

PRZYKŁAD WYKORZYSTANIA DANYCH Z MONITORINGU WÓD PODZIEMNYCH DO OCENY WPŁYWU ELEKTROWNI WODNYCH NA ŚRODOWISKO

THE EXAMPLE OF USING DATA FROM GROUNDWATER MONITORING TO ANALYSE THE ENVIRONMENTAL EFFECTS OF WATER-POWER PLANTS

MAGDALENA WORSA-KOZAK¹, ANDRZEJ KOTOWSKI²

Abstrakt. Przedstawiono główne założenia i cele lokalnego monitoringu wód podziemnych prowadzonego w rejonie Wrocławskich Elektrowni Wodnych Wrocław I i Wrocław II. W otoczeniu jazów piętrzących elektrowni została założona sieć 30 piezometrów, w których dokonywane są cotygodniowe obserwacje położenia zwierciadła wód podziemnych. Piezometry są zlokalizowane w dolinie Odry, po obu stronach rzeki. Wyniki pomiarów są regularnie analizowane i stanowią podstawę do prognozowania wpływu obniżenia piętrzenia wody na jazach elektrowni na warunki wodne terenów sąsiednich.

Słowa kluczowe: monitoring lokalny, teren zurbanizowany, zwierciadło wód podziemnych.

Abstract. This article briefly presents the main assumptions and objectives of the local groundwater monitoring conducted in the area of hydropower stations Wrocław I and Wrocław II. The monitoring network was established there, consisting of 30 observation wells in which the position of groundwater table is measured on a weekly basis. Observation wells are located on both sides of the Odra River. Measurement results are under constant analysis to be the basis for predicting the impact of lowering of water damming-up on water conditions in the vicinity of hydropower stations.

Key words: local monitoring, urban area, groundwater table.

WSTĘP

Początki Wrocławia sięgają okresu rzymskiego, kiedy powstały pierwsze osady na skrzyżowaniu Odry ze szlakiem bursztynowym. Przeprawa w tym miejscu była najdogodniejsza, bowiem Odra rozdzielała się tu na mniejsze odnogi oblewające wyspy i liczne piaszczyste łachy (Roman i in., red., 1999). Przez wieki rzeka determinowała rozwój urbanistyczny i społeczny miasta, była wykorzystywana do celów transportowych, energetycznych i zaopatrzenia w wodę. Wrocław, stolica województwa dolnośląskiego, należy do najstarszych i największych aglomeracji w Polsce (635 tys. mieszkańców). Geograficznie miasto leży w centrum Niziny

Śląskiej, która od południowego zachodu graniczy z Przedgórzem Sudeckim, od wschodu z Wyżyną Śląską, a od północy ze Wzgórzami Trzebnickimi (Kondracki, 2002). Oś Niziny Śląskiej stanowi pradolina Odry, przecinająca miasto szerokim pasem (fig. 1). Północno-wschodnie rejony miasta leżą w obrębie Równiny Oleśnickiej, natomiast część południowa i południowo-zachodnia znajduje się w obrębie Równiny Wrocławskiej. Ścisłe centrum miasta, którego część (ok. 2 km²) została objęta badaniami, znajduje się po dwóch stronach Odry, obejmując swym zasięgiem liczne wyspy i odnogi rzeki.

¹ KGHM CUPRUM sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe, ul. Gen. W. Sikorskiego 2/8, 53-659 Wrocław; mworsa@cuprum.wroc.pl

² Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław; andrzej.kotowski@pwr.wroc.pl

