

206572 L/1

na prawach rękopisu

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
INSTYTUT GEOTECHNIKI

Komunikat nr 284

HYDROGEOLOGIA I HYDROCHEMIA
WOD TERMALNYCH ŁĄDKA ZDROJU

Wojciech Ciężkowski

Praca doktorska

Promotor : Doc. dr Janusz Gierwielaniec

WROCŁAW 1978

4812 0904003

mgr inż. Wojciech Ciężkowski

Instytut Geotechniki
Politechniki Wrocławskiej
Wrocław, Pl. Grunwaldzki 9

Komunikat wpłynął w czerwcu 1978

S P I S T R E Ś Ć I :

WSTĘP		4
-------	--	---

C Z Ę Ś Ć O G Ó L N A

ROZDZIAŁ I.	HISTORIA DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ HYDROGEOLOGICZNYCH	6
-------------	---	---

ROZDZIAŁ II.	FIZJOGRAFIA OKOLIC ŁĄDKA ZDROJU	
II.1.	Rzeźba terenu	10
II.2.	Zarys warunków klimatycznych	13
II.3.	Sieć hydrograficzna	15

ROZDZIAŁ III.	PRZEGLĄD FORMACJI SKALNYCH REGIONU	
III.1.	Litologia i stratygrafia	17
III.2.	Tektonika	27

ROZDZIAŁ IV.	OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOLOGICZNA OBSZARU ŁĄDKA ZDROJU ; WODY ZWYKŁE	
IV.1.	Wody osadów aluwialnych	34
IV.2.	Wody utworów zwietrzelinowych	35
IV.3.	Wody szczelinowe płytkiego krążenia	36
IV.4.	Wody szczelinowe głębokiego krążenia	39
IV.5.	Źródła wód zwykłych	41
IV.6.	Skład chemiczny wód zwykłych	43

C Z Ę Ś Ć S Z C Z E G Ó Ł O W A

ROZDZIAŁ V.	WODY TERMALNE ŁĄDKA ZDROJU	
V.1.	Metodyki dotychczasowych badań wód z istnieją- cych ujęć	48
V.2.	Wyniki badań wydajności poszczególnych ujęć ..	59
V.3.	Wyniki badań temperatur wód z poszczególnych ujęć	67
V.4.	Omówienie składu chemicznego wód termalnych ; zjawisko ich rozcieńczania	74

ROZDZIAŁ VI.	POCHODZENIE SKŁADNIKÓW CHEMICZNYCH WÓD TERMALNYCH ŁĄDKA ZDROJU	
VI.1.	Warunki hydrogeochemiczne	83
VI.2.	Pochodzenie wody w świetle badań izotopowych ..	85
VI.3.	Pochodzenie rozpuszczonych składników stałych	
VI.3.1.	Makroelementy	87
VI.3.2.	Pierwiastki śladowe	90
VI.3.3.	Składniki radioaktywne	94
VI.4.	Pochodzenie składników gazowych	102
VI.5.	Tworzenie się typu $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$ wód termalnych ..	105
ROZDZIAŁ VII.	ANOMALIE GEOTERMICZNA I HYDROCHEMICZNA NA OBSZARZE ŁĄDKA ZDROJU	108
ROZDZIAŁ VIII.	KRĄŻENIE ŁĄDECKICH WÓD TERMALNYCH	113
ROZDZIAŁ IX.	OKREŚLENIE ZASÓBÓW WÓD TERMALNYCH ŁĄDKA	119
ROZDZIAŁ X.	OMÓWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI	126
ROZDZIAŁ XI.	PIŚMIENNICTWO	132

W S T P

Wody termalne stały się ostatnio przedmiotem żywszego zainteresowania w aspekcie ich wykorzystania jako naturalne źródło energii. Sudety stanowią w tym przypadku szczególnie perspektywiczny obszar ich uzyskania; występujące tu w obrębie skał krystalicznych wody termalne charakteryzują się niską mineralizacją, ważną przy ich energetycznym wykorzystaniu, a dodatkowo zawierają przeważnie składniki specyficzne pozwalające uznać te wody za lecznicze.

Mała liczba opracowań w literaturze światowej na temat wód tego rodzaju wynika z trudności, jakie stwarza ich szczelinowy charakter oraz warunki panujące na drodze ich przepływu podziemnego. Rozwój metod badawczych przyniósł w ostatnich latach szereg nowych danych, które w przypadku wód sudeckich omówione zostały zbiorczo przez J. Dowgiałkę w pracy "Wody termalne Sudetów" [46].

Celem niniejszej pracy, wykonanej w ramach Studium Doktoranckiego w Instytucie Geotechniki Politechniki Wrocławskiej w latach 1974-78, jest możliwe najpełniejsze określenie warunków hydrogeologicznych i hydrogeochemicznych wód termalnych wypływających na obszarze Łąka Zdroju.

Założenia pracy obejmują:

- 1 - wykazanie ewentualnych zmienności parametrów poszczególnych źródeł wód termalnych oraz ich współzależności,
- 2 - ocenę wpływu czynników zewnętrznych na wody termalne dążące do wypływów,
- 3 - stwierdzenie oddziaływania wód termalnych na najbliższe otoczenie ich wypływów,
- 4 - określenie pochodzenia poszczególnych składników zawartych w omawianych wodach,

- 5 - określenie struktury źródłowej wód termalnych,
- 6 - określenie zasobów tych wód,
- 7 - prześledzenie pionowej strefowości wód szczelinowych.

Przedstawione problemy rozwiązałem w oparciu o zebrane i u-systematyzowane materiały publikowane i niepublikowane /archiwalne/ oraz dodatkowe badania własne. W pracy wykorzystałem szereg metod nie zawsze związanych z klasyczną hydrogeologią.

Podstawowy materiał wykorzystany w pracy stanowiły wyniki stacjonarnych badań ujęć wód termalnych z lat 1955-77, w których brakiem czynny udział w latach 1975-77 oraz rezultaty prac geologiczno-poszukiwawczych prowadzonych na terenie uzdrowiska Łądek Zdrój. Prace te, wykonane w latach 1969-73 pod kierunkiem dr. J. Fistka, mgr Z. Szarszewskiej oraz doc. dr hab. J. Dowgiałły jako weryfikatora, objęły szereg prac geofizycznych i wiertniczych, a ich wyniki dalej niewykorzystane znajdowały się w archiwach.

Promotorowi niniejszej pracy - doc. dr J. Gierwielącowi jak i wyżej wymienionym Osobom oraz memu Ojcu, mgr M. Ciężkowskiemu, który od 1948r. sprawował nadzór nad źródłami łądeckimi, chciałbym w tym miejscu złożyć serdeczne podziękowania za przedyskutowanie wielu problemów i okazaną pomoc przy opracowywaniu niniejszej pracy.

C Z Ę Ś Ć O G Ó L N A

ROZDZIAŁ I. HISTORIA DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ HYDROGEOLOGICZNYCH

Lądek Zdrój był od dawna przedmiotem licznych badań naukowych ze względu na występujące tam wody termalne wykorzystywane do celów leczniczych.

Dokładny opis historii uzdrowiska i jego źródeł na przestrzeni dziesięciu wieków przedstawiony został w pracach: B. Wagnera [132], L. Makowskiego [86], T. Brzezińskiego [14], N. Gaweł [58] oraz M. Ciężkowskiego [20].

Wyniki badań naukowych dotyczących Lądka Zdroju i jego okolic do roku 1967 przedstawił J. Gierwielaniec [62]. W porządku chronologicznym omówił on publikacje i materiały niepublikowane z zakresu geologii i hydrogeologii, a także geografii.

Omawiając przebieg badań hydrogeologicznych na obszarze Lądka i jego okolic należy na początku wspomnieć o dwóch pracach dotyczących wód termalnych Lądka, a pochodzących z przed roku 1945.

H. Ebert [51] na podstawie szeregu profilowań promieniotwórczości alfa w podłożu doszedł do wniosku, że wypływy omawianych wód należy wiązać z uskokami o kierunku NW-SE, z którymi związane są żyły lamprofiru. Według L. Fincka i in. [52] wody te są pochodzenia juwenilnego i wiążą się z przejawami ostatniej działalności wulkanicznej na tym obszarze.

Prace powojenne rozpoczęły się od inwentaryzacji istniejących ujęć oraz ich modernizacji. W latach pięćdziesiątych przeprowadzono przebudowę ujęć źródeł "Wojciech" i "Jerzy", wykonując równocześnie badania współzależności poszczególnych ich wpływów.

