

## ANALIZA STANÓW WÓD PODZIEMNYCH NA OBSZARACH PODMOKŁYCH NA PRZYKŁADZIE OBSERWACJI W KAMPINOSKIM PARKU NARODOWYM

### GROUNDWATER LEVEL MONITORING IN WETLAND AREAS – OBSERVATIONS IN THE KAMPINOS NATIONAL PARK

EWA KROGULEC<sup>1</sup>, ANNA ANDRZEJEWSKA<sup>2</sup>, ANNA FURMANKOWSKA<sup>1</sup>, SEBASTIAN ZABŁOCKI<sup>1</sup>

**Abstrakt.** System monitoringu wód podziemnych KPN II funkcjonuje w Kampinoskim Parku Narodowym od 1998 r. W artykule przedstawiono analizę danych z 20 punktów monitoringowych usytuowanych na obszarach podmokłych (259 obserwacji w każdym punkcie). W celu charakterystyki zmian stanów podziemnych, na podstawie 10-letniego okresu obserwacji policzono podstawowe parametry statystyczne, w tym linie trendu zmian. W punktach monitoringowych obserwuje się zarówno tendencje podnoszenia się (6 punktów), jak i obniżania stanów wód podziemnych (14 punktów), zmiany sezonowe są ściśle związane z wysokością opadów atmosferycznych. Uzyskane rezultaty potwierdzają, że na stany wód podziemnych w obszarach bagiennych wpływa wiele nakładających się czynników. Zmiany i prognozowanie stanów wód podziemnych przeanalizowano także w świetle możliwych zmian klimatycznych.

**Słowa kluczowe:** monitoring wód, trend zmian stanów, zmienność opadów, pasy bagienne.

**Abstract.** Groundwater monitoring system of the Kampinos National Park has been working as KNP II network continuously since 1998. This article presents data taken from observations in 20 piezometers situated in two wetland areas of the park. Trend lines were calculated to characterise groundwater changes in a 10-year period. The results have confirmed the complexity of factors affecting groundwater level in these areas. There is no region with a significant lowering (14 piezometers) or increasing (6 piezometers) of groundwater level. Seasonal changes of groundwater level are closely related to the amount of precipitation. Water level changes were taken into consideration in the light of predicted climate changes.

**Key words:** water monitoring, trend of water level changes, precipitation variation, marsh zones.

### WSTĘP

Zakres prowadzonych obserwacji w sieciach monitoringowych oraz zastosowanie różnych sposobów i częstotliwości pomiarów, umożliwił określenie wieloletnich, rocznych, sezonowych i krótkoterminowych fluktuacji oraz tendencji zmian stanów wód podziemnych. Właściwa analiza obserwacji stanów wód podziemnych oraz wskazanie konieczne-

go zakresu badań są szczególnie ważne dla płytkich (choć o znacznej miąższości) systemów wodonośnych pozostających w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z wodami powierzchniowymi. W systemach hydrogenicznych występują dodatkowe zagrożenia zmian stanów wód podziemnych, między innymi wymuszone zmianami sposobu zago-

<sup>1</sup> Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; e-mail: Ewa.Krogulec@uw.edu.pl, anna.furmankowska@student.uw.edu.pl, s.zablocki@uw.edu.pl

<sup>2</sup> Kampinoski Park Narodowy, ul. Tetmajera 38, 05-080 Izabelin; e-mail: andrzejewska@kampinoski-pn.gov.pl

spodarowania, inwestycjami budowlanymi i drogowymi oraz popularnymi w ostatnich latach projektami renaturalizacji bagien.

Obszary bagienne w Kampinoskim Parku Narodowym (KPN) wymagają szczególnej ochrony, co wynika z projektowanych na tym obszarze renaturalizacji oraz zapisów w Ustawie o ochronie przyrody i w Ramowej Dyrektywie Wodnej, których celem jest ochrona, poprawa warunków lub utrzymanie stanu obecnego ekosystemów podmokłych, bezpośrednio uzależnionych od ekosystemów wodnych. Warunki hydrogeologiczne KPN wraz z charakterystyką systemów krążenia wód podziemnych były przedmiotem wielu publikacji (m.in. Krogulec, 2004).

System monitoringu wód w rejonie KPN opiera się na manualnych (regularnych) wykonywanych w interwałach dwutygodniowych (1 pomiar co dwa tygodnie, zawsze o tej samej porze) i automatycznych (pomiar co godzinę) obserwacjach stanów wód prowadzonych od 1998 r. w 56 piezometrach (fig. 1). Analiza geostatystyczna danych monitoringowych dodatkowo oparta o przesłanki hydrodynamiczne (rozpoznanie systemów krążenia wód) umożliwia przedstawienie wniosków w zakresie charakterystyki fluktuacji stanów wód podziemnych przypowierzchniowego systemu krążenia (Krogulec, 2004), której wyniki stanowią dane wyjściowe do prognozy zmian stanów wód podziemnych w świetle możliwych zmian klimatycznych.

