

DYNAMIKA STANÓW WÓD PODZIEMNYCH W REJONIE ZLEWNI KANALEU OSTROWO–GOPŁO W LATACH 1961–1981

DYNAMIC OF THE HYDRAULIC HEADS IN THE YEARS 1961–1981 IN THE OSTROWO–GOPŁO CANAL

IZABELA JAMORSKA¹

Abstrakt. Praca powstała w celu określenia zależności dynamiki zwierciadła wód podziemnych od opadów atmosferycznych w zlewni kanału Ostrowo–Gopło. Materiałem wyjściowym były dane dotyczące stanów wód podziemnych i opadów atmosferycznych z lat 1961–1981, zamieszczone w Rocznikach Hydrogeologicznych Wód Podziemnych oraz Rocznikach Opadowych IMGW. Do analizy wahań zwierciadła wód podziemnych wytypowano dane z 6 posterunków obserwacyjnych wód podziemnych IMGW (Chełmce, Strzelno, Wronowy, Wandowo, Kościeszki, Tomisławie) oraz 6 posterunków opadowych (Piotrków Kujawski, Głębokie, Strzelno, Miradz, Rzeszyn i Wandowo). Ze skorelowania danych stanów wód podziemnych z opadami atmosferycznymi wynika, że największy wpływ na kształtowanie się zwierciadła wód mają opady zeszłoroczne. Zauważono również, że w ciągu roku, w większości badanych stacji, na dynamikę zwierciadła wód podziemnych największy wpływ mają opady z poprzedniego miesiąca.

Słowa kluczowe: wody podziemne, wahania zwierciadła wód podziemnych, opady.

Abstract. The aim of the project was to define relations between the dynamics of groundwater levels and rainfall in the system Ostrowo–Gopło Canal. The point of departure for this study was groundwater levels data and the sum of atmospheric rainfall in the years 1961–1981 published in Roczniki Hydrogeologiczne Wód Podziemnych and in Roczniki Opadowe. The analysis of the dynamics of water levels was carried out in six observation wells (Chełmce, Strzelno, Wronowy, Wandowo, Kościeszki, Tomisławie) and six precipitation stations (Piotrków Kujawski, Głębokie, Strzelno, Miradz, Rzeszyn i Wandowo). By correlating groundwater level and meteorological parameters (precipitations), it was discovered that the largest impact on groundwater table made last year's precipitation. Moreover, it has been observed that it is the rainfall occurring a month before the measurement of water levels that has significant influence on the dynamics of groundwater levels.

Key words: groundwater, groundwater level fluctuation, precipitation.

WSTĘP

Problem zmian położenia zwierciadła wód podziemnych na skutek zmian klimatycznych, głównie opadów atmosferycznych, podejmowało w swoich pracach wielu autorów.

W ciągu ostatnich kilkunastu lat badania w tym zakresie, dotyczące różnych obszarów Polski, opublikowali m.in.: Dąbrowski (1995), Tarka (1997), Buczyński (2005), Nowak

¹ Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geologii i Hydrogeologii, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń;
e-mail: izabela.jamorska@umk.pl

(2007), Przybyłek i Nowak (2011) oraz inni. Długoletnie okresy obserwacji prowadzone w punktach monitoringu IMGW i PIG-PIB pozwalają, przy wykorzystaniu podstawowych metod statystycznych, ocenić wpływ opadów, ich intensywności i sezonowości, na wahania zwierciadła wód podziemnych.

W artykule przedstawiono ocenę wpływu opadów atmosferycznych na kształtowanie się zwierciadła wód podziemnych zlewni kanału Ostrowo–Gopło z uwzględnieniem sąsiadujących terenów. Analizowany obszar jest położony na granicy dwóch mezoregionów – Pojezierza Gnieźnieńskiego i Pojezierza Kujawskiego. Według podziału geomorfologicznego Niziny Wielkopolskiej Krygowskiego (1961) omawiany obszar należy do Wysoczyzny Gnieźnieńskiej w obrębie subregionu Pagórki Mogileńskie. Obszar ten cha-

rakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem rzeźby terenu, która ukształtowała się podczas fazy poznańskiej zlodowacenia wisły. Większą część obszaru stanowi wysoczyzna morenowa płaska i lekko falista zbudowana głównie z gliny zwałowej. Cechą charakterystyczną obszaru jest obecność rynien subglacialnych, zajętych w dużej mierze przez jeziora i ciek. Wody pierwszego poziomu wodonośnego występują stosunkowo płytko, na głębokości od 3 do 10 m.

