

Hydrogeologiczny aspekt w identyfikacji i ochronie ekosystemów zależnych od wód podziemnych

Ewa Krogulec¹, Katarzyna Sawicka¹



E. Krogulec

K. Sawicka

Hydrogeological aspect in identification and protection of groundwater-dependent ecosystems. Prz. Geol, 60: 164–174.

Abstract. Protection of water and water-dependent ecosystems, in a view of their huge environmental role and high sensitivity to changes of environmental conditions, is one of the fundamental issues included in the legal acts in force, agreements, international conventions, directives and projects. Strong variety of groundwater-dependent ecosystems practically causes impossibility to elaborate on an universal methodology for defining their environmental needs. Wetlands are one of the most differentiated groundwater-dependent ecosystems, for which the programmes of hydrogeological researches in the range of diagnosis and prognosis of groundwater level changes necessitate an individual adjustment to the study area. Researches of the groundwater-dependent ecosystems, including wetlands, mostly in a range of their protection and renaturalisation, require an interdisciplinary approach. On the basis of the researches conducted in the wetland areas in the Kampinos National Park, different hydro-environmental factors determining groundwater level changes in those wetlands were presented. The variety of values and dependences were obtained as a results of the conducted calculations of groundwater levels correlation with different factors. Results of the researches allow to point at the regions, where groundwater levels dependence on precipitation values is significant and the regions, where other factors than infiltration recharge values, have important impact on groundwater table depth. An analysis of trend of changes requires constant update of the monitoring data concerning of groundwater levels in wetland areas. The valorization of vegetation cover and soils done directly (locally) during the field works or on the basis of the papers containing soil characteristic and peatland documentations, requires generalization, adapted to the specificity of the hydrogeological researches in regional scale. Huge spatial differentiation, time-change variation, and secondary transformation processes of the vegetation and soil types, causes, that the results of the vegetation and habitat studies can not be directly used for identification of the factors determining groundwater table level.

Keywords: groundwater dependent ecosystems, wetlands, wetlands hydrozone, Kampinos National Park

Ochrona ekosystemów wodnych i od wody zależnych, ze względu na ich ogromne znaczenie przyrodnicze oraz dużą wrażliwość na zmiany warunków środowiskowych, jest jednym z najważniejszych zagadnień Projektu Polityki Wodnej Państwa 2030 (PWP 2030), Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 r.), 7. Programu Ramowego Unii Europejskiej obejmującego lata 2007–2013, w ramach którego realizowany jest interdyscyplinarny projekt GENESIS, oraz wielu innych dokumentów, konwencji i programów. Projekt PWP 2030 jednoznacznie uznaje, że zarządzanie zasobami wodnymi musi uwzględniać zasady i kryteria ochrony ekosystemów wodnych i od wody zależnych, wskazuje na potrzebę wykorzystania tzw. podejścia ekosystemowego w zróżnicowanych skalach przestrzennych. Badania w ramach programu GENESIS definiują podstawowe typowe ekosystemy zależne, określając je jako naturalne ekosystemy, które wymagają dostępu do wód podziemnych, w celu zapewnienia podstawowych potrzeb wodnych, niezbędnych do zachowania ich bioróżnorodności. W RDW ekosystemy zależne od wód podziemnych nie są definiowane, a nawet nie ustala się dla nich niezależnych celów środowiskowych. Działania zmierzające do uzyskania lub utrzymania dobrego stanu lub potencjału ekologicznego oraz dobrego stanu chemicznego i minimalizacji szkód związanych ze zmianą poziomu wód wymagają szerokiego zakresu badań hydrogeologicznych. Jednym z najważniejszych problemów

wskazywanych w PWP jest brak danych i metodyk określania potrzeb ekosystemów wodnych i od wody zależnych. Na przykładzie badań prowadzonych w obszarach podmokłych Kampinoskiego Parku Narodowego przedstawiono podstawowe czynniki i procesy warunkujące zmiany stanów wód podziemnych w takich obszarach oraz możliwość i potrzebę prowadzenia badań interdyscyplinarnych w programach ich ochrony.

UWARUNKOWANIA PRAWNE W ZAKRESIE OCHRONY EKOSYSTEMÓW ZALEŻNYCH OD WÓD PODZIEMNYCH

Ochrona ekosystemów wodnych i od wody zależnych jest kluczowym zagadnieniem PWP 2030, który jest nadrzędnym dokumentem dotyczącym gospodarki wodnej w kraju. Ramy szczegółowe tego projektu określa Uchwała Senatu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 21 czerwca 2007 r. o konieczności przyjęcia i wdrożenia strategii gospodarki wodnej w Polsce (M.P. Nr 39 poz. 441). W dokumencie wskazano m.in., że: „Strategia powinna zawierać rozwiązania służące poprawie ochrony wód pod względem ilościowym i jakościowym, ochronie ekosystemów wodnych oraz bezpośrednio od nich zależnych terenów podmokłych i ekosystemów lądowych, a także wspieraniu właściwego wykorzystywania zasobów wodnych i rozwojowi nowych sposobów korzystania z nich”. Projekt PWP 2030 jednoznacznie zatem uznaje, że zarządzanie zasobami wodny-

¹Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; ewa.krogulec@uw.edu.pl, sawicka@uw.edu.pl.

mi musi uwzględniać zasady i kryteria ochrony ekosystemów wodnych i od wody zależnych. Wskazuje również na konieczność realizacji europejskiej polityki wodnej w zakresie „zapewnienia holistycznego podejścia do integracji ochrony ekosystemów wodnych z osiągnięciem celów rozwoju społeczno-gospodarczego, na podstawie koncepcji rozwoju zrównoważonego, z wykorzystaniem rozwiązań tzw. podejścia ekosystemowego (*ecosystem approach*) w ujęciu lokalnym i regionalnym w zróżnicowanych skalach przestrzennych zlewni lub ich części”.

Za jeden z najważniejszych celów strategicznych PWP 2030 przyjęto zatem osiągnięcie i utrzymanie dobrego stanu i potencjału wód i związanych z nim ekosystemów. Równocześnie zidentyfikowano wiele zasadniczych problemów związanych ze stanem zasobów wodnych oraz ekosystemów wodnych i od wody zależnych. Jednym z najważniejszych problemów pozostaje brak danych i metodyk określania potrzeb ekosystemów wodnych i od wody zależnych. Należy także zwrócić uwagę, że ze względu na bardzo dużą różnorodność ekosystemów zależnych od wód podziemnych, obszary przez nie zajęte wymagają opracowania dostosowanego do nich zakresu i czasu badań hydrogeologicznych. Mimo, że ochronę ekosystemów zależnych od wód podziemnych uznano w „Polityce resortu w dziedzinie hydrogeologii (na lata 2008–2015)” za niezwykle ważną, ciągle brak jest jednoznacznych definicji i szczegółowych wytycznych umożliwiających rzetelną realizację tych zaleceń.

Ekosystemy zależne od wód podziemnych, ze względu na ogromne znaczenie przyrodnicze oraz dużą wrażliwość na zmiany warunków środowiskowych, są szczególnym obiektem zainteresowania Ramowej Dyrektywy Wodnej (Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 r.). RDW wprowadza bowiem, poza podstawowym zadaniem ochrony wszystkich kategorii wód: rzek, jezior, wód podziemnych, przejściowych i przybrzeżnych, także obowiązek ochrony pod względem ilościowym, jak i jakościowym całego środowiska wodnego: ekosystemów wodnych i tych, które od wody zależą.

Problematyka identyfikacji i ochrony ekosystemów zależnych od wód podziemnych jest istotną częścią 7. Programu Ramowego Unii Europejskiej obejmującego lata 2007–2013, w ramach którego realizowany jest interdyscyplinarny projekt GENESIS – „Wody podziemne i zależne ekosystemy: nowe naukowe i techniczne podstawy dla oszacowania wpływu zmian klimatu i użytkowania terenu na systemy wód podziemnych” (*Groundwater and Dependent Ecosystems: New Scientific and Technological Basis for Assessing Climate Change and Land-use Impacts on Groundwater*).

EKOSYSTEMY ZALEŻNE OD WÓD PODZIEMNYCH, STOSOWANE OKREŚLENIA I DEFINICJE

Ekosystemy zależne od wód podziemnych (*groundwater dependent ecosystems* – GDEs) w interdyscyplinarnym projekcie GENESIS zostały zdefiniowane jako naturalne ekosystemy, które wymagają dostępu do wód podziem-

nych, w celu zapewnienia podstawowych potrzeb wodnych niezbędnych do zachowania ich bioróżnorodności (Laio i in., 2009; Kupfersberger i in., 2010; Klove, 2010).

