się następującymi cechami:

A — pasy wydymowe, gdzie odbywa się intensywna infiltracja opadów atmosferycznych, zwierciadło wody podziemnej występuje tu na różnych głębokościach, od kilku centymetrów (w obniżeniach międzywydmowych) do kilkunastu metrów (pod wydmami),

*Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; ewak@geo.uw.edu.pl

**Geofizyka Toruń sp. z o.o., ul. Chrobrego 50, 87-100Toruń

B — pasy dolinne (bagienne), tu odbywa się intensywny drenaż wód podziemnych zarówno za pomocą systemu rowów i kanałów, jak i w wyniku ewapotranspiracji,

C — tarasy zalewowe i nadzalewowy z typowymi dla takich obszarów dużymi wahaniami stanów wody, uzależnionymi głównie od stanów Wisły,

D — obszar zasięgu oddziaływania ujęcia wód podziemnych w Wólce Smolanej, gdzie wyraźnie zaznacza się wpływ eksploatacji wody na tereny sąsiednie ($9120 \text{ m}^3/\text{h}$ — zasoby eksploatacyjne ujęcia) (Kazimierski & Pilichowska-Kazimierska, 1993),

E — przedmieścia Warszawy z infrastrukturą silnie oddziałującą na warunki hydrogeologiczne tych terenów,

F — poziom błoński. Szczegółowe rozpoznanie struktury strumienia filtracji w strefie krawędzowej poziomu błońskiego zostały przeprowadzone w rejonie miejscowości Kampinos (Krogulec, 1997a). Wyniki badań jednoznacznie wskazały, że zasilanie południowej części tarasu kampinoskiego jest związane z dopływem wód z głębszej warstwy wodonośnej poziomu błońskiego. Rola poziomu błońskiego w zasilaniu tarasu kampinoskiego uzależniona jest od wielu czynników, przede wszystkim od budowy geologicznej, lokalizacji ujęć wody, wpływu czynników antropogenicznych (aglomeracja warszawska) itp.

W 1995 r. została zaprojektowana (Sikorska-Maykowska & Krogulec, 1997) sieć monitoringowa wód powierzchniowych i podziemnych na obszarze Kampinoskiego Parku Narodowego i jego otuliny. Punkty obserwacyjne usytuowane zostały wzdłuż 7 przekrojów o kierunku N-S (ryc. 2). Obserwacje stanów wód powierzchniowych i podziemnych są prowadzone w 72 piezometrach i punktach wodowskazowych od 30.11.1998 do chwili obecnej w interwałach dwutygodniowych. W tabeli 1 oraz na ryc. 3 przedstawiono wyniki obserwacji w kilku piezometrach charakteryzujących stany i zakres zmian położenia zwierciadła wody w różnych strefach hydrodynamicznych. Wybrane piezometry zlokalizowane są wzdłuż III przekroju monitoringowego (ryc. 1) o przebiegu zbliżonym do linii przekroju geofizycznego. Wyniki obserwacji stanowią podstawową bazę danych hydrogeologicznych, tym cenniejszą, że oprócz możliwości porównania z obserwacjami prowadzonymi w latach 70. i na początku 80. przez Kazimierskiego i Sikorską-Maykowską (1979), umożliwiają częściową kontynuację badań, a co za tym idzie ocenę dotyczącą kształtowania zmian położenia zwierciadła wody podziemnej w okresie rejestrowanych zmian opadu, wezbrań rzeki i rosnącego wpływu antropopresji.

Cel wykonanych badań geoelektrycznych

Celem wykonanych badań geofizycznych było rozpoznanie głębokości zalegania oraz morfologii stropu iłw plicieńskich występujących w podłożu osadów tarasowych Wisły oraz próba określenia miąższości i litologii (a przez to właściwości filtracyjnych) warstwy wodonośnej w Kampinoskim Parku Narodowym. W celu rozwiązania tak postawionego zadania geologicznego wykorzystano badania metodą elektrooporową, ponieważ wieloletnie doświadczenia (Szymanko & Stenzel, 1973) w zakresie stosowania tej metody wykazały ich przydatność dla wyróżnienia i korelacji pakietów litologiczno-stratygraficznych w obrębie osadów czwarto- i trzeciorzędowych.

