

*źródła, wydajność, wody termalne, Sudety*

Elżbieta LIBER\*

## **WSPÓLDZIAŁANIE POMIĘDZY ŹRÓDŁAMI WÓD TERMALNYCH W ŁĄDKU ZDROJU**

Przeprowadzone badania potwierdziły istnienie silnych współzależności pomiędzy zmianami wydajności płytkich ujęć wód termalnych Łądka Zdroju. Szczególnie silne powiązania hydrauliczne stwierdzono pomiędzy źródłami Wojciech i Skłodowska-Curie, których średnia sumaryczna wydajność przed remontem basenu „Wojciech” i po remoncie (po 1997 r.) pozostała taka sama. Zmiana relacji pomiędzy wartościami wydajności tych źródeł wynika ze zmiany warunków napełniania wodą termalną basenu „Wojciech” oraz sposobem wykonywania pomiarów.

### **1. ZARYS WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH**

Złoże wód leczniczych w Łądku Zdroju leży w obrębie metamorfiku Łądka-Śnieżnika, który jest wysuniętą najdalej na wschód jednostką Sudetów Środkowych.

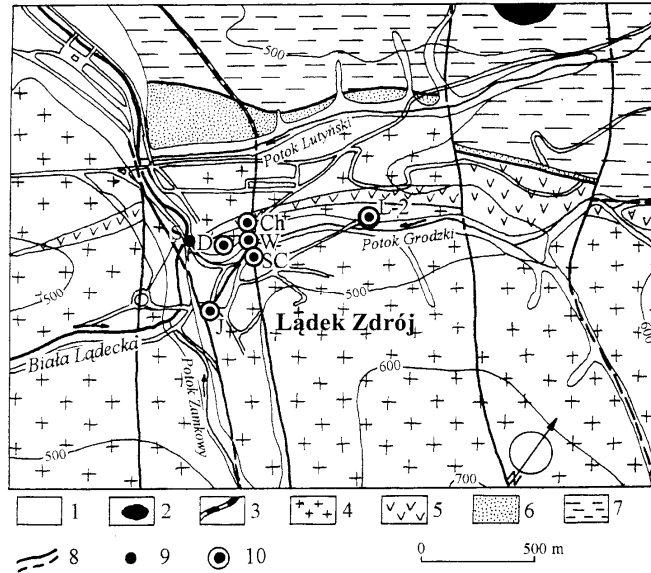
W budowie geologicznej okolic Łądka Zdroju udział biorą głównie skały krystaliczne wieku proterozoiczno-paleozoicznego, zaliczone do trzech podstawowych zespołów skalnych: łupkowej serii strońskiej, gnejsów gierałtowskich oraz gnejsów śnieżnickich.

Na obszarze Łądka Zdroju spotykane są również żyły lamprofirowe i kwarcytowe wieku karbońskiego oraz żyły i kopuły bazaltowe związane z najmłodszymi przejawami datowanej na plejstocen działalności wulkanicznej w Sudetach.

Wyróżnia się tutaj dwa antyklinoria: Gierałtowa i Radochowa przedzielone synklinorium łądecko-trawniańskim, pocięte uskokami podłużnymi i poprzecznymi. Sieć tych uskoków jest szczególnie gęsta na obszarze Łądka Zdroju, gdzie są one odległe od siebie o 200–500 m. Przebieg uskoków poprzecznych zgodny jest z kierunkiem NW–SE, zaś uskok podłużny Łądka Zdroju stanowi kontakt łupków łyszczykowych synklinorium z gnejsami antyklinorium Gierałtowa [3].

