

**ANTONI T. MILER, ANDRZEJ CZERNIAK, SYLWESTER GRAJEWSKI, BERNARD OKOŃSKI**

## Zmiany poziomu płytkich wód gruntowych w głównych siedliskach Puszczy Zielonka

Changes of the shallow ground water level in the main habitats in the Zielonka Forest

### ABSTRACT

Miler A. T., Czerniak A., Grajewski S., Okoński B. 2015. Zmiany poziomu płytkich wód gruntowych w głównych siedliskach Puszczy Zielonka. Sylwan 159 (5): 435-440.

The study demonstrates trends of ground water level changes in main forest habitats in the Zielonka Forest (western Poland) in period 1970-2009. The soils in this area are formed by sands with a low clay content, overlying loose sands with admixture of gravel and slightly sandy clay. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is the dominant tree species. The predominant forest site types are: fresh mixed coniferous forest, fresh mixed forest, fresh broadleaved forest and alder swamp forest. The trend in the period of 1970-2009 is not significant at  $\alpha=0.05$  for annual precipitation in the Zielonka Forest, while for average annual temperature it is significant and amounts to about  $+0.05^{\circ}\text{C}/\text{year}$ . Primary research material were: the ordered results of the measurements of ground water level in Potasze forestry from 1970 to 2009 (14 wells) and the ordered results of the measurements of ground water level throughout the Zielonka Forest from 2001 to 2009 (132 wells). Decreasing time trends of ground water level in the investigated habitats in 40 year period are significant at  $\alpha=0.05$ . The greatest annual fluctuations in ground water level were observed in alder/ash swamp forest site types, where shallow ground water level was the highest. Average ground water level in the Zielonka Forest throughout the study period decreased by about 50 cm, but in fresh mixed forest it was 49 cm, in fresh mixed coniferous forest – 57 cm, in fresh broadleaved forest – 87 cm and alder carr – 31 cm. Ground water decrease in the Zielonka Forest can be associated with intensified impact of the climate changes. Variability of the ground water level is mainly determined by the depth of their deposition.

### KEY WORDS

groundwater dynamics, the Zielonka Forest

### ADDRESSES

Antoni T. Miler – e-mail: amiler@up.poznan.pl  
 Andrzej Czerniak – e-mail: aczerni@up.poznan.pl  
 Sylwester Grajewski – e-mail: sylgraj@up.poznan.pl  
 Bernard Okoński – e-mail: okonski@up.poznan.pl

Katedra Inżynierii Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Mazowiecka 41, 60-623 Poznań

### Wstęp

Aktualne stosunki wodne oraz ich zmienność czasową i przestrzenną ocenia się zazwyczaj na podstawie stanów wód gruntowych [Miler 2013]. Pomiary stanów wód gruntowych dla celów

naukowych wykonywane są praktycznie od początków hydrologii we współczesnym pojęciu, tj. od 2. połowy XIX wieku (w 1862 roku amerykański inżynier Nathaniel Beardmore opublikował pierwszy podręcznik hydrologii) [Biswas 1978]. Pomiary i obserwacje hydrologiczne w zlewniach leśnych standardowo obejmują opady atmosferyczne, przepływy wody w ciekach oraz poziomy wód gruntowych. Metodyka pomiarów stanów wód gruntowych opisana została m.in. w podręcznikach K. Dębskiego i J. Lambora wydanych na początku lat 70. ubiegłego wieku. Na świecie badania nad wpływem lasu na odpływ zapoczątkowane zostały na przełomie XIX i XX wieku. Większe badania z tego zakresu podjął w Polsce Instytut Badawczy Leśnictwa pod koniec lat 50. ubiegłego wieku [Białkiewicz i in. 1993]. W literaturze przedmiotu stosunkowo rzadko można znaleźć dane odnoszące się do wieloletnich badań stanów wód gruntowych, w szczególności w zlewniach leśnych [Pierzgałski i in. 2002; Tyska 2008].