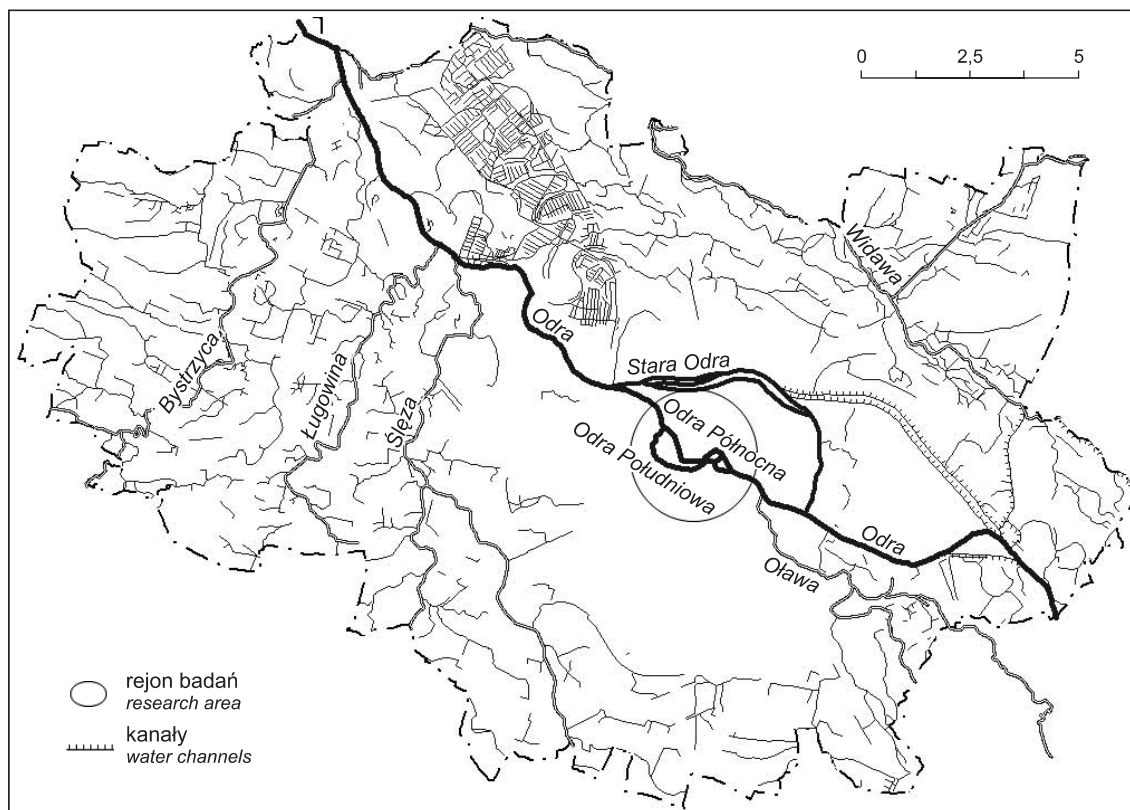


Fig. 1. Sieć hydrograficzna Wrocławia

Hydrographic network of Wrocław

Z roku na rok w ogólnej powierzchni miasta (obecnie 293 km²) przybywa obszarów zurbanizowanych, dla których niezwykle istotne są zagadnienia związane z warunkami wodnymi w podłożu budowli oraz prognozowaniem zmian tych warunków. Wrocław może poszczycić się długoletnią tradycją w prowadzeniu badań hydrogeologicznych, głównie dotyczących związku wód podziemnych z wodami Odry, gdyż pierwszy systematyczny monitoring został rozpoczęty już

w 1874 r. (Jacobi, 1877). Obserwacje, z różnymi przerwami i w zmiennej sieci obserwacyjnej, są prowadzone na terenie miasta do dziś (Kowalski, 1984; Worsa-Kozak, 2006). Obecna sieć monitoringu lokalnego stanowi własność Jeleniogórskich Elektrowni Wodnych (JEW) Sp. z o.o. i została wykonana w 2007 r. w celu oceny wpływu elektrowni wodnych Wrocław I i Wrocław II na warunki gruntowo-wodne terenów przyległych (Gregorczyk i in., 2007; Kotowski i in., 2007).

BUDOWA GEOLOGICZNA I WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Wrocław znajduje się na południowo-zachodnich krańcach monokliny przedsudeckiej, blisko jej granicy z blokiem przedsudeckim. Starsze, silnie zaangażowane tektonicznie, podłoże jest przykryte osadami kenozoiku. Podłoże rozcinają głębokie rozłamy i uskoki o zrzutach dochodzących do kilkuset metrów, które tworzą dwa systemy dyslokacji – równoległy i prostopadły do kierunku Odry (Żuk, 2000). Neogen wykształcony jest w facji lądowej w postaci tzw. serii poznańskiej, czyli ilów, mułków i piasków z cienkimi wkładkami węgla brunatnego. Osady czwartorzędowe występują w postaci plejstocenijskich glin zwałowych, piasków i żwirów wodnolodowcowych, piasków i mułków akumulacji wód stojących, piasków eolicznych oraz holocenijskich

osadów dennych – piaski, żwiry, gliny, mułki ze szczątkami organicznymi i torfy (Buksiński i in., 1974; Winnicka, 1986). Miasto w większej części jest położone w wypełnionej osadami rzecznyymi dolinie Odry, będącej fragmentem powstałej w okresie zlodowaceń środkowopolskich Pradoliny Wrocławsko-Magdeburgskiej. Poza obrębem doliny znajdują się głównie dzielnice południowe, które leżą na wysoczyźnie zbudowanej z utworów wodnolodowcowych, lodowcowych lub neogenijskich.