---

\* Instytut Górnictwa, Politechnika Wrocławska, pl. Teatralny 2, 50-370 Wrocław,  
e-mail: elzbieta.liber@pwr.wroc.pl



Rys. 1. Ujęcia wód leczniczych Łądeka Zdroju na tle schematycznej budowy geologicznej (wg [3]);

1 – osady aluwialne, 2 – bazalty, 3 – lamprofiry, 4 – gnejsy gieraltowskie, 5 – gnejsy śnieżnickie, 6 – mylonity, 7 – łupki serii strońskiej, 8 – uskoki, 9 – nieeksploatowane ujęcie: S – Stare, 10 – eksploatowane ujęcia wód leczniczych: D – Dąbrówka, Ch – Chrobry, W – Wojciech, SC – Skłodowska-Curie, J – Jerzy, L-2 – odwiert L-2

Fig. 1. Lądek Zdrój medicinal waters intakes on the background of geological sketch (according to [3])

1 – aluvial deposits, 2 – basalts, 3 – lamprophyres, 4 – Gieraltów gneisses, 5 – Śnieżnik gneisses, 6 – mylonites, 7 – Strońska Units shists, 8 – faults, 9 – closed intake: S – Stare, 10 – working intakes of medicinal waters: D – Dąbrówka, Ch – Chrobry, W – Wojciech, SC – Skłodowska-Curie, J – Jerzy, L-2 – L-2 borehole

Z uskokiem Łądeka Zdroju Ciężkowski [1] wiąże wyprowadzanie wód termalnych z głębi. Naturalne wypływy wód w postaci źródeł związane są z uskokami poprzecznymi i pojawiają się w miejscach krzyżowania się stref tektonicznych o kierunkach SW–NE, NW–SE i N–S, o bardzo dużym nachyleniu (rys. 1).

Utworami wodonośnymi dla wód leczniczych Łądeka Zdroju są gnejsy gieraltowskie. Są to wody szczelinowe głębokiego krążenia. Na terenie Łądeka znajduje się siedem ujęć wód termalnych. Sześć z nich to źródła: Jerzy, Wojciech, Skłodowska-Curie, Dąbrówka, Chrobry, Stare, siódmym jest głęboki odwiert L-2.

Wody lecznicze Łądeka Zdroju są to termalne wody słabo zmineralizowane, radonowe, fluorkowe, siarczkowe i charakteryzują się dużą stałością składu chemicznego. Wody te nie zawierają domieszek wód bardzo młodych; ich wiek, określony na podstawie badań izotopowych, sięga 9000 lat. Badania izotopowe potwierdziły również, wyznaczony przez Ciężkowskiego [1], obszar zasilania dla wód termalnych Łądeka. Obszar ten obejmuje Góry Białskie wraz z południową częścią Gór Żółtych. Po infiltracji w obszarze zasilania wody przepływają ku NW, w kierunku

uzdrowiska, dużymi strefami dyslokacyjnymi o kierunku sudeckim. Przepływ ten odbywa się na głębokościach sięgających 2000–2500 m [2].

## 2. PRZEGLĄD DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ

Specjalne badania współzależności pomiędzy poszczególnymi ujęciami wód termalnych Łądką Zdroju wykonywane były sporadycznie. W latach 1956–1959 zmianami wydajności wody z wysokością jej piętrzenia w poszczególnych wypływach źródła Wojciech zajmował się Madeyski (materiały archiwalne Uzdrowskiego Zakładu Górniczego). Pomiary takie w źródle Chrobry wykonał natomiast w 1977 r. Ciężkowski [1]. Warto wspomnieć, że nieznaną zmianą wydajności wody tego źródła wraz z wysokością piętrzenia spowodowała poważne kłopoty w inwestycjach uzdrowskich w połowie XIX w. [7].