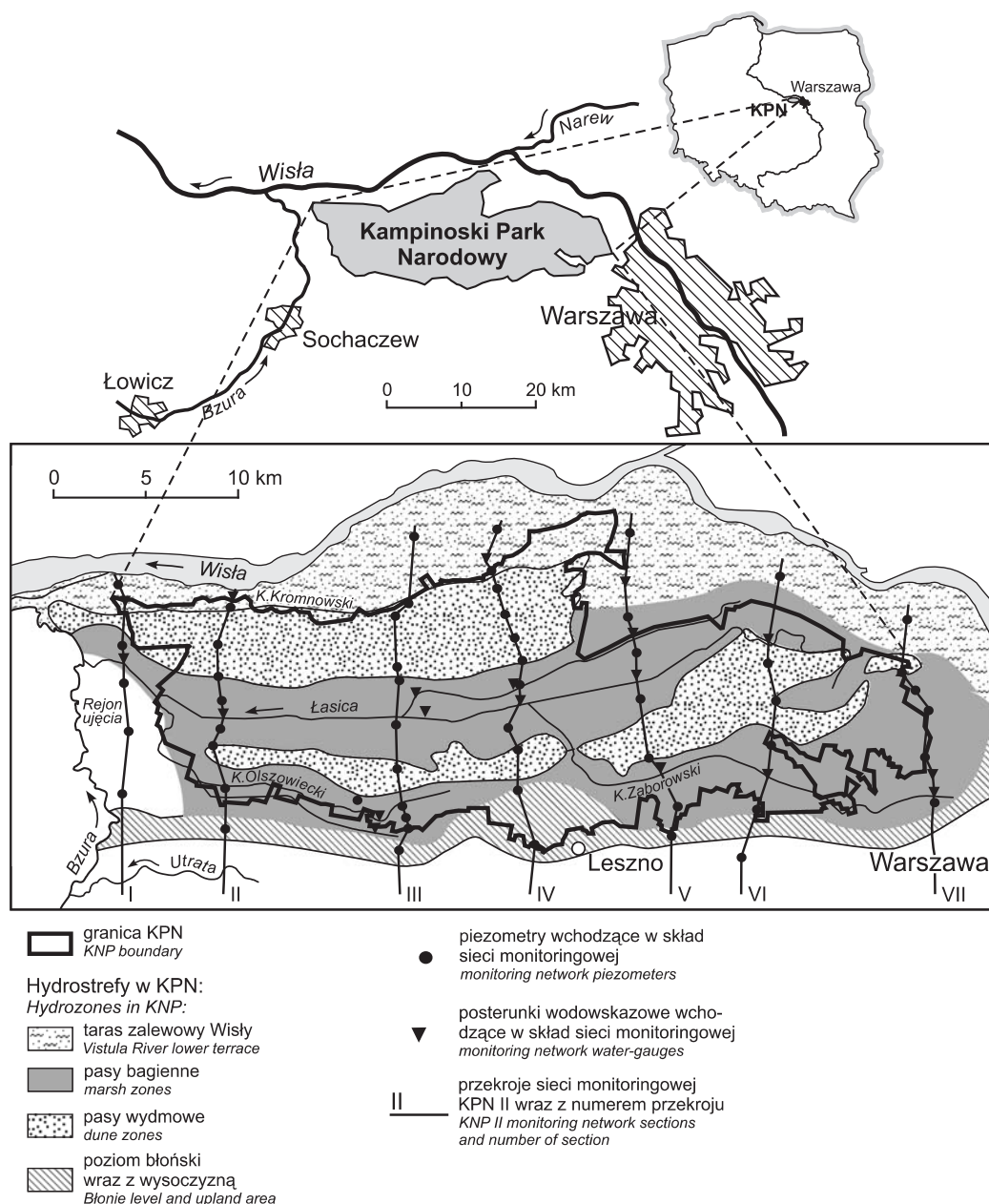


Fig. 1. Punkty sieci monitoringowej w Kampinoskim Parku Narodowym

Groundwater monitoring network within the Kampinos National Park

## CHARAKTERYSTYKA EKOSYSTEMÓW BAGIENNYCH W KPN

Krótką charakterystykę systemów bagiennych przedstawiono w celu wyraźnego wskazania powierzchni i przyjętego sposobu klasyfikacji tych obszarów w KPN i unikatowej ich pozycji w Polsce. W artykule nie podjęto tematu wpływu poszczególnych środowisk roślinnych na stany wód podziemnych, co będzie wkrótce przedmiotem dalszych badań.