Z okresu tego pochodzą pierwsze opracowania mające na celu sporządzenie dokumentacji hydrogeologicznej eksploatowanych wód. J. Dowgiątko [33] zebrał istniejące dane poniemieckie i zasugerował, że wypływy omawianych wód termalnych związane są z krzyżowaniem uskoków o kierunkach NW-SE i NE-SW. J. Gierwielaniec jest natomiast autorem szczegółowego zdjęcia geologicznego i szkicu hydrogeologicznego Łącka i okolic [59] [60].

W oparciu o powyższe materiały oraz własne badania terenowe i istniejące wyniki pomiarów źródeł Z. Szarszewska w 1967r. przedstawiła ostateczną dokumentację wód termalnych Łącka [117].

Krótką charakterystyką wód oraz stan aktualnych badań prowadzonych w uzdrowisku do roku 1966 przedstawione zostały przez J. Teisseyre [130] [131]. J. Fistek [53] omawiając wody Łącka uznał je za ostatni przejaw działalności magmowej, a ich wędrówkę ku górze związał z uskokami o kierunku sudeckim /NW-SE/, wypchniętymi lamprofirami i odnowionymi w trzeciorzędzie.

Wyniki swych kilkuletnich prac terenowych przedstawił J. Gierwielaniec również w pracach [61] [63] [64]. W dwu pierwszych daje on także kilka uwag na temat wód termalnych. Autor ten uważa, że wystąpienie omawianych wód związane jest ze spękaniem w obrębie gnejsów o kierunkach od NW-SE do N-S oraz, że wody te są pochodzenia meteorycznego.

Badania radioaktywności wód Łącka stanowiły przedmiot publikacji M. Szmytówny [121] [122] /w pierwszej z nich omówione zostały także pozostałe czynniki farmakodynamiczne wód łądeckich/ oraz opracowania J. Głowackiego [67], w którym przedstawił on mapę radiohydrogeologiczną Łącka i okolic, wykonaną na podstawie badań w 625 wodopunktach.

W związku z ciągłym rozwojem uzdrowiska istniejące naturalne wypływy nie były w stanie zaspokoić ciągle rosnącego zapotrzebo-

wania na wodę leczniczą. Dlatego też w latach 1969-1973 podjęto szereg prac mających na celu uzyskanie nowych źródeł wód termalnych; ich wyniki zawarte są w dokumentacjach powykonawczych.

Prace te objęły:

- 1/ badania geofizyczne /geoelektryczne i magnetyczne/ które potwierdziły przebieg znanych uskoku i ponadto wykazały istnienie nowych stref spękań [55] [74] ;
- 2/ badania temperatur cieków powierzchniowych, które nie stwierdziły ewentualnych dopływów ciepłych wód do cieków przepływających przez uzdrowisko [19] ;
- 3/ wykonanie 853 sond płytkich do głębokości 2,0-2,5 m, w których pomierzono temperaturę oraz zawartość radonu w powietrzu glebowym [120] ;
- 4/ wykonanie 53 płytkich odwiertów do głębokości 25-30 m, w których pomierzono zawartości radonu w wodzie i wykonano analizy chemiczne tych wód; odwierty te posłużyły także do wyznaczenia stopnia geotermicznego [120] ;
- 5/ wykonanie dwu głębokich odwiertów, z których jednym o głębokości 600 m /L-1/ ujęto wody zwykłe [118], zaś drugim o głębokości 700 m /L-2/ ujęto wody termalne [119] .

Wykonane przeze mnie makroskopowe opisy rdzeni wiertniczych z obu głębokich otworów zamieściłem w komunikatach [21] [22] , omawiając równocześnie warunki wodne w tych otworach. W przypadku odwiertu L-2 pozwoliło mi to na wysunięcie wniosku, że wyprowadzenie wód termalnych z głębi należy wiązać z uskokiem Łącka Zdroju o kierunku NE-SW.

Nowe światło na genezę i wiek eksploatowanych w Łącku wód rzuciły badania izotopowe ich składników. Zawartości ciężkich izotopów tlenu i wodoru przedstawione zostały przez J. Dowgiątkę [40] ,

skład izotopowy siarki przez W. Żuka i in. [141], a oznaczenie wieku metodą trytową i radiowęglą przedstawił J. Dowgiałko i in. [42].

W opublikowanym w trakcie wykonywania niniejszej pracy artykule "Wody termalne Sudetów" [46], J. Dowgiałko wiele uwagi poświęca również wodom Łądką, opierając się na powyższych oraz jeszcze nieopublikowanych wynikach badań. Dodatkowo w pracach [44] [45], tenże autor poruszył sprawę warunków termicznych panujących na drodze krążenia wód wykorzystując zagadnienie hydrogeotermometrii.

Studia nad składem chemicznym wód szczelinowych na terenie Łądką pozwoliły mi na stwierdzenie zjawiska mieszania się wód termalnych z wodami zwykłymi [23]. Problem ten, również w przypadku innych wód leczniczych Sudetów podałem także w artykule [24].

Istniejące ujęcia wód termalnych w Łądku są obiektem szczególnej troski. Ewentualny wpływ eksploatacji kamieniołomu bazaltu położonego około 2500 m na NE od źródeł, poruszony został już w 1959 roku przez J. i H. Teisseyrów [129]. Dopiero wykonane w 1974 roku prace sejsmiczne stwierdziły, że wpływ ten nie stanowi zagrożenia dla istniejących ujęć wód leczniczych [30].

We wszystkich eksploatowanych ujęciach źródeł od 1955 roku, a w odwiercie L-2 od 1976, prowadzone są regularnie badania stacjonarne przez pracowników Uzdrawiskowego Zakładu Górniczego. Od roku 1962 raz na rok wykonywane są analizy chemiczne wód termalnych przez obecne laboratorium Biura Projektów i Usług Technicznych Branży Uzdrawiskowej "Balneoprojekt" w Szczawnie Zdroju³².

³² było laboratorium Obsługi Technicznej Uzdrawisk.