W pracy skoncentrowano się głównie na zasilaniu płytkich wód podziemnych w wyniku infiltracji opadów atmosferycznych. Odniesiono się także do rozpoczętych w latach 1962 i 1968 prac przygotowawczych (odwodnieniowych) w odkrywkach węgla brunatnego Kazimierz i Józwin oraz ich ewentualnego wpływu na stan wód podziemnych.

DANE I METODY BADAWCZE

Do analiz wykorzystano dane z okresu 1961–1981, pochodzące z Roczników Hydrologicznych Wód Podziemnych IMGW oraz informacje o opadach atmosferycznych zawarte w Rocznikach Opadowych. Przyjęcie lat granicznych wiązało się z ciągłością danych pomiarowych oraz z rozpoczęciem w latach 1962 i 1968 prac odwodnieniowych w odkrywkach węgla brunatnego kopalni Konin.

Dane dotyczące stanów wód podziemnych pochodzą z 6 stacji pomiarowych (tab. 1). Stacje pomiarowe Strzelno i Wronowo znajdują się na obszarze zlewni kanału Ostrowo–Gopło. Stacje Kościeszki i Chełmce są umiejscowione w sąsiedztwie jeziora Gopło. Najdalej na południe znajdują się stacje Wandowo i Tomisławice, które są położone w najbliższym sąsiedztwie odkrywek węgla brunatnego (fig. 1).

Sumy opadów atmosferycznych pochodzą z 6 posterunków opadowych (Piotrków Kujawski, Strzelno, Miradz, Wandowo, Wronowy, Piotrków Kujawski i Rzeszyn) położonych w najbliższym sąsiedztwie badanych studni. Trzy z wyżej wymienionych posterunków (Strzelno, Miradz, Wandowo) zawierają kompletne dane z okresu 1961–1981. Pozostałe posterunki mają czteroletnie braki w obserwacjach. W celu zestawienia i analizy danych wykorzystano podstawowe charakterystyki statystyczne – średnią arytmetyczną, linię trendu, a także współczynnik korelacji i wskaźnik unormowania.

Analizy przeprowadzono w dwóch etapach. Pierwszy dotyczył osobnych analiz dla stanu wód podziemnych i wysokości opadów na poszczególnych posterunkach. W drugim etapie oceniono wzajemne zależności.

Tabela 1

Charakterystyka studni pomiarowych

Profile of observation wells

Posterunek wód podziemnych	Wysokość [m n.p.m.]	Szerokość geograficzna	Długość geograficzna	Położenie geomorfologiczne	Litologia	Głębokość [m]
Wandowo	103,34	52°26'N	18°18'E	wysoczyzna morenowa	gliny zwałowe	13,16
Strzelno	107,89	52°38'N	18°11'E	lokalny dział wodny między Notecią a Notecią Zachodnią	gliny zwałowe	–
Wronowy	107,41	52°35'N	18°14'E	wysoczyzna morenowa	gliny zwałowe	10,20
Chełmce	91,63	52°38'N	18°28'E	wysoczyzna morenowa	piaski i żwiry wodnolodowcowe	5,44
Kościeszki	89,16	52°34'N	18°19'E	stok wysoczyzny lodowcowej	gliny zwałowe	6,65
Tomisławice	104,81	52°29'N	18°30'E	wysoczyzna morenowa	gliny zwałowe	–