Na podstawie przeprowadzonej analizy korelacyjnej [5] oraz badań modelowych przy zastosowaniu sieci neuronowych [6] i analizy falkowej [4] wykazano istnienie silnych powiązań pomiędzy wszystkimi ujęciami wód termalnych Łądką Zdroju. Analiza zmian wydajności w czasie pozwoliła na wydzielenie dla ujęć wód termalnych Łądką Zdroju charakterystycznych okresów ich eksploatacji [5]. Jedną z przyczyn wyraźnych zmian wydajności w czasie był remont źródła Wojciech prowadzony w latach 1988–1997, który dotyczył prac renowacyjnych basenu kąpielowego znajdującego się bezpośrednio nad źródłem. Wyłączenie z eksploatacji tego ujęcia spowodowało spadek wydajności sąsiedniego źródła Skłodowska-Curie, odległego o około 30 m ku SE (rys. 1). Ponowne włączenie do eksploatacji w 1997 r. źródła Wojciech spowodowało zwiększenie wydajności ujęcia Skłodowska-Curie. Ze zdumieniem stwierdzono, że wydajność tego źródła, po raz pierwszy od początku prowadzenia obserwacji stacjonarnych w 1964 r., przewyższyła wydajność ujęcia Wojciech. Również przeprowadzona dla tego okresu analiza korelacyjna wykazała istnienie silniejszego odwrotnego współoddziaływania pomiędzy wydajnościami tych ujęć w latach 1997–2000 [5].

W celu wyjaśnienia przyczyn tych zmian wydajności i szczegółowego określenia charakteru współzależności pomiędzy płytkimi ujęciami wód termalnych Łądką Zdroju autorka wykonała specjalne badania.

## 3. ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ

Badaniami objęto płytkie ujęcia wód termalnych znajdujące się w sąsiedztwie źródła Wojciech, do których należą źródła Skłodowska-Curie, Chrobry i Dąbrówka. W okresie od kwietnia do lipca 2000 r. wykonano w nich uzupełniające pomiary wydajności, przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW) i temperatury wody, przy

czym w dniach 2.06.2000 r. i 2–4.07.2000 r. wykonano ciągłe pomiary wydajności z częstotliwością od 1 do 30 minut dla każdego badanego ujęcia.

Punktem pomiarowym został również obserwacyjny otwór hydrogeologiczny nr 45, znajdujący się pomiędzy ujęciami Wojciech i Chrobry. W odwiercie tym, wykonanym w 1972 r. do głębokości 30 m, stwierdzono samowypływ wód termalnych ujętych w gnejsach gieraltowskich. W czasie wykonywania pomiarów poziomu wody w otworze, zamontowano pionową rurę pomiarową, pozwalającą na spiętrzanie wody na wysokość 1,5 m ponad krawędź głowicy.

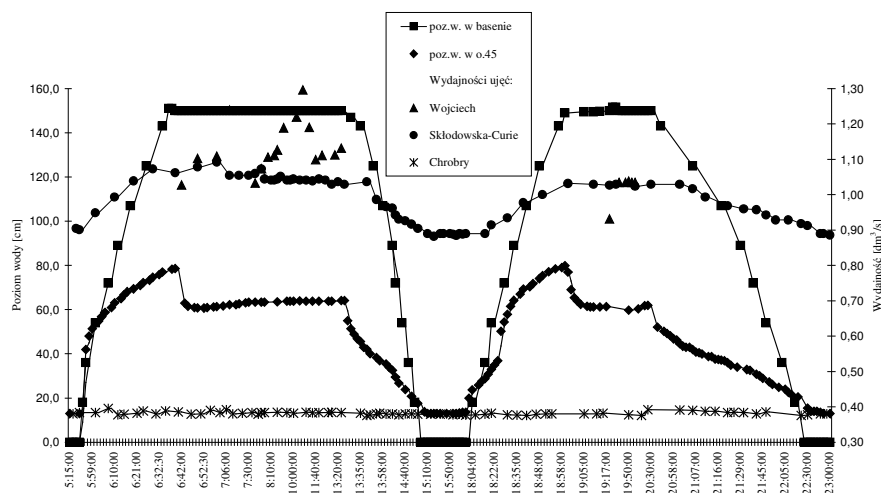
W trakcie badań sprawdzających w roku 1998 stwierdzono, że pomiar wydajności źródeł Wojciech i Skłodowska-Curie wykonuje się zazwyczaj jeden raz w tygodniu, w tym samym czasie (ok. godz. 7<sup>00</sup>). Pomiar wydajności źródła Wojciech wykonuje się na przelewie wody z basenu kąpielowego, wykonanego na wysokości 150 cm powyżej poziomu posadzki basenu. Również przed remontem basenu pomiar wydajności wykonywany był na tej samej wysokości.