Na terenie KPN (38,5 tys. ha) występują obszary podmokłe charakteryzujące się różnym stopniem uwilgocenia. Większość z nich jest położona na obu pasach bagiennych, ale również w zagłębieniach bezodpływowych mis deflacyjnych na pasach wydmy. Obszary podmokłe, w których woda przez znaczną część roku występuje lub powinna występować ponad powierzchnią terenu, zajmują sumaryczną powierzchnię ok. 2400 ha. Występują w obniżeniach północnego i południowego pasa bagiennego, gdzie wykształciły się gleby bagienne i pobagienne (Konecka-Betley, 2003). Nieliczne są torfowiska wysokie, z których najwięk-

sze to Długie Bagno, o powierzchni ok. 6 ha, częściowo porośnięte borem bagiennym. Ze zbiorowiskiem tym związany jest relikwyt borealny – *Chamaedaphne calyculata*, rosnący na 9 stanowiskach w Polsce (Kloss, 2006). Obszary podmokłe, na których woda występuje na głębokości do 0,5 m, z ewentualnym, krótkim wiosennym występowaniem na powierzchni, obejmują sumaryczną powierzchnię ok. 8700 ha. Znajdują się na przeważającej części pasów bagiennych, często w pobliżu cieków i rowów melioracyjnych. Występują tu gleby pobagienne, zabagnione i czarne ziemie. Obszary wilgotne, z poziomem wód podziemnych utrzymującym się blisko powierzchni ziemi wiosną i spadającym poniżej 1 m jesienią, obejmują niewielkie, niezalewane wyniesienia na obszarze pasów bagiennych oraz niżej położone zbocza wydmy. Zajmują powierzchnię ok. 3100 ha. Wykształciły się tu gleby aluwialne, bielicoziemne i glejobielicoziemne oraz czarne ziemie (Konecka-Betley, 2003).

## ZAKRES I TENDENCJA ZMIAN STANÓW WÓD PODZIEMNYCH W PASACH BAGIENNYCH

Do charakterystyki fluktuacji zmian stanów wód podziemnych wybrano dziesięcioletni okres obserwacji (1998–2008) w 20 piezometrach zlokalizowanych w obrębie pasów bagiennych, tzw. hydrostrefy bagiennej (fig. 1; Krogulec, 2004). Na podstawie 259 obserwacji (obserwacje w interwałach dwutygodniowych) z każdego punktu badawczego przeprowadzono analizę, która objęła następujące miary statystyczne: maksimum, minimum, średnią oraz amplitudę.

Cechą specyficzną pasów bagiennych jest płytkie występowanie zwierciadła wody podziemnej. W obserwowanych piezometrach średnia głębokość do zwierciadła wód podziemnych kształtuje się od 0,51 do 2,28 m. Obszar północnego pasa bagiennego cechuje się średnią głębokością roczną do zwierciadła wody na poziomie 1,03 m, głębokością średnią maksymalną 1,64 m, średnią minimalną 0,30 m. Dla pasa południowego wartości te przedstawiają się następująco: średnia głębokość wynosi 1,15 m, średnia maksymalna – 1,11 m, a średnia minimalna – 0,49 m.

Stany wód podziemnych charakteryzuje duża dynamika zmian. Średnia wartość roczna amplitudy w otworach obserwacyjnych kształtuje się w zakresie 0,68–1,18 m. W 3 punktach obserwacyjnych stwierdzono występowanie wód na poziomie wyższym niż rzędna terenu. We wszystkich latach hydrologicznych wystąpiły wiosenne podtopienia terenu (obejmujące część rejonu hydrostrefy bagiennej), a w ostatnich 2 latach zjawisko trwało 28–30 tygodni (styczeń–lipiec i listopad–kwiecień).

Na podstawie wykresów zmienności stanów wód podziemnych wyznaczono równania linii trendu (tab. 1), korzy-

stając z powszechnie dostępnego programu Excel. Charakter trendu zmian stanów jest dwukierunkowy, częściej wskazuje na obniżanie zwierciadła, choć w 6 otworach obserwacyjnych trend jest rosnący. Przykładowy wykres dla piezometrów: P19 (największe obniżenie) i P23 (największe podniesienie zwierciadła) przedstawiono na figurze 2.