Rejon, w którym prowadzono badania, obejmuje niewielką część dwóch dzielnic Wrocławia – Śródmieścia i Starego Miasta. Są to dzielnice historyczne, w pełni skanalizowane, ze zwartą zabudową i rozbudowaną infrastrukturą

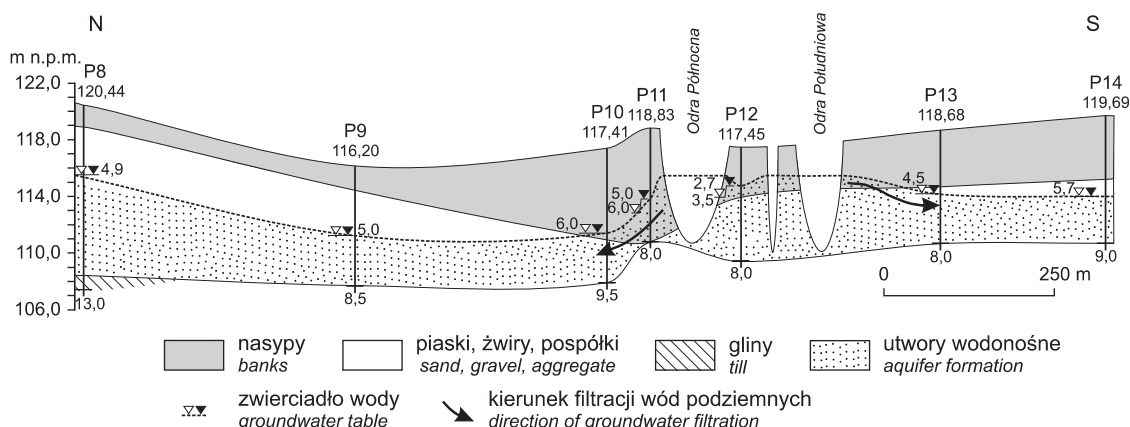


Fig. 2. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny przez obszar badań

Schematic hydrogeological cross-section through the research area

miejską, z niewielkimi pasami zieleni wzdłuż cieków i nielicznymi zadrzewieniami parkowymi. Wysoki stopień zurbanizowania spowodował, że w każdym miejscu widoczna jest duża ingerencja człowieka w środowisko przyrodnicze. Naturalne stosunki wodne są tu zaburzane głównie przez regulację i piętrzenie wód rzecznych oraz liczne дренаże budowli i obiektów inżynierskich. Piaszczysto-żwirowe osady rzeczne o miąższości 8–20 m są w tym rejonie przykryte przez nasypy antropogeniczne, o miąższości dochodzącej miejscami do 10 m (począwszy od nasypów kulturowych czasu średniowiecza aż do gruzów budowlanych z okresu II wojny światowej). Utwory te są podścielone przez około 35-metrowej miąższości gliny zwałowe z przewarstwieniami piasków, żwirów i glin piaszczystych. Od głębokości około 50 m występują ilasto-pyłaste osady neogenu.

Wrocław leży w obrębie prowincji Odry, regionie środkowej Odry, subregionie środkowej Odry południowym (Paczyński, Sadurski, red., 2007). W nawiązaniu do jednolitych części wód podziemnych miasto położone jest w obszarze granicznym dwóch wydzieleń – JCWPd nr 93 i 114.

Na warunki hydrogeologiczne obszaru badań decydujący wpływ ma jego lokalizacja w dolinie Odry. W profilu pionowym wyróżnia się tu piętra wodonośne: czwartorzędowe,

neogénskie, triasowe oraz słabiej rozpoznane w starszych utworach paleozoicznych i proterozoicznych. Czwartorzędowe piętro wodonośne, objęte obserwacjami, tworzą osady piaszczysto-żwirowe o miąższości 3–30 m. Charakteryzuje się ono ciągłym rozprzestrzenieniem i przeważnie swobodnym zwierciadłem wody, leżącym na głębokości 4–7 m. Współczynnik filtracji osadów tego piętra osiąga wartość 20–30 m/d, a przewodność wynosi około 300 m²/d (Żuk, 2000). Wody podziemne zasilane są przez piętrzone wody Odry, przez infiltrację wód opadowych (jedynie w miejscach zieleni miejskiej lub odkrytych, nieuszczelnionych) oraz dopływy boczne spoza obszaru badań – m.in. wody spływające z wysoczyzny plejstocénskiej od strony południowej. W rejonie badań występują bardzo dużej miąższości warstwy nasypów antropogenicznych, których spąg sięga miejscami do głębokości 6–10 m. W tej sytuacji zwierciadło wody podziemnej nierzadko stabilizuje się w warstwie nasypowej, powyżej rodzimej powierzchni terenu (fig. 2). Głębiej występują soczewy piaszczysto-żwirowych utworów wodonośnych o niewielkiej miąższości i nieregularnym rozprzestrzenieniu. Piętro czwartorzędowe jest oddzielone 50–80 m warstwą utworów gliniastych i ilastych od leżącego niżej piętra neogénskiego.