Zmienność krótkoterminowa stanów wód gruntowych wynika ze zmienności warunków pogodowych, natomiast długoterminowa głównie ze zmian klimatu [Eckhardt, Ulbrich 2003; Climate... 2007]. Niekiedy może ona także wiązać się z antropopresją, a w lasach jedną z przyczyn może być przebudowa drzewostanów [Smerdon i in. 2009].

Celem niniejszej pracy jest ocena trendów zmian płytkich wód gruntowych (wód pierwszego poziomu wodonośnego) w głównych siedliskach w Puszczy Zielonka w ostatnich czterech dekadach.

## Material i metody

Puszcza Zielonka to zwarty obszar leśny (około 15 tys. ha) położony około 6 km na północny wschód od granic miasta Poznania. Według regionalizacji przyrodniczo-leśnej obszar ten znajduje się w obrębie III Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej, 7 Dzielnicy Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej, mezoregionie 7b Pojezierza Wielkopolskiego [Trampler i in. 1990]. Pod względem klimatycznym obszar Puszczy należy do Regionu Środkowowielkopolskiego [Woś 1994]. Krajobraz naturalny ukształtowany został w wyniku działania ostatniego okresu lodowcowego, tj. poznańskiego stadiału zlodowacenia bałtyckiego. Na pokrywę glebową na terenie Puszczy składają się: gleby rdzawe (54%), brunatne (34%), gleby płowe (3%), bielcowe (3%), torfowe (3%) i inne (3%). Głównym gatunkiem lasotwórczym jest sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. (72%), oprócz niej występują: dąb szypułkowy *Quercus robur* L. i dąb bezszypułkowy *Q. petraea* (Matt.) Liebl. (razem 15%), brzoza brodawkowata *Betula pendula* Roth. (4%), olsza czarna *Alnus glutinosa* Gaertn. (3%), modrzew *Larix* ssp. (2%), świerk pospolity *Picea abies* (L.) Karst. (1%), buk zwyczajny *Fagus sylvatica* L. (1%) oraz inne gatunki (2%). Najliczniej występującym typem siedliskowym lasu jest las mieszany świeży (LMśw) – 58%, pozostałe to: bór mieszany świeży (BMśw) – 25%, las świeży (Lśw) – 10%, ols typowy (Ol) i jesionowy (OIJ) – 4% oraz inne – 3%.

Material badawczy stanowiły wyniki pomiarów stanów wód gruntowych w leśnictwie Potasze w latach 1970-1972 (14 studzienek) [Rapacki 1974] oraz wyniki pomiarów w całej Puszczy Zielonka w latach 2001-2009 (132 studzienki) [Okoński i in. 2010; Grajewski i in. 2013]. W drugim okresie badawczym pomiary prowadzone były zarówno w nowych studzienkach, jak i odbudowanych studzienkach Rapackiego. Z uwagi na zestawienie wyników pomiarów stanów wód gruntowych w latach 1970-1972 zarówno w odniesieniu do głębokości poniżej powierzchni terenu (cm p.p.t.), jak i położenia n.p.m. było możliwe ich nawiązanie do wyników z lat 2001-2009.

Warunki meteorologiczne można oceniać według stacji Zielonka, położonej w środkowej części Puszczy Zielonka [Okoński, Miler 2012]. Lata 1970-2009 oceniano według propozycji Kaczorowskiej [1962].

Trendy czasowe i zmienności opracowano w sposób standardowy, wykorzystując metodę najmniejszych kwadratów (trendy czasowe) i testy parametryczne (test t-Studenta – wartości średnie, test F Snedecora – wariancje). We wszystkich obliczeniach statystycznych przyjęto poziom istot-

ności  $\alpha=0,05$ . Trendy zmian stanów wód gruntowych opracowano na bazie bezpośrednich pomiarów oraz wartości z uzupełnionych serii. Brakujące dane uzupełniono, bazując na związkach regresyjnych dla wartości średnich rocznych i oszacowano je wykorzystując dane z posterunku Poznań-Szczepankowo [Rapacki 2002].

Dla charakterystyki warunków termiczno-pluwialnych w analizowanych latach użyto średniego, z obliczanych miesięcznych (IV-X), współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa  $k$  [Molga 1986; Rozporządzenie... 2006]:

$$k = \frac{10 \cdot P}{\sum t_i} \quad [1]$$

gdzie:

$P$  – suma opadów [mm],

$t_i$  – średnia dobowa temperatura powietrza [°C].