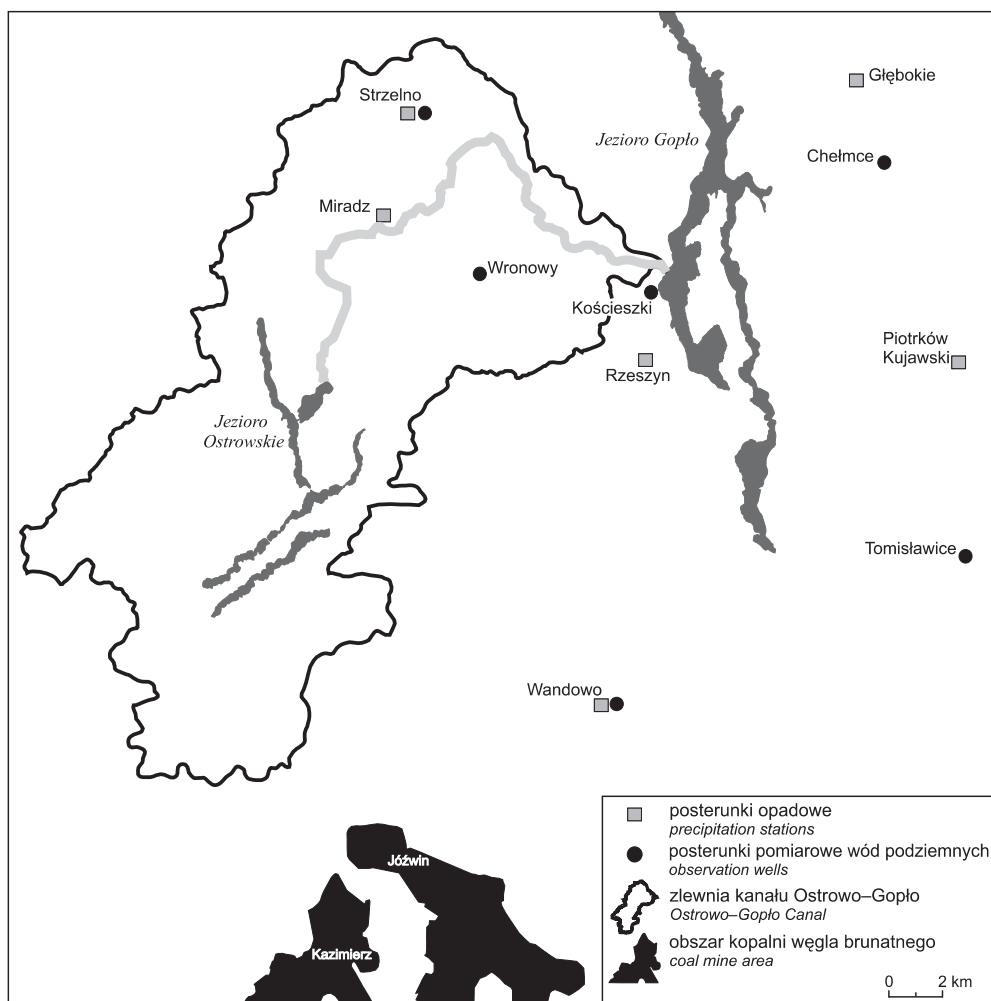


Fig. 1. Lokalizacja posterunków obserwacyjnych IMGW uwzględnionych w pracy

Locations of IMGW observation stations considered in the paper

CHARAKTERYSTYKA OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH

Opady atmosferyczne w latach 1961–1981 charakteryzowały się ogólnym trendem rosnącym (fig. 2, 3). Wyjątek stanowił posterunek Wandowo, na którym zaobserwowano spadek rocznych sum opadów atmosferycznych, a więc trend malejący (fig. 4).

Średnie wielkości opadu atmosferycznego z wielolecia zestawiono dla trzech posterunków z pełnymi danymi pomiarowymi. Wynoszą one: 577 mm – posterunek Strzelno, 495 mm – posterunek Wandowo oraz 591 mm – posterunek Miradz. Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że najniższą roczną sumą opadów charakteryzował się 1969 rok, natomiast lata 1974 i 1980 były latami wilgotnymi, co odnotowano na większości z badanych posterunków. W celu bardziej szczegółowej analizy badanego 20-letnia pod względem uwilgotnienia posłużono się kryterium Kaczorowskiej (1962). Na podstawie tego kryterium, obliczając procentowy udział rocznej sumy opadów z poszczególnych lat do średniej sumy z wielolecia można wyróżnić następujące charakterystyczne okresy: rok przeciętny (suma opa-