LOKALNY MONITORING WÓD PODZIEMNYCH W REJONIE ELEKTROWNI WODNYCH

Zadaniem sieci lokalnego monitoringu jest badanie wpływu na środowisko stwierdzonych lub potencjalnych ognisk zanieczyszczeń wód podziemnych. W tym zakresie mieści się m.in. prowadzenie badań ilościowych i jakościowych w rejonie ujęć wody (w formie sieci osłonowej), a także badań głównie ilościowych w rejonie stopni piętrzących wody powierzchniowe (monitoring stanów zwierciadła wód podziemnych).

Na badanym obszarze najwyraźniej zaznacza się działalność elektrowni wodnych na Odrze, wywołana piętrzeniem rzeki na stopniu dolnym Śródmiejskiego Węzła Wodnego

Wrocławia, który tworzą m.in.: jaz Elektrowni Południowej Wrocław I oraz jaz Elektrowni Północnej Wrocław II. W 1959 r. przebudowano stopień dolny, który piętrzył wodę Odry do rzędnej 114,69 m n.p.m. Po przebudowie piętrzenie na jazach Elektrowni podniesiono o 96 cm, tj. do 115,65 m n.p.m. Różnica pomiędzy poziomem wody górnej i dolnej na jazach elektrowni dochodzi obecnie do ponad 5 m. W związku z planami przywrócenia poziomu piętrzenia do rzędnej 114,69 m n.p.m. Jeleniogórskie Elektrownie Wodne postanowiły założyć sieć obserwacji wód podziemnych w sąsiedztwie jazów w celu monitorowania zmian zach-

dzających w środowisku wodno-gruntowym wywołanych działalnością elektrowni. W 2007 r. wykonano 30 piezometrów ułożonych w czterech liniach przekrojowych biegnących w poprzek koryta Odry (fig.3), tak aby objąć obserwacjami obszar o potencjalnie największym wpływie elektrowni na wody podziemne (Kotowski i in., 2008). Do monitoringu włączono kilka istniejących na terenie Śródmieścia i Starego

Miasta odsłoneń wód podziemnych, m.in. trzy dawne studnie gospodarcze (A1, A4 i A5) oraz piezometr na terenie Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego (P1). W otworach tych raz w tygodniu mierzy się położenie zwierciadła wody. Założono także sieć monitoringu wód powierzchniowych na Odrze: w punktach wodowskazowych usytuowanych przy jazie elektrowni Wrocław I (woda górna



Fig. 3. Mapa stanów maksymalnych i minimalnych wód podziemnych w okresie 1.04.2007 – 31.03.2008

Map of maximal and minimal groundwater levels (1.04.2007 – 31.03.2008)

– WG i woda dolna – WD; codzienne odczyty o godz. 8 i 15) oraz w dwóch stanowiskach (N3 i N4) w Fosie Miejskiej (odczyty raz w tygodniu).

Celowość prowadzenia stacjonarnych obserwacji wód podziemnych w rejonie piętrzenia Odry była poruszana wielokrotnie w wielu opracowaniach dokumentacyjnych z zakresu hydrogeologii i geologii inżynierskiej oraz w publikacjach dotyczących warunków wodnych rejonu Starego Miasta i Śródmieścia (Kowalski, 1977, 1978, 1984, 1990; Worsza-Kozak, 2003, 2004; Worsza-Kozak i in., 2008). Podniesienie rzędnej piętrzenia w 1959 r. spowodowało podniesienie się zwierciadła wód podziemnych na terenach sąsiadujących z jazami elektrowni i tym samym doprowadziło do pogorszenia się warunków posadowienia budowli. Podtopieniu uległo wiele piwnic i fundamentów budynków, prezentujących często wysoką wartość historyczno-architektoniczną, co pociągnęło za sobą konieczność wykonania kosztownych systemów odwadniających budowle (m.in. budynek Ossolineum, gmach główny Uniwersytetu Wrocławskiego, biblioteka Na Piasku). Systemy te zostały wykonane i uruchomione głównie w latach 1990–2005. Ostatnie badania wykazały, że sytuacja hydrogeologiczna i geotechniczna w rejonie oddziaływania jazów na wody podziemne po 50 latach uległa stabilizacji (Kowalski, Kajewski 1990; Worsza-Kozak 2006),

a nowe obiekty budowlane już w założeniach konstrukcyjnych uwzględniają wysoki poziom wód podziemnych i związane z tym trudności.