Metodyka i zakres wykonanych badań geoelektrycznych

Badania elektrooporowe były prowadzone przy wykorzystaniu jednolitej metodyki pionowych sondowań elektrooporowych (PSE) realizowanych w symetrycznym układzie Schlumbergera (Bhattacharya & Patra, 1968). Maksymalny rozstaw elektrod zasilających AB/2 wynosił 200 m jednak lokalnie przeszkody terenowe ograniczały go do 160 m. W praktyce oznaczało to, że zasięg głębokościowy pomiarów, który jest funkcją zarówno rozstawu jak

i charakterystyki opornościowej ośrodka, zmienił się od 50 do ok. 70 m.

Wykonano ogółem pomiary geoelektryczne w 27 punktach, rozmieszczonych na profilu o kierunku zbliżonym do południkowego (ryc. 1). Profil rozpoczyna sondowanie usytuowane u podnóża skarpy tarasu błońskiego w miejscowości Kampinos, a kończy punkt pomiarowy znajdujący się w sąsiedztwie wału przeciwpowodziowego, który chroni lewostronny odcinek doliny Wisły w rejonie miejscowości Wilków Nowy.

Warunki prowadzenia pomiarów połowych

Pomiary elektrooporowe były prowadzone w rejonie o zróżnicowanej morfologii. Przekrój dwukrotnie przecinał strefy wałów wydmowych o bardzo urozmaiconej rzeźbie terenu, która w pewnym zakresie mogła mieć wpływ na wyniki pomiarowe.

Wpływ morfologii na wyniki pomiarów na tych odcinkach jest trudny do scharakteryzowania ilościowego. Jako ogólną zasadę przyjęto założenie, że w przypadku gdy prosta łącząca punkty pomiaru spadku napięcia M i N leży ponad prostą łączącą punkty zasilające A i B, wówczas mierzony opór pozorny będzie zaniżony i odwrotnie. Przy założeniu, że nachylenia zboczy nie przekraczają 20% błąd spowodowany morfologią i wyliczony ze wzoru podanego przez Dachnowa (1962) nie powinien przekraczać 10%.

Interpretacja wyników

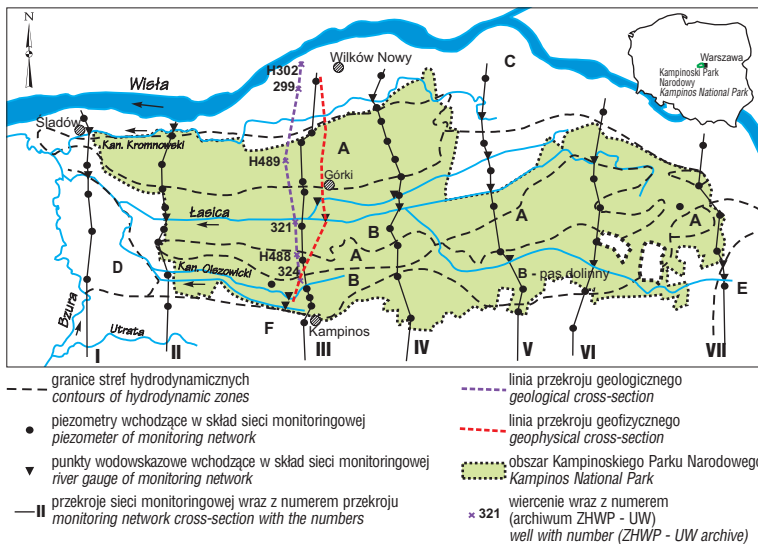
Wstępna ocena krzywych połowych sondowań elektrooporowych wskazuje na wielowarstwowy charakter badanego ośrodka skalnego. Pomijając początkowe odcinki krzywych sondowań (tzw. opory wejścia) środkowe fragmenty wykazują dużą regularność i korelację w sąsiednich punktach pomiarowych.