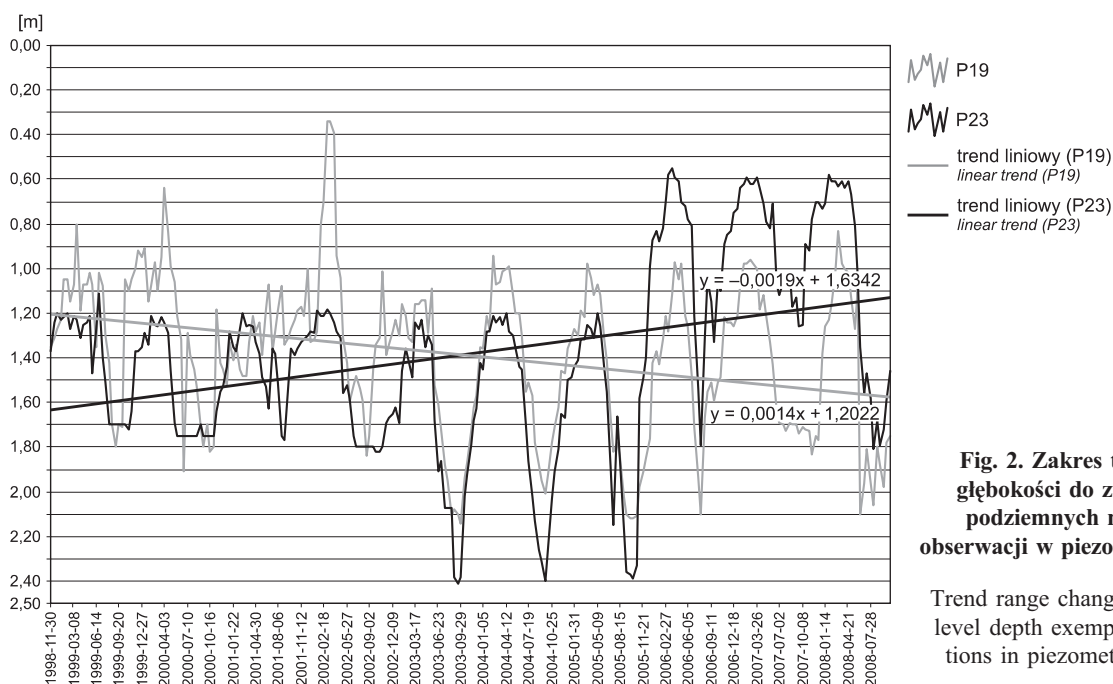
Zjawisko pozasezonowego utrzymywania się zarówno niskich, jak i wysokich stanów wód podziemnych stwierdzono w 8 piezometrach zaliczanych do obszaru pasów bagiennych. Niskie stany utrzymywały się przez okres półrocza zimowego, szczególnie w 2003 r. (4 piezometry), a także w latach 2000 i 2001. Najdłuższe okresy utrzymywania się wysokich stanów zaobserwowano w piezometrze P19 (w 2001), P37A (w 1999) oraz w P12 (2002–2003). Okresy te, traktować należy jako krótkotrwałe w całym ciągu obserwacyjnym, gdyż nie wpływają wyraźnie na zmianę trendu. Utrzymywanie się niskich stanów wód w 5 piezometrach obu hydrostref bagiennych, powoduje wystąpienie głębokiej niżówki hydrogeologicznej, co może prowadzić do zerwania kontaktu hydraulicznego z wodami powierzchniowymi. Stany niżówkowe określono na podstawie metody B. Kazimierskiego (materiały rękopiśmienne) w następujący sposób:  $G \geq WNG$  – brak zagrożenia niżówką;  $WNG > G > SNG$  – zagrożenie pojawienia się niżówki;  $SNG \geq G > 0,5$  ( $SNG + NNG$ ) – wystąpienie płytkiej niżówki hydrogeologicznej;  $G \leq 0,5$  ( $SNG + NNG$ ) – wystąpienie głębokiej niżówki hydrogeologicznej; gdzie: G – stan wód podziemnych; WNG – najwyższy stan z niskich; SNG – średni stan niski; NNG – najniższy stan z niskich.

Tabela 1

**Zestawienie charakterystyk statystycznych i trendu zmian stanów wód podziemnych w pasach bagiennych na podstawie obserwacji w piezometrach (pomiarzy z okresu 1998–2008, wykonywane w interwałach dwutygodniowych)**

Statistic characters and groundwater level trend changes in marsh zones based on observations in piezometers (observations in 1998–2008 performed in fortnightly intervals)

Pas bagienny	Numer piezometru	Głębokość do zwierciadła wody [m]			Rzędna zwierciadła wody [m n.p.m.]			Równanie linii trendu	Typ trendu zwierciadła wody	Wielkość zmian w 10-leciu wg linii trendu [cm]
		średnia roczna	max	min	średnia roczna	max	min			
Północny	P9	0,86	1,45	0,18	68,05	68,73	67,46	$y = -0,0005x + 0,929$	podnoszenie	12,9
	P10	0,63	1,11	-0,19	68,22	69,04	67,74	$y = -0,0005x + 0,687$	podnoszenie	13,3
	P18	0,91	1,52	0,30	70,57	71,18	69,96	$y = 0,0002x + 0,886$	obniżanie	-5,0
	P19	1,38	2,14	0,34	70,43	71,47	69,67	$y = 0,0014x + 1,202$	obniżanie	-35,8
	P32	0,86	1,35	0,27	71,65	72,24	71,16	$y = -0,0011x + 1,007$	podnoszenie	29,1
	P33	1,30	2,03	0,59	72,45	73,16	71,72	$y = 0,0005x + 1,237$	obniżanie	-13,3
	P37A	1,16	1,62	0,57	73,08	73,67	72,62	$y = 0,0004x + 1,105$	obniżanie	-11,1
	P38	1,11	1,75	0,10	73,31	74,32	72,67	$y = 0,0008x + 1,003$	obniżanie	-20,6
	P39	0,61	1,26	0,04	73,27	73,84	72,62	$y = 0,0001x + 0,591$	obniżanie	-3,4
	P40	1,46	2,16	0,87	73,93	74,52	73,23	$y = 1e-05x + 1,462$	obniżanie	-0,3
P46	0,98	1,60	0,25	77,82	78,55	77,20	$y = 0,0007x + 0,884$	obniżanie	-19,1	
Południowy	P12	0,51	1,15	-0,23	69,14	69,88	68,50	$y = -0,0004x + 0,565$	podnoszenie	10,7
	P21	0,19	0,98	-0,40	72,03	72,62	71,24	$y = -0,0003x + 0,231$	podnoszenie	8,6
	P22	0,72	1,60	0,22	72,46	72,96	71,58	$y = 0,0009x + 0,604$	obniżanie	-22,9
	P23	1,38	2,41	0,55	72,69	73,52	71,66	$y = -0,0019x + 1,634$	podnoszenie	49,9
	P25	1,68	2,25	1,10	70,88	71,46	70,31	$y = 0,0003x + 1,635$	obniżanie	-8,4
	P35	2,28	3,16	1,54	75,26	76,00	74,38	$y = 0,0011x + 2,138$	obniżanie	-28,1
	P42	0,96	1,86	0,25	76,56	77,27	75,66	$y = 0,0009x + 0,837$	obniżanie	-24,1
	P47	1,95	2,63	1,09	79,25	80,11	78,57	$y = 0,0001x + 1,937$	obniżanie	-3,5
	P55	0,70	1,46	0,32	78,57	78,96	77,82	$y = 0,0002x + 0,677$	obniżanie	-5,0