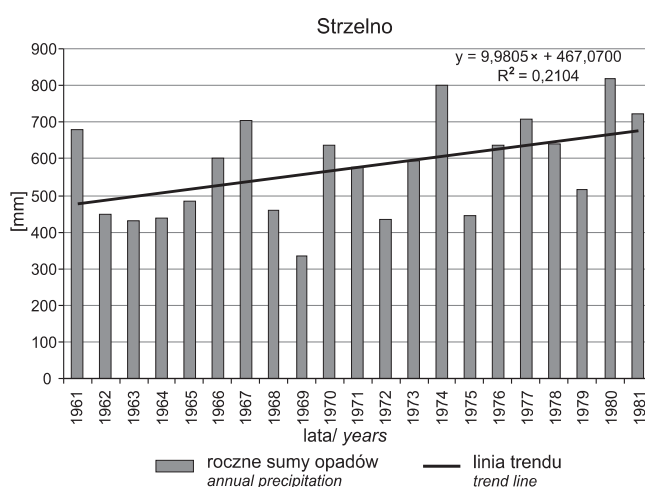


Fig. 2. Roczne sumy opadów wraz z linią trendu – posterunek Strzelno

Annual precipitation with a trend line for the Strzelno station

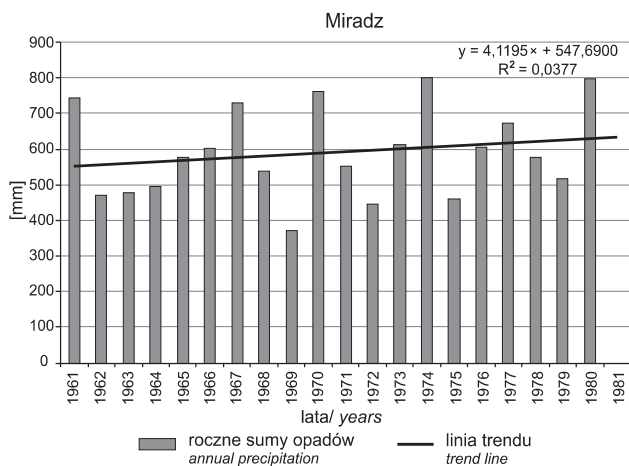


Fig. 3. Roczne sumy opadów wraz z linią trendu – posterunek Miradz

Annual precipitation with a trend line for the Miradz station

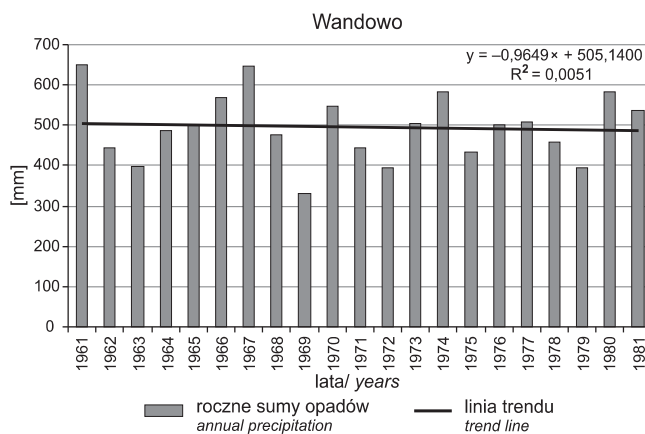


Fig. 4. Roczne sumy opadów wraz z linią trendu – posterunek Wandowo

Annual precipitation with a trend line for the Wandowo station

Tabela 2

Procentowy udział opadów z poszczególnych lat w odniesieniu do średniej sumy z wielolecia 1961–1981

Percentage of precipitation in a year in relation to mean annual value of the period 1961–1981