Krzywe sondowań mają na ogół typ KQ lub KQQ, rzadziej KQH, z prawą gałęzią krzywej opadającą do oporności rzędu 15–25 omometrów. Taka charakterystyka krzywych połowych wynika z tego, że przy powierzchni powszechnie występują piaski, które w strefie aeracji mają na ogół bardzo duże oporności natomiast w podłożu czwartorzędu występują plicieńskie osady ilaste, które w efekcie dają obniżenie wartości oporów. Pozostałe kompleksy fizyczno-litologiczne takie jak: zawadnione piaski (warstwa wodonośna) oraz ewentualnie osady mułkowe czy gliniaste w sposób mniej lub bardziej widoczny zaznaczają się na stromo zazwyczaj nachylonej prawej gałęzi krzywej połowej.

Końcówki typu H mogą świadczyć o pojawieniu się przewarstwień piaszczystych w obrębie lub poniżej iłw plicieńskich (miocen?).

Na całej długości przekroju strefę przypowierzchniową tworzą osady piaszczyste o miąższościach od 10 do 25 m, stanowiących warstwę wodonośną o swobodnym zwierciadle wody. W strefie aeracji suche piaski osiągają oporności z reguły przekraczające wartość 1000 omometrów. Śledzony poziom zwierciadła wody podziemnej zaznacza się wyraźnym spadkiem oporności, która w strefie saturacji waha się w przedziale od 90 do 200 omometrów. Tak wyraźny kontrast opornościowy umożliwił prześledzenie położenia zwierciadła wody na całej długości przekroju (ryc. 2b). W północnej części przekroju, poza pasem wydm (sondowanie nr 26 i 27), stwierdzono obecność 2–3 m wkładki osadów słabo przepuszczalnych, które lokalnie mogą powodować powstanie warunków naporowych w warstwie wodonośnej.

Interpretację pomiarów przeprowadzono przy użyciu pakietu programów komputerowych INCEL (Szymanko i in.,



Ryc. 1. Schemat rozmieszczenia punktów obserwacyjnych sieci monitoringowej, lokalizacja przekroju geofizycznego oraz geologicznego na obszarze Kampinoskiego Parku Narodowego, A — pasy wydymowe, B — pasy dolinne, C — zalewowe i nadzalewowe tarasy, D — zasięg oddziaływania ujęcia w Wólce Smolanej, E — aglomeracja warszawska, F — taras warszawsko-błonski

Fig. 1. Scheme of monitoring network observation points, geophysical and geological cross-section in Kampinos National Park, A — dune-dikes, B — valley belts, C — floodland and overflow-land terraces, D — area influenced by groundwater intake at Wólka Smolana, E — Warsaw suburbs, F — Warsaw-Błonie Terrace

1988). Pakiet umożliwił uzyskanie jakościowego obrazu rozkładu oporności pozornej r^k i jej transformaty w odwzorowaniu na płaszczyznę pionową (przekrój izoform — ryc. 2a), a następnie interpretację ilościową każdej krzywej i stworzenie modelu geologicznego ośrodka (ryc. 2b). Interpretację ilościową przeprowadzono w oparciu o wyniki sondowań parametrycznych, wykonanych w sąsiedztwie archiwalnych otworów wiertniczych mających udokumentowany i opisany profil geologiczny.

Porównanie różnych pod względem litologii kompleksów skalnych wydzielonych w otworach wiertniczych ze

zmianami oporności rzeczywistej w profilu pionowym pozwoliło ekstrapolować interpretację na sąsiednie obszary.

W przypadku krzywych, o dużym poziomie ekwiwalentności, wybierano wariant interpretacji najbardziej zbliżony do wyników sąsiednich SGE i najbardziej prawdopodobny z geologicznego punktu widzenia.