Dzięki badaniom prowadzonym w ramach projektu GENESIS wyróżniono kilka podstawowych typów ekosystemów zależnych od wód podziemnych, są to:

- ekosystemy wegetacji lądowej (*terrestrial vegetation*) – obejmujące zbiorowiska roślinne oraz zależną od nich faunę, które okresowo korzystają z wód podziemnych np. przez system korzeniowy;
- ekosystemy związane z dolinami rzecznyymi (*river base flow systems*);
- ekosystemy związane z estuariami oraz przybrzeżnymi wodami mórz i oceanów (*estuarine and near shore marine systems*);
- ekosystemy związane z hydrogeologicznymi systemami krasowymi i jaskiniami (*aquifer and cave ecosystems*);
- ekosystemy mokradłowe (*wetlands*).

Kilka typów ekosystemów zależnych od wód podziemnych należy do obszarów (siedlisk) hydrogenicznych, czyli takich, w których powstaniu i naturalnej ewolucji dominującą rolę odgrywała i zazwyczaj nadal odgrywa woda. Zaliczamy do nich przede wszystkim krajobrazy zalewanych den dolin, tarasów nadzalewowych, równin bagiennych, zespołów jezioro-torfowiskowych oraz krajobrazy deltowe. W zależności od stanu natlenienia gleby i stopnia zalania wodą – tzw. warunków hydroekologicznych – wyróżnia się 9 rodzajów siedlisk hydrogenicznych, z których podstawowe to: torfowiska, mułowiska, gytiowiska, namuliska oraz podmokliska (Okruszko, 1992).

Wśród ekosystemów od wody zależnych kluczowe znaczenie dla różnorodności biologicznej mają obszary mokradłowe. Często nazywane obszarami wodno-błotnymi, bagnami, podmokłościami, są jednym z najpowszechniej występujących w Polsce rodzajem ekosystemów zależnych od wód, często objętych ochroną prawną. Ekosystemy mokradłowe, czyli ekosystemy lądowe bądź wodno-lądowe zależne od wody, to ekosystemy pośrednie między typowo wodnymi i typowo lądowymi (terrestycznymi). Występuje w nich hydrofilna (wodolubna) roślinność, z której szczątków, często przy udziale materiału mineralnego, powstają hydrogeniczne utwory glebowe. Po odwodnieniu mokradła zmieniają się w nich warunki glebowe i zasiedlająca je roślinność. Według Konwencji Ramsarskiej (Ramsar Convention on Wetlands, 1975) tak zdefiniowane ekosystemy, łącznie ze śródlądowymi zbiornikami wód stojących lub płynących oraz przybrzeżnymi wodami mórz i oceanów (w których głębokość wody podczas odpływu nie jest większa od sześciu metrów), określane są jako obszary wodno-błotne.

W Polsce ekosystemy mokradłowe, zgodnie z „Diagnozą aktualnego stanu gospodarki wodnej” (2010) zajmują ok. 4,4 mln ha (ok. 14% powierzchni kraju), z czego 30% stanowią torfowiska. Praktycznie 100% torfowisk w Polsce nosi ślady odwodnienia, a ok. 80% torfowisk wykazuje symptomy istotnej degradacji wskutek tego odwodnienia. Spośród 1,3 mln ha torfowisk zaledwie 202 tys. ha (ok. 15%) to torfowiska żywe, na których zachodzi proces akumulacji torfu.

Mokradła pełnią niezwykle istotną rolę w środowisku, a do ich najważniejszych funkcji zaliczyć należy rolę w kształtowaniu zasobów wodnych, zasobów organicznego węgla i azotu, sanitarne oddziaływanie mokradeł na środowisko, oddziaływanie na mikroklimat oraz kształtowaniu różnorodności biologicznej.

Stan środowiska mokradeł jest przede wszystkim uzależniony od stanu ich zaopatrzenia w wodę i od jej jakości. W Polsce mokradła są często bezcelowo odwadniane w ciągu całego roku, głównie przez stare, wybudowane najczęściej do lat 70. XX w. systemy melioracyjne, nie posiadające (celowo bądź w wyniku dewastacji) urządzeń piętrzących, co powoduje, że ich rola sprowadza się jedynie do drenażu, a nie regulacji stanów wód. Wiele mokradeł jest odwadnianych, mimo, że nie są już rolniczo użytkowane. Wielkoobszarowe zmiany stosunków wodnych są też wynikiem szeroko pojętej antropopresji związanej między innymi z uregulowania i obwałowania koryt rzecznych, prac odwodnieniowych lub poboru wód podziemnych.

W Ramowej Dyrektywie Wodnej ekosystemy zależne od wód podziemnych oraz ich typy, np. mokradła, nie są definiowane w żaden sposób ani nie stanowią odrębnego przedmiotu rozważań. Jednakże celem dyrektywy jest ustanowienie ram ochrony śródlądowych wód powierzchniowych, wód przejściowych oraz przybrzeżnych i podziemnych, a także ochrona i poprawa stanu ekosystemów wodnych z uwzględnieniem ich potrzeb wodnych, ekosystemów lądowych oraz mokradeł zależnych bezpośrednio od tych ekosystemów. W nawiązaniu do definicji mokradeł, zgodnie z określeniami przyjętymi w RDW (Artykuł 2), są one zatem częścią wód powierzchniowych lub podziemnych, elementem części wód powierzchniowych lub podziemnych. Ramowa Dyrektywa Wodna nie ustala niezależnych celów środowiskowych dla obszarów podmokłych innych niż cele przewidziane dla obszarów będących częściami wód powierzchniowych i podziemnych. Wymogi RDW, zgodnie z którymi należy chronić, podnosić wartość i regenerować obszary podmokłe identyfikowane jako części wód, nakazują działania tam gdzie jest to niezbędne dla wspierania uzyskiwania dobrego stanu ekologicznego lub dobrego potencjału ekologicznego oraz dobrego stanu chemicznego wód powierzchniowych. W RDW zawarty jest także schemat rozpoznawania ekosystemów lądowych, w których mogą zaistnieć znaczące szkody spowodowane zmianą poziomu lub jakości wód.

W Polsce ochrona mokradeł opiera się, oprócz zaleceń wynikających z RDW, na przesłankach i zaleceniach wynikających z konwencji, programów i porozumień międzynarodowych. Polska jest stroną „Konwencji o obszarach wodno-błotnych mających znaczenie międzynarodowe, zwłaszcza jako środowisko życiowe ptaactwa wodnego” (tzw. Konwencja Ramsarska). Istotne zobowiązania wynikają z przystąpienia Polski do „Konwencji o różnorodności biologicznej” (*Convention on Biological Diversity*), która m.in. mówi o potrzebie określenia priorytetów ochrony ze szczególnym naciskiem na te składniki różnorodności, które są „rzadkie i w różny sposób zagrożone wyginieciem lub trwałym przekształceniem”. Ochrona środowiska przyrodniczego mokradeł została ujęta w dyrektywach Unii Europejskiej. „Dyrektywa w sprawie ochrony siedlisk oraz

dzikiej flory i fauny” (Dyrektywa Siedliskowa) zobowiązuje m.in. do tworzenia i skutecznej ochrony tzw. obszarów Natura 2000. Zaliczane są do nich m.in. obszary specjalnej ochrony ptaków, wyznaczone na podstawie „Dyrektywy w sprawie ochrony dzikich ptaków” (Dyrektywa Ptasia). Znaczną część obszarów Natura 2000 wyznaczonych w Polsce stanowią tereny wodno-błotne. Ochrona jakości wód i ekosystemów od nich zależnych na poziomie zlewni/dorzecza była celem wprowadzenia Ramowej Dyrektywy Wodnej.

