

## OCENA WSPÓŁCZYNNIKA EFEKTYWNOŚCI BAROMETRYCZNEJ ZA POMOCĄ REJESTRATORA POJEMNOŚCIOWEGO FIRMY DATAFLOW

### ASSESSMENT OF BAROMETRIC EFFICIENCY OF PIEZOMETER WITH HELP OF DATAFLOW LOGGER

MAREK KACHNIC<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Piezometr Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska w Koniczynie charakteryzuje się współczynnikiem efektywności barometrycznej o wartości  $0,11 \pm 0,3$ . Zmiana ciśnienia atmosferycznego o 10 hPa przenosi się na zmianę położenia zwierciadła wody o ok. 13 mm. Zamontowany w piezometrze rejestrator pojemnościowy firmy DATAFLOW SYSTEMS umożliwia znacznie dokładniejsze badanie zmian położenia zwierciadła wody w zależności od czynników zewnętrznych.

**Słowa kluczowe:** współczynnik efektywności barometrycznej, rejestrator, Koniczynka.

**Abstract.** In wells and piezometers penetrating unconfined aquifers, the water levels are continuously changing according to the atmospheric pressure changes. By comparing the atmospheric changes, expressed in terms of a column of water, with the actual changes in the water levels observed during the pre-test period, it is possible to calculate the barometric efficiency of the aquifer. In this paper there was calculated barometric efficiency of piezometer in a Base Station of the Integrated Monitoring of the Natural Environment in Koniczynka near Toruń in Poland with help of data logger DATAFLOW SYSTEMS.

**Key words:** barometric efficiency, logger, Koniczynka.

Urządzenia zapisujące wartości jednej lub kilku mierzonych wielkości, najczęściej w funkcji czasu, nazywane są data loggerami lub rejestratorami. Rejestratory do mierzenia zmian poziomu wody pracują zwykle na zasadzie porównania ciśnienia atmosferycznego i hydrostatycznego, mierzonego dwoma sensorami ciśnienia absolutnego. Ta zasada pomiaru stosowana jest m.in. w urządzeniach firmy Schlumberger z Kanady, która produkuje divery oraz barodivery. Wobec wciąż relatywnie wysokich cen takich urządzeń warto zaznajomić się z ciekawą ofertą rejestratorów konkurencyjnej firmy DATAFLOW SYSTEMS z Nowej Zelandii ([www.odysseydatarecording.com](http://www.odysseydatarecording.com)).

Firma produkuje pojemnościowe rejestratory wahań poziomu wody (Odyssey Capacitance Water Level Probes) w cenie poniżej 500 zł za sztukę. Zasada działania tych rejestratorów jest zupełnie inna niż popularnie stosowanych di-

verów. Rejestrator tej firmy wykorzystuje zmianę pojemności kondensatora do oceny zmian położenia zwierciadła wody.

Każdy kondensator zbudowany jest z dwóch części przewodzących prąd, oddzielonych izolatorem (dielektrykiem). W omawianym rejestratorze częściami przewodzącymi prąd jest odpowiedniej długości linka i woda, w której ta linka jest zanurzona. Izolatorem jest warstwa teflonu, którą jest pokryta linka. Zmiana poziomu wody w otworze wpływa na pojemność kondensatora, co rejestruje odpowiedni układ pomiarowy urządzenia. Długość linki powinna być tak dobrana, żeby po zamontowaniu urządzenia w otworze wahania zwierciadła wody mieściły się w zakresie długości linki. Producent oferuje linki o długościach 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 i 5,0 m.