Na przekrojach geoelektrycznych zaznaczono wszystkie warstwy mające miąższość powyżej 1,5 m. Ze względu na skalę przekrojów i zachowanie ich czytelności, warstw cieńszych nie zaznaczano. Przekroje geoelektryczne (ryc. 2A, B) zostały opracowane z 25-krotnym przewyższeniem co w wielu miejscach sprawia wrażenie gwałtownych zmian miąższości i/lub głębokości zalegania poszczególnych wydzieleni. W rzeczywistości zaleganie warstw jest mniej zaburzone.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania geofizyczne na przekroju: poziom błonski — Wisła (ryc. 2), umożliwiły jednoznacznie ocenę głębokości zalegania stropu osadów plicieńskich w dolinie Wisły na obszarze środkowej części Kampinoskiego Parku Narodowego. Osady plicieńskie najpłycej tj. na rzędnej 48 m n.p.m. położone są na południe od Łasicy co odpowiada południowemu pasowi bagiennemu i północnemu pasowi wydymowemu. Na północ od Łasicy (północny pas wydymowy) stwierdzono występowanie tych osadów na rzędnej ok. 10 m n.p.m., co wskazuje, że na długości ok. 6,5 km deniwelacja stropu opisywanych osadów wynosi 38 m.

Zróznicowanie wartości współczynnika filtracji warstwy wodonośnej, w profilu pionowym, opisał z rejonu Śladowa (północno-zachodnia część tarasu kampinoskiego) Kazimierski (1980), rozszerzając informacje na obszar całego tarasu kampinoskiego (Kazimierski i in., 1995):

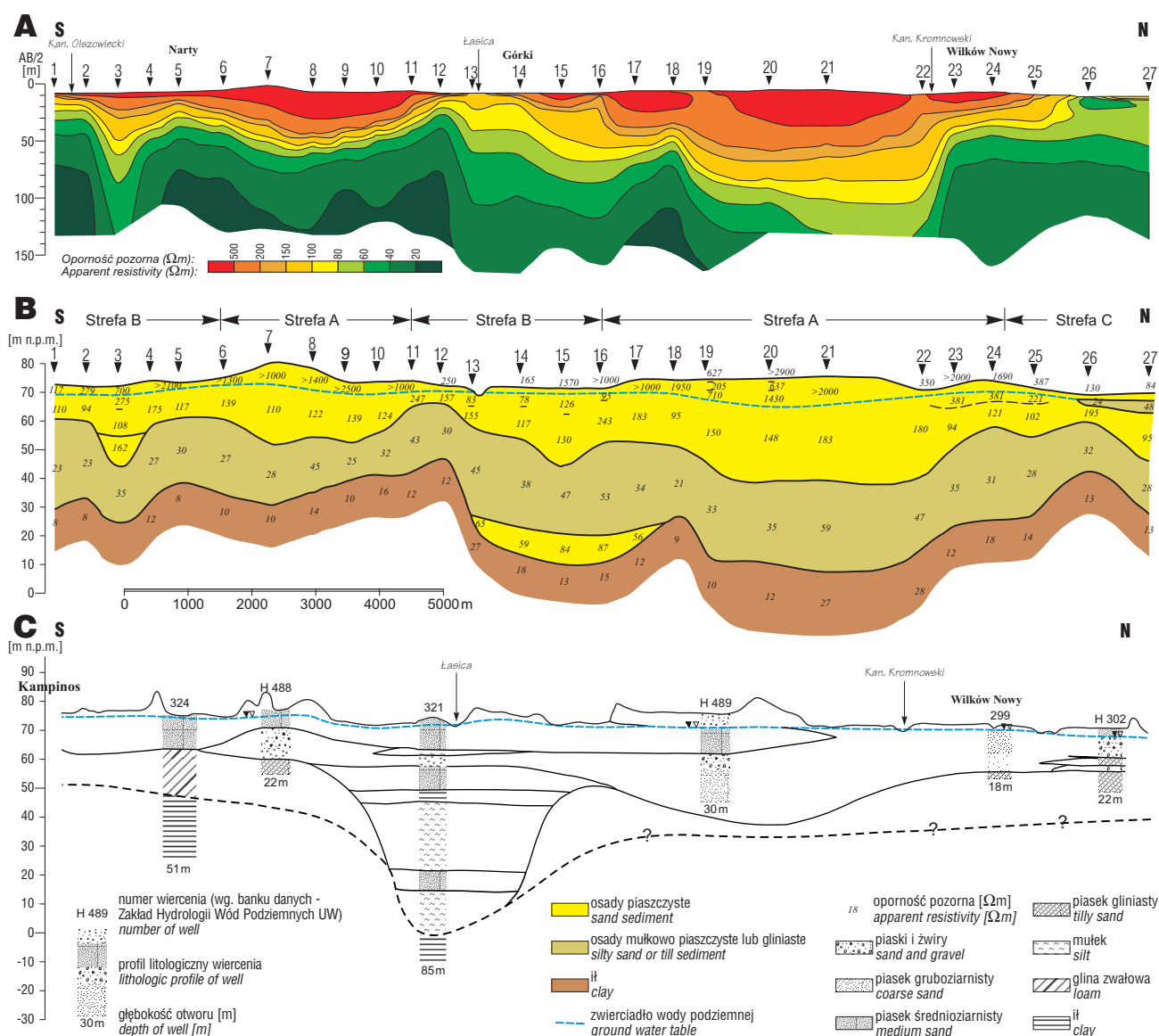
— warstwa piasków przypowierzchniowych ($k = 0,4 \div 20$ m/d, $k_{sr} = 18$ m/d) o miąższości od 3 do 6 m,