Rok	Strzelno		Miradz		Wandowo	
	[%]	Charakterystyka	[%]	Charakterystyka	[%]	Charakterystyka
1961	118	wilgotny	126	bardzo wilgotny	131	bardzo wilgotny
1962	78	suchy	80	suchy	90	przeciętny
1963	75	suchy	81	suchy	80	suchy
1964	76	suchy	84	suchy	98	przeciętny
1965	84	suchy	98	przeciętny	101	przeciętny
1966	104	przeciętny	102	przeciętny	115	wilgotny
1967	122	wilgotny	124	wilgotny	130	bardzo wilgotny
1968	80	suchy	91	przeciętny	96	przeciętny
1969	58	bardzo suchy	63	bardzo suchy	67	bardzo suchy
1970	110	przeciętny	129	bardzo wilgotny	111	wilgotny
1971	100	przeciętny	94	przeciętny	90	przeciętny
1972	75	suchy	75	suchy	80	suchy
1973	103	przeciętny	103	przeciętny	102	przeciętny
1974	139	bardzo wilgotny	136	bardzo wilgotny	118	wilgotny
1975	77	suchy	78	suchy	87	suchy
1976	110	przeciętny	103	przeciętny	101	przeciętny
1977	123	wilgotny	114	wilgotny	103	przeciętny
1978	111	wilgotny	98	przeciętny	92	przeciętny
1979	89	suchy	87	suchy	80	suchy
1980	142	bardzo wilgotny	135	bardzo wilgotny	118	wilgotny
1981	126	bardzo wilgotny			108	przeciętny

dów wynosi 90–110% opadu normalnego), rok suchy (75–89%), rok bardzo suchy (50–74%), rok skrajnie suchy (poniżej 50%), rok wilgotny (111–125%), rok bardzo wilgotny (126–150%) i rok skrajnie wilgotny (powyżej 150%). Na podstawie kryterium wysokości opadów stwierdzono, że lata 60. były uboższe w opady niż lata

70. i początek lat 80. Przez całe lata 60., we wszystkich 6 posterunkach opadowych, lata wilgotne odnotowano tylko w 1961 i 1967 r. Pozostałe lata były latami suchymi lub przeciętnymi. Lata 70. i początek 80. to według zastosowanego kryterium głównie lata wilgotne lub bardzo wilgotne (tab. 2).

WAHANIA STANÓW WÓD PODZIEMNYCH

Z analizy średnich miesięcznych stanów wód podziemnych wynika, że położenie zwierciadła wód w poszczególnych latach, we wszystkich stacjach pomiarowych ma podobny charakter (fig. 5).

Wyjątek stanowi posterunek Chełmce, gdzie zwierciadło wody na przestrzeni 16 lat (od 1965 do 1981 r.) utrzymuje się na bardzo zbliżonej głębokości, średnio 299 cm. Minimalna wartość średnich miesięcznych stanów zwierciadła wód, wyrażonych głębokością, dla tego posterunku wynosi 277 cm, a maksymalna 331 cm. Największe obniżenia zwierciadła wód podziemnych w analizowanym okresie występowały w 1962 (Chełmce), 1963 (Wronowy i Miradz), 1965 (Strzelno), 1973 (Wandowo) i w 1980 roku (Tomisławice). W celu wykonania aktualnej oceny położenia zwierciadła wód podziemnych na tle warunków naturalnych posłużono się współczynnikiem unormowania (Hołownia, Wierzbicka, 1996). Współczynnik unormowania przyjmuje postać:

$$k = 1 - \frac{hi}{SSW}$$

gdzie: hi – aktualny (dla danego roku) stan zwierciadła wód podziemnych,
 SSW – średni z wielolecia stan zwierciadła wód podziemnych.

Według powyższego wzoru, jeśli stan aktualny jest niższy niż stan średni z wielolecia – przyjęty za poziom odniesienia, współczynnik k ma wartość ujemną, jeśli jest wyższy k przyjmuje wartość dodatnią. Współczynnik unormowania pozwala

oszacować czy dany rok był bardziej suchy niż normalnie, czy bardziej wilgotny.

Według współczynnika unormowania (tab. 3), w 4 z 6 posterunków, 10 lat z okresu 1961–1981 było bardziej suchych w odniesieniu do średniego stanu z wielolecia. Za lata bardzo suche (ujemny współczynnik unormowania w 5 stacjach) można uznać następujące okresy: 1963–1966, 1969–1970 oraz 1972–1973. Wartości dodatnie na wszystkich 6 stacjach pomiarowych, a w związku z tym lata bardziej wilgotne wg współczynnika unormowania występowały w następujących latach: 1961, 1962, 1967, 1968, 1975, 1977, 1980 i 1981. Na posterunku Wandowo, przez całe lata 70. wartość współczynnika była ujemna.