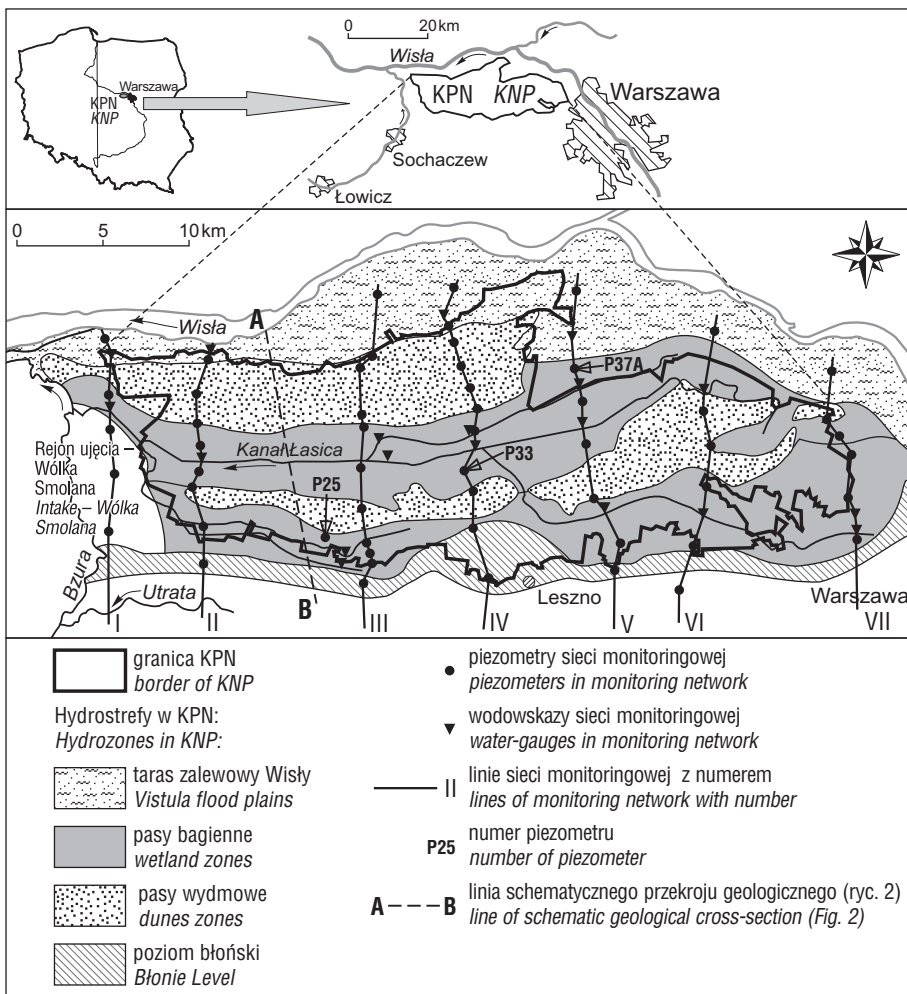
Wsparcie ochrony obszarów wodno-błotnych w Polsce stanowią krajowe akty prawne, z których najważniejsze to: Ustawa o ochronie przyrody (Dz.U. 2004 nr 92 poz. 880), Ustawa o lasach (Dz.U. 1991 nr 101 poz. 444), Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003 nr 80 poz. 717) oraz Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627) i Prawo Wodne (Dz.U. 2001 nr 115 poz. 1229). Duże znaczenie mają Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie gatunków dziko występujących roślin (z dnia 9 lipca 2004 r.) i zwierząt (z dnia 28 września 2004 r.) objętych ochroną oraz w sprawie określenia rodzajów siedlisk przyrodniczych podlegających ochronie (z dnia 14 sierpnia 2001 r.).

Strategia ochrony obszarów wodno-błotnych w Polsce wraz z planem działań (na lata 2006–2013) oraz Krajowy Program Rolnośrodowiskowy (część Planu Rozwoju Obszarów Wiejskich, opracowany przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi) nadały niezwykle wysoki priorytet mokradłom, bagiennym i podmokłym łąkom oraz pastwiskom. Zapisy chroniące torfowiska oraz oczka śródpolne zawiera Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz.U. 2009 nr 115 poz. 967). Umożliwia ona finansowe wsparcie ekstensywnego koszenia i wypasu użytków zielonych, co jest warunkiem zachowania różnorodności biologicznej wielu mokradeł.

ZAKRES BADAŃ ŚRODOWISKOWYCH PROWADZONYCH W OBSZARACH MOKRADEŁ KAMPINOSKIEGO PARKU NARODOWEGO

Lokalizacja obszaru badań

Kampinoski Park Narodowy (KPN) jest jednym z 23 parków narodowych na terenie Polski. Utworzony został 16 stycznia 1959 r., zajmuje powierzchnię 38 544 ha. 21 stycznia 2000 KPN został wpisany na światową listę rezerwatów biosfery UNESCO jako Rezerwat Biosfery „Puszcza Kampinoska”. Kampinoski Park Narodowy posiada 22 obszary ochrony ścisłej, stanowiące 12% jego terenu, o łącznej powierzchni 4636 ha. Pozostałą część zajmują obszary ochrony częściowej (80,4% terenu) i ochrony krajobrazowej (7,6%). Wokół parku rozciąga się otulina o powierzchni ponad 37 000 ha. Teren KPN objęto ochroną w ramach sieci Natura 2000, jest to obszar specjalnej ochrony (OSO) o znaczeniu wspólnotowym (OZW) oraz obszar specjalnej ochrony (SOO) – PLC140001 Puszcza Kampinoska (powiązany z PLB140004). Stanowi on ostoję ptasią o randze europejskiej E 45, która obejmuje tereny leśne i otwarte Puszczy Kampinoskiej, a w jej skład wchodzi tarasy nadzalewowe pradoliny Wisły oraz fragment Równiny Łowicko-Błońskiej (ryc. 1).



Ryc. 1. Lokalizacja hydrostref w Kampinoskim Parku Narodowym (KPN)
 Fig. 1. Location of hydrozones in the Kampinos National Park (KPN)

Waloryzacja roślinno-siedliskowa

Lokalizacja poszczególnych siedlisk w obszarach bagiennych w KPN jest bardzo zróżnicowana. Poszczególne zbiorowiska roślinne zajmują niekiedy niewielkie powierzchnie, a ich identyfikacja wymaga specjalistycznych badań. Analiza zmiany roślinności w obszarach bagiennych wskazuje na jej dość szybki postęp i zróżnicowanie, uzależnione od wielu czynników. Szczegółowe badania wraz z identyfikacją poszczególnych zbiorowisk roślinnych były prowadzone w ramach realizacji wieloletniego projektu „Opracowanie metod odtworzenia pierwotnych warunków wodnych Kampinoskiego Parku Narodowego w celu powstrzymania degradacji przyrodniczej i poprawienia stanu bioróżnorodności” (tzw. rezultat 29 realizowany przez zespół w składzie: Domańska M., Michalska-Hejduk M., Kopeć D., Kucharski L., Otręba A., Kębłowska A., Kloss M., Dembek A).

W obszarach bagiennych występują torfowiska oraz bagienne lasy olchowe i brzożowe stanowiące siedliska hydrogeniczne. Część obszarów o charakterze pierwotnie mokradłowym została zamieniona na łąki i pastwiska w wyniku ich osuszenia w celu rolniczego wykorzystania. Do najbardziej cennych przyrodniczo zbiorowisk roślinnych,

bezpośrednio zależnych od warunków zasilania, należą zaliczone do systemu Natura 2000: zmiennowilgotne łąki trzęślicowe (26,6 ha), torfowiska przejściowe i trzęsawiska (2,3 ha), łąki środkowoeuropejski i subkontynentalny (87,3 ha), bory i lasy bagienne (6,2 ha), łąki jesionowo-olszowe (502,4 ha), a także spoza systemu Natura 2000: łąkowiska i olsy porzeczkowe (1717, 8 ha); szuwały właściwe (212,6 ha), szuwały wysokoturzcycowe (1119 ha) oraz bor wilgotny i bor mieszany wilgotny (153,1 ha). Zmiennowilgotne łąki trzęślicowe na terenie KPN zanikają na skutek melioracji odwadniającej, a także na skutek zarzucenia koszenia i przemian sukcesyjnych. Torfowiska przejściowe i trzęsawiska to siedliska wybitnie wrażliwe na zmiany stosunków wodnych i troficznych, zanieczyszczenia chemiczne, zmiany odczynu, wydeptywanie. W ciągu ostatnich 15 lat ich powierzchnia znacznie się zmniejszyła. Grądy w obrębie pasów bagiennych występują w postaci różnie wykształconych płatów na mineralnych, nigdy nie zalewanych wyniesieniach wśród lasów olszowych. Bory i lasy bagienne występują sporadycznie w bezodpływowym zagłębieniu między wydmami. Łąki jesionowo-olszowe są ekosystemami bardzo czułym na ewentualne zmiany warunków siedliskowych, przede wszystkim warunków wodnych. W wyniku większego uwilgotnienia podłoża mogą do fitocenozy łąki wnikać gatunki bagienne i olsowe (proces olsowienia i zabagnienia). W przypadku przesuszenia runo będzie zyskiwać charakter grądowy (proces grądowienia). Pozostałe płaty łąk mają najczęściej charakter inicjalnych zadrzewień na porzuconych łąkach lub ulegają grądowieniu. Wiele istniejących dziś płatów opisywanego biotopu powstało bowiem już w antropogenicznie zmienionych warunkach wodnych i dla ich zachowania konieczne jest utrzymanie obecnych, a nie pierwotnych warunków hydrologicznych. Łozowiska i olsy porzeczkowe występują w kompleksie przestrzennym i dynamicznym z turzycowiskami oraz olsami, zajmując rozległe fragmenty pasów bagiennych, szczególnie w zachodniej części parku. Szuwały właściwe tworzą dość duże, choć rozproszone w pasach bagiennych płaty, najczęściej zajmując najtrwalej podtopione zagłębienia terenu. Szuwały wysokoturzcycowe są stosunkowo pospolite na terenie całego kraju, jednak szybko zanikają na skutek postępującej degradacji, a na terenach wyłączonych z użytkowania łąkowego zarastają. Bór wilgotny i bór mieszany wilgotny występuje lokalnie w pasach bagiennych (Domańska i in.; Michalska-Hejduk i in., 2011).