Tab. 1. Głębokość położenia zwierciadła wody podziemnej w wybranych punktach obserwacyjnych sieci monitoringowej Kampinoskiego Parku Narodowego (wg pomiarów z okresu: 30.11.1998–21.08.2000 r.)

Tab. 1. Depth of water table in selected monitoring network observation points in Kampinos National Park (acc. to measurement in the period of 30.11.1998–21.08.2000 r.)

Nr piezometru	Strefa hydrodynamiczna	Miąższość w-wy wodonośnej, charakterystyka rozpoznanej warstwy (określona na podstawie badań geofizycznych)	Głęb./rzędna stropu*	Maks. głęb./rzędna**	Min. głęb./rzędna**	Śred. głęb./rzędna**
P14	taras nadzalewowy Wisły	8 m zmiana litologii w profilu pionowym warstwy wodonośnej: w pobliżu Wisły w górnej części profilu występują utwory mułkowe piaszczyste lub gliniaste, poniżej piaszczyste, głębiej mułkowo piaszczyste; w południowej części tarasów w górnej części profilu warstwy wodonośnej utwory piaszczysto-żwirowe, poniżej osady piaszczyste i piaszczysto mułkowe	33/44	1,03/69,38	0,75/69,96	0,97/69,68
P17	północny pas wydymowy	15 m możliwość występowania „zawieszonych” poziomów wodonośnych w obrębie piasków wydymowych	45/24	2,70/70,48	1,8/71,38	2,31/70,87
P19	Dolina Łasicy	19 m na północ od Łasicy stwierdzono zmianę litologii w profilu pionowym warstwy wodonośnej: piaski drobnoziarniste, mułkowe przykrywają utwory piaszczyste oraz mułkowo piaszczyste	25/48	1,63/70	1,53/71,17	1,65/70/58

* pliceniu (określona na podstawie badań geofizycznych) m p.p.t./ m n.p.m., ** zwierciadła wody podziemnej m p.p.t./ m n.p.m.



Ryc. 2. Przekroje: A — przekrój izoohmów, B — interpretacja geologiczna, C — przekrój geologiczny wg Sikorskiej-Maykowskiej, 1995 (uzupełniony przez E. Krogulec)

Fig. 2. Cross-sections: A — isohms cross-section, B — geological interpretation, C — geological cross-section after Sikorska-Maykowska, 1995 (completed by E. Krogulec)

— warstwa środkowa, żwirowo-piaszczystą ($k = 1,3 \div 19,8$ m/d, $k_{sr} = 8,5$ m/d) o miąższości od 8 do 14 m,