ROZDZIAŁ II. FIZJOGRAFIA OKOLIC ŁĄDKA ZDROJU

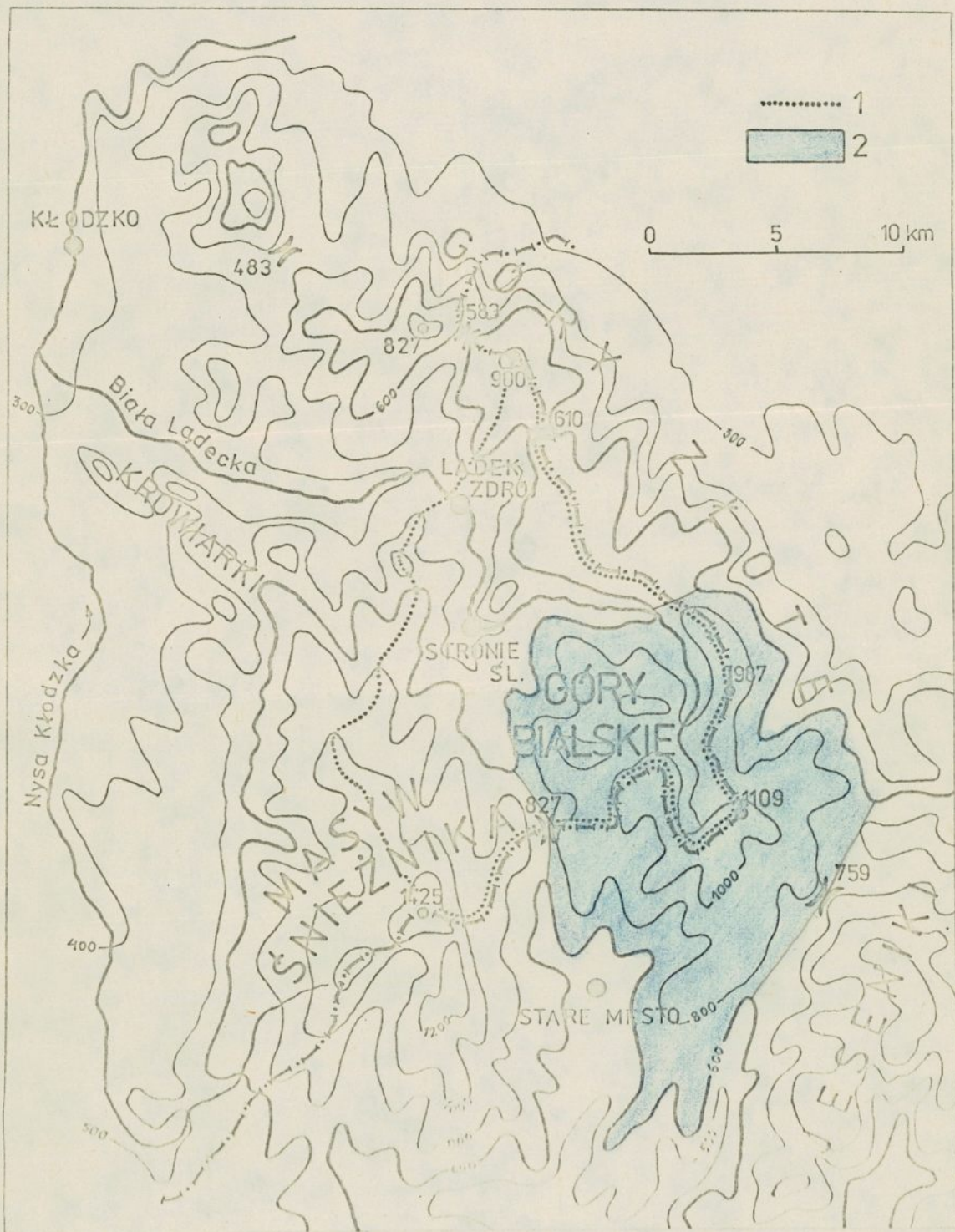
II.1. Rzeźba terenu

Naturalne obrzeżenie Kotliny Kłodzkiej od wschodu stanowią Góry Złote, Bialskie i Masyw Śnieżnika, należące razem według podziału geomorfologicznego do Sudetów Wschodnich /rys. 2.1 /.

Łądek Zdrój położony jest w obrębie Gór Złotych na wysokości 430-500 m npm, w odległości 25 km na SE od Kłodzka.

Góry Złote tworzą wąskie, w większości zalesione pasmo, ciągnące się łukiem od Prz.Kłodzkiej (483) na NW, po źródła Białej Łądeckiej na S. Przełęcz Różaniec (583) i Łądecka (610) dzieli całość na trzy człony, których kulminacjami są, idąc od północy, Jawornik Wielki (827); Borówkowa (900) i najwyższy szczyt pasma - Kowadło (987). Od głównego grzbietu odchodzą krótkie odnogi, oddzielone od siebie dolinami potoków. Doliny te, szersze w partiach źródłowych i przy ujściu, w swym środkowym biegu wcinają się głęboko w litą skałę. Pasma urozmaicone jest kilkoma wylewami bazaltu oraz licznymi skałkami i blokowiskami. Deniwelacje między dnem doliny a grzbietem pasma sięgają 400 m.

Dolina rzeki Białej Łądeckiej ogranicza od S i W pasmo Gór Złotych. Dolina, wąska w górnym biegu rzeki rozszerza się w pobliżu Stronia Śląskiego oraz za Łądkiem, tworząc nieckowate śródgórskie obniżenia. Kierunek biegu rzeki ulegając kilkakrotnym załamaniom, nawiązuje do starych założeń tektonicznych. Na uwagę zasługuje silna asymetria doliny. Zbocza prawostronne stromo opadają ku rzece, natomiast lewostronne mają charakter bardziej łagodny. W dolinie można zaobserwować terasy: fragmentaryczne - plicceńską /30-40 m ponad dnem doliny/ i - plejstocieńską wysoką /ok. 15 m ponad dnem/



Rys. 2.1. Szkic morfologiczny wschodniej części Ziemi Kłodzkiej oraz obszarów przyległych.

- 1 - granica zlewni topograficznej rzeki Biała Łądecka,
- 2 - przypuszczalny obszar zasilania wód termalnych Łądką Zdroju.

oraz współczesne - holoceniską zalewową wzniesioną /0,5-1,5 m/oraz
- nadzalewową /1,5-2,5 m/. Wypełniają one dno
doliny oraz boczne dolinki cieków [138].

Miejscami /głównie w odcinkach przełomowych/ rzeka płynie po li-
tej skale.

Góry Bialskie, graniczące z SE częścią Gór Złotych, stano-
wią zwartą grupę górską o wyrównanej wierzcholinie na wysokości
około 1000 m npm, urozmaiconą niewielkimi kopułkami szczytów.
Najwyższym wzniesieniem jest Postawna (1124) .

Masyw Śnieżnika tworzy charakterystyczny rozróg z dominu-
jącą kopułą Śnieżnika (1425). Poszczególne ramiona poprzedzie-
lane są głębokimi dolinami o stromych zboczach. Krowiarki, sta-
nowiące północną część jednego z ramion rozrogu, tworzą pasmo
łagodnych wzgórz i otaczają od południowego zachodu Łądek Zdrój.

W ukształtowaniu powierzchni można wyróżnić za W. Walcza-
kiem [134] trzy horyzonty rzeźby związane z trzeciorzędowym od-
młodzeniem krajobrazu:

- horyzont rzeźby I - o założeniach paleogeńskich - obejmu-
je resztki szczytowej powierzchni
Sudetów o wysokości średnio
1000 m npm,
- horyzont rzeźby II - dolnomioceni - obejmuje powierzch-
nie zrównań na wysokości 600-800m npm,
- horyzont rzeźby III - założony w górnym miocenie i plio-
cenie obejmuje łagodne zbocza, dna
współczesnych dolin oraz obniżeń
śródgórskich na wysokości 400-500 m.

Czwartorzęd został rzeźbą tego obszaru zbliżoną do współ-
czesnej. Z okresu tego pochodzą blokowiska pokrywające stoki
oraz holoceniskie wypełnienie osadami den dolin.

Miejscowość Łądek Zdrój leży wzdłuż doliny Białej Łądeckiej zmieniającej tu kierunek z SW-NE na SE-NW. Natomiast samo uzdrowisko, położone na południowo zachodnich zboczach Gór Żłoty, rozciągnęło się wzdłuż doliny Potoku Grodzkiego.

Biblioteka
Pol. Wrocl.

II.2. Zarys warunków klimatycznych

Zarys warunków klimatycznych Łącka Zdroju omówiony został na podstawie wieloletnich obserwacji meteorologicznych prowadzonych w stacji IMGW w Łądku /tabela 2.1 /. Stacja położona jest na stożku południowo-zachodnim na wysokości 460 m n.p.m.

Temperatura. Średnia roczna temperatura powietrza z wielolecia /70 lat/ wynosi $6,6^{\circ}\text{C}$. Najcieplejszym miesiącem jest lipiec ze średnią temperaturą $15,8^{\circ}\text{C}$, zaś najchłodniejszym styczeń ze średnią temperaturą $-3,0^{\circ}\text{C}$. W dziesięcioleciu 1961-70 najwyższą zanotowaną była temperatura $+32,2^{\circ}\text{C}$ /lipiec/, zaś najniższą $-25,0^{\circ}\text{C}$ /styczeń/.

Opady. Średnia sumarycznych opadów rocznych z 65 lat wynosi 856,7 mm. Maksymalne opady miesięczne występują w lipcu: wynoszą średnio 134,0 mm, zaś minimalne notujemy w lutym i styczniu /40,8 i 41,0 mm/. Większa część opadów miesięcy letnich związana jest z burzami /blisko połowa dni burzowych w roku przypada na dwa miesiące: czerwiec i lipiec/. Według danych z lat 1891-1930 i 1951-1970, przeciętnie w roku jest 178 dni z opadem, w tym 61 z opadem śniegu.

Wilgotność i zachmurzenie osiągają swe najwyższe wartości w miesiącach późnojesiennych i zimowych, co przy krótkim dniu decyduje o niekorzystnych warunkach klimatologicznych tych miesięcy.