Waloryzacja roślinności i analiza siedlisk w obszarach podmokłych powinna stanowić istotny element rozpoznania. Jednakże ogromne zróżnicowanie zbiorowisk roślinnych oraz ich szybki postęp uzależniony od czynników

geogenicznych i antropogenicznych uniemożliwia najczęściej bezpośrednią ich korelację lub odniesienie do charakterystyki warunków hydrogeologicznych, w tym np. zmiany stanów wód. Analiza zbiorowisk roślinnych, wykonana w długotrwałej skali czasowej, powinna być wskaźnikiem zmian środowiskowych, a bieżąca diagnoza bezpośrednio wskazuje na lokalizację obszaru uznanego za mokradło.

Charakterystyka gleb

Aktualny stan ekosystemów zależnych od wód podziemnych, a także procesy i zmiany w nich zachodzące, w dużym stopniu są związane z występowaniem utworów organicznych budujących wierzchnie poziomy glebowe we wszystkich siedliskach hydrogenicznych. Zależność ta dotyczy także mokradel Kampinoskiego Parku Narodowego.

W połowie lat 80. XX wieku na terenie KPN dominowały gleby mineralno-murszowe zajmując powierzchnię 7961 ha (43%). O ponad połowę mniejszą powierzchnię zajmowały gleby niehydrogeniczne (3766 ha, tj. 20%). Powierzchnia gleb bagiennych, torfowych i torfowo-mułowych wynosiła wówczas 3464 ha, co stanowiło 19% powierzchni parku. Następne w kolejności pod względem arealu były czarne ziemie, które zajmując 2489 ha miały 13% udziału w powierzchni pasów bagiennych. Najmniejszy zaś udział miały gleby gruntowo-glejowe i glejobilice oraz gleby torfowo-murszowe (kolejno 2%, 1% oraz 2%). Duża powierzchnia gleb mineralno-murszowych wynikała z murszenia płytkich złóż torfowych akumulowanych prawdopodobnie przed pracami melioracyjnymi. Dotyczy to zwłaszcza zachodniej części pasa północnego oraz niemal całego pasa południowego. Większa ilość gleb związanych z procesem bagiennym i glejowym występowała na zachodzie i w części centralnej północnego pasa bagiennego.

Analiza map glebowych wykonana w ramach realizacji projektu „Opracowanie metod odtworzenia pierwotnych warunków wodnych Kampinoskiego Parku Narodowego w celu powstrzymania degradacji przyrodniczej i poprawienia stanu bioróżnorodności” (tzw. rezultat 1, 17), realizowanego przez zespół w składzie: Piórkowski H., Domańska M., Rycharski M., Jakubowski W., Ostrzyżek S., Stefaniak P., daje podstawę do wniosku o znacznym zróżnicowaniu pokrywy glebowej. Na obszarze parku występują obecnie gleby: mineralno-murszowe, bagienne torfowe, torfowo-murszowe, czarne ziemie, niehydrogeniczne przeważnie rdzawe, gruntowo-glejowe, pobagienne murszowe, głównie mułowo-murszowe.

W północnym pasie bagiennym przestrzenne rozmieszczenie poszczególnych jednostek glebowych w kierunku równoleżnikowym charakteryzuje się występowaniem czterech części wyraźnie odmiennych pod względem pokrywy glebowej. W południowym pasie bagiennym Kampinoskiego Parku Narodowego zróżnicowanie glebo-
we jest zdecydowanie mniejsze.

Na obszarze KPN obserwowano postępujący proces mineralizacji gleb organicznych spowodowany przesuszeniem terenu. Murszenie wierzchnich poziomów gleb organicznych wynikało w pierwszej kolejności z obecności sieci rowów i kanałów skutecznie osuszających tereny bagienne jeszcze w drugiej połowie XX wieku. Gleby

pobagienne murszowe, głównie mułowo-murszowe, występują powszechnie, przy czym bardziej licznie w części zachodniej północnego pasa bagiennego oraz pasa południowego. Najwięcej jest jednak gleb mineralno-murszowych, będących efektem postępującego murszenia powszechnych niegdyś płytkich torfów (Piórkowski i in., 2011).

Proces przekształcania gleb jest długotrwały i wynika z wielu czynników. Aktualnie na skutek zaprzestania użytkowania wilgotnych i bagiennych łąk, jak również ze względu na brak konserwacji urządzeń hydrotechnicznych, w wielu miejscach zachodniej części obu pasów bagiennych obserwuje się procesy wtórnego zabagniania.

Zróżnicowane jednostki glebowe, powolny przebieg procesu glebowego oraz długotrwały proces ich przekształcania uniemożliwiają bezpośrednią korelację z wydzielonymi zbiorowiskami roślinnymi (waloryzacja roślinno-siedliskowa) oraz wybranymi danymi hydrogeologicznymi. Analiza map glebowych może być przydatna do identyfikacji obszarów mokradłowych, jednak poszczególne typy gleb nie stanowią zasadniczego czynnika warunkującego zmiany stanów wód podziemnych.

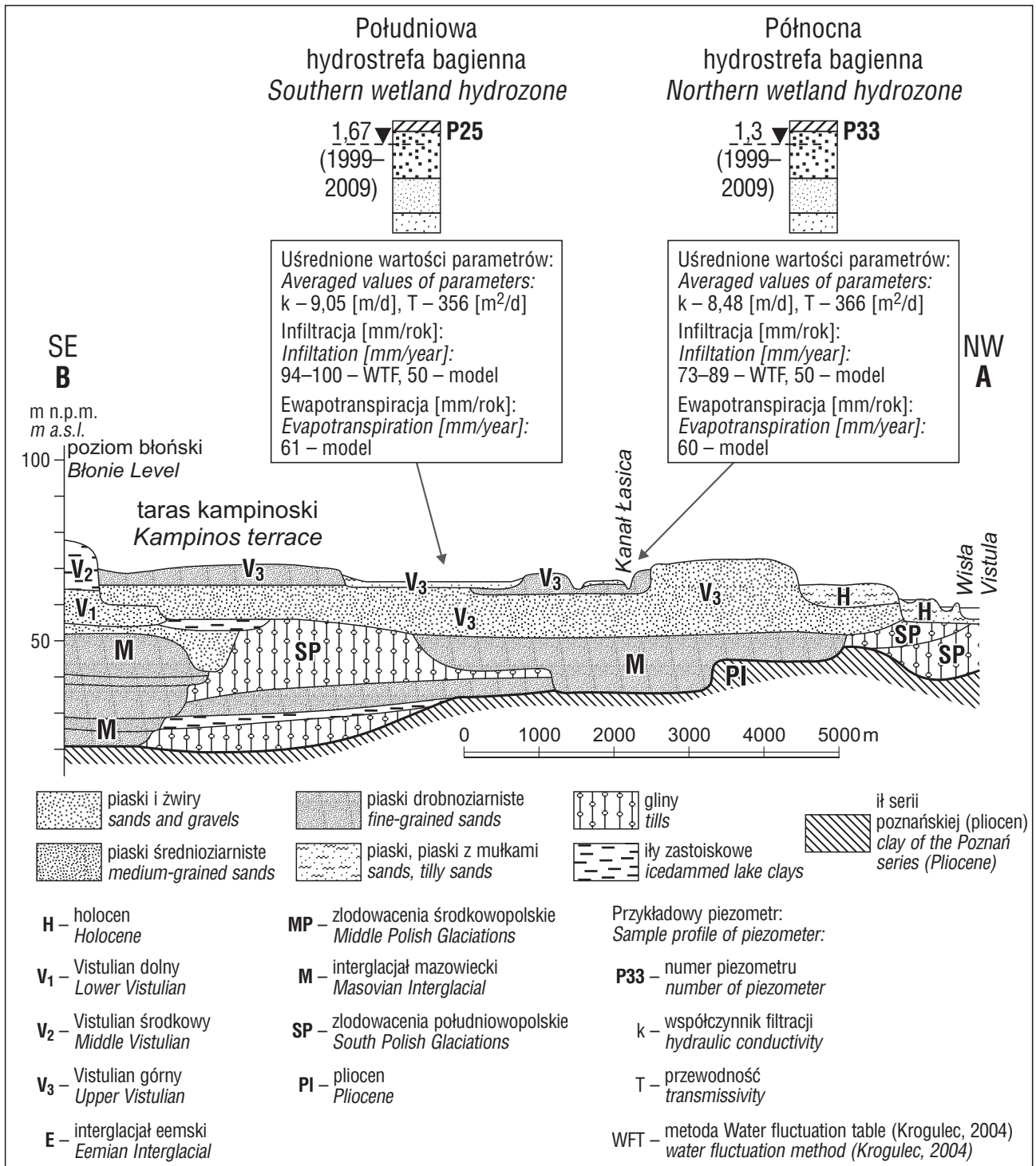
Warunki hydrogeologiczne

Kampinoski Park Narodowy wraz z otuliną zlokalizowany jest w hydrogeologicznej jednostce dolinnej, ograniczonej od północy i północnego wschodu brzegiem Wisły, od wschodu przedmieściami Warszawy, od południa krawędzią Równiny Łowicko-Błońskiej, natomiast od zachodu brzegiem Bzury (ryc. 1).