Całe urządzenie składa się więc z elektronicznego rejestratora zamkniętego w szczelnej obudowie z dołączoną linką pomiarową i obciążnika (fig. 1). Rejestrator zasilany jest

<sup>1</sup> Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, ul. Gagarina 9, 87-100 Toruń; [marek.kachnic@umk.pl](mailto:marek.kachnic@umk.pl)



Fig. 1. Rejestrator firmy DATAFLOW SYSTEMS

Logger of DATAFLOW SYSTEMS

z dwóch typowych baterii 3,6 V (14×25 mm) połączonych szeregowo i jest wyposażony w pamięć 64 kB. Pamięć urządzenia umożliwia zapis około 33 tys. pomiarów. Producent zapewnia dokładność pomiaru ok. 8 mm (przy odpowiedniej dbałości o czystość izolacji teflonowej). Żywotność baterii oceniana jest maksymalnie na 4 lata.

W otworach hydrogeologicznych poziom wód podziemnych zmienia się nie tylko w związku ze zmianami wynikającymi z zasilania warstwy wodonośnej, ale również w nawiązaniu do zmian ciśnienia atmosferycznego, jak i wpływów wywołanych siłami grawitacyjnymi Księżyca, a także ruchem odśrodkowym Ziemi. W warstwach wodonośnych o zwierciadle napiętym wzrost ciśnienia atmosferycznego jest kompensowany przez opadanie zwierciadła wody, natomiast spadek ciśnienia atmosferycznego jest kompensowany przez podnoszenie się zwierciadła wody podziemnej. Przez porównanie zmian ciśnienia atmosferycznego, wyrażonego jako słup wody ze zmianami położenia zwierciadła wody, możliwe jest obliczenie współczynnika efektywności barometrycznej warstwy wodonośnej (Rasmussen, Crawford, 1997).

Współczynnik efektywności barometrycznej (EB) jest parametrem opisującym reakcję warstwy wodonośnej na zmiany ciśnienia atmosferycznego. Wartość tego współczynnika zwykle zmienia się dla warstw wodonośnych o zwierciadle napiętym między 0,2 a 0,75 (Kruseman, de Ridder, 1991), podczas gdy dla warstw wodonośnych o zwierciadle swobodnym wynosi on między 0,8 a 1,0 (Levellogger...). Efektywność barometryczna EB jest definiowana następującym wzorem (Domenico, Schwartz 1998):

$$EB = \frac{\Delta H \cdot \gamma}{\Delta P}$$

gdzie:

$\Delta H$  – zmiana położenia zwierciadła wody w określonym przedziale czasowym [m],

$\Delta P$  – zmiana ciśnienia atmosferycznego w określonym przedziale czasowym [Pa],

$\gamma$  – ciężar właściwy wody [ $\text{N/m}^3$ ], definiowany jako iloczyn:  $\xi \cdot g$

gdzie,  $\xi$  – gęstość wody<sup>2</sup> [ $\text{kg/m}^3$ ],

$g$  – przyspieszenie ziemskie, dla Polski wynoszące  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

Aby wiarygodnie oznaczyć efektywność barometryczną badanego otworu hydrogeologicznego, kluczowe są dokładne pomiary zwierciadła wody i odpowiadające im pomiary ciśnienia atmosferycznego. Stacje Bazowe Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (stacje ZMŚP) są wyposażone m.in. w automatyczne rejestratory mierzące ciśnienie atmosferyczne. W otworach piezometrycznych badany jest poziom zwierciadła wody, a także parametry składu chemicznego i fizycznego wody. Pomiar zwierciadła wody nadal często wykonywany jest ręcznie. Z powodu małej częstotliwości i niedokładności samego pomiaru ocena współczynnika EB dla takich piezometrów jest obciążona znacznym błędem (Kachnic, 2007b).

Stacja Bazowa ZMŚP znajduje się w Koniczynie k. Torunia w Ośrodku Badawczym Biologii Stosowanej UMK (fig. 2). Głównym celem badawczym stacji jest ocena stanu geosystemu, jego zagrożeń i ochrony poprzez stały monitoring jego abiotycznych i biotycznych elementów. Stacja funkcjonuje jako jedna z siedmiu Stacji Bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (PIOŚ, 1992; Kostrzewski, 1998).