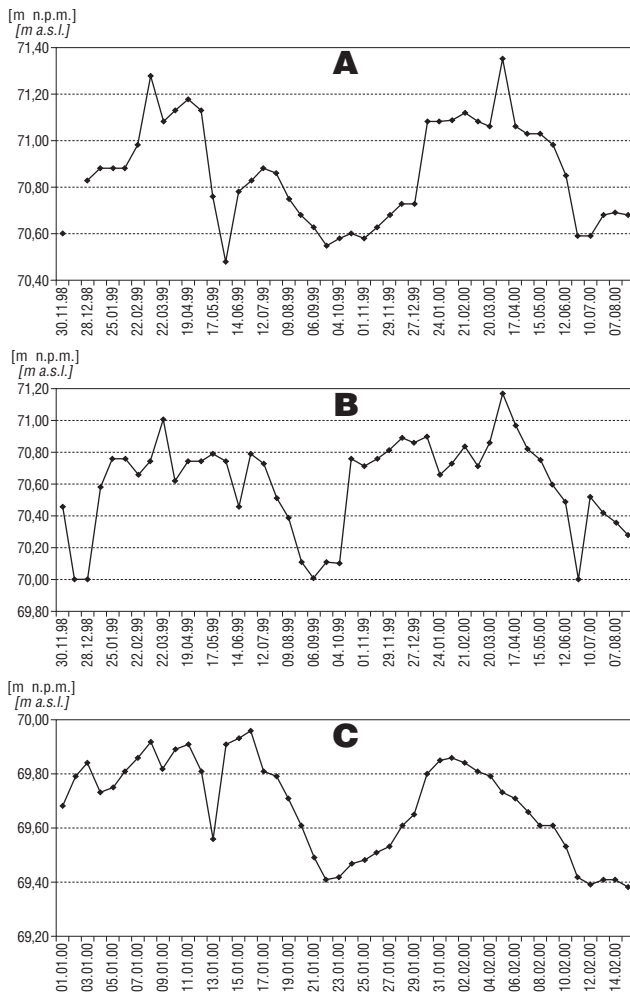
— warstwa piasków średnioziarnistych, miejscami przechodzących w stropie w piaski pyłaste, z licznymi przewarstwieniami rozmytych glin zwalowych, żwirów o bardzo zróżnicowanych parametrach filtracyjnych ($k = 0,9 \div 19$ m/d, $k_{sr} = 6,3$ m/d) o miąższości od 10 do 15 m.

Nieco inne zróżnicowanie litologiczne warstwy wodonośnej stwierdzono w badanej środkowej części tarasu kampinoskiego (ryc. 2B). Przeprowadzone badania geofizyczne wskazują jedynie na lokalne (na północ od Łasicy) występowanie trójdzielności w profilu pionowym warstwy wodonośnej. Górna warstwa piasków o nieco słabszych parametrach filtracji, ma miąższość do 8 m (na północ od miejscowości Górki). Poniżej, występuje warstwa piaszczysta i piaszczysto-żwirowa, w miarę jednolita na całym obszarze parku, o miąższości od 8–9 m (na południe od Łasicy) do 30 m (w rejonie północnego pasa wydmy). Osady te podściela ciągła piaszczysto-pyłasta, mułkowa, miejscami przechodząca w glinę piaszczystą i glinę pyłastą warstwa, o miąższości wynoszącej od 15 do 28 m.

Ocena miąższości warstwy wodonośnej i próba rozdzielania osadów o różnych właściwościach filtracyjnych na przekroju, pozwala na szersze spojrzenie i wnioski dotyczące oceny przewodności wodnej warstwy wodonośnej. Określana dotychczas na terenie tarasu kampinoskiego wartość tego parametru na podstawie punktowych danych z profili wierceń jest możliwa do korekty ze względu na rozpoznanie przeprowadzone wzdłuż przekroju biegnącego przez cały obszar tarasu.

Wykonany przez Sikorską-Maykowską (1995) przekrój geologiczny w środkowej części KmpN (ryc. 1, 2C) był interpretacją danych z profili wierceń. Wyniki badań geofizycznych potwierdzają wspomnianą interpretację, ale także w znaczący sposób rozszerzają wiedzę na temat ukształtowania spągu i miąższości warstwy wodonośnej na terenie tarasu kampinoskiego (ryc. 2A–C).