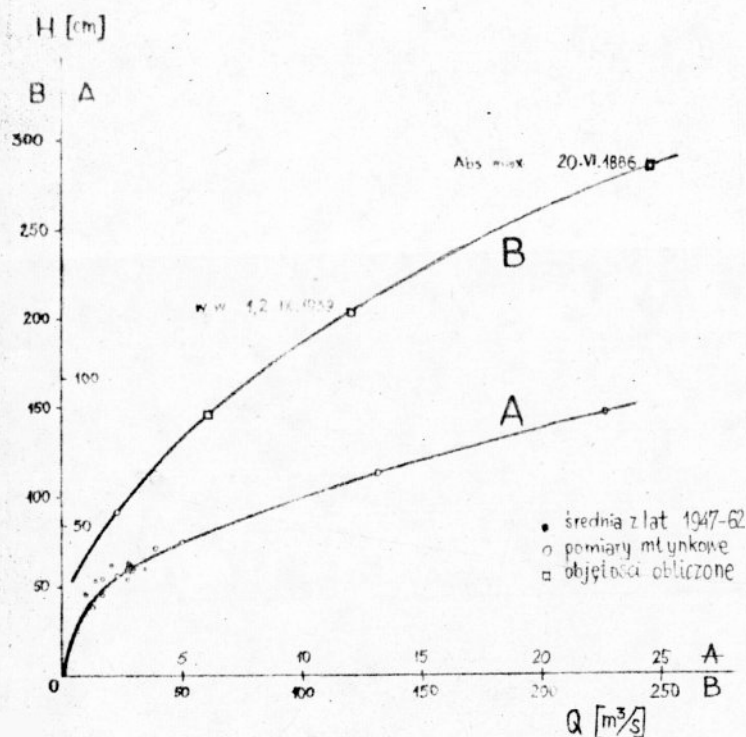
Tabela 2.1: Wartości średnich miesięcznych i rocznych poszczególnych parametrów meteorologicznych wg danych stacji IMGW w Łądku Żdroju

	m i e s i a c e												r o k	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	suma	średnia
temperatura powietrza [°C] 1881-1930, 1951-1970	-3,0	-1,9	1,2	6,0	11,0	14,2	15,8	14,9	11,8	7,6	2,6	-1,6		6,6 (apli- tuda 18,8)
opady [mm] 1891-1930, 1951-1976	41,0	40,8	49,1	62,9	99,7	103,7	134,0	101,8	71,7	57,5	52,9	41,6	556,7	
wilgotność względna [%] 1949-1970	81,2	80,5	78,1	76,4	75,5	75,8	77,3	79,3	79,5	80,8	83,5	83,6		80,1
zachmurzenie skala 1-10 1891-1930, 1958-1970	7,5	7,0	7,0	6,6	7,1	6,2	7,0	7,1	6,8	6,5	7,5	7,8		7,0

II.3. Sieć hydrograficzna

Wysokie roczne opady w obrębie gór spowodowały powstanie silnie rozwiniętej sieci hydrograficznej.

Biała Łądecka, główny ciek omawianego obszaru, jest prawobrzeżnym dopływem Nysy Kłodzkiej i liczy od źródeł /ok. 1050m n.p.m./ do woloskazu w Łądku /420,5 m n.p.m./ około 30 km długości. Wodowską ten zamyka zlewnię o powierzchni 164 km², obejmującą prawie w całości tereny górskie. Wynikający stąd charakter rzeki obrazuje krzywa konsumpcyjna wykonana na podstawie 40-letnich pomiarów /rys. 2.2 /.



Rys. 2.2. Krzywa konsumpcyjna rzeki Biała Łądecka - wodowskaz Łądek Zdrój; wg. J. Gierwielanica [59].

Z asymetrią doliny Białej Łądeckiej wiąże się też asymetria sieci dopływów. Dopływy lewostronne pomimo, że mniej liczne, z reguły są dłuższe, płyną płaskimi dolinami i odprowadzają wody z większego obszaru.

Na terenie Łądku lewobrzeżnym dopływem jest Potok Czerwony, natomiast prawobrzeżnymi dopływami rzeki są: Potok Zamkowy, Potok Grodzki i Lutynianka /Rudnia/.

Orientacyjne dane dotyczące wymienionych cieków przedstawia tabela 2.2.

Wodostany Białej Łądeckiej oraz jej dopływów ulegają znacznym wahaniom w zależności od ilości opadów. Podczas okresów suchych niektóre z cieków prawie zanikają, natomiast po dużych opadach nagle wzbierają, zalewając nawet część

Tabela 2.2. Charakterystyka potoków przepływających przez obszar Łącka Zdroju, wg [91], [103].

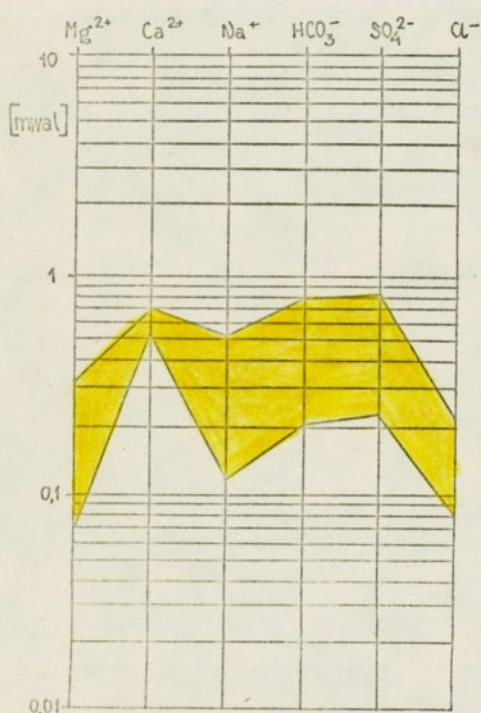
	długość	powierzchnia zlewni	przepływ śr. roczny wg wzoru Iszkowskiego	jednostkowy spływ roczny
	km	km ²	l/s	l/s . km ²
Potok Czerwony	4,7	6,60	61,5	9,3
Potok Zamkowy	2,2	2,40	17,8	7,4
Potok Grodzki	3,9	5,95	86,3	14,5
Lutynianka /Rudnia/	5,8	7,08	53,3	7,6

miejską Łącka /np. 1961r/.

Woda z Białej Łądeckiej charakteryzuje się składem chemicznym typu

SO₄-HCO₃-Ca-/Na/ /rys.2.3/:

$$\frac{SO_4^{20-69} HCO_3^{16-62}}{Ca^{39-78} Na^{11-25}}$$
 przy mineralizacji ogólnej 57-90 mg/l /11 analiz/ [90].



Rys. 2.3. Skład chemiczny wody z rzeki Biała Łądecka odwzorowany na wykresie Schoelera.

ROZDZIAŁ III. PRZEGLĄD FORMACJI SKALNYCH REGIONU

Iądek Zdrój wraz ze swymi źródłami wód termalnych leży w obrębie jednostki geologicznej zwanej metamorfikiem Iądka i Śnieżnika. Ze względu na specyficzną budowę tej jednostki w niniejszym rozdziale przedstawiłem krótką charakterystykę całej jednostki.

Metamorfik Iądka i Śnieżnika stanowi fragment północno-wschodniego brzegu Masywu Czeskiego i jest najbardziej ku wschodowi wysuniętą jednostką Sudetów Środkowych. Ograniczona jest ona od zachodu rowem Nysy Kłodzkiej, od północnego wschodu brzeżnym uskokiem sudeckim, a od północnego zachodu granitoidowym masywem kłodzko-złotostockim. Granicę wschodnią i południową stanowi nasunięcie ramzowskie.

Opis budowy geologicznej metamorfiku przedstawiony został zgodnie z obecnie obowiązującymi poglądami /np. [31] [96] /.

III.1. Litologia i stratygrafia

Na przedstawionym szkicu geologicznym metamorfiku Iądka i Śnieżnika (rys. 3.1) obraz intersekcyjny przedstawia partie korzeniowe jednostki ściętej do strefy mezo. Zdegradowana warstwa o miąższości kilku km została usunięta erozyjnie [48]. W obrębie metamorfiku wyróżniono trzy główne zespoły skalne:

- łupkową serię strońską,
- zespół gnejsów gieraltowskich,
- zespół gnejsów śnieżnickich.

Ogólnie skały krystaliczne zajmują około 95% powierzchni omawianej jednostki, pozostałą część stanowią trzecio- i czwartorzędowe osady związane głównie z dolinami rzek.



Rys.3.1. Szkic geologiczny metamorfiku Łądku i Śnieżnika,
wg J.Dona [31] i J.Oberca [97]

1 - kompleks łupkowy serii strońskiej, 2 - gnejsy, 3 - granito-
idy: a/ bialskie, b/ jawornickie, c/ złotostockie, 4 - granit,
5 - fyllity i wapienie jednostki Branny w Sudetach wschodnich,
6 - skały górnokredowe, 7 - uskoki, 8 - osie antyklinoriów:
I-Skrzynki, III-Radochowa, V-Gieraków, VII-Międzygórze,
9 - osie synklinoriów: II-Orłowa, IV-Łądek, VI-Śnieżnika.