Tabela 3

Współczynnik unormowania (k)
 Normalization coefficient (k)

Rok	Tomisławice	Chełmce	Strzelno	Wronowy	Wandowo	Kościeszki
1961	0,27		0,49	0,23	0,18	0,35
1962	0,07	0,15	0,34	0,02	0,21	0,27
1963	-0,49	-0,05	-0,24	-0,67	0,02	-0,33
1964	-0,56	-0,88	-0,71	-0,55	-0,12	-0,87
1965	-0,27	0,08	-0,96	-0,32	0,02	-0,36
1966	-0,06	0,09	-0,07	-0,12	0,13	-0,02
1967	0,17	0,11	0,17	0,30	0,18	0,34
1968	0,13	0,12	0,21	0,10	0,16	0,30
1969	-0,12	0,02	-0,36	-0,63	-0,11	-0,16
1970	-0,50	0,03	-0,58	-0,29	-0,08	-0,28
1971	0,07	0,01	-0,11	0,04	-0,01	0,20
1972	-0,07	0,01	-0,18	-0,50	-0,17	-0,17
1973	-0,12	0,01	-0,25	0,09	-0,23	-0,15
1974	-0,07	0,04	0,00	0,22	-0,18	0,10
1975	0,10	0,04	0,41	0,33	0,02	0,20
1976	-0,36	0,02	-0,01	0,17	-0,11	-0,21
1977	0,35	0,07	0,52	0,45	0,03	0,32
1978	0,32	0,04	0,28	0,25	-0,04	0,11
1979	0,19	0,03	0,27	0,25	-0,01	0,09
1980	0,47	0,04	0,32	0,27	0,02	0,03
1981	0,46	0,03	0,47	0,35	0,11	0,24

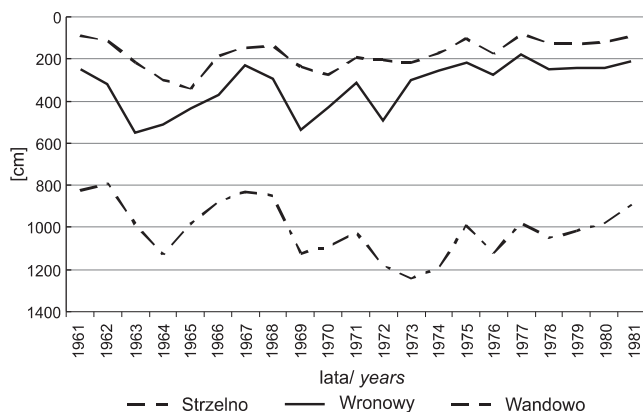


Fig. 5. Stany wód podziemnych w obserwowanych studniach

Groundwater level fluctuations in observation wells

ZALEŻNOŚCI MIĘDZY OPADEM ATMOSFERYCZNYM A STANEM ZWIERCIADŁA WÓD PODZIEMNYCH

Analizując wykres zależności średnich rocznych stanów wód podziemnych od rocznych sum opadów atmosferycznych można zauważyć pewną zbieżność pomiędzy tymi elementami (fig. 6–8). W trzech posterunkach dysponujących pełną serią pomiarów zaobserwowano, że wraz ze wzrostem rocznych sum opadów wzrasta stan zwierciadła wód podziemnych, zmniejszanie się opadów powoduje obniżenie zwierciadła wód podziemnych.

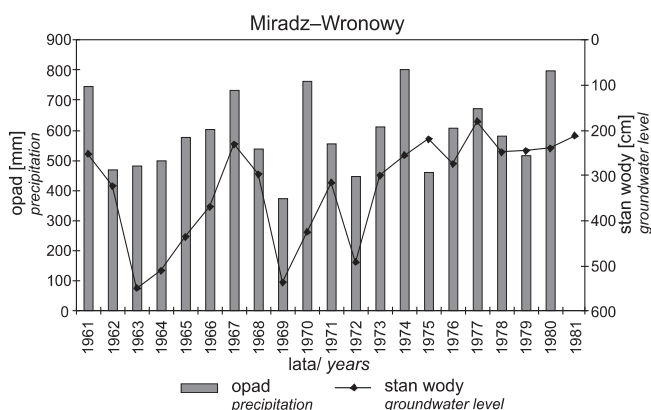


Fig. 6. Średnie roczne stany wód podziemnych na tle rocznych sum opadów – posterunek Miradz–Wronowy