Sondowania geoelektryczne przeprowadzono, w miarę możliwości, wzdłuż III przekroju monitoringowego (ryc. 1). Odstępstwa wynikały jedynie z technicznej możliwości prowadzenia badań. Położenie zwierciadła wody podziemnej stwierdzone w badaniach geofizycznych w zasadzie



Ryc. 3. Wykres wahań zwierciadła wody podziemnej w wybranych punktach obserwacyjnych sieci obserwacyjnej Kampinoskiego Parku Narodowego w terminie 1998.11.30–2000.08.21, przekrój monitoringowy nr III, A — piezometr nr 17, północny pas wydmy (strefa hydrodynamiczna A), B — piezometr nr 19, południowy pas bagienny (strefa hydrodynamiczna B), C — piezometr nr 14, taras nadzalewowy Wisły (strefa hydrodynamiczna C)
Fig. 3. Graph of groundwater fluctuations in selected observation points of monitoring network in Kampinos National Park, in the period 1998.11.30–2000.08.21, monitoring cross-section no. III, A — piezometer no. 17, north dune-dikes (hydrodynamic zone A), B — piezometer no. 19, south valley belts (hydrodynamic zone B), C — piezometer no. 14, overflow-land terrace of the Vistula river (hydrodynamic zone C)

odpowiada określonymu w piezometrach (ryc. 2, 3). Wyraźne różnice stwierdzono tylko w obrębie północnego pasa wydmy. W zlokalizowanych w tym rejonie punktach obserwacyjnych, zwierciadło wody jest położone na głęb. ok. 2–4 m p.p.t. (70–72 m n.p.m.), dotychczasowe badania wskazują na zakres wahań zwierciadła dochodzący najwyżej do 1,5–2,0 m w ciągu roku (tab.1, ryc. 3). Z badań geofizycznych wynika, że zwierciadło wody jest położone na głęb. ok. 10 m p.p.t. (65 m n.p.m.), ale na głęb. ok. 3–5 m p.p.t. występuje zmiana litologii osadów budujących warstwę wodonośną. Możliwe więc, że w zainstalowanych piezometrach ujmowany jest poziom wodonośny o lokalnym zasięgu, mogący mieć charakter poziomu zawieszonoego. W związku z tym należy niezwykle ostrożnie interpretować wyniki pomiarów z tych piezometrów regularnie prowadzonych w sieci monitoringowej parku. Analiza wahań stanów wód podziemnych w rejonie wydmy, (Urbania-Biernacka, 1972; Kazimierski i in., 1995) wyka-

zała brak jakiegokolwiek oddziaływania morfologii wydmy na kształtowanie się w ich obrębie stanów wód podziemnych. Badania te jedynie uchwyciły stopniowe zwiększenie się zwierciadła wód w okresie miesięcy letnich, co wskazuje na poziomodobieństwo istnienia w obszarze wydmy poziomów wodonośnych o niewielkim, lokalnym rozprzestrzenieniu. Rozpoznanie geofizyczne potwierdziło wątpliwości dotyczące głębokości położenia zwierciadła wody podziemnej w obszarach wydmy. Zachęciły także do dalszych badań w tym zakresie.

Zrealizowany w pełni cel badań potwierdził i przypomniał zalety, i możliwości badań elektrooporowych, szczególnie w terenie trudnodostępnym oraz podlegającym ochronie, gdzie „inwazyjne” metody badawcze są w zasadzie niedopuszczalne.

Badania zostały zrealizowane w ramach grantu KBN 9T12B 02418, badań statutowych Uniwersytetu Warszawskiego oraz z funduszu im. M. Skłodowskiej-Curie. Dziękujemy Dyrekcji i Pracownikom Kampinoskiego Parku Narodowego za pomoc w badaniach terenowych.