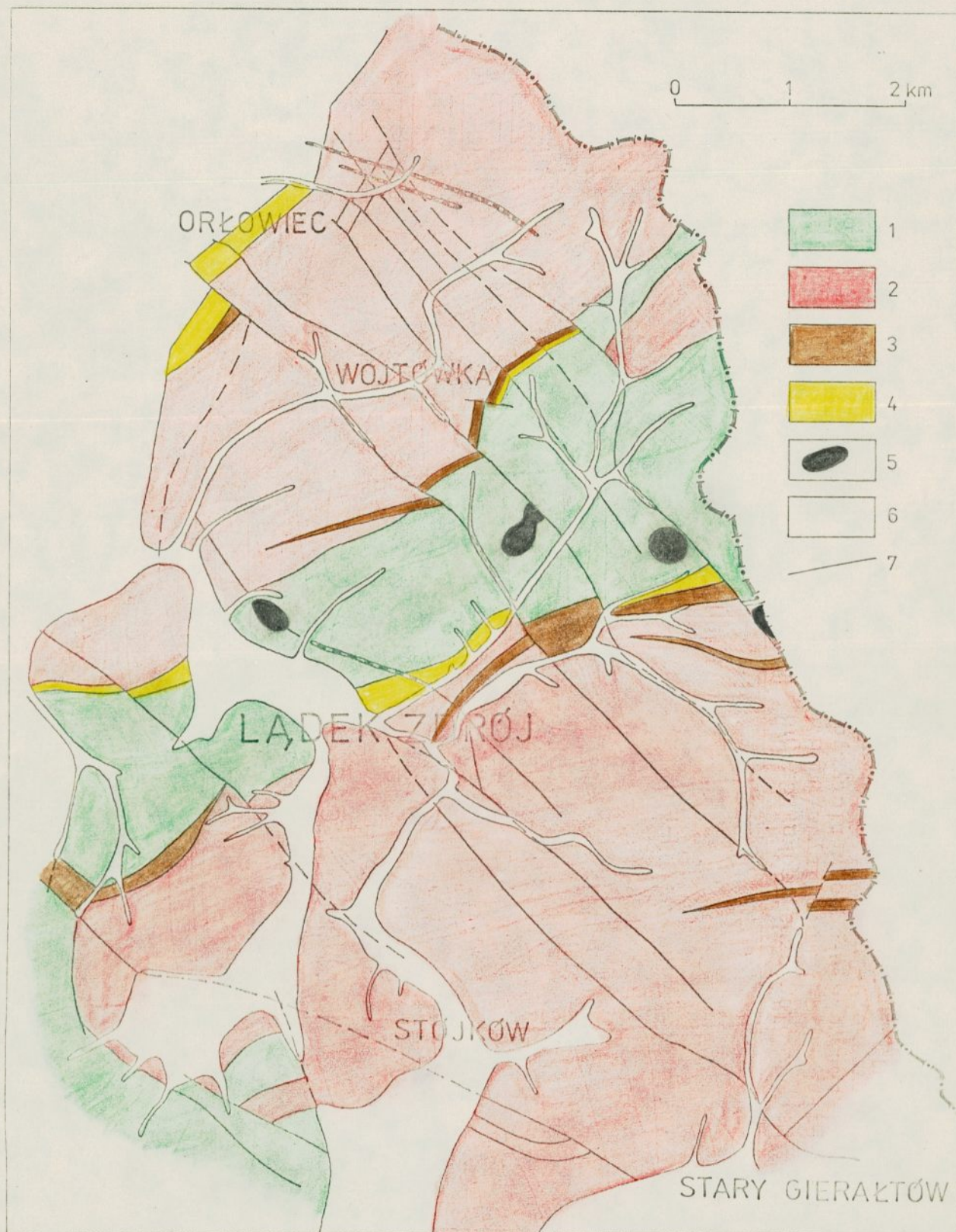
Tabela 3.1: Skład mineralny i wyniki analiz chemicznych skał okolic Łądku Zdroju

Rzeczywisty skład mineralny w % objętościowych

1. łupek łyszczykowy o przewadze muskowitu^{1/}
 2. łupek mikowo granatowy, Sienna^{2/}
 3. wapień krystaliczny, Lutynia^{3/}
 4. amfibolit, SW od Lutyni^{2/}
 5. gnejs gierałtowski, G. Cierniak 595^{/2}
 6. gnejs gierałtowski, Stojków^{2/}
 7. gnejs gierałtowski, Orlik 1068^{/2}
 8. gnejs oczkowy, Trojak 766^{2/}
 9. gnejs oczkowy, mikroklinowo-oligoklazowy^{1/}
 10. gnejs blastomylonityczny^{2/}
 11. granodioryt, Orłowiec^{3/}
 12. wogezyt, Łądek Zdrój^{2/}
 13. tonalit, Bielice^{2/}
 14. bazalt, Łądek Zdrój^{4/}
2. kwarc 38,8; biotyt 23,8; muskowit 20,6; staurolit 14,2; granat 15 ;
tlenki Fe 0,7 ; cyrkon 0,3 ; apatyt 0,1 ; epidot śl.;
4. plagioklaz 17,8; skałen potasowy śl.; kwarc 4,6 ; hornblenda 69,4;
tytanomagnetyt 5,1 ; apatyt 0,9 ; chloryt 2,1; epidot śl.;
5. kwarc 40,03; mikroklin 20,8; plagioklaz /3-8% an/ 19,9 ;
plagioklaz /0-3% an/ 10,4; biotyt 4,3 ; muskowit 4,7;
6. kwarc 38,4; mikroklin 23,6; oligoklaz 27,2; biotyt 5,1; muskowit 0,8;
7. kwarc 33,0; skałen potasowy 27,4 ; plagioklaz 23,9; biotyt 19,8;
8. kwarc 26,58; ortoklaz 18,94; albit 33,90; pertyt 8,75; mymek-it 3,91;
biotyt 6,16 ; chloryt 1,34; tytanit 0, antypertyt 2,61;
10. kwarc 45,67; ortoklaz 10,20; albit + anortyt 42,92; chloryt 1,21;
11. kwarc 25,6; skałen potasowy 20,3; plagioklaz 44,1; biotyt 8,3; chloryt 1,7;
12. kwarc 0,5; skałen potasowy 4,2 ; pertyt śl.; plagioklaz 17,2;
masa skaleniowa 22,1; epidot 0,8; grenit 2,6; amfibol 45,8;
piroksen 3,9; chloryt 2,9; tlenki Fe śl.;
13. plagioklaz 42,7; masa skaleniowa 1,9; kwarc 14,7; horn-blenda 17,1;
biotyt 13,0; skałen potasowy 9,9; minerały akcesoryczne 0,7;
14. augit 65,3; oliwin 10,7; nefelin 9,8; magnetyt 7,3;
plagioklaz 6,0; kwarc 0,5 ; enstatyt 0,4;

Wyniki analiz chemicznych w % wagowych

Skład	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	59,68	57,90	2,64	47,47	75,74	74,52	76,18	70,16	68,01	79,12	69,10	49,22	57,40	42,54
TiO ₂	0,60	0,50	-	2,26	0,09	0,19	0,01	0,33	0,40	0,05	-	0,77	0,81	1,28
Al ₂ O ₃	12,04	20,98	0,09	13,26	13,11	13,68	12,01	15,59	16,48	11,77	15,84	12,61	16,81	11,77
Fe ₂ O ₃	0,76	4,24	0,50	5,05	0,31	0,75	1,32	1,27	1,47	0,48	0,86	3,45	4,15	3,15
FeO	6,75	6,36	0,09	8,38	0,95	1,25	1,22	0,86	1,42	0,41	1,18	5,31	2,26	11,21
MnO	2,29	0,14	-	0,20	śl.	śl.	-	0,01	0,01	śl.	0,03	0,13	0,34	0,25
MgO	2,59	2,66	0,74	7,08	-	0,13	0,99	0,18	0,54	śl.	1,91	10,90	4,30	11,25
CaO	6,75	0,52	53,54	10,10	0,84	1,69	1,25	1,92	2,38	1,65	1,05	9,38	5,42	10,84
Na ₂ O	1,93	0,44	śl.	2,75	3,16	2,52	3,22	3,36	3,95	4,02	3,05	2,71	4,66	3,60
K ₂ O	2,82	4,01	śl.	1,60	5,28	5,35	3,36	5,54	5,21	2,10	5,13	2,19	3,31	1,65
H ₂ O ⁻	0,19	0,12	0,12	0,13	0,05	0,12	-	0,14	0,06	0,38	0,18	0,38	0,03	0,34
H ₂ O ⁺	1,33	2,58	0,05	1,73	0,55	0,42	0,72	0,58	0,54	0,17	1,37	3,28	0,51	0,73
P ₂ O ₅	1,93	śl.	0,15	śl.	0,15	śl.	śl.	śl.	0,25	śl.	-	-	0,57	1,05
CO ₂			42,61											
Suma	99,71	100,45	100,55	100,01	100,23	100,62	100,78	99,94	100,74	100,14	99,75	100,33	100,58	99,66



Rys.3.2. Szkic geologiczny okolic Łądka Zdroju
wg J.Gierwielańca [63]

1 - łupki serii strońskiej, 2 - gnejsy gieraktowskie, 3 - gnejsy śnieżnickie, 4 - mylonity, 5 - bazalty, 6 - osady aluwialne, 7 - uskoki.