Obserwacje głębokości zalegania zwierciadła wód podziemnych, a także analizy ich chemizmu prowadzone są w piezometrze zlokalizowanym w ogródku meteorologicznym Stacji Bazowej (współrzędne PUWG1992: 478838; 579518). Piezometr ma głębokość 16 m i został wykonany w 1995 roku. Filtr piezometru ujmuje pierwszą od powierzchni warstwę wodonośną o zwierciadle napiętym, niewykorzystywaną przez okoliczne studnie i ujęcia. Warstwę przewiercono w przelocie od 14,40 do 15,15 m. Filtr zabudowano w piaskach średnio- i drobnoziarnistych (Kachnic, 2007a).

Głębokość występowania zwierciadła wody w piezometrze mierzona jest raz w tygodniu od listopada 1995 za pomocą gwizdka hydrogeologicznego. Mała częstotliwość pomiarów była przyczyną zainstalowania w listopadzie 2007 roku rejestratora poziomu wody firmy DATAFLOW (fig. 1). Rejestrator skalibrowano i zaprogramowano do pomiarów położenia zwierciadła wody co 6 godzin<sup>3</sup>. Pomiar ciśnienia wykonywany jest co godzinę w budynku stacji oddalonym

<sup>2</sup> Gęstość wód o mineralizacji poniżej 1 g/l jest zależna głównie od temperatury; w 10°C wynosi  $9997 \text{ N/m}^3$ , czyli  $999,7 \text{ kg/m}^3$ .

<sup>3</sup> Wbudowane 64 kB pamięci wewnętrznej urządzenia umożliwia zapis 32 764 pomiarów. Przy minimalnej częstotliwości zapisu danych (tj. co 12 godzin) wystarcza to na kilkadziesiąt lat pomiarów. W tym przypadku o żywotności urządzenia będzie decydować bateria, która wystarcza na ok. 2–3 lata (w zależności od temperatury, w jakiej pracuje urządzenie).



Fig. 2. Lokalizacja Stacji Bazowej w Koniczynce

Location of the Base Station in Koniczynka

10 m od piezometru. Ciśnienie atmosferyczne jest mierzone i rejestrowane automatycznie za pomocą fińskiego urządzenia Milos 500.

Dane o głębokości zalegania zwierciadła wody w piezometrze i odpowiadającej w tym dniu wartości ciśnienia atmosferycznego uzyskano dzięki uprzejmości dr. Marka Kejny z Zakładu Klimatologii Instytutu Geografii UMK, pełniącego nadzór nad Stacją Bazową.

Do ponownego oznaczenia współczynnika efektywności barometrycznej piezometru wybrano dwie serie pomiarów z wiosny 2008, w których stwierdzono zależność zmiany ciśnienia atmosferycznego i odpowiadającej jej zmiany poziomu wody w piezometrze (fig. 3, tab. 1).