Average annual groundwater levels in the connection with annual precipitation for the Miradz–Wronowy station

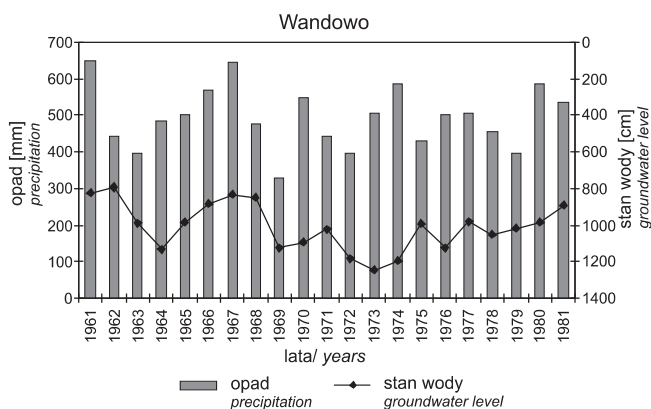


Fig. 7. Średnie roczne stany wód podziemnych na tle rocznych sum opadów – posterunek Wandowo

Average annual groundwater levels in the connection with annual precipitation for the Wandowo station

Zależność tą zaobserwowano dla lat 1964–1970 na wszystkich trzech badanych posterunkach, natomiast wyjątki stanowiły lata 1977–1980 na posterunku Strzelno, 1970–1971 i 1974–1976 na posterunku Miradz–Wronowy oraz 1971–1977 na posterunku Wandowo. Widoczna jest tu zależność pomiędzy sumą opadów z danego roku a stanem zwierciadła wody w roku następnym.

Końcowy etap analiz dotyczył obliczenia współczynnika korelacji między średnimi rocznymi stanami wód a rocznymi sumami opadów. Współczynniki korelacji dla każdego z trzech posterunków wykazują korelacje dodatnią. Oznacza to, że wzrost rocznej sumy opadów powoduje podnoszenie stanu zwierciadła wód podziemnych. Najsilniejszą korelację ($r = 0,5$) uzyskano na stacji Miradz–Wronowy. W przypadku posterunków Wandowo i Strzelno silniejszą korelację dodatnią otrzymano dla sumy opadów danego roku do średnich stanów zwierciadła roku następnego. Współczynnik korelacji dla posterunku Strzelno i Wandowo przyjmują w tym przypadku wartości odpowiednio $r = 0,8$ i $r = 0,7$.

Z wykonanej korelacji pomiędzy średnimi miesięcznymi stanami wód podziemnych a miesięcznymi sumami opadów, wynika, że w większości przypadków, szczególnie na posterunku Wandowo, współczynnik korelacji jest wyższy dla opadu danego miesiąca i stanów zwierciadła wód kolejnego miesiąca.

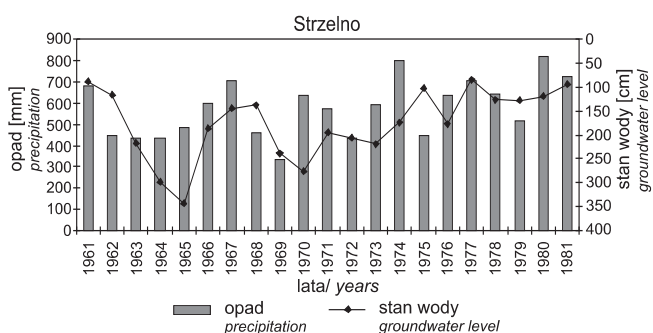


Fig. 8. Średnie roczne stany wód podziemnych na tle rocznych sum opadów – posterunek Strzelno

Average annual groundwater levels in the connection with annual precipitation for the Strzelno station