Aby uniknąć problemów, jakie wystąpiły przy podniesieniu rzędnej piętrzenia, i zabezpieczyć się przed ewentualnymi negatywnymi skutkami rozważanego obecnie obniżenia poziomu wody na Odrze spółka JEW zleciła zbadanie aktualnych przestrzennych związków ilościowych wód podziemnych z wodami powierzchniowymi. Wyniki monitoringu umożliwią stworzenie modelu numerycznego odzwierciedlającego złożoność stosunków wodnych na badanym terenie, pozwalającego na prognozowanie stanów wód podziemnych w zależności od stanów Odry. Model ten w połączeniu z analizą parametrów geotechnicznych gruntów nasypowych da odpowiedź na pytanie, czy działania elektrowni nie wywołają szkód w infrastrukturze i zabudowie miejskiej. Istnieje bowiem poważna obawa, że obniżenie piętrzenia Odry o metr spowoduje odsłonięcie i osuszenie systemów drenażowych, a dotychczas nawodnione nasypy o zróżnicowanych i nierozpoznanych dotąd w pełni parametrach geotechnicznych mogą podlegać procesowi osiadania, tym samym powodując trudne do przewidzenia szkody w obiektach budowlanych.

WYBRANE WYNIKI DOTYCHCZASOWYCH OBSERWACJI

Pierwszy, roczny etap obserwacji w okresie kwiecień 2007 – marzec 2008 prowadził Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej (na zlecenie JEW). Wyniki monitoringu zostały przedstawione w raporcie (Kotowski i in., 2008), w którym zalecano m.in. kontynuację obserwacji przez kolejne 3 lata. Obecnie jest realizowany drugi, 3-letni etap badań.

Analiza rocznych obserwacji położenia zwierciadła wód podziemnych oraz stanów wód powierzchniowych pozwoliła na wstępną ocenę stosunków hydrodynamicznych na badanym obszarze. Wyznaczono stany charakterystyczne wód podziemnych i powierzchniowych, określając istotną z inżynierskiego punktu widzenia amplitudę wahań zwierciadła wody (tab. 1). Na podstawie korelacji stanów wód rzecznych i wód podziemnych wyznaczono obszary, gdzie bezpośredni wpływ piętrzenia rzeki zaznacza się najwyraźniej i gdzie obniżenie piętrzenia może spowodować znaczące zaburzenie aktualnych stosunków wodnych. Opierając się na równaniu regresji (fig. 4), wyliczono prawdopodobne stany zwierciadła wód podziemnych dla poszczególnych piezometrów po zakładanym obniżeniu piętrzenia. W czterech przekrojach hydrogeologicznych przeanalizowano kierunki filtracji wód podziemnych w zależności od stanów wód rzeki i zwierciadła wód podziemnych oraz wyznaczono rejon, w którym zwierciadło kształtuje się powyżej rodzimej powierzchni terenu. Ustalono, że na odcinkach powyżej jazów piętrzących Odra ma charakter zasilający, wpływając znacznie

na podpiętrzenie wód podziemnych w tym rejonie. Ze względu na utrudnione warunki swobodnego przepływu wody w warstwach nasypowych, często gliniastych, przecinanych siecią historycznych fundamentów, oraz ze względu na 5-metrową różnicę poziomów piętrzenia wody na jazach na

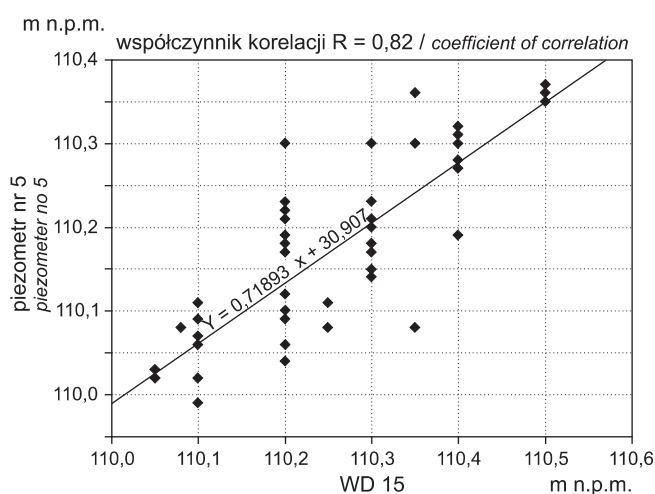


Fig. 4. Wykres korelacji stanów wód podziemnych i powierzchniowych w okresie obserwacji

Correlation between groundwater and surface water table levels in the observation period