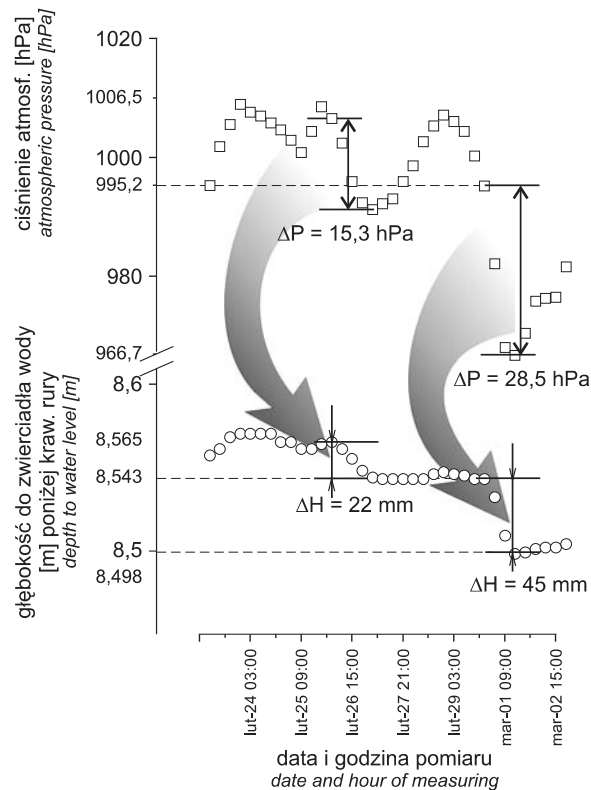


Fig. 3. Zależność ciśnienia atmosferycznego i głębokości do zwierciadła wody dla danych za luty–marzec 2008

Response of water level in a piezometer penetrating a confined aquifer to atmospheric pressure changes in period February and March 2008

Uwzględniając wartości współczynnika EB obliczone wcześniej<sup>4</sup> należy przyjąć, że wartość ta wynosi  $0,11 \pm 0,03$ .

Duża rozdzielczość pomiarów rejestratora pomaga w uchwyceniu nawet niewielkich zmian zwierciadła wody w piezometrze. Przykładem może być odczyt z dnia 1 IV 2008, kiedy to zwierciadło wody opadło w ciągu 6 godzin o prawie 8 cm (79 mm) przy jednoczesnej zmianie ciśnienia o zaledwie 2 hPa (fig. 4).

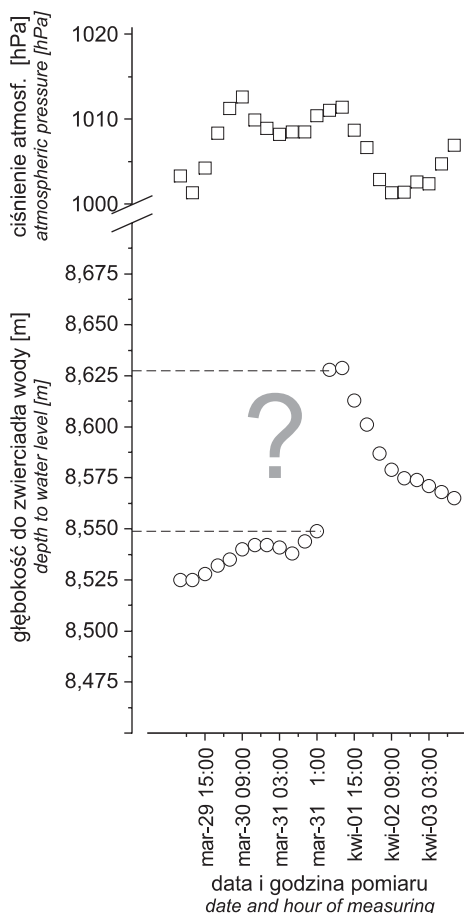
Tabela 1

Współczynnik efektywności barometrycznej EB dla danych za luty–marzec 2008

Barometric efficiency in period February–March 2008

Zmiana wysokości piezometrycznej $\Delta H$ [m]	Zmiana ciśnienia atmosferycznego $\Delta P$ [Pa]	Ciężar właściwy wody $\gamma$ [ $N/m^3$ ]	Współczynnik efektywności barometrycznej EB
0,045	28 500	98070,6	0,15
0,022	15 300		0,14
Wartość średnia EB			<b>0,11 <math>\pm</math> 0,03</b>

<sup>4</sup> W artykule opublikowanym w XIII tomie WPH (Kachnic, 2007b) błędnie została podana wartość EB. W tabeli 3 na stronie 546 zamiast zawyżonej wartości EB = 0,77 powinna być wartość dziesięciokrotnie mniejsza, czyli 0,08.