Wskutek prac remontowych zmieniły się warunki doprowadzania wody do basenu oraz sposób wykorzystywania wody termalnej do zabiegów kąpielowych. Przed 1988 r. basen zasilany był jedynie z niżej ległego źródła Wojciech, był wypełniony wodą o temperaturze ok. 28°C. Obecnie basen kąpielowy jest napełniany codziennie, a czasami nawet 2 razy dziennie. Oprócz wody ze źródła Wojciech, na początku napełniania basenu doprowadzana jest dodatkowo woda z ujęć L-2 i Skłodowska-Curie. Taki sposób doprowadzenia wód do basenu umożliwia szybkie napełnienie basenu wodą termalną (czas ten zmierzony w czerwcu 2000 r. wyniósł 1 godz., podczas gdy poprzednio wynosił ponad 15 godz.) o przeciętnej temperaturze ok. 32°C. Temperaturę taką uzyskuje się w wyniku mieszania wód o różnej temperaturze, wynoszącej przeciętnie: z ujęcia L-2 44,1°C, z ujęcia Wojciech 28,4°C i z ujęcia Skłodowska-Curie 24,7°C.

W celu określenia rzeczywistych zależności pomiędzy poziomem wody w basenie a wydajnością źródła Skłodowska-Curie oraz pozostałych źródeł Chrobry i Dąbrówka znajdujących się w niewielkiej odległości, od około 30 do 150 m od źródła Wojciech, wykonano pomiary wydajności, a także temperatury i PEW wody badanych źródeł w trakcie szybkiego i powolnego napełniania basenu znajdującego się w Zakładzie Przyrodolecznictwa "Wojciech".

#### 4. PRZEBIEG I WYNIKI BADAŃ

W dniu 2. 06. 2000 r. wykonano ciągłe pomiary wydajności z różną częstotliwością w zależności od dynamiki zmian, od 1 do 30 minut. W dniu wykonywanych pomiarów basen kąpielowy "Wojciech" był napełniany wodą termalną z ujęć L-2, Wojciech i Skłodowska-Curie dwukrotnie w ciągu jednej doby. Zbiorcze wyniki pomiarów zestawione zostały w formie wykresów na rysunku 2.



Rys. 2. Wpływ wysokości zwierciadła wody w basenie "Wojciech" na poziom wody w otworze nr 45 i wydajności płytkich ujęć wód termalnych w Łądku Zdroju w dniu 2. 06. 2000 r.

Fig. 2. The influence of water table height in "Wojciech" pool on the water level in No. 45 borehole and on yields of shallow thermal water intakes of Łądek Zdrój (2. 06. 2000)