Rys.3.3. Mapa geologiczna Ładka Zdroju, wg J.Gierwielańca [59]

1-utwory aluwialne, 2-bazalt, 3-lamprofiry, a/wg H.Eberta [50], 4-gnejsy oligoklazowo-mikroklinowe z biotytem, 5-gnejsy kwarcowo-oligoklazowe ubogie w biotyt, 6-gnejsy plagioklazowe zmikroklinizowane, 7-gnejsy śnieżnickie, 8-gnejsy mylonityczne, 9-lupki biotytowo-muskowitowe, 10-lupki łyszczykowe z granatami, 11-lupki łyszczykowe w ogólności, 12-lupki grafitowe, 13-uskoki: I-Ładka Zdrój-Gierałtów, II-Ładka-Orłowiec-Karpno, III-Rasztowiec-Karpno, IV-Orłowiec-Wojtówka-Karpno, V-Ładka Zdroju, 14-źródła wód termalnych: Jerzy, B-Skłodowska-Curie, C-Wojciech, D-Chrobry, E-Dąbrówka, F-Stare, 15-głębokie odwierty, 16-płytkie odwierty, 17-strefy spękań wg badań geoelektrycznych [55][74].

Poniżej omówione zostaną poszczególne typy skał w oparciu o prace [31][59][112]i in., jednakże tylko w zakresie potrzebnym do dalszej interpretacji hydrogeologicznej.

Analizy chemiczne i mikrometryczne skał załączone są w tabeli 3.1.

Sytuację geologiczną okolic Łądka przedstawia rysunek 3.2, zaś samego uzdrowiska rys. 3.3.

GÓRNY PROTEROZOIK I PALEOZOIK

a. Seria strońska zbudowana jest z szeregu skał.

Łupki łyszczykowe - charakteryzują się strukturą grano-blastyczną i teksturą kierunkową. Skały bogate są w kwarc i muskowit. Najpospolitszymi odmianami są łupki dwuły-szczykowe i łupki częściowo sfeldspatyzowane. Dwie ana-lizy łupków z okolic Łądka przedstawiono w tabeli 3.1; wapienie krystaliczne - tworzą soczewkowate formy czę-sto zawierając wkładki łupków dwuły-szczykowych. Wapień krystaliczny z Lutyni zawiera 97,17% CaCO_3 ;

amfibolity i łupki amfibolitowe - Amfibolity związane z wapieniami krystalicznymi tworzą odmiany smużyste z jaśniejszymi laminami na ciemnym tle. Głównymi mine-rałami są hornblenda i plagioklaz. Odmiany bardziej ma-sywne charakteryzują się obecnością minerałów tytano-wych. Łupki amfibolitowe stowarzyszone są z silnie sfeld-spatyzowanymi łupkami łyszczykowymi. Niektóre odmiany charakteryzują się wyraźnym złupkowaniem.

W mniejszym zakresie w obrębie serii strońskiej występują łupki kwarcytowe, kwarcyty, łupki i kwarcyty grafitowe oraz erlany.

b. Zespół gnejsów gieraktowskich.

Gnejsy tego zespołu powstały wg K. Smulikowskiego [113] przez metasomatyczną granityzację suprakrustalnej serii strońskiej. J. Don [31] wyraża pogląd, że są one skutkiem granityzacji sfałdowanej okrywy zbudowanej ze skał serii strońskiej oraz iniekujących w nie gnejsów śnieżnickich.

Gnejsy gieraktowskie są przeważnie drobnoziarniste, mają barwę szarą w różnych odcieniach. Laminy stanowią najczęściej łyszczyki na tle szarego lub różowego tła kwarcowo-skaleniolowego. Składem chemicznym odpowiadają granitom leukokratycznym bogatym w potas.

W najbliższej okolicy Łądka, w zespole gnejsów gieraktowskich, J. Gierwielanec [60] [63] wyróżnił:

- gnejsy plagioklazowe zmikroklinizowane i migmatyty,
- gnejsy oligoklazowo - mikroklinowe z obfitym biotytem,
- gnejsy kwarcowo-plagioklazowe ubogie w biotyt.

W obrębie tych gnejsów występują w podrzędnych ilościach eklogity i granulity.

Przeprowadzone na terenie uzdrowiska prace wiertnicze stwierdziły występowanie gnejsów gieraktowskich do głębokości 700 m.

c. Zespół gnejsów śnieżnickich

Gnejsy te występują w różnych poziomach łupków łyszczykowych i otaczają większe masywy gnejsów gieraktowskich. Według K. Smulikowskiego [113] stanowią one dalszy etap granityzacji serii strońskiej niż gnejsy gieraktowskie. Według J. Dona [31] są one wynikiem metamorfozy żył magmy leukokratycznej w obrębie serii strońskiej.

Gnejsy śnieżnickie są skałami gruboziarnistymi o teksturach warstewkowo-soczewkowych, soczewkowych i oczkowych. Oczka utworzone przez mikroklin lub agregaty kwarcowo-skaleniolowe otulone są żyłczykami. Do zespołu tego na obszarze Łącka J. Gierwielaniec [60] [63] zaliczył:

- gnejsy mikroklinowo-oligoklazowe /oczkowe/,
- granitognejsy,
- gnejsy blastomylonityczne.

Skład chemiczny typowy dla gnejsów przedstawiony jest w tab.3.1.

O ile wiek serii strońskiej został określony na górnoproterozoiczny-dolnopaleozoiczny /T. Gunia [72] / o tyle wiek i wzajemny stosunek między obu zespołami gnejsów stanowi przedmiot różnych, nawet sprzecznych z sobą poglądów. Badacze niemieccy /np. [52]/ uważają gnejsy gieraltowskie za starsze od gnejsów śnieżnickich, K. Smulikowski [112] [113], J. Oberc [96] [97], H. Teisseyre [126] [128] za równowiekowe, zaś J. Don [31] [32] za młodsze, przytaczając wynik oznaczenia wieku bezwzględnego biotytu z gnejsów gieraltowskich - określający go na 382 mln lat [6]. M. Dumicz [48] określił gnejsy gieraltowskie i śnieżnickie jako starowaryscyjskie.

K A R B O N

W karbonie w obrębie metamorfiku miały miejsce intruzje granitoidowe.

Granitoidy jawornickie zbudowane są z szeregu skał. J. Burchart [15] wyróżnił tu granodioryty, tonality i adamelity. Są to skały o barwie szarej, strukturze drobno lub gruboziarnistej i teksturze gnejsowej.

Z granitoidami jawornickimi na obszarze Gór Złotych wiążą się według D. Nemeca [95] skały żyłowe:

lamprofiry niezgodnie przecinają skały, wykorzystując istniejące nieciągłości. Na terenie Łądką są to skały bardzo drobnoziarniste, ciemnoszare z odcieniem zielonkawym. Liczne spękania wypełniają druzы kwarcowe. Obecność lamprofirów stwierdzono także w płytkich otworach nr 4 i 11, położonych na uskokach o kierunku NW-SE oraz w głębokim odwiercie L-2 w strefie uskoku Łądką Zdroju o kierunku NE-SW [22]. Dwa wystąpienia tych skał znaczy także H. Ebert [50] /p.rys. 3.3 /;

żyły kwarcowe, o szerokości 0,3-0,5 m, występują wśród łupków łyszczykowych i wapieni krystalicznych. Śnieżno biały kwarc, nieraz wykrystalizowany, zawiera czasami minerały rudne.

Granitoidy Białej Łądeckiej występują u źródeł tej rzeki. Składają się na nie tonality, granodioryty i granity monzonitowe [137].

Wiek bezwzględny granitoidów jawornickich określony został na 335 mln lat, zaś granitoidów Białej Łądeckiej na 289 mln lat [13]. Z okresem karbońskim wiąże się także mineralizację rudną w obrębie metamorfiku.