Tabela 1

**Charakterystyka położenia zwierciadła wód podziemnych i powierzchniowych
w okresie kwiecień 2007 – marzec 2008**

Specific parameters of groundwater and surface water table levels
in period April 2007 – March 2008

Nr punktu	Maksimum	Minimum [m n.p.m.]	Średnia	Amplituda [m]	Odchylenie standardowe	Mediana [m n.p.m.]
1	110,55	110,19	110,31	0,36	0,08	110,3
2	110,48	109,99	110,14	0,49	0,1	110,13
3	110,26	109,68	109,92	0,58	0,13	109,91
4	110,23	109,6	109,82	0,63	0,14	109,81
5	110,37	109,99	110,17	0,38	0,11	110,17
6	111,05	110,73	110,85	0,32	0,08	110,85
7	113,89	113,71	113,81	0,18	0,06	113,81
8	111,69	111,48	111,55	0,21	0,05	111,56
9	110,96	110,78	110,84	0,18	0,04	110,84
10	111,14	110,93	111,02	0,21	0,06	111,02
11	114,86	114,48	114,72	0,38	0,12	114,75
12	114,78	114,21	114,51	0,57	0,14	114,525
13	114,77	114,35	114,51	0,42	0,13	114,49
14	114,76	113,84	114,26	0,92	0,32	114,33
15	112,14	111,95	112,02	0,19	0,05	112,01
16	112,18	112,01	112,06	0,17	0,04	112,05
17	114,51	114,04	114,22	0,47	0,11	114,21
18	113,95	113,76	113,85	0,19	0,05	113,85
19	115,3	114,87	115,06	0,43	0,08	115,08
20	115,41	114,97	115,2	0,44	0,09	115,21
21	115,24	114,57	114,88	0,67	0,24	114,935
22	113,68	113,35	113,48	0,33	0,07	113,46
23	113,53	113,32	113,38	0,21	0,05	113,36
24	115,39	115,05	115,24	0,34	0,08	115,26
25	115,53	115,09	115,35	0,44	0,09	115,35
26	115,41	114,94	115,21	0,47	0,1	115,23
27	115,33	114,83	115,13	0,5	0,13	115,18
28	115,28	114,77	115,08	0,51	0,14	115,11
29	115,13	114,18	114,66	0,95	0,37	114,82
30	115,01	113,73	114,39	1,28	0,51	114,63
P1arch	110,53	110,19	110,29	0,34	0,07	110,28
A1	113,39	113,05	113,21	0,34	0,08	113,21
A4	115,46	115,16	115,32	0,3	0,06	115,32
A5	115,04	114,64	114,87	0,4	0,11	114,89
N3	114,95	114,29	114,68	0,66	0,14	114,68
N4	114,94	114,04	114,65	0,9	0,19	114,66
WG 8	115,9	115,1	115,56	0,8	0,11	115,6
WG 15	115,75	115,1	115,56	0,65	0,1	115,6
WD 8	111,3	109,9	110,27	1,4	0,16	110,3
WD 15	111,4	109,9	110,26	1,5	0,17	110,25

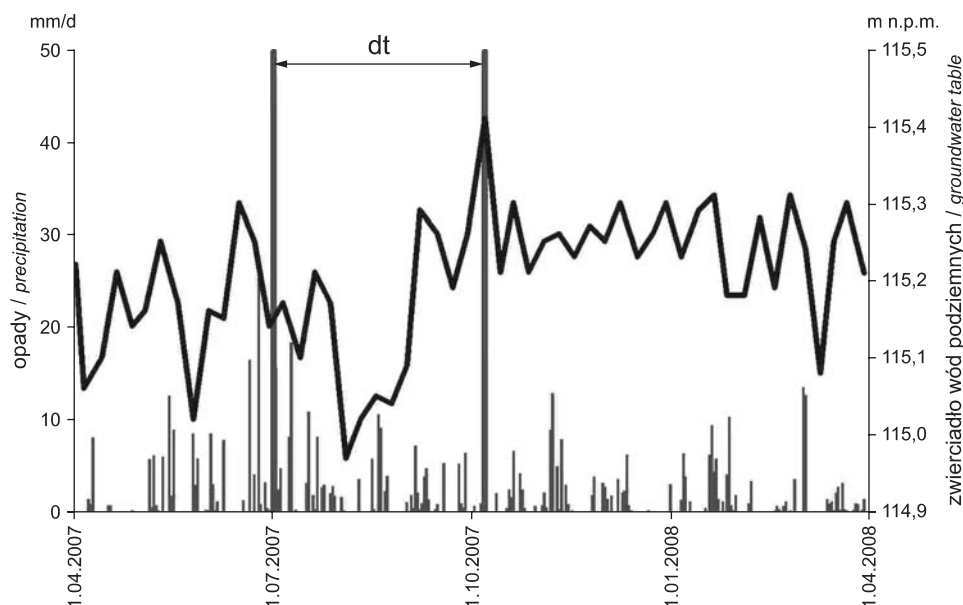


Fig. 5. Stany zwierciadła wód podziemnych na tle dobowych sum opadów atmosferycznych (piezometr nr 20)