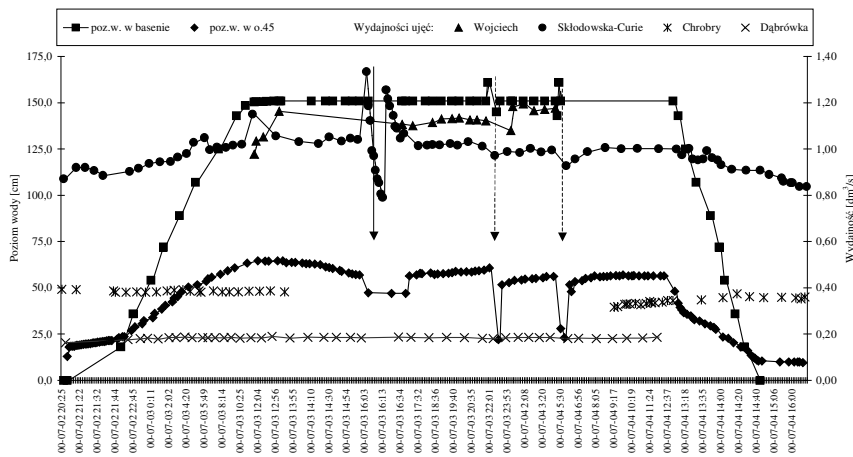
W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że wraz ze wzrostem wysokości zwierciadła wody w basenie "Wojciech" wzrastają wydajność źródła Skłodowska-Curie oraz poziom wody w otworze nr 45; zmniejszają się one równocześnie przy spadku wysokości wody w basenie (rys. 2). Uwagę zwracają nagłe spadki wysokości zwierciadła wody w otworze nr 45, które mają miejsce tuż po całkowitym napełnieniu basenu wodą. Ponieważ dodatkowa woda z ujęć L-2 i Skłodowska-Curie doprowadzana jest do basenu tymi samymi przewodami co woda ze źródła Wojciech, wyższe ich ciśnienie powoduje wzrost ciśnienia w złożu w całym otoczeniu. Wyłączenie dopływu do basenu tych dodatkowych wód powoduje prawie natychmiast spadek poziomu wody w odwiercie, do wysokości ok. 60 cm ponad krawędź głowicy.

Odmiennej charakter zmian zaobserwowano w źródle Chrobry, którego wydajność podczas pierwszego napełniania basenu w dniu 2. 06. 2000 r. ulegała znacznym wahaniom. Wyraźną reakcję wydajności źródła Chrobry na zmiany poziomu wody w basenie zaobserwowano w trakcie drugiego napełnienia basenu wodą, po nieznacznym wzroście poziomu wody w basenie w czasie dolewania wody z ujęcia L-2 oraz podczas opróżniania basenu.

Mierzone wydajności ujęcia Wojciech w dniu 2. 06. 2000 r. były zbliżone do wydajności ujęcia Skłodowska-Curie. Wahania wydajności źródła Wojciech zaobserwowane w trakcie pierwszego napełnienia basenu związane były przede wszystkim ze specyficznymi warunkami pomiaru wydajności na przelewie z basenu, w którym wydawano zabiegi kąpielowe dla kuracjuszy. Pomiar wydajności wykonane podczas tych kąpielów były zróżnicowane ze względu na ruch wody

(falowanie), a na ich podstawie nie można analizować ewentualnych zależności pomiędzy ujęciami.

Korzystając z przestoju w wydawaniu zabiegów kąpielowych w dniach 2–4 lipca 2000 r. wykonano badania zmian wydajności płytkich ujęć wód termalnych i poziomu wody w otworze nr 45 podczas napełniania basenu wodą tylko ze źródła Wojciech, a zatem w warunkach zbliżonych do warunków wykonywania pomiarów w okresie przed remontem basenu. Częstotliwość i zakres prowadzonych pomiarów był podobny do obserwacji wykonanych w dniu 2. 06. 2000 r.



Rys. 3. Wpływ wysokości zwierciadła wody w basenie "Wojciech" na poziom wody w otworze nr 45 i wydajności płytkich ujęć wód termalnych w Lądku Zdroju w dniach 2–4 lipca 2000 r. Strzałką z linią ciągłą oznaczono moment spiętrzenia wody w zbiorniku ujęcia Skłodowska-Curie, a strzałką z linią przerywaną oznaczono momenty dolania do basenu wody z ujęcia L-2

Fig. 3. The influence of water table height in "Wojciech" pool on the water level in No. 45 borehole and on yields of shallow thermal water intakes of Lądek Zdrój (2–4. 07. 2000). Moments of water swelling in Skłodowska-Curie tank marked with solid arrows; moments of adding water into pool from L-2 intake marked with dashed arrow

Podczas powolnego, trwającego 15,5 godziny, napełniania basenu wodą jedynie ze źródła Wojciech, obserwowany wzrost wydajności pobliskich źródeł Skłodowska-Curie, Chrobry i Dąbrówka, zachodził również powoli i systematycznie, zgodnie ze wzrastającym poziomem wód w basenie (rys. 3).