Roczny przebieg stanów wód gruntowych  $x(i)$  opisano funkcją:

$$x(i) = x_{sr} + \frac{x_{max} - x_{min}}{2} \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \Pi}{T} \cdot i + \varphi\right) \quad [2]$$

gdzie:

$x_{sr}$ ,  $x_{min}$ ,  $x_{max}$  – wartości średnia, minimalna i maksymalna stanów wód gruntowych,

$T$  – okres roczny ( $T=52$  dla tygodniowych wartości stanów wód gruntowych),

$\varphi$  – faza.

Estymację parametru  $\varphi$  wykonano przy użyciu pakietu CurveExpert 1.3. Na podstawie porównania wartości  $\varphi$  otrzymanych dla rocznego przebiegu stanów wód gruntowych w badanych siedliskach oceniono dylatacje czasowe pomiędzy wahaniami tych stanów. W celu wygładzenia przebiegów czasowych średnich rocznych stanów wód gruntowych zastosowano średnią konsekwentną 11-letnią:

$$x_{i, sr, 11} = \frac{\sum_{j=-5}^5 x_{i-j}}{11} \quad [3]$$

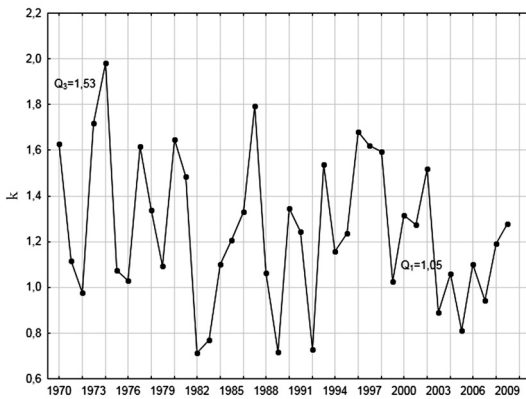
gdzie:

$x_j$  – wartości szeregu czasowego.

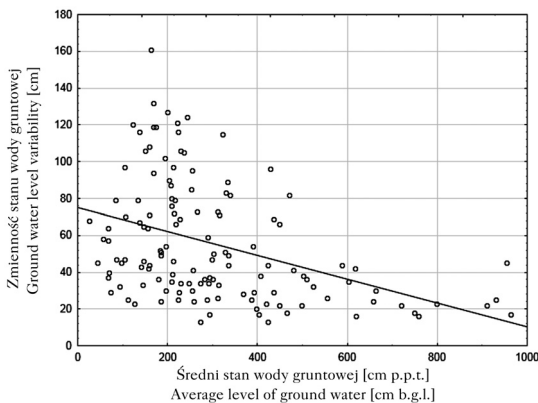
## Wyniki

Warunki meteorologiczne w czterdziestolecu (1970-2009) były dość przeciętne. Występowało 10 lat suchych, 16 przeciętnych i 14 mokrych oraz 4 lata zimne, 27 przeciętnych i 9 ciepłych. Trend czasowy rocznej sumy opadów atmosferycznych jest nieistotny statystycznie. Natomiast trend czasowy średniej rocznej temperatury powietrza jest istotny statystycznie i wynosi około 0,05°C/rok. Uśrednione roczne wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa nie wykazywały zasadniczych tendencji zmian (ryc. 1). Zmienność stanów wód gruntowych jest odwrotnie proporcjonalna do głębokości ich zalegania (współczynnik korelacji liniowej wynosi -0,399 i jest istotny statystycznie) (ryc. 2).