**Fig. 2. Zakres trendów zmian głębokości do zwierciadła wód podziemnych na przykładzie obserwacji w piezometrach P19 i P23**

Trend range changes of groundwater level depth exemplified by observations in piezometers P19 and P23

Na wykresie sporządzonym na podstawie obserwacji (pomiary ciągłe) stanów wód podziemnych w wybranym piezometrze (P33), przedstawiono granice występowania niskich stanów, powodujących zagrożenie ekosystemów bagiennych (fig. 3). Dynamika zmian stanów powoduje, że często obserwuje się zagrożenie pojawienia się niżówki, w 4 latach wystąpiła płytka niżówka, a w 2003 r. głęboka niżówka. Średnia głębokość graniczna wystąpienia głębokiej niżówki wynosi 1,54 m dla pasa północnego oraz 1,82 m dla pasa południowego.

Długie okresy bez wyraźnych zmian sezonowych stanów wód podziemnych (zwłaszcza długie niżówki) obserwowane w niektórych piezometrach, zazwyczaj wywołane są zmniejszeniem wielkości opadów atmosferycznych. W 2003 r. suma opadów na stacji meteorologicznej, zlokalizowanej w południowej części KPN, wyniosła 307 mm, co stanowi jedynie 54% wielkości średniego opadu obserwowanego w wieloleciu 1985–2008. Niewielkie zasilanie wód podziemnych, zwłaszcza w półroczu zimowym, spowodowało brak możliwości odbudowy zwierciadła na wiosnę. Okresy utrzymywania się lokalnych wysokich stanów wód podziemnych (P12 i P19) mogą być związane z działalnością bobrów, które powodują czasowe podpiętrzenia na ciekach lub innymi działaniami powodującymi lokalne podtopienia (obejmujące niewielkie obszary o powierzchni około 1 ha). Zmniejszenie wielkości zasilania opadami jest wtedy czynnikiem drugorzędym.

W celu określenia ilościowej oceny wpływu zmian stanów wód powierzchniowych na stany wód podziemnych porównano zakresy oraz dynamikę zmian w obu systemach. Analizę danych monitoringowych oparto na obserwacjach w piezometrach zlokalizowanych w pasach bagiennych oraz na 12 wodowskazach. Porównano stany wód podziemnych w piezometrach ze stanami wód powierzchniowych mierzonymi na najbliższym zlokalizowanym wodowskazie. Wartości średnich amplitud stanów wód powierzchniowych oraz amplitud maksymalnych w charakteryzowanym 10-leciu są mniejsze niż amplitudy wód podziemnych we wszystkich rozpatrywanych przypadkach, a dynamika zmian stanów wód powierzchniowych i podziemnych jest ze sobą skorelowana w różnym stopniu (tab. 2). Wartości współczynnika korelacji uzyskane przy porównywaniu zmian w punktach obserwacyjnych w dwutygodniowym kroku czasowym kształtują się w zakresie 0,10–0,77. Zmienność ta związana jest przede wszystkim z odległością między charakteryzowanymi parami punktów. Oczekiwana największa korelacja (> 0,40) występuje przy najmniejszych odległościach (do 1500 m). Ze względu na silne korelacje, ocenić można, że wpływ zmian stanów wód powierzchniowych na podziemne sięga do odległości 1350 m w bagiennym pasie północnym oraz do 1250 m w pasie południowym. W dalszej odległości korelacja nie zachodzi, choć wielkość amplitud jest do siebie zbliżona.