Wydajność źródła Dąbrówka została zmierzona po raz pierwszy od 1997 r. Brak wykonywania obserwacji stacjonarnych w tym ujęciu wynikał z rozpoczęcia remontu Zakładu Przyrodoleczniczego „Marii Skłodowskiej-Curie”, w którym do kąpiel oraz w pijalni wykorzystywana była woda z tego źródła.

Łagodny wzrost poziomu zwierciadła wody zarejestrowano również w otworze nr 45, aż do momentu ustabilizowania się na wysokości około 60 cm powyżej głowicy odwiertu. Pierwsza zmiana zwierciadła wody, obserwowana w dniu 3. 07. 2000 r. w godz. 16<sup>00</sup> do 17<sup>00</sup>, była reakcją na zmiany wydajności źródła Skłodowska-Curie,

związane ze sztucznym spiętrzeniem wody w zbiorniku nad wypływami wód tego ujęcia. Kolejne dwa wahnięcia poziomu wody (3. 07. o godz. 22<sup>00</sup> i 4. 07. o godz. 5<sup>00</sup>) w otworze nr 45 były natychmiastową reakcją na chwilowy wzrost poziomu wody (o około 10 cm) w basenie wywołany dolewaniem wody termalnej z ujęcia L-2. Również zaobserwowane w tym samym czasie zmiany wydajności ujęć Skłodowska-Curie i Dąbrówka były związane z chwilowymi zmianami zwierciadła wody w basenie „Wojciech”.

W wyniku przeprowadzonych badań, w warunkach zbliżonych dla pomiarów wydajności źródła Wojciech wykonywanych przed jego remontem, stwierdzono, że po niedługim okresie stabilizacji poziomu wody w basenie (po około 30 minutach) wydajność źródła Wojciech przewyższyła wydajność źródła Skłodowska-Curie. Zależność taka utrzymywała się przez cały okres równoczesnych pomiarów wydajności tych ujęć, podczas dwudniowego napełnienia wody w basenie (pomiarów wydajności źródła Wojciech nie wykonywano jedynie podczas wydawania zabiegów kąpielowych w dniu 4. 07. w godz. od 6<sup>30</sup> do 13<sup>00</sup>).

Wykonane w trakcie badań dodatkowe pomiary temperatury i PEW wody wskazują, że zmiany ilościowe wody nie są związane ze zmianami jakościowymi, a więc zmiany ilościowe wody na pewno nie wynikają z ewentualnych dopływów wód zwykłych do badanych ujęć.

## 5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania w pełni potwierdziły istnienie silnych współzależności pomiędzy zmianami wydajności płytkich ujęć wód termalnych Łądku Zdroju.

Szczególnie silne powiązania hydrauliczne stwierdzono pomiędzy źródłami Wojciech i Skłodowska-Curie, których średnia sumaryczna wydajność przed remontem basenu „Wojciech” (2,13 dm<sup>3</sup>/s) i po remoncie (2,12 dm<sup>3</sup>/s) pozostała taka sama. Zmiana relacji pomiędzy wartościami ich wydajności (zwiększenie się wydajności ujęcia Skłodowska-Curie) wynika ze zmiany warunków wykonywania pomiarów.

Stwierdzone zmiany wydajności źródeł na wskutek spiętrzenia wód w basenie „Wojciech” wyniosły od około 18% dla ujęcia Dąbrówka i 22% dla ujęcia Chrobry, aż do ponad 45% dla ujęcia Skłodowska-Curie. Jak silne jest powiązanie pomiędzy źródłami świadczy m.in. zaskakujący fakt stwierdzenia reakcji odległego źródła Dąbrówka na zachodzące zmiany.