Osady czwartorzędowe występują na całym obszarze parku i otuliny stanowiąc kolektor wód podziemnych. Wyraźna dwudzielność warstwy wodonośnej w dolinie Wisły, o łącznej miąższości do 50 m, reprezentowana jest przez 2 kompleksy osadów gruboziarnistych, piasków ze żwirem, żwiru i otoczków w części górnej oraz piasków drobnoziarnistych, pylastych, mułkowatych, niekiedy glin piaszczystych w części dolnej. Strop iłów plioceńskich, stanowiących podłoże warstwy wodonośnej w dolinie Wisły, zalega w przedziale rzędnych od 2 do 54 m n.p.m. (ryc. 2).

Zgodnie z wyróżnionymi w ramach projektu GENESIS (www.thegenesisproject.eu) typami ekosystemów zależnych od wód podziemnych, cały obszar wydzielonej hydrogeologicznej jednostki dolinnej można zaliczyć do takiego ekosystemu. W obrębie jednostki występują doliny mniejszych cieków (siedliska hydrogeniczne), które były przedmiotem szczegółowych badań.

Analiza warunków hydrodynamiczno-środowiskowych w Kampinoskim Parku Narodowym, w tym dynamika i charakter zmian stanów wód podziemnych, wielkość zasilania i drenażu, warunki środowiskowe (zgeneralizowane typy gleb, zagospodarowanie terenu, zróżnicowanie morfologii itp.) stały się podstawą wydzielenia w obszarze KPN tzw. hydrostref (Krogulec, 2004). Przestrzenny układ hydrostref nawiązuje do typowego dla obszaru KPN i otuliny pasowego układu form rzeźby powierzchni terenu. W rejonie KPN wydzielono następujące hydrostrefy: taras zalewowy Wisły, 2 pasy bagienne (północny i południowy), 2 pasy wydymowe i piasków przewianych (północny i południowy), taras akumulacyjno-erozyjny warszaw-



Ryc. 2. Przekrój geologiczny przez centralną część Kampinoskiego Parku Narodowego
Fig. 2. Geological cross-section through the central part of the Kampinos National Park

sko-błoński nazywany poziomem błońskim (wraz z fragmentem wysoczyzny) (ryc. 1).

Przeprowadzona analiza stanów wód podziemnych dotyczy hydrostref bagiennych, w znacznej mierze pokrywających się z obszarami mokradłowymi. Delimitacja hydrostref w oparciu o zróżnicowane kryteria umożliwia przeprowadzenie analizy uzyskanych wyników.

Hydrostrefy bagiennie zajmują w KPN powierzchnię około 244 km² ha (tab. 1). Są to obszary, w których maksymalna głębokość wód podziemnych nie przekracza 2,5 m p.p.t. Przeprowadzone w KPN badania hydrogeologiczne

odnoszą się do hydrostref bagiennych, czyli obszaru przekraczającego typowe obszary mokradłowe. W KPN tereny podmokłe stanowią ekosystemy, których geneza wiąże się ze zbiorowiskami uwodnionymi w takim stopniu, że decyduje to o występowaniu w nich hydrofilnej roślinności oraz akumulacji hydrogenicznych utworów glebowych. Obszary podmokłe, w których woda występuje na głębokości do 0,5 m, z ewentualnym, krótkim wiosennym występowaniem na powierzchni, obejmują około 110 km². Obszary wilgotne, w których woda występuje do 1 m p.p.t., to około 30 km².

Tab. 1. Powierzchnia hydrostref bagiennych w KPN
Table 1. Area of wetlands zones in KNP

Obszar <i>Area</i>	Powierzchnia [km ²] <i>Surface [km²]</i>
Park wraz z otuliną <i>Park with buffer zone</i>	769,9
Park <i>Park</i>	376,4
Hydrostrefy <i>Hydrozones</i>	
Północny pas bagienny <i>Northern wetland zone</i>	155,2
Południowy pas bagienny <i>Southern wetland zone</i>	88,7
Taras zalewowy Wisły <i>The Vistula River flood plain terrace</i>	145,2

Budowa geologiczna hydrostref bagiennych – południowej i północnej – są podobne. Strefa aeracji pod względem litologicznym odpowiada najczęściej strefie saturacji. Pod warstwą gleby, występują najczęściej mułki piaszczyste lub piaski drobnoziarniste przykrywające piaski drobnoziarniste i różnoziarniste, lokalnie średnioziarniste. Poniżej warstwa wodonośna jest dwudzielna litologicznie, podobnie jak na całym obszarze Kampinowskiego Parku Narodowego. Zróżnicowanie litologiczne warstwy wodonośnej w obrębie KPN dobrze ilustrują parametry hydrogeologiczne. Górna część warstwy wodonośnej (do 17,5 m p.p.t.) charakteryzuje się wartością współczynnika filtracji w zakresie od 30 do 71 m/d. W części dolnej warstwy współczynnik filtracji jest wyraźnie niższy i przyjmuje wartości poniżej 30 m/d. Z wykonanego wiercenia pobrano próbki o naruszonej i nienaruszonej strukturze, dla których, w wyniku badań laboratoryjnych, zmierzono prędkość filtracji wody w parametrze kolumnowym UPK-99 oraz przeprowadzono analizy sitowe w celu określenia wartości współczynników filtracji (pomiaru bezpośrednie oraz obliczenia wartości na podstawie wzorów empirycznych). Przeanalizowano zmienność wartości współczynnika filtracji w różnych interwałach. Dla profilu pobranego z północnego pasa bagiennego wykonano 10 oznaczeń, pobierając próbki na głębokościach od 0,3 m do 9,6 m p.p.t. Średnia wartość współczynnika filtracji wynosi 8,48 m/d, przy zakresie zmian od 0,59 do 24,46 m/d.

Najważniejszym czynnikiem warunkującym głębokość położenia zwierciadła wód podziemnych na obszarach hydrostref bagiennych jest zasilanie infiltracyjne. Ilościową ocenę zasilania infiltracyjnego w rejonie KPN przeprowadzono przy zastosowaniu metod modelowania numerycznego (Krogulec, 2010). Wyniki modelowania numerycznego potwierdzają, że zasilanie infiltracyjne odbywa się w obszarach wyniesionych morfologicznie, podczas gdy w pasach bagiennych, z uwagi na płytkie występowanie zwierciadła, następuje intensyfikacja strat związanych z ewapotranspiracją. Wielkość zasilania w północnym i południowym pasie bagiennym wynosi około 50 mm/rok, natomiast ewapotranspiracji (rozumianej jako parowanie z płytkich wód podziemnych) wynosi około 50 mm/rok w północnym pasie i nieco ponad 60 mm/rok w południowym pasie bagiennym (materiały autorskie).

Stany wód podziemnych w Kampinowskim Parku Narodowym są regularnie monitorowane w oparciu o specjalnie zaprojektowany system monitoringu wód podziemnych (Krogulec, 2004). Na system monitoringu wód w KPN składają się pomiary manualne (regularne) w piezometrach i automatyczne (ciągłe) realizowane przy zastosowaniu mierników firmy Van Essen Instruments typu DT Diver. Obserwacje stanów wód podziemnych są prowadzone od 1999 r. w 56 piezometrach i 4 miernikach zlokalizowanych na całym obszarze KPN i otuliny w interwałach dwutygodniowych (ryc. 1). Punkty obserwacyjne wód powierzchniowych i podziemnych zgrupowano w siedmiu przekrojach obserwacyjnych, przebiegających prostopadle do linii Wisły. Pomiary manualne, będące podstawą analizy zakresu i tendencji zmian stanów wód podziemnych, obejmują obecnie bazę 11 lat, czyli ponad 16 tys. pomiarów. W hydrostrefach bagiennych – północnej i południowej – zlokalizowanych jest odpowiednio 11 i 9 punktów monitoringowych.

Środowisko wód podziemnych hydrostref bagiennych cechuje się dużą dynamiką stanów. Amplitudy zmian w ciągu roku osiągają wielkość około 2 m w północnym pasie oraz ponad 3 m w pasie południowym. W północnym pasie bagiennym coroczne, wysokie stany w okresie wiosennym utrzymują się średnio na poziomie 0,05–0,20 m p.p.t., najniższe występują jesienią i osiągają głębokość około 2 m p.p.t., przy średnich rocznych utrzymujących się na poziomie 1,0 m p.p.t. dla wielolecia 1999–2009. Na obszarze południowego pasa bagiennego corocznie występują zalewy terenu osiągające średnio wysokość około 0,30 m, a w skrajnych przypadkach nawet 0,50 m. W okresie jesienią niskie stany wód kształtują się na głębokości około 3 m. Średnie głębokości, podobnie jak w północnym pasie, kształtują się na poziomie około 1 m (dla wielolecia 1999–2009 jest to wartość 1,19 m) – tab. 2.