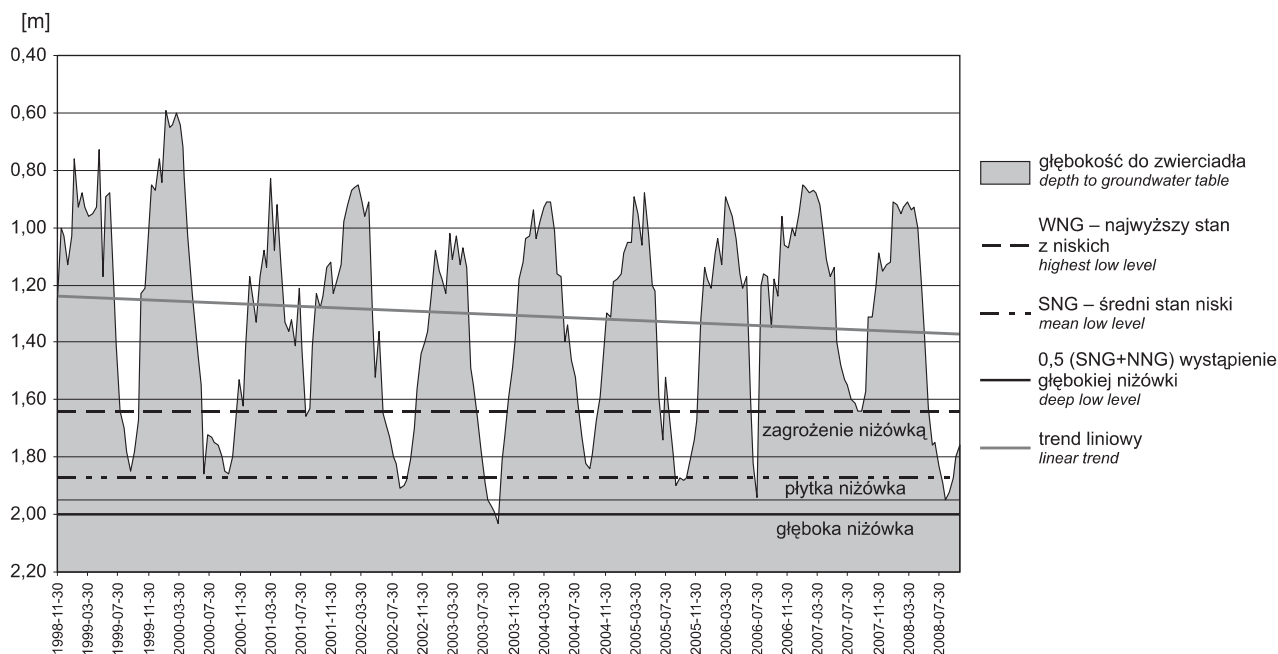


Fig. 3. Zakres zmian stanów wód podziemnych w P33 w odniesieniu do niżówek hydrogeologicznych

Range of groundwater level changes in P33 in relation to low groundwater flow



Tabela 2

**Porównanie zakresu i dynamiki zmian stanów wód podziemnych i powierzchniowych w pasach bagiennych KPN**

Comparison of the range and dynamics of ground water and surface water levels in marsh zones of the KNP

Pas bagienny	Numer piezometru	Odległość od osi pasa bagiennego (od ciekłu) [m]	Średnia amplituda zmian stanów [m]	Średnia amplituda obserwowana na wodowskazach [m]	Korelacja zmian stanów wód powierzchniowych i podziemnych sąsiednich punktów obserwacyjnych
Północny	P19	450	1,11	0,97	0,27
	P10	500	0,76	0,88	0,44
	P9	800	0,89	0,88	0,62
	P32	825	0,68	0,68	0,53
	P40	950	1,00	0,66	0,58
	P33	1000	1,04	0,93	0,34
	P39	1350	0,94	0,48	0,77
	P18	1800	0,75	0,72	0,54
	P46	2450	0,88	0,51	0,13
	P38	3150	0,89	0,48	0,39
	P37A	4400	0,69	0,48	0,49
Południowy	P21	50	1,02	0,71	0,58
	P35	250	1,08	0,71	0,47
	P22	900	1,12	0,71	0,44
	P12	300	0,89	0,71	0,40
	P25	400	0,81	0,71	0,65
	P47	450	1,10	0,64	0,16
	P23	1250	0,91	0,71	0,43
	P42	1750	1,18	1,03	0,22
	P55	4700	0,82	0,57	0,10

**MOŻLIWOŚCI PROGNOZOWANIA ZMIAN STANÓW WÓD PODZIEMNYCH W ŚWIETLE ZMIAN KLIMATYCZNYCH**

Dynamika płytko położonego zwierciadła wody jest silnie uzależniona od wymuszeń zewnętrznych. Opad atmosferyczny jako wektor wejścia jest podstawą kształtowania się stanów wód podziemnych. Zależności ilościowe występujące między składowymi cyklu hydrologicznego, w tym opadu oraz wielkości retencji wód podziemnych, uwarunkowane są przez cechy zmieniającego się klimatu. IV raport Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change), jednoznacznie stwierdza, że zmiany te następują i w 90% jest za nie odpowiedzialny człowiek.