**Fig. 4. Niewyjaśnione opadanie zwierciadła wody w piezometrze, nie wywołane zmianą ciśnienia atmosferycznego**

Unexplained phenomenon of drop in water level not related with atmospheric pressure change

Monitorowana warstwa wodonośna nie jest wykorzystywana do celów gospodarczych, zatem wpływ na opadanie zwierciadła wody musiały mieć inne czynniki. Acworth i Brain (2008) po analizie wpływu grawitacji Księżyca na położenie wysokości ciśnienia wody także stwierdzają występowanie cyklicznych zmian zwierciadła wody o częstotliwości dobowej i 12-godzinnej, których nie potrafią wyjaśnić.

### Podsumowanie

Piezometr Stacji Bazowej w Koniczynie charakteryzuje się współczynnikiem efektywności barometrycznej o wartości  $0,11 \pm 0,3$ . Zmiana ciśnienia atmosferycznego o 10 hPa przenosi się na zmianę położenia zwierciadła wody o ok. 13 mm. Zamontowany w piezometrze rejestrator umożliwia znacznie dokładniejsze badanie zmian położenia zwierciadła wody w zależności od czynników zewnętrznych. Rejestrator pojemnościowy firmy DATAFLOW SYSTEMS jest tanim automatycznym urządzeniem przydatnym w praktyce hydrologicznej i hydrogeologicznej.

## LITERATURA

- ACWORTH R.I., BRAIN T., 2008 – Calculation of barometric efficiency in shallow piezometers using water levels, atmospheric and earth tide data. *Hydrogeol. Journal*, **16**: 1469–1481.
- DOMENICO P.A., SCHWARTZ F.W., 1998 – Physical and chemical hydrogeology. II wyd. Wiley, Nowy York.
- KACHNIC M., 2007a – Profil geologiczny i zmiany położenia zwierciadła wody w piezometrze Stacji Bazowej w Koniczynie k. Torunia. Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Biblioteka Monitoringu Środowiska: 143–150. [http://www.home.umk.pl/~kach/art2007b/Kachnic\\_Koniczynka.pdf](http://www.home.umk.pl/~kach/art2007b/Kachnic_Koniczynka.pdf)
- KACHNIC M., 2007b – Współczynnik efektywności barometrycznej w piezometrze stacji bazowej w Koniczynie k. Torunia. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, t. 13, cz. 3: 539–547. [http://www.home.umk.pl/~kach/art2007a/Kachnic\\_wph2007-539.pdf](http://www.home.umk.pl/~kach/art2007a/Kachnic_wph2007-539.pdf)
- KOSTRZEWSKI A., 1998 – Organizacja Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego oraz realizacja programu w latach 1994–1997. *W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stan geosystemów Polski w latach 1994–1997*: 11–20. PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska.
- KRUSEMAN G.P., DE RIDDER N.A., 1991 – Analysis and evaluation of pumping test data. *International Institute for Land Reclamation and Improvement*: 47: 46–47. II wyd. Wageningen, Holandia. <http://www2.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ILRI-publicaties/publicaties/Pub47/Pub47.pdf>. 7-XI-2006
- LEVELLOGGER Gold User Guide – [www.solinst.com/Downloads/3001/3001Manual/InstallationMaintenance/Installation/BarometricEfficiency.html](http://www.solinst.com/Downloads/3001/3001Manual/InstallationMaintenance/Installation/BarometricEfficiency.html)
- PIOŚ – Program Państwowego Monitoringu Środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska. 1992, Warszawa.
- RASMUSSEN T.C., CRAWFORD L.A., 1997 – Identifying and removing barometric pressure effects in confined and unconfined aquifer. *Groundwater*, **3**: 502–511.

## SUMMARY

In this study there was calculated barometric efficiency of piezometer in a Base Station of the Integrated Monitoring of the Natural Environment in Koniczynka near Toruń in Po-

land with help of data logger DATAFLOW SYSTEM Company. Calculated barometric efficiency for period February – March 2008 amount  $0,11 \pm 0,3$ .