Groundwater table and daily precipitation totals (piezometer no 20)

niewielkim obszarze obserwowane są duże spadki hydrauliczne, a generalny spływ wód podziemnych kieruje się dość gwałtownie do koryta Odry, poniżej jazów piętrzących. Ponadto opracowano szereg map, które mogą stanowić podstawę dla modelu numerycznego, m.in. mapy średnich, minimalnych i maksymalnych stanów zwierciadła wód podziemnych (fig. 3), mapę amplitudy wahań, mapy głębokości do zwierciadła oraz mapy korelacyjne z wyznaczeniem obszarów będących pod wpływem „wody górnej” i „wody dolnej” elektrowni oraz rejonów poza bezpośrednim wpływem piętrzenia na jazach. Analiza ta pozwoliła również na identyfikację „luk” w założonej sieci obserwacyjnej i na wyznaczenie rejonów, w których przydatne byłoby zagęszczenie bądź poszerzenie sieci monitoringu. Analiza hydrogramów wód podziemnych i powierzchniowych na tle sum opadów pozwoliła na marginalizację roli opadów w zasilaniu pierwsze-

go poziomu wodonośnego na terenie miasta. Ustalono, że korelacja położenia zwierciadła wód podziemnych z dobowymi i tygodniowymi sumami opadów atmosferycznych jest statystycznie mało istotna, bowiem opady atmosferyczne zaznaczają się w hydrogramach z około 3-miesięcznym opóźnieniem (fig. 5). Potwierdza to wnioski z wcześniejszych opracowań (Kowalski, 1984; Worsa-Kozak 2006), w których niewielki udział opadów w bilansie wodnym miasta wiąże się z jego urbanizacją, skanalizowaniem i znacznym uszczelnieniem powierzchni terenu. W tych warunkach wpływ opadów na wody podziemne najlepiej jest widoczny w cyklu wieloletnim, bowiem nie wiąże się z bezpośrednią infiltracją w głąb warstwy wodonośnej, lecz głównie z dopływami wód spoza obszaru miasta i reżimem rzeczny.

PODSUMOWANIE

W terenach zurbanizowanych najczęściej spotykanym rodzajem monitoringu lokalnego jest monitoring prewencyjny (np. stacji paliw). Rzadkością są sieci służące do systematycznego monitorowania stanów wód podziemnych, a zwłaszcza z tak dużą liczbą piezometrów, jak sieć należąca do Jeleniogórskich Elektrowni Wodnych (JEW). Znaczenie takiej sieci obserwacyjnej w obszarach, gdzie warunki hydrodynamiczne ulegają ciągłym zmianom wywoływanym przez działania antropogeniczne (budowle, drenaże, kanalizacja, regulacja i piętrzenie cieków), jest ogromne. Wyniki obserwacji w ramach monitoringu lokalnego służą nie tylko do naukowego rozpoznania reżimu hydrogeologicznego na badanym terenie, sta-

nowiąc jednocześnie podstawę do konstrukcji modeli numerycznych, ale mają przede wszystkim znaczenie praktyczne. Znajdują bowiem zastosowanie m.in. w budownictwie czy inżynierii środowiska, gdzie niezwykle istotne jest położenie zwierciadła wód podziemnych i amplituda jego wahań. Obserwacje takie są również przydatne w ochronie przeciwpowodziowej, bowiem pozwalają na ocenę propagacji fali wezbraniowej w warstwie wodonośnej. Na tej podstawie można wyznaczyć rejon, do którego bezpośrednio nie dotrze fala powodziowa rzeki, a mogą pojawić się skutki związane z podtopieniami ze strony wód podziemnych.