Dokonując analizy wpływu globalnych zmian klimatu na elementy obiegu wody w systemie hydrologicznym, stosuje się symulację procesów hydrologicznych przy użyciu modeli matematycznych i odpowiednich scenariuszy zmian klimatu lub badanie wrażliwości szeregów czasowych zmien-

nych hydrologicznych. Z przeglądu dotychczasowych badań (Kaczmarek, red., 1994; Gutry-Korycka, red., 1996; Jaworski, 2004) wynika, iż najczęściej stosowanymi scenariuszami są GFDL (model Geophysical Fluid Dynamics Laboratory NOAA) oraz GISS (model Goddard Institute for Space Studies NASA). Wyniki modelowe uzyskane przez Jaworskiego (2004) na podstawie tych scenariuszy w zlewni Utraty potwierdzają rozbieżność prognoz. Zakładając niewielką zmienność przestrzenną elementów klimatu (zlewnia Utraty od południa sąsiaduje z obszarem KPN), można z dużym uproszczeniem, wnioskować o zmianach, które zajdą na obszarach bagiennych parku. Według scenariusza GFDL średnia roczna suma opadów atmosferycznych oraz parowania terenowego uległaby znacznemu wzrostowi. Pomimo wzrostu opadów atmosferycznych nastąpiłoby zmniejszenie uwilgotnienia górnej warstwy strefy aeracji oraz spadek in-

tensywności zasilania infiltracyjnego warstwy wodonośnej. Scenariusz GISS przewiduje większą intensyfikację zarówno opadu, jak i parowania, w stosunku do scenariusza GFDL oraz nieznaczny spadek wilgotności strefy aeracji. Największa rozbieżność dotyczy, ważnego dla kształtowania się retencji podziemnej, procesu infiltracji, który uległby znacznemu wzrostowi.

Najprostszą metodą prognozowania wielkości opadu jest określenie tendencji zmian w długich szeregach danych opadowych. Na podstawie średnich rocznych sum opadu atmosferycznego z obszaru KPN wykreślono 3 linie trendu (fig. 4). Trend średniej rocznej sumy opadów atmosferycznych oraz średniej sumy opadów dla półrocza letniego V–X ma cha-

rakter zniżkowy. Charakter wzrostowy obserwowany jest w przypadku średnich sum opadów atmosferycznych w półroczu zimowym XI–IV.

Brak danych uniemożliwia obecnie szerszą analizę zmian opadu dla pasów bagiennych, choć wyniki potwierdzają projekcje tego elementu klimatu dla obszaru Polski. Kundzewicz i Radziejewski (2002) w celu uzyskania najbardziej miarodajnego z rezultatów zalecają analizę 50-letniego szeregu danych. Uzyskanie najbardziej wiarygodnych danych pozwoli w pełni odpowiedzieć na pytanie, czy i jak przewidywane zmiany klimatu wpływają na retencję wód podziemnych oraz stworzą możliwość ograniczenia przyszłych, potencjalnych niedoborów wody.

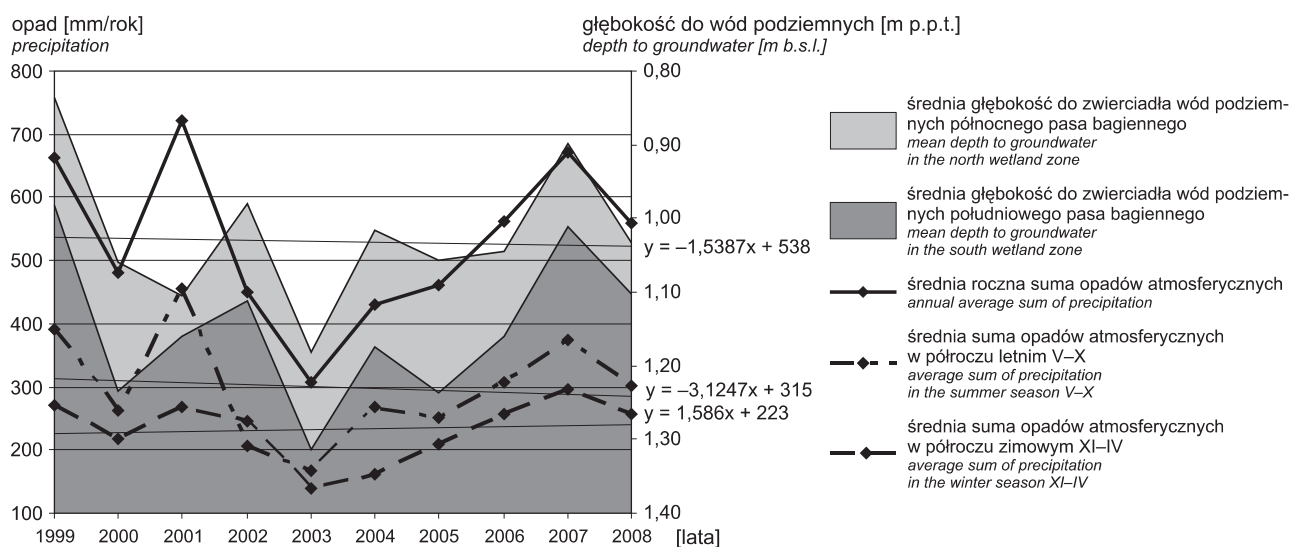


Fig. 4. Trendy zmian wysokości opadów na obszarze Kampinoskiego Parku Narodowego w latach 1999–2008 na tle zmian średnich głębokości do wód podziemnych na obszarach pasów bagiennych