DYSKUSJA I WNIOSKI

Wyniki analiz statystycznych przeprowadzonych dla 6 posterunków położonych w rejonie zlewni kanału Ostrowo–Gopło i w jej sąsiedztwie wykazały wpływ opadów atmosferycznych na położenie zwierciadła wód podziemnych. Dla większości posterunków stwierdzono, że na wysokość zwierciadła wód podziemnych, większy wpływ wywierały opady roku poprzedniego, mniejszy – roku bieżącego. W opracowaniu nie uwzględniono temperatury powietrza. Czynnikiem ten wymaga analizy, gdyż może być przyczyną obniżania się zwierciadła wody w okresie letnim ze względu na proces parowania. Rozpoczęte w latach 1962 i 1968 prace odwodnieniowe w odkrywkach Józwin i Kazimierz mogły wpływać na obniżenie stanu zwierciadła wody podziemnej

tylko na posterunku Wandowo, położonym najbliżej odkrywek. Średnia wieloletnia głębokość zwierciadła wody jest tu o 890 cm niższa niż średnia głębokość zanotowana w stacji Tomisławice. Przeprowadzona analiza danych historycznych może stanowić układ odniesienia dla współcześnie prowadzonych działań antropogenicznych. Po 1980 roku uruchomiono kolejne odkrywki KWB Konin. Od 2009 roku jest odwadniana odkrywka Tomisławice oraz jest planowana odkrywka Ościsłowo. Odkrywki te są położone najbliżej obszaru badań (zlewnia kanału Ostrowo–Gopło), a powstały lej depresji prawdopodobnie wpłynie na dynamikę wód podziemnych (Fiszer, Derkowska-Sitarz, 2010).

LITERATURA

- BUCZYŃSKI S., STAŚKO S., TARKA R., 2005 — Dynamika stanów wód podziemnych na przedpolu Sudetów na przykładzie stacji w Zebrzydowie. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, **12**: 71–76. UMK, Toruń.
- DĄBROWSKI S., 1995 — Wielkoobszarowe obniżenia powierzchni piezometrycznych wód podziemnych w regionie wielkopolskim. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, **7**, 1: 101–108. Wyd. Profil, Kraków.
- FISZER J., DERKOWSKA-SITARZ M., 2010 — Prognoza rozwoju leja depresji i dopływów do kopalni węgla brunatnego Konin z uwzględnieniem projektowanych odkrywek Tomisławice i Ościsłowo. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **442**: 37–42.
- HOŁOWNIA B., WIERZBICKA B., 1996 — Wskaźnik oceny sytuacji hydrologicznej wód gruntowych. *Wiadomości IMGW*, **19**, 40, 1.
- KACZOROWSKA Z., 1962 — Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Pr. Geogr.*, **33**.
- KRYGOWSKI B., 1961 — Geografia fizyczna Niziny Wielkopolskiej. Cz. 1. Geomorfologia. PWN, Poznań.
- NOWAK A., 2007 — Wpływ opadów atmosferycznych i temperatury powietrza na wahania stanów wód gruntowych w profilu Buk–Skórczewo–Poznań–Szczepankowo w latach 1961–1983. *Geogr. Fiz.*, **58**: 159–168.
- PRZYBYŁEK J., NOWAK B., 2011 — Wpływ niżówek hydrogeologicznych i odwodnień górniczych na systemy wodonośne Pojezierza Gnieźnieńskiego. *Współczesne Problemy Hydrogeologii. Biul. Państw. Inst. Geol.*, **445**: 513–528.
- ROCZNIKI Hydrologiczne Wód Podziemnych. Wyd. IMGW, Warszawa.
- ROCZNIKI Opadowe. Wyd. IMGW, Warszawa.
- TARKA R., 1997 — Zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych na wybranych przykładach z obszaru Sudetów i na ich przedpolu na tle warunków opadowych. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, **8**: 393–396. WIND, Wrocław.

SUMMARY

This study presents the analysis of the results of the influence of precipitation on fluctuation of the level of groundwater between 1961–1981. The selection of this period was determined by the availability of materials published by the Institute of Meteorology and Water Management (IMGW). The analysis of the dynamics of water levels was carried out in six precipitation stations: Wandowo, Strzelno, Wronowy, Chełmce, Kościeszki and Tomisławice. The meteorological data was obtained from the six stations, which were chosen as representative and are situated near groundwater stations.

On the basis of the analysis of variability of groundwater level and distribution of precipitation some dependencies

between the aforementioned hydroclimatological elements can be affirmed. On the basis of the variability of average annual level of the groundwater table and annual precipitation, the relationship between both elements has been discovered – increasing precipitation results in rising of the groundwater table.

Usually the correlation coefficient takes the highest value for precipitation in the reveal month and groundwater table in the following one, which could provide the evidence for a one-month delay.