TRZECIORZĘD

W okresie tym metamorfik Łądką - Śnieżnika podlegał wzmożonej działalności gór-otwórczej, w wyniku której uległa intensyfikacji działalność erozyjna i akumulacyjna rzek. Rezultatem tego są zachowane w dolinie rzeki osady pliocenские, znane tylko z jednego wystąpienia na terenie Łądką. Tworzą one prawie dwumetrową warstwę pokrytą ponad 15 metrową pokrywą bazaltową /rys. 4.2.b/. Osady wykształcone są w postaci mułków piaszczystych oraz słabo obtoczonych żwirów z otoczkami gnejsu, kwarcu, łupków a także bazaltu.

C Z W A R T O R Z Y D

P l e j s t o c e n

Bazalty. W pobliżu Łądką znajdują się cztery wystąpienia bazaltu w formie kopuż i pokryw; dwie żyły napotkano w trakcie wierceń w otworach nr 17 i L-2, na głębokościach odpowiednio: 15 m i 580 m. Są to skały drobnoziarniste, afanitowe, o barwie czarnej, mniej lub bardziej zwietrzałe.

Bazalty te zaliczyć można do oliwinowych nefelinitów /ankaratrytów/ [82], zaś wiek ich określono na dolnoplejstoczeński /690 tys. lat/ [11], z czego wynika, że łądeckie bazalty należą do najmłodszych przejawów działalności wulkanicznej w Sudetach.

Żwiry terasowe, znane z kilku miejsc na terenie Łądką, położone są około 15 m nad dnem doliny Białej Łądeckiej, gdzie tworzą warstwę do 20 m miąższą. Warstwa ta zbudowana jest ze żwirów kwarcowo-gnejsowych z soczewami glin i ilów, w których tkwią pojedyncze otoczaki.

Zwietrzeliny i rumosze tworzą warstwę o zmiennej grubości. Na wierzchołkach wzgórz, na grzbietach i bardzo stromych zboczach maleje ona i często na powierzchni pojawiają się skały lite. W obszarach gdzie występują gnejsy, zwietrzelina jest kamienista, złożona z bloków gnejsu; często występują tu rumosze. Natomiast na stokach wzgórz zbudowanych z łupków łyszczykowych zwietrzelina jest gliniasta, usiana bloczkami łupków i kwarcu. Z reguły jest to osad o grubości do 2,5 m /głównie 0,8-1,0 m/, na który składają się gliny piaszczyste i pylaste oraz piaski pylaste wraz z fragmentami skał podłoża.

H o l o c e n

Żwiry rzeczne o miąższości sięgającej na terenie Łądką do 8 m, leżą bezpośrednio na litej skale. Skały budujące otoczaki

to miejscowy materiał gnejsowy i łupkowy oraz bazalt.

Gliny, iły i piaski - przewarstwiają żwiry lub tworzą osobne warstwy w dolinach. Najmłodszą warstwą osadów czwartorzędowych są wały.

III.2. Tektonika

W 1964 r., J. Don [31] przedstawił schemat budowy metamorfiku Łącka i Śnieżnika. Uważa on, że wachlarzowato ułożone elementy fałdowe wyższego rzędu, zanurzają się i zbiegają w kierunku zachodnim, tworząc tzw. wirgację łądecką. Fałdy tworzą cztery antyklinoria: Skrzynki, Radochowa, Gierałtowa i Międzygórze, podzielone między sobą trzema synklinoriami: Orłowca, Łącka i Śnieżnika /rys. 3.1/.

J. Oberc [97] przedstawił odmienny podział tektoniczny metamorfiku dzieląc go na trzy równoleżnikowe strefy, a także scharakteryzował nasunięcie ramzowskie. Wzdłuż nasunięcia tego metamorfik Łącka i Śnieżnika, wchodzący w skład struktury środkowo-sudeckiej, nasunięty został na strukturę wschodnio-sudecką na odległość ponad 17 km. Nasunięcie to ma charakter płaszczowiny ze ścinania o podobnie wykształconym prekambrze obu struktur w pobliżu strefy granicznej.

Elementy tektoniczne wyższego rzędu, znajdujące się w najbliższej okolicy Łącka, dokładnie charakteryzuje w swych pracach J. Gierwielanec [60][63] [70] /rys.3.4 /. I tak:

Antyklinorium Radochowa stanowi słabo pofałdowaną jednostkę o długości ok. 6,5 km, zbudowaną z gnejsów gierałtowskich. Oś antyklinorium zanurza się ku SW. Gnejsy otoczone są strefą blastomylonitów o szerokości do 240 m. Największe zaburzenia tektoniczne obserwuje się w okolicy Orłowca.

Synklinorium Ładka zbudowane jest ze skał serii strońskiej, tworzących szereg porozrywanych i wytartych fałdów. Jednostka ta, o skrzydłach leżących na gnejsach śnieżnickich i blastomylonitach, zapada monoklinalnie ku NW. Oś antyklinorium zagłębia się ku SW.

Antyklinorium Gierałtowa, największa jednostka tektoniczna w okolicy Ładka, zbudowana jest z gnejsów gierałtowskich. Oś o kierunku 320° zanurza się ku NW. Zdaniem J. Gierwielańca antyklinorium to "przedstawia obraz najgłębiej odsłoniętego podłoża, bowiem w jego jądrze widzimy pojawienie się granulitów oraz migmatytów". W obrębie jednostki tej, wymieniony autor wyróżnił kilka fałdów, z których do największych należą fałdy Karpna i Stójkowa o wergencji NW; kontakt między nimi ma charakter nieciągły, a dyslokacje Łądek-Orłowiec-Karpno /N/ i /S/ /rys.3.4 / wykorzystują wytarte śródfałdzie między oboma fałdami.

Omówione powyżej jednostki pocięte są kilkunastoma uskokami poprzecznymi oraz kilkoma podłużnymi, skartowanymi i opisanymi przez J. Gierwielańca [60] [63]. Na obszarze Ładka uzupełnione one zostały badaniami geofizycznymi [54] [74], które stwierdziły obecność szeregu nieznanых dotąd stref spękań /rys. 3.3 /.

Przebieg uskoku poprzecznego zgodny jest z sudeckim kierunkiem NW-SE. Intersekcyjnie określone ich zapady wykazują strome nachylenie ku NE, potwierdzone w przypadku uskoku Łądek - Orłowiec - Karpno /S/ badaniami geofizycznymi. Przemieszczenia poszczególnych bloków względem siebie wynoszą do 200 m. Na szczególną uwagę zasługują uskoki tego typu, przechodzące przez Łądek Zdrój.

System uskoku Ładek - Orłowiec - Karpno powoduje zaburzenie mas skalnych w strefie o szerokości od 500 m na terenie uzdrowiska, do 200 m w dolinie Potoku Zamkowego. Zrzut osiąga maksimum na terenie źródła i maleje gwałtownie ku SE. W części północnej, nieciągłość wykorzystuje żyła lamprofiru szeroka na 2-3 m. System ten, jak już wyżej wspomniano, rozwinął się w obrębie strefy wytarcia między dwoma fałdami antyklinorium Gierałtowa. Uskoki /N/ i /S/ rozwidlając się na terenie uzdrowiska łączą się krótkim lecz bardzo stromym uskokiem /rys. 3.3./; z ich krzyżowaniem się związane są wypływy wód termalnych na powierzchni.

Uskok Ładek Źródło - Gierałtów /uskok Nowego Gierałtowa wg J. Oberca [97] ciągnie się od Ładka na SE. Posiada on charakter uskoku inwersyjnego w bezpośrednim sąsiedztwie Ładka, a cechy płaskiego nasunięcia wykazuje na terenie Starego i Nowego Gierałtowa.

Uskoki poprzeczne o kierunku NW-SE przecinają i przesuwają uskok Ładka Źródła, należący do uskoków podłużnych o przebiegu SW-NE. Na powierzchni stanowi on kontakt łupków synklinorium Ładka z gnejsami antyklinorium Gierałtowa. Występujące wzdłuż uskoku mylonity wskazują na strefę silnych zaburzeń tektonicznych. Uskok zapada pod kątem 45-50° ku SE. Odwiert L-2 potwierdził kąt zapadu i moim zdaniem [22] z uskokiem tym, należy wiązać wyprowadzenie wód termalnych z głębi. Omawiany uskok sięga do znacznej głębokości i wykazuje pewne cechy uprzywilejowania. Z nim mianowicie związane są - oprócz żyły lamprofiru - przejawy działalności wulkanicznej; wszystkie znane wystąpienia bazaltu tak w pobliżu Ładka jak i na terenie ČSSR leżą w jego pobliżu [111].