LITERATURA

- BUKSIŃSKI S., WALCZAK-AUGUSTYNIAK M., WRONSKI J., 1974 – Atlas geologiczny Wrocławia, część I – Mapy i przekroje geologiczne. Wyd. Geol., Warszawa.
- GREGORCZYK T., KASPRZAK W., BIELAWSKI A., i in., 2007 – Dokumentacja powykonawcza z instalacji piezometrów w rejonie elektrowni wodnych „Wrocław I i II” dla potrzeb monitoringu stanu wód podziemnych we Wrocławiu. Arch. JEW sp. z o.o., Wrocław.
- JACOBI J., 1877 – Das Grundwasser von Breslau. *W: Breslauer Statistik im Auftr. des Magistrats der Kgl. Haupt- und Residenzstadt Breslau hrsg. vom städtischen statistischen Bureau Breslau 1877–1922.*
- KONDRACKI J., 2002 – Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KOTOWSKI A., WORSA-KOZAK M., WARTALSKI A., 2007 – Cel i zakres monitoringu wód w rejonie Elektrowni Wodnych „Wrocław I i II”. *Forum Eksploatatora*, 7/8: 37–40.
- KOTOWSKI A., WORSA-KOZAK M., WARTALSKI A., WARTALSKI J., WÓJTOWICZ P., 2008 – Elektrownie Wodne Wrocław I i II – monitoring wód podziemnych – projekt, wykonawstwo i badania. Sprawozdanie z badań terenowych – raport końcowy (Etap II). Arch. Inst. Inż. Ochr. Środ. PWroc., Wrocław.
- KOWALSKI J., 1977 – Dynamika stanów pierwszego poziomu wód podziemnych terenu m. Wrocławia. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 1977, *Rozpr.*, 8.
- KOWALSKI J., 1978 – Wpływ budowy piętrzących wrocławskiego węzła wodnego na stany wód gruntowych pradoliny Odry. *W: Zagadnienia hydrologiczne, hydrogeologiczne i ochrony wód rzeki.* Wrocław.
- KOWALSKI J., 1984 – Warunki wodno-gruntowe miasta Wrocławia. Arch. Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
- KOWALSKI J., KAJEWSKI I., 1990 – Wpływ zmian piętrzenia Odry miejskiej na stosunki wodno-gruntowe na terenie miasta Wrocławia. 20. Seminarium Zastosowań Matematyki. Akademia Rolnicza we Wrocławiu.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski. T. I – Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ROMAN G., WASZKIEWICZ J., MIŁKOWSKI M. (red.), 1999 – Wrocław a Odra. Urząd Miejski, Biuro Rozwoju Wrocławia, Wrocław.
- WINNICKA G., 1986 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Wrocław. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WORSA-KOZAK M., 2003 – Analiza wahań pierwszego zwierciadła wód podziemnych w centrum Wrocławia. *W: Współczesne problemy hydrogeologii* t. 11, cz. 1: 245–249. Gdańsk.
- WORSA-KOZAK M., 2004 – Odra a pierwszy poziom wodonośny na terenie Starego Miasta we Wrocławiu. *Prz. Geol.*, 52, 11: 1087–1089.
- WORSA-KOZAK M., 2006 – Wahania zwierciadła wód podziemnych na terenach zurbanizowanych (miasto Wrocław). Rozprawa doktorska. Arch. UWroc., Wrocław.
- WORSA-KOZAK M., KOTOWSKI A., WARTALSKI A., 2008 – Monitoring stanów wód podziemnych w rejonie Śródmiejskiego Węzła Wodnego we Wrocławiu. *Prz. Geol.*, 56, 4: 302–308.
- ŻUK U., 2000 – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Wrocław. CAG Państw. Inst. Geol., Warszawa.

SUMMARY

Local monitoring is most often performed to enable qualitative studies of influence of verified or potential source of contamination of groundwater near buildings and to keep qualitative and quantitative research near a water intake or stage of fall to estimate the environmental effects. Such contamination could negatively affect the environment.

The paper deals with the environmental effect of water-power plants caused by damping up the Odra River water at Śródmiejski Węzeł Wodny in Wrocław. In 1959, the stage of fall was raised from 114.69 m a.s.l. to 115.65 m a.s.l. Nowadays, in connection with eventual plans of reduction of this step of fall, a network of 30 piezometers was made to observe the groundwater in the neighborhood of dams. It helped to identify the hydrogeological structure of the region in detail. A preliminary forecast of effects of the change in water relations was made. Characteristic states of water were determined mainly based on the received data. The amplitude of water

level fluctuations was also defined. Thanks to correlations of water states, some regions were determined, where the most direct influence of damming up the river was seen. The most probable groundwater level state was estimated for every piezometer from the regression equation. Maps, which can be the principle of the numerical model, were developed. These include, for example, maps of average, minimal and maximal states of groundwater levels or correlation maps. The analysis of hydrograms of ground and surface water against the precipitation sum allowed marginalizing the role of rainfall in supplying the first aquifer in the city area. The result of observation served for scientific identification of hydrogeological regime in the study region, being the basis for construction of numerical models, which are practical in e.g. building engineering, flood precautions or environmental engineering.