Przeprowadzona analiza ciągu obserwacji z wielolecia 1999–2009 za pomocą linii trendu nie umożliwia jednoznacznego określenia kierunku tendencji zmian. Oznacza to, że nie ma przesłanek wskazujących na trwałe osuszanie się hydrostref bagiennych w okresie prowadzonych obserwacji monitoringowych (Krogulec, 1994; Krogulec i in., 2010).

W celu uzupełnienia i ewentualnej korekty manualnych obserwacji stanów wód podziemnych w sieci KPN zostały zastosowane mierniki firmy Van Essen Instruments typu DT Diver umożliwiające realizację ciągłych pomiarów stanów wód podziemnych. Mierniki zainstalowano w sąsiedztwie piezometrów właśnie w celu analizy reprezentatywności pomiarów manualnych. Odczyty pomiarów z automatycznej pamięci dokonywane są raz na kilka miesięcy. Pomiar manualny wykonywany jest w godzinach porannych w interwałach dwutygodniowych. Średnia roczna głębokość do zwierciadła wód podziemnych w przykładowym piezometrze P33 (północny pas bagienny, ryc.1) wynosi 140,3 cm p.p.t. wg pomiaru manualnego i 140,7 cm p.p.t. wg pomiaru automatycznego. Istotna jest niewielka wielkość błędu, stanowiąca mniej niż 4% amplitudy rocznych wahań stanów wynoszących 117,9 cm (Krogulec & Andrzejewska, 2005). Podsumowując, można stwierdzić, że pomiary manualne dają wystarczająco dobre przybliżenie

Tab. 2. Zestawienie obserwacji stanów wód podziemnych w piezometrach hydrostref bagiennych
Table 2. Summary of the groundwater level observations in piezometres of wetland hydrozones

Hydrostrefa Hydrozonez	Nr piezometru No. of piezometer	Głębokość do zwierciadła wody [m] Groundwater depth [m]			Amplituda [m] Amplitude [m]
		Średnia roczna Year mean	Max roczna Year max	Min roczna Year min	
Północna hydrostrefa bagienna Northern wetland zone	P9	0,85	1,45	0,13	1,32
	P10	0,62	1,11	-0,19*	1,30
	P18	0,91	1,52	0,30	1,22
	P19	1,37	2,14	0,34	1,80
	P32	0,85	1,35	0,27	1,08
	P33	1,30	2,03	0,59	1,44
	P37A	1,18	1,62	0,57	1,05
	P38	1,15	1,76	0,10	1,66
	P39	0,61	1,26	0,04	1,22
	P40	1,47	2,16	0,87	1,29
	P46	1,00	1,60	0,25	1,35
	P55	0,70	1,46	0,32	1,14
Południowa hydrostrefa bagienna Southern wetland zone	P12	0,51	1,15	-0,23	1,38
	P21	0,16	0,98	-0,48	1,46
	P22	0,68	1,60	-0,16	1,76
	P23	1,35	2,41	0,55	1,86
	P25	1,67	2,25	1,10	1,15
	P35	2,30	3,16	1,54	1,62
	P42	0,95	1,86	0,25	1,61
	P47	1,95	2,63	1,09	1,54

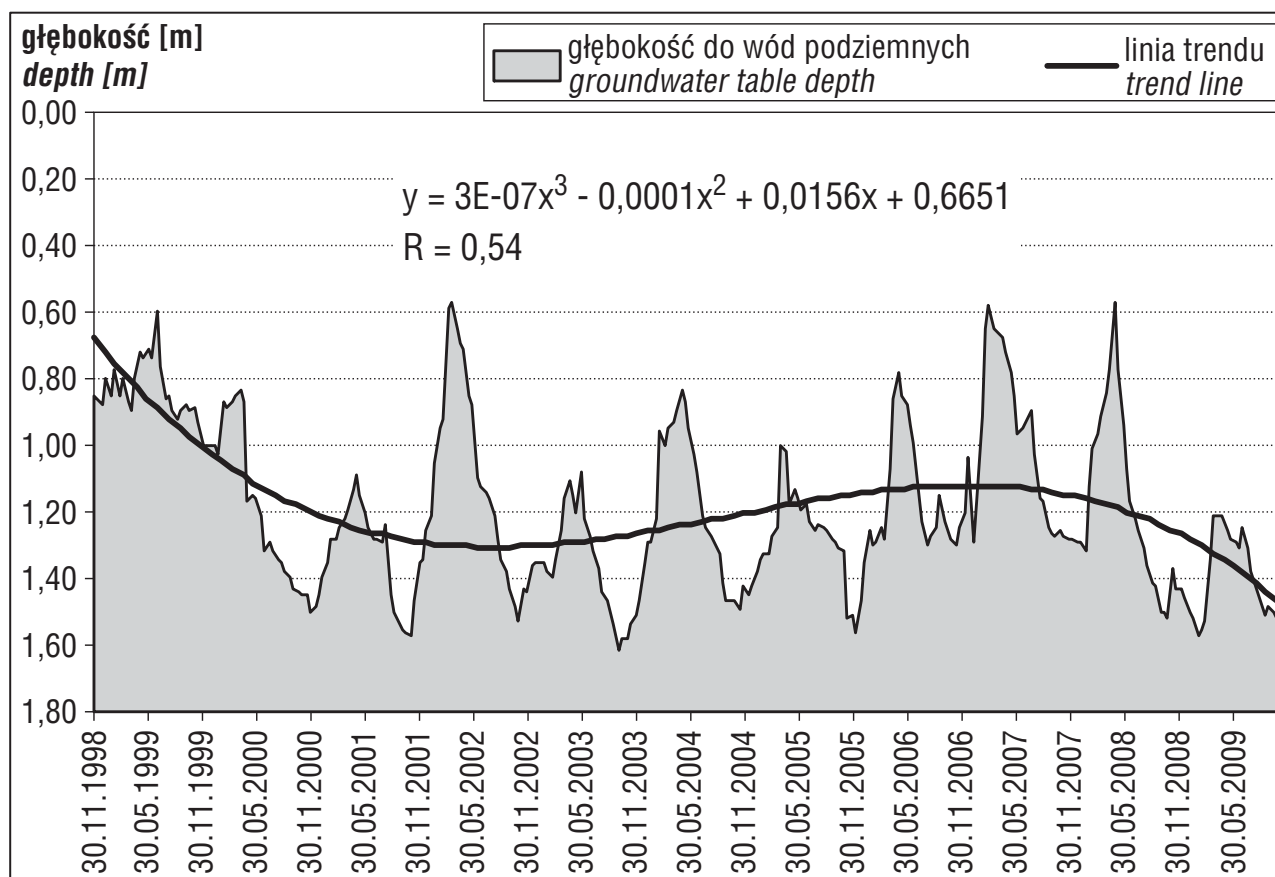
* – wartości ujemne oznaczają obszar zalany okresowo; *negative values occur in temporarily flooded areas*

nie podstawowych statystyk rocznych w obszarach mokradłowych.

Przeprowadzono obliczenia statystyczne w celu identyfikacji roli czynników warunkujących zmiany stanów wód podziemnych w hydrostrefach bagiennych. W pierwszym etapie obliczeń określono korelację zależności: opad atmosferyczny – głębokość do zwierciadła wód podziemnych. Określenie istotności trendu zmian stanów wód podziemnych na poszczególnych poziomach istotności w oparciu o wieloletnie badania monitoringowe umożliwia wyróżnienie piezometrów, w których zależność stanów od opadów przyjmuje wartości ekstremalne. Wyniki obliczeń wskazują rejony, gdzie zależność stanów wód podziemnych od wysokości opadów atmosferycznych jest znaczna oraz rejony, w których inne przyczyny niż wielkość zasilania infiltracyjnego mają decydujący wpływ na położenie zwierciadła wód podziemnych (Krogulec & Zabłocki, 2008; Krogulec i in., 2010). W rejonach, gdzie nie wykazano bezpośredniej zależności korelacyjnej pomiędzy sta nami wód podziemnych a opadem podjęto próbę określenia innych zależności korelacyjnych. Przeprowadzono obliczenia korelacji wahań zwierciadła wody w hydrostrefach bagiennych, np. z głównymi zbiorowiskami roślinności oraz typami gleb. Przeprowadzono statystyczne testy zgodności chi-kwadrat, w celu sprawdzenia czy

istnieje zależność pomiędzy konkretnym typem roślinności oraz gleby występującymi w sąsiedztwie piezometrów z głębokością do zwierciadła wody w danym piezometrze. We wszystkich obliczeniach wartość statystyki testowej była mniejsza niż wartość krytyczna odczytana z tablic, w związku z czym test nie potwierdził poszukiwanych zależności (Krogulec i in., 2010).