Literatura

- BHATTACHARYA P. K. & PATRA H. 1968 — Direct current geoelectric sounding. Elsevier, Amsterdam.
 DACHNOW W. N. 1962 — Interpretacja rezultatów geofizycznych isledowaniai rozrzedzeń skwarzin. Gostoptiechizdat, Moskwa.
 GRYCKO M. & ICIEK A. 1999 — Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Kampinos. Arch. Segi-PBG Sp. z o.o.
 KAZIMIERSKI B. 1980 — Ocena parametrów charakteryzujących wiązki hydrauliczne wód podziemnych z wodami w rzece w świetle analizy modelowej. Arch. Wydz. Geol. UW, Warszawa.
 KAZIMIERSKI B. 1993 — Optymalizacja stopnia schematyzacji modeli krążenia wód podziemnych w dolinnych systemach hydrogeologicznych. Arch. Wydz. Geol. UW, Warszawa.
 KAZIMIERSKI B. & PILICHOWSKA-KAZIMIERSKA E. 1993 — Studium możliwości zwiększenia poboru wód podziemnych w rejonie ujęcia Konary (Wólka Smolana). Arch. Wydz. Geol. UW, Warszawa.
 KAZIMIERSKI B. PILICHOWSKA-KAZIMIERSKA & E.
 SIKORSKA-MAYKOWSKA M. 1995 — Plan ochrony Kampinoskiego Parku Narodowego. Arch. KmPN, Izabelin.
 KAZIMIERSKI B. & SIKORSKA-MAYKOWSKA M. 1979 — Koncepcja organizacji sieci obserwacyjnej wód podziemnych wybranej jednostki hydrogeologicznej. Gospodarka Wodna, 9: 269–272.
 KROGULEC E. 1994 — Wpływ metodyki badań na otrzymywane wartości współczynnika filtracji osadów słabo przepuszczalnych, cz. 1. Prz. Geol., 42: 276–279.
 KROGULEC E. 1996 — Wpływ metodyki badań na otrzymywane wartości współczynnika filtracji osadów słabo przepuszczalnych, cz. 2. Prz. Geol., 44: 1152–1154.
 KROGULEC E. 1997a — Numeryczna analiza struktury strumienia filtracji w strefie krawędziowej poziomu błotnego. Wyd. UW, Warszawa.
 KROGULEC E. 1997b — Identyfikacja wartości wskaźnika filtracji na modelach numerycznych strefy krawędziowej poziomu błotnego. [W:] Mat. Konf. Modelowanie matematyczne w hydrogeologii i ochronie środowiska. Częstochowa: 93–97.
 MICHALAK J. 1978 — Wpływ czynników atmosferycznych na dynamikę wód gruntowych bagiennego pasa tarasu kampinoskiego w rejonie Bielini. Arch. Wydz. Geol. UW, Warszawa.
 SIKORSKA-MAYKOWSKA M. 1981 — Modelowanie matematyczne zmienności zasilania efektywnej warstwy wodonośnej na podstawie badań w widłach Wisły i Bzury. Arch. Wydz. Geol. UW, Warszawa.
 SIKORSKA-MAYKOWSKA M. 1995 — Plan ochrony Kampinoskiego Parku Narodowego. Arch. KmPN, Izabelin.
 SIKORSKA-MAYKOWSKA M. & KROGULEC E. 1997 — Projektowanie monitoringu wód podziemnych i powierzchniowych dla obszarów chronionych (na przykładzie Kampinoskiego Parku Narodowego). [W:] Współ. Probl. Hydrogeol., 8: 195–199.
 SZYMANKO J. & STENZEL P. 1973 — Metody geofizyczne w badaniach hydrogeologicznych i geologiczno-inżynierskich. Wyd. Geol.
 SZYMANKO J., POLISZOT W. & NOWICKI K. 1988 — Pakiet programów do kompleksowej interpretacji sondowań elektrooporowych INCEL. Arch. Wydz. Geologii UW, Warszawa.
 URBANIAK-BIERNACKA U. 1972 — Obserwacje hydrogeologiczne w wydmy Puszczy Kampinoskiej. Prz. Geograf., 44: 731–743.