Przedstawiony schemat połączeń hydraulicznych jest zgodny z dotychczasowymi poglądami o hydrogeologicznych warunkach wypływu wód termalnych w Łądku Zdroju [1].

Wydaje się, że pomiary stacjonarne wykonuje się w źródłach w warunkach nieustabilizowanych oddziaływań pomiędzy ujęciami (pomiar wykonywany jest rano

bezpośrednio po napełnieniu basenu). Pomiar wydajności ujęcia Wojciech powinien być wykonywany po dłuższym okresie od chwili napełnienia basenu, przy rzeczywiście ustabilizowanym poziomie wody. Zdaniem autorki najdokładniejsze wyniki uzyska się dopiero po zakończeniu kąpieli w basenie oraz dodatkowo po ustaniu falowania zwierciadła wody.

Reasumując, dzięki przeprowadzonym badaniom wykazano, że:

- zwiększanie wydajności badanych ujęć jest bezpośrednio związane ze wzrostem wysokości zwierciadła wody w basenie znajdującym się nad źródłem Wojciech,
- płytkie ujęcia wód leczniczych Łądku Zdroju tworzą jeden system hydrauliczny i oddziałują pomiędzy sobą na zasadzie naczyń połączonych.

#### LITERATURA

- [1] CIĘŻKOWSKI W., *Hydrogeologia i hydrochemia wód termalnych Łądku Zdroju*, Probl. Uzdrow., z. 4 (150), Warszawa, 1980, 125–193.
- [2] CIĘŻKOWSKI W., DOKTÓR S., GRANICZNY M., KABAT T., KOZŁOWSKI J., LIBER-MADZIARZ E., PRZYLIBSKI T., TEISSEYRE B., WIŚNIEWSKA M., ZUBER A., *Próba określenia obszarów zasilania wód leczniczych pochodzenia infiltracyjnego w Polsce na podstawie badań izotopowych. Zał. 20. Złoże wód leczniczych Łądku Zdroju*, Arch. ZBU „Zdroje”, Wrocław 1996.
- [3] GIERWIELANIEC J., *Z geologii Łądku Zdroju*, Pr. Nauk. Inst. Geotech. PWr., Nr 5, Wrocław 1970.
- [4] LIBER A., LIBER-MADZIARZ E., *Analiza falkowa wydajności ujęć wód leczniczych w Łądku Zdroju. Współczesne problemy hydrogeologii*, T. 11, Cz. 1, Gdańsk 2003, 377–380.
- [5] LIBER-MADZIARZ E., *Zmienność wydajności ujęć wód leczniczych eksploatowanych samoczynnie ze złóż sudeckich*, Praca doktorska, Raporty Inst. Gór. Ser. PRE nr 3, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2001.
- [6] LIBER-MADZIARZ E., LIBER A., *Modelowanie wydajności ujęć termalnych wód leczniczych eksploatowanych samoczynnie w Łądku Zdroju przy zastosowaniu sieci neuronowych*, Modelowanie i symulacja komputerowa w technice. II Sympozjum. Wyższa Szkoła Informatyki, Wydaw. WSI, Łódź 2003, 111–114.
- [7] OSTROWICZ A., *Lanek w hrabstwie Kłockiem w Szląsku*, Poznań 1881.

#### RELATIONSHIPS OF ŁĄDEK ZDRÓJ THERMAL WATERS SPRINGS

Research confirmed the existence of strong relationships between changes of yields of Łądek Zdrój shallow thermal waters intakes. Significant hydrogeological connections between Wojciech and Skłodowska-Curie springs have been stated. Their total average yield remains the same after the renovation of “Wojciech” pool in 1997. The change of those springs yields ratio was caused by the change of “Wojciech” pool infilling conditions and by different measurements methods.