Ciągi obserwacji stanów wód podziemnych w piezometrach reprezentowanych przez istotne statystycznie linie trendu, wskazują na trzy charakterystyczne okresy zmian stanów. Od roku 1999, będącego pierwszym rokiem obserwacji w piezometrach, uwidacznia się zniżający trend zwierciadła wód podziemnych, po 2003 roku następuje odwrócenie charakteru trendu. Kolejny trend malejący rozpoczyna się w 2007 roku i przy założeniu dotychczasowych tendencji, jego odwrócenie nastąpi po roku 2011 (ryc. 3) (Krogulec i in., 2010). Analiza trendów zmian stanów wód podziemnych wymaga stałej aktualizacji danych monitoringowych, ponieważ pomimo dobrego dopasowania linii trendu do przebiegu stanów wód podziemnych, prognoza, że rok 2011 będzie skrajnie suchym, nie potwierdziła się. Ze względu na wysokie sumy opadów na terenie KPN, wynoszące we wrześniu 2010 r. 80 mm oraz w listopadzie 2011 r. – 100–110 mm, prawdopodobieństwo



Ryc. 3. Trend zmian stanów wód podziemnych na przykładzie obserwacji w piezometrze P37A
Fig. 3. Trend of groundwater level changes based on the observations in P37A piezometer

wystąpienia kolejnej niżówki hydrogeologicznej jest niewielkie.

Zróznicowanie stanów wód podziemnych w obszarach hydrostref bagiennych KPN przedstawiają mapy położenia zwierciadła wód podziemnych dla wartości średnich z wielolecia, dla roku suchego (2003) i roku mokrego (2007) (Krogulec i in., 2010). Zróznicowanie położenia zwierciadła wód podziemnych w poszczególnych latach (ryc. 4) wpływa na zmiany środowiskowe (gleby, siedliska), których zmienność jest charakterystyczna dla konkretnego komponentu środowiska bez konkretnego trendu zmian. Na stany wód podziemnych, oprócz badanych czynników hydroekologicznych, mają wpływ przytłumienia na sieci kanałów realizowane w zależności od potrzeb oraz inne działania antropogeniczne.

PODSUMOWANIE

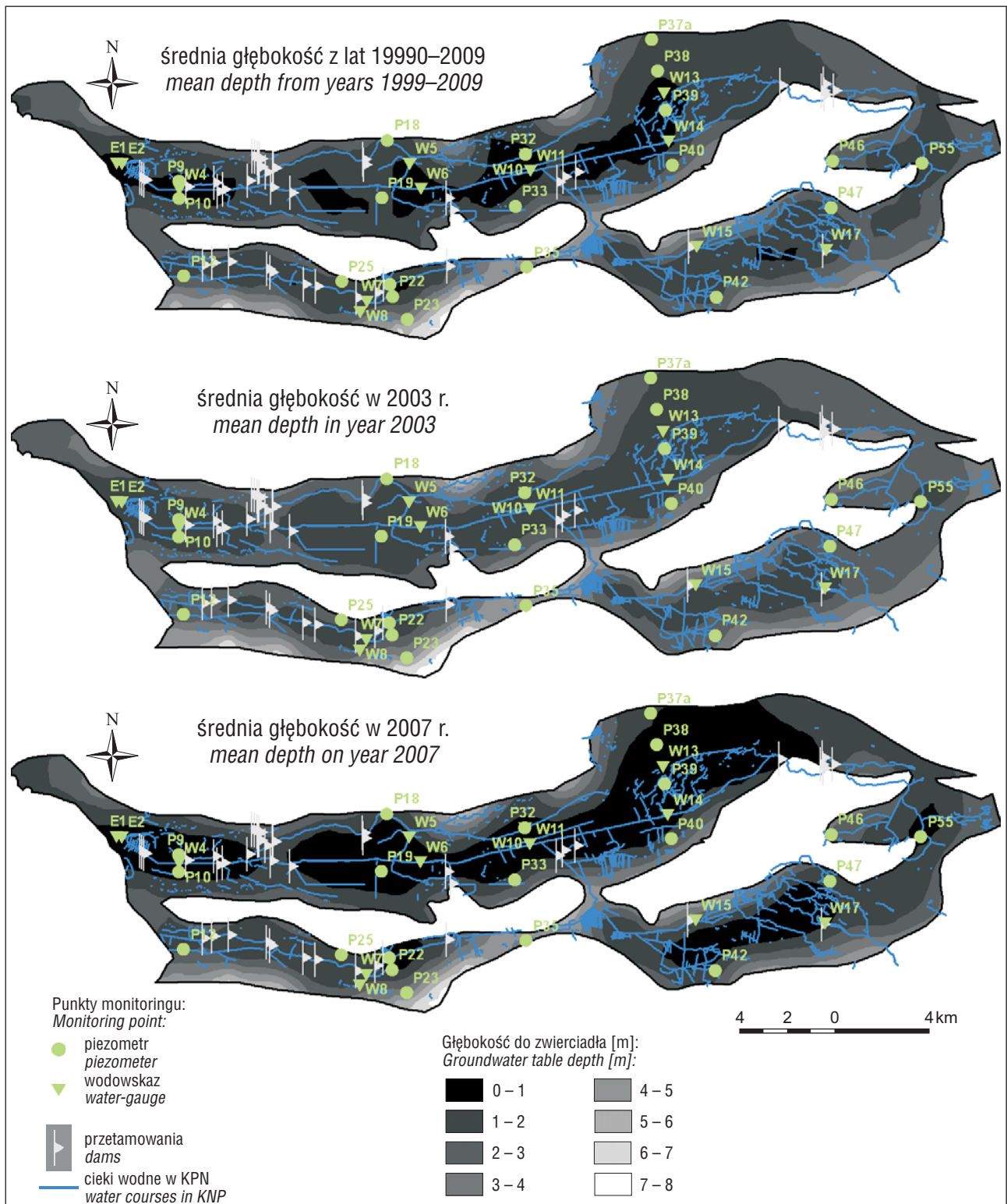
Mokradła stanowią najbardziej zróżnicowane ekosystemy zależne od wód podziemnych. Odgrywają one ważną rolę w kształtowaniu ilości i jakości zasobów wodnych, różnorodności biologicznej oraz oddziaływania na mikroklimat.

Obszary mokradeł są obejmowane różnymi formami ochrony wynikającymi z uwarunkowań prawnych, porozumień oraz konwencji międzynarodowych. Identyfikacja mokradeł, zakres ich ochrony oraz specyficzne dla nich cele środowiskowe nie są ujęte w Ramowej Dyrektywie

Wodnej. Obszary te wymagają szczegółowo opracowanych programów badań hydrogeologicznych dostosowanych do konkretnego obszaru, szczególnie w zakresie diagnozy i prognozowania zmian stanów wód podziemnych. Szczególną uwagę należy zwrócić na potrzebę planowania lokalizacji punktów obserwacyjnych oraz zakresu badań monitoringowych wód podziemnych, właściwą dla specyfiki ekosystemu. Adaptacja wyników badań hydrogeologicznych ekosystemów zależnych od wód podziemnych, czy mokradeł, poprzez analogię w innych obszarach, możliwa jest tylko po szczegółowej analizie i identyfikacji czynników warunkujących zmiany stanów wód podziemnych.

Badania ekosystemów zależnych od wód podziemnych, w tym mokradeł, głównie w zakresie ich ochrony lub renaturalizacji, wymaga prowadzenia badań interdyscyplinarnych. Wnioski z tych badań mogą stanowić podstawę do identyfikacji ekosystemów oraz określenia przyczyn zmian stanów wód podziemnych, oceny akceptowalnych zmian do różnych celów środowiskowych.

Waloryzacja roślinno-siedliskowa oraz typów gleb wymaga zastosowania generalizacji, dostosowanej do specyfiki badań hydrogeologicznych o charakterze regionalnym. Zakres i sposób generalizacji nie był przedmiotem badań w szerszym zakresie. Ogromne zróżnicowanie, różnorodność oraz wtórne procesy przekształceniowe zarówno zbiorowisk roślinnych, jak i typów gleb powodują, że nie można wyników badań bezpośrednio



Ryc. 4. Głębokość do wód podziemnych w pasach bagiennych (wartości średnie z wielolecia 1999–2009)
Fig. 4. Depth to groundwater in wetlands hydrozones (mean values from the period of 1999–2009)

wykorzystywać do identyfikacji czynników warunkujących położenie zwierciadła wód podziemnych.