Change in the trends of precipitation amount in the Kampinos National Park area in 1999–2008 in relation to the mean depth to groundwater in marsh zones

## PODSUMOWANIE

Monitoring wód podziemnych, prowadzony od 1998 r., na obszarze pasów bagiennych Kampinoskiego Parku Narodowego, jest podstawą do wnioskowań dotyczących trendu zmian stanów wód podziemnych oraz narzędziem służącym do oceny możliwości wystąpienia okresów niżówek hydrogeologicznych. Na podstawie 10-letniego okresu obserwacji wykazano, że trend zmian stanów ma charakter mozaikowy, wskazujący na wiele nakładających się przyczyn. Sezonowy zakres zmian stanów jest na tyle duży, że wskazuje na wrażliwość systemu i na znaczne ryzyko wystąpienia głębokich niżówek hydrogeologicznych, zwłaszcza przy niskich rocznych opadach atmosferycznych w stosunku do wielolecia. Analiza zmian stanów wód powierzchniowych i ich wpływ na zakres zmian stanów wód podziemnych wskazuje na zróżnicowaną dynamikę i zakres oddziaływania. Przeprowadzona analiza wskazuje na zasadność 10-letniego okresu referencyjnego do wnioskowania w zakresie zmian stanów wód podziemnych.

Konieczność długoterminowych obserwacji (ponad 50-letnich) uwidacznia się w zakresie prognozowania przewidywanych zmian klimatu. Analiza trendu zmian opadu atmosferycznego z dziesięciolecia, nie może być wystarczającym dowodem, iż zmiany te zachodzą na terenie KPN. Skutkuje to brakiem jednoznacznych przesłanek do wnioskowania o osuszaniu się obszarów bagiennych. Koniecznym dalszym etapem badań jest analiza stanów wód podziemnych na obszarach podmokłych i wilgotnych charakteryzujących się różnymi zbiorowiskami roślinnymi.

Badania zostały zrealizowane w ramach projektu badawczego *Opracowanie metod odtworzenia pierwotnych warunków wodnych Kampinoskiego Parku Narodowego w celu powstrzymania degradacji przyrodniczej i poprawienia stanu bioróżnorodności* oraz BW Wydziału Geologii UW.

## LITERATURA

- GUTRY-KORYCKA M. (red.), 1996 – Studia nad wpływem globalnych zmian klimatu na obieg wody w zlewni. Wyd. WGiSR, Warszawa.
- JAWORSKI J., 2004 – Parowanie w cyklu hydrologicznym zlewni rzecznych. Pol. Tow. Geof., Warszawa.
- KACZMAREK Z. (red.), 1994 – Wpływ globalnych procesów geofizycznych na zasoby wodne Polski. *Monogr. Komit. Gosp. Wod. Polski*, **12**, 33–54: 77–88.
- KUNDZEWICZ Z. W., RADZIEJEWSKI M., 2002 – Detekcja zmian klimatu i procesów hydrologicznych. Wyd. Sorus, Poznań.
- KONECKA-BETLEY K., 2003 – Gleby. *W: Przyroda Kampinoskiego Parku Narodowego* (red. R. Andrzejewski), t. 1: 97–134. Kampinoski Park Narodowy, Izabelin.
- KROGULEC E., 2004 – Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia w dolinie rzecznej na podstawie przesłanek hydrodynamicznych. Wyd. Uniw., Warszawa.
- KLOSS, M., 2006 – Wczoraj i dziś torfowiska Długie Bagno w Kampinoskim Parku Narodowym. *Parki Narodowe*, **4**: 14–16.

## SUMMARY

The Kampinos National Park includes some wetland areas of various degree of soil moisture. The groundwater monitoring system is based on manual (one measurement per fortnight, always at the same time of a day) and automatic (one measurement per hour) observations of groundwater level in 56 piezometers. It has been developed and managed since 1998. Groundwater levels are characterised by large dynamics of changes. Mean annual amplitude in observation wells ranges from 0.68 to 1.18 m. In the period of 1998 - 2008, there were spring inundations that involved part of the marsh hydrozone, and additionally the phenomenon persisted over 28-30 weeks (January-July and November-April) in the last two years. The nature of trends in groundwater level changes is bidirectional. More often it suggests groundwater level lowering, although in six

observation wells there is an increasing trend. Off-season phenomenon persistence low and high groundwater levels was observed in eight piezometers within marsh zones. Such a large seasonal range of groundwater changes indicates system vulnerability and huge risk of low groundwater flow occurring especially in the period when precipitation is lower than the long-standing average. A 10-year observation period shows that there are lot of reasons influencing the mosaic character of the range and trend of groundwater level changes in wetland areas. A need of long-term observations (over fifty years) is illustrated when foreseeing climate changes. The analysis of the precipitation change trend from a 10-year period could not be proof enough for the conclusion about climate changes in the KNP area. Therefore, there are no prerequisites to infer about draining of the marsh area.