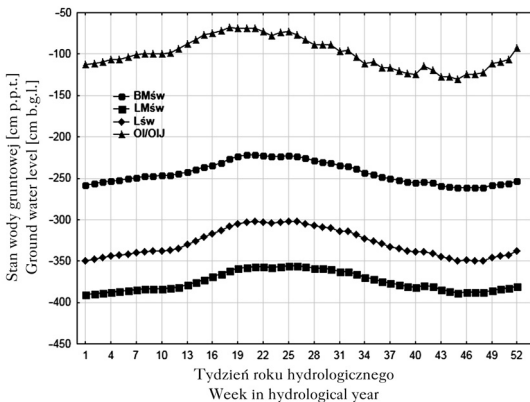
Na rycinie 3 przedstawiono uśredniony roczny przebieg stanów wód gruntowych dla podstawowych siedlisk leśnych Puszczy Zielonka. Wartości  $\varphi$  obliczone ze wzoru [2] dla BMśw, LMśw i Lśw są podobne i wynoszą odpowiednio: -9,591, -12,257 i -11,131 tygodnia. Natomiast dla Ol/OlJ wartość ta wynosi -6,424 tygodnia. Uwidacznia się zatem około 4,5-tygodniowe przesunięcie fazowe między przebiegiem stanów wód gruntowych w olsach w stosunku do pozostałych siedlisk. Dla wszystkich siedlisk zaznacza się statystycznie istotny ujemny trend średnich rocznych stanów wód gruntowych w wielolecu 1970-2009 (ryc. 4).



**Ryc. 1.**  
Średni roczny współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa  
Mean annual Sielianinow's hydrothermal coefficient



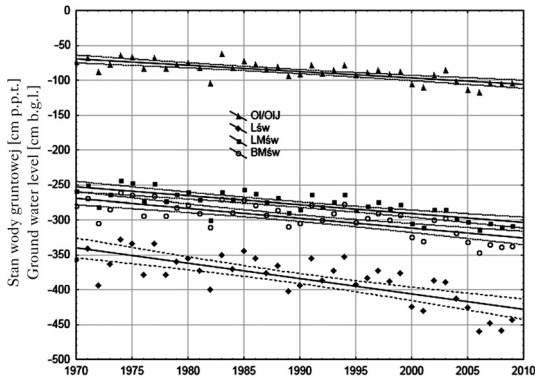
**Ryc. 2.**  
Zmienność stanu wody gruntowej w zależności od położenia p.p.t.  
Ground water variability with regard to its location below ground



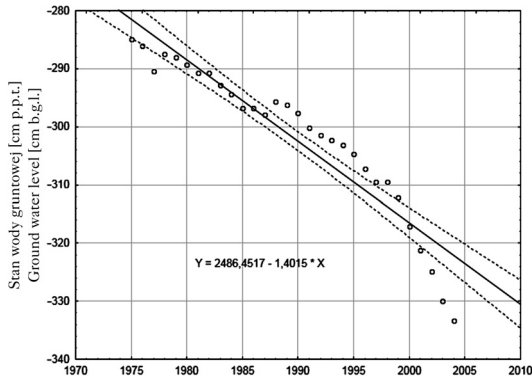
**Ryc. 3.**  
Stan wody gruntowej na siedliskach leśnych  
Ground water level in forest habitat types

BMśw – fresh mixed coniferous forest, LMśw – fresh mixed forest, Lśw – fresh broadleaved forest, OI/OIJ – alder/ash swamp forest

Średnia ważona (z wagami powierzchniowego udziału siedlisk) zmiana stanów wód gruntowych w badanym wieloleciu wynosi  $-54$  cm. Dla LMśw, BMśw, Lśw i OI/OIJ zmiany te wynoszą odpowiednio:  $-49$ ,  $-57$ ,  $-87$  i  $-31$  cm. Względna zmiana stanów wód gruntowych (w stosunku do wartości średniej) jest największa dla OI/OIJ: 36%, a dla pozostałych siedlisk jest o blisko połowę mniejsza: Lśw 23%, BMśw 19% i LMśw 18%. Stany wód gruntowych w Puszczy Zielonka w ostatnim 40-leciu obniżały się średnio o około 14 cm na 10 lat, natomiast w ostatnim 10-leciu ta tendencja wyraźnie narasta (ryc. 5).