Szczegółowe badania hydrostref bagiennych w KPN wskazują na zróżnicowane czynniki hydroekologiczne warunkujące zmiany stanów wód podziemnych w tych obszarach. W przeprowadzonych obliczeniach korelacji (liniowej i wielomianowej) z różnymi czynnikami uzyska-

no zróżnicowanie wartości i zależności. Wyniki korelacji wskazują na znaczne zróżnicowanie zależności: opad atmosferyczny – głębokość do zwierciadła wód podziemnych. Uzyskane rezultaty pozwoliły na wskazanie rejonów, gdzie zależność stanów wód podziemnych od wysokości opadów atmosferycznych jest znaczna oraz rejonów, w których inne przyczyny niż wielkość zasilania

infiltracyjnego mają decydujący wpływ na położenie zwierciadła wód podziemnych. Znaczne zróżnicowanie wydzieleni roślinnych i glebowych nie mogło być podstawą określenia ich wpływu na wahania zwierciadła wód podziemnych. Ważną przyczyną wpływającą lokalnie na wysokość położenia zwierciadła wód podziemnych mogą być okresowe, lokalne zmiany, typowe dla obszarów podmokłych, np. przytłumienia wód na ciekach. Analiza trendów zmian wymaga stałej aktualizacji danych monitoringowych dotyczących stanów wód podziemnych w obszarach podmokłych.

Badania zostały zrealizowane w ramach projektu „Opracowanie metod odtworzenia pierwotnych warunków wodnych Kampinoskiego Parku Narodowego w celu powstrzymania degradacji przyrodniczej i poprawienia stanu bioróżnorodności”.

LITERATURA

- BURZYŃSKI K., KIEJZIK-GŁOWIŃSKA M., KISTOWSKI M., OSTAPOWICZ-MITRASZEWSKA A., STASZEK W., TYSZECKI M. & ŻELAZIŃSKI J. 2010 – Prognoza oddziaływania na środowisko Projektu Polityki Wodnej Państwa do roku 2030 (z uwzględnieniem etapu 2016). Gdańsk 2010. http://www.kzgw.gov.pl/files/file/Programy/PPWP2030/Prognoza_do_projektu_Polityki_wodnej_panstwa.pdf.
- Diagnoza** aktualnego stanu gospodarki wodnej. Załącznik nr 1 do Projektu Polityki Wodnej Państwa do roku 2030 (z uwzględnieniem etapu 2016). Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Warszawa 2010. http://www.trmew.pl/uploaded/index/Zalaczniki_do_projektu_Polityki_wodnej_panstwa_do_roku_2030.pdf.
- DOMAŃSKA M., MICHAŁSKA-HAJDUK M., KOPEĆ D., KUCHARSKI L., OTRĘBA A., KĘBŁOWSKA A., KLOSS M. & DEMBEK A. 2010 – Rezultat 29. Zestawienie rodzajów cennych przyrodniczo siedlisk. Projekt – Opracowanie metod odtworzenia pierwotnych warunków wodnych Kampinoskiego Parku Narodowego w celu powstrzymania degradacji przyrodniczej i poprawienia stanu bioróżnorodności; niepublikowane.
- GENESIS** – Genesis – Groundwater and Dependent Ecosystems: New Scientific and Technological Basis for Assessing Climate Change and Land-use Impacts on Groundwater. <http://www.thegenesisproject.eu>.
- Istotne** problemy gospodarki wodnej. Załącznik nr 2 do Projektu Polityki Wodnej Państwa do roku 2030 (z uwzględnieniem etapu 2016). Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Warszawa 2010. http://www.kzgw.gov.pl/files/file/Programy/PPWP2030/Zalaczniki_do_Prognozy.pdf.
- KLOVE B. 2010 – Groundwater Dependent Ecosystems: Hydrology, Conceptual Models and Vulnerability. Key-note presentation at XXXVIII IAH Congress, Krakow, Poland, September 12–17, 2010.
- KROGULEC E. 2004 – Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia w dolinie rzecznej na podstawie przesłanek hydrodynamicznych. WUW, Warszawa.
- KROGULEC E. 2010 – Evaluation of infiltration rates within the Vistula River valley, central Poland. *Acta Geol. Pol.*, 60, 4: 617–628.
- KROGULEC E. & ANDRZEJEWSKA A. 2005 – Zastosowanie automatycznych pomiarów stanów wód podziemnych w lokalnym systemie monitoringowym. *Współczesne problemy hydrogeologii*, tom XII. Wyd. Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń: 397–405.
- KROGULEC E., ANDRZEJEWSKA A., FURMANKOWSKA A. & ZABŁOCKI S. 2009 – Analiza stanów wód podziemnych na obszarach podmokłych na przykładzie obserwacji w Kampinoskim Parku Narodowym. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 436: 281–288.
- KROGULEC E., FURMANKOWSKA A., TRZECIAK J. & ZABŁOCKI S. 2010 – Range determining factors and tendencies of groundwater level changes in wetland areas. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 441: 73–82.
- KROGULEC E. & ZABŁOCKI S. 2008 – Geostatystyczna analiza stanów wód podziemnych w Kampinoskim Parku Narodowym. [W:] Partyka J., Pociask-Karteczka J. (red.) *Wody w obszarach chronionych*. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ., Ojcowski Park Narodowy, Komisja Hydrogeologii PTG, Kraków: 189–199.
- KUPFERSBERGER H & GENESIS Team 2010 – Impacts and threats on groundwater systems at a European scale – the GENESIS project, XXXVIII IAH Congress, *Groundwater Quality Sustainability*, eds. Zuber et al., Abstract Book, Krakow: 399–400.
- LAIO F., TAMEA S., RIDOLFI L., D'ODORICO P. & RODRIGUEZ-ITURBE I. 2009 – Ecohydrology of groundwater-dependent ecosystems. *Water Resources Research*, vol. 45, W05419. http://www.idrologia.polito.it/~laio/articoli/44-WRR-water_table1.pdf.
- MICHAŁSKA-HAJDUK D., KOPEĆ D., KUCHARSKI L., KĘBŁOWSKA A., OTRĘBA A., KLOSS M. & DEMBEK A. 2011 – Roślinność terenów mokradłowych – stan zachowania i tendencje dynamiczne. [W:] *Ochrona i renaturalizacja mokradła Kampinoskiego Parku Narodowego*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- OKRUSZKO H. 1992 – Siedliska hydrogeniczne, ich specyfika i zróżnicowanie. [W:] *Hydrogeniczne siedliska wilgotnościowe*. *Bibl. Wiad. IMUZ*, nr 79: 5–14.
- PIÓRKOWSKI H., DOMAŃSKA M., RYCHARSKI M., JAKUBOWSKI W., OSTRZYŻEK S. & STEFANIAK P. 2010 – Rezultat 1. Raport oceny stanu aktualnego mokradła KPN. Projekt – Opracowanie metod odtworzenia pierwotnych warunków wodnych Kampinoskiego Parku Narodowego w celu powstrzymania degradacji przyrodniczej i poprawienia stanu bioróżnorodności; niepublikowane.
- PIÓRKOWSKI H., DOMAŃSKA M., RYCHARSKI M., JAKUBOWSKI W., OSTRZYŻEK S. & STEFANIAK P. 2010 – Rezultat 17. Aktualna mapa siedliskowo-glebova przedstawiająca siedliska i gleby hydrogeniczne w standardzie GIS. Projekt – Opracowanie metod odtworzenia pierwotnych warunków wodnych Kampinoskiego Parku Narodowego w celu powstrzymania degradacji przyrodniczej i poprawienia stanu bioróżnorodności; niepublikowane.
- PIÓRKOWSKI H., DOMAŃSKA M., RYCHARSKI M., JAKUBOWSKI W. & STEFANIAK P. 2011 – Gleby obszarów mokradłowych. [W:] *Ochrona i renaturalizacja mokradła Kampinoskiego Parku Narodowego*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Polityka** resortu w dziedzinie hydrogeologii (na lata 2008–2015). Ministerstwo Środowiska. Departament Geologii i Koncesji Geologicznych. Warszawa 2008. http://www.psh.gov.pl/artykuly_i_publicacje/artykuly1/kierunki-badan-w-dziedzynie-hydrogeologii-na-lata-2008-2015.html?pdf.
- Projekt** Polityki Wodnej Państwa do roku 2030 (z uwzględnieniem etapu 2016). Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Warszawa 2010. http://www.kzgw.gov.pl/files/file/Wiadomosci/Polityka_wodna.pdf.
- Strategia** ochrony obszarów wodno-błotnych w Polsce wraz z planem działań (na lata 2006–2013). Ministerstwo Środowiska, Departament Leśnictwa, Ochrony Przyrody i Krajobrazu. Warszawa 2006. http://www.gdos.gov.pl/files/Konwencje/ramsarska/strategia_ochrony_plan_dzialan.pdf.

Praca wpłynęła do redakcji 22.04.2011 r.
Po recenzji akceptowano do druku 19.07.2011 r.