Ryc. 4.  
Średni roczny stan wody gruntowej na siedliskach leśnych  
Annual mean ground water level in forest habitat types



Ryc. 5.  
Średnia konsekutywna stanu wody gruntowej w Puszczy Zielonka  
Smoothed mean ground water level in the Zielonka Forest

## Podsumowanie

Poziom wód gruntowych w Puszczy Zielonka w okresie 1970-2009 średnio spadł o około 50 cm, przy czym dla lasu mieszanego świeżego (LMśw), boru mieszanego świeżego (BMśw), lasu świeżego (Lśw) oraz olsu i olsu jesionowego (OI/OIj) spadki te wynosiły odpowiednio około: 50, 60, 90 i 30 cm. Największe względne spadki poziomów wód gruntowych odnotowano na siedliskach olsowych – blisko 40%, zdecydowanie mniejsze na siedliskach borowych i lasowych – około 20%. Obniżenie poziomu wód gruntowych w Puszczy Zielonka można zatem wiązać z nasilającymi się niekorzystnymi zmianami klimatycznymi (dodatni trend temperatury powietrza implikuje zwiększoną ewapotranspirację) oraz antropopresją (budownictwo mieszkalne i rekreacyjne oraz zakłady produkcyjne, przetwórcze itp. w Puszczy Zielonka i jej otulinie). Druga przyczyna nie była analizowana w niniejszej pracy, więc jest to jedynie przypuszczenie. Zmienność poziomu wód gruntowych zdeterminowana jest głównie przez głębokość ich zalegania. Cechy drzewostanów wydają się mieć jedynie wpływ modyfikujący na dynamikę zmian poziomów wód gruntowych.

## Literatura

- Białkiewicz F., Ciepeliowski A., Stolarek A., Tyszka J., Wiślińska B. 1993. Leśne zlewnie badawcze. Prace IBL B 16.
- Biswas A. K. 1978. Historia hydrologii. PWN, Warszawa.
- Climate Change. 2007. Synthesis Report. An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Eckhardt K., Ulbrich U. 2003. Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range. *Journal of Hydrology* 284 (1-4): 244-252.

- Grajewski S., Miler A. T., Krysztofiak-Kaniewska A. 2013. Zmiany stanów wód gruntowych w Puszczy Zielonka w okresie 1970-2009. *Rocznik Ochrony Środowiska* 15: 1594-1611.
- Kaczorowska Z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Przegląd Geograficzny* 33.
- Miler A. T. 2013. Kompleksowa metodyka oceny stosunków wodnych w lasach. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
- Molga M. 1986. *Meteorologia rolnicza*. PWRiL, Warszawa.
- Okoński B., Grajewski S., Miler A. T. 2010. Zmienność stanów wód gruntowych w różnych siedliskach leśnych Puszczy Zielonka. W: Graf R., Marciniak M. [red.]. *Zasoby, zagrożenia i ochrona wód podziemnych. Woda – Środowisko – Zmiany. Studia i Prace z Geografii i Geologii* 11: 141-152.
- Okoński B., Miler A. T. 2012. Wieloletnia zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Puszczy Zielonka. *Sylwan* 156 (6): 473-480.
- Pierzgalski E., Boczoń A., Tyszka J. 2002. Zmienność opadów i położenia wód gruntowych w Białowieckim Parku Narodowym. *Kosmos* 4: 415-425.
- Rapacki L. 1974. Badania zmienności poziomu wód gruntowych w środowisku leśnym na przykładzie Leśnictwa Doświadczalnego Potasze. Maszynopis pracy doktorskiej. Biblioteka Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
- Rapacki L. 2002. Obserwacje poziomu i jakości wód gruntowych na terenie działalności oddziału IMGW w Poznaniu w latach 1946-2001. *Wiadomości IMGW* 25 (4): 75-82.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 roku w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów. 2006. Dz. U. nr 58, poz. 405.
- Smerdon B. D., Redding T. E., Beckers J. 2009. An overview of the effects of forest management on groundwater hydrology. *BC Journal of Ecosystems and Management* 10 (1): 22-44.
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa.
- Tyszka J. 2008. Hydrologiczne funkcje lasu w małych zlewniach nizinnych. *Prace IBL, Rozprawy i Monografie* 10.
- Woś A. 1994. *Klimat Niziny Wielkopolskiej*. Wydawnictwo UAM, Poznań.