Oba rodzaje uskoków różni autorzy wiążą z konkretnymi fazami tektogenezy waryscyjskiej /bretońską i asturyjską/. /np. [63] /.

Natomiast J. Oberc [97] uważa, że identyfikacja ta jest w chwili obecnej niemożliwa. Odnowienie uskoku nastąpiło dzięki wielkopromiennym ruchom neotektonicznym w trzecio- i czwartorzędzie, podczas których metamorfik został wypiętrzony na wysokość ok. 1000 m [49].

Znaczna zmienność kierunków i natężenia spękań w obrębie skał, związana ze skomplikowaną tektoniką całej jednostki, uniemożliwia potraktowanie skał metamorfiku jako ośrodka quasi-jednorodnego przy rozpatrywaniu przepływu wód szczelinowych.

Stałym objawem zaangażowania dynamicznego zespołów gnejsów gieraltowskich i śnieżnickich są deformacje ziarn skaleni, przejawiające się m.in. falistym i mozaikowym wygaszaniem światła, powycinaniem lub poprzerrywaniem prążków bliźniaczych w plagioklazach oraz rozpadem ziarn.

Poza tym w rejonie wypływu źródeł "Wojciech" i "Skłodowska-Curie", tzn. na linii uskoku Łądek - Orłowiec - Karpno, spotyka się zjawisko kataklazy, czego wynikiem są dość liczne, na ogół nie-regularne spękania skaleni. Spękania te wypełnia kwarc lub bardzo drobna masa mineralna. Częste pęknięcia i szczeliny pomiędzy ziarnami z reguły wypełnione są mikroklinem [59].

ROZDZIAŁ IV. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOLOGICZNA

OBSZARU ŁĄDKA ZDROJU ; WODY ZWYKŁE

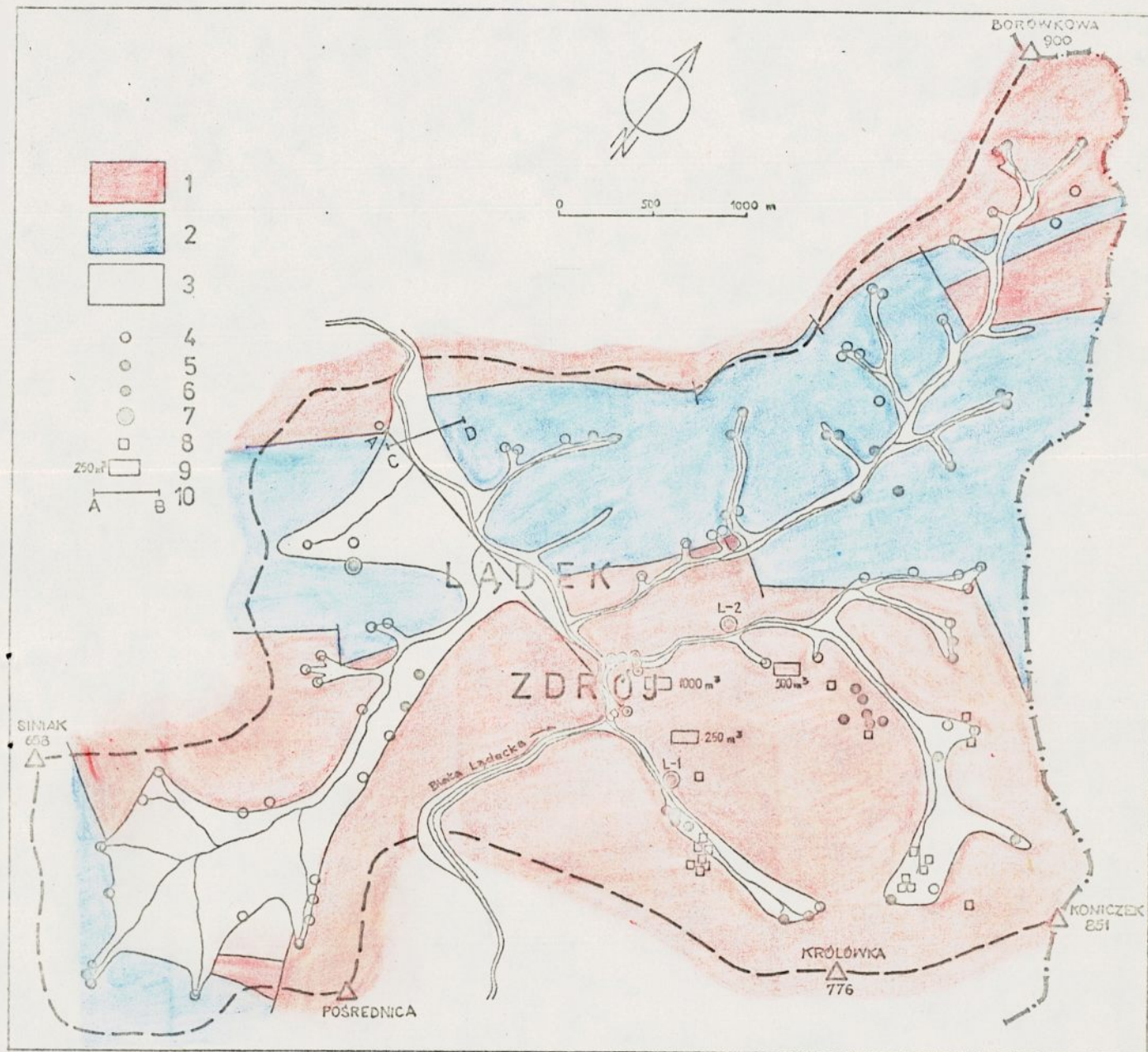
Charakterystykę hydrogeologiczną obszaru ograniczyłem tylko do miejscowości, biorąc pod uwagę fakt, że wody podziemne jedynie na ograniczonym terenie wpływają na wody termalne dążące ku wypływom oraz, że obszar zasilania tych ostatnich znajduje się poza najbliższą okolicą Łądką Zdroju. Również warunki hydrogeologiczne miejscowości zostały niewspółmiernie lepiej poznane od warunków okolic. Cały charakteryzowany obszar znajduje się w obrębie zlewni potoków przedstawiony na rys. 4.1 obejmuje teren w granicach tych zlewni.

Z uwagi na złożoność warunków hydrogeologicznych w wielu wypadkach odwołałem się do obszarów, znacznie wykraczających poza omawiane granice.

Według podziału wód podziemnych wprowadzonego przez Z. Pazdrę [100], warstwowe wody osadów aluwialnych, zgromadzone w utworach zwietrzelinowych oraz szczelinowe płytkiego krążenia zaliczyć można do typu wód gruntowych. Wody szczelinowe głębokiego krążenia, w tym wody termalne, należą do typu wód wgłębnych. M. Różycki [109] wody termalne Łądką zalicza natomiast do wód głębinowych.

Przyjmując stratygrafię jako kryterium podziału wód podziemnych, można na omawianym obszarze wydzielić poziom czwartorzędowy i poziom paleozoiczny. Do pierwszego z nich należą wody osadów rzecznych oraz utworów zwietrzelinowych, do drugiego zaś wody płytkiego i głębokiego krążenia, występujące w obrębie skał krystalicznych.

W niniejszym rozdziale przedstawiłem wody zwykłe, przez które rozumiem będę, zgodnie z [9], wody o mineralizacji mniejszej od 1 g/l i temperaturze mniejszej od 20°C. Natomiast stanowią-



Rys.4.1. Szkic hydrogeologiczny obszaru zlewni potoków przepływających przez Łądek Zdrój, wg [117]

1- wody w utworach aluwialnych, 2- wody szczelinowe w obrębie gnejsów, 3- wody szczelinowe w obrębie skał łupkowych, 4- źródła i 5- wycieki wód zwykłych, 6- źródła wód termalnych, 7- głębokie odwierty, 8- ujęcia wodociągowe, 9- zbiorniki wody wodociągowej i ich pojemności, 10- linie przekrojów zamieszczonych na rys.4.2.

ce przedmiot pracy lądeckie wody termalne, charakteryzujące się składem $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$ i temperaturą wyższą od 20°C , będą rozpatrzone w drugiej, szczegółowej części pracy.

IV.1. Wody osadów aluwialnych

Osady aluwialne, wypełniające dna dolin posiadają bardzo zróżnicowaną miąższość, lecz są podobnie wykształcone. Ponad mniej lub więcej zaglinionymi żwirami gliny, iły oraz piaski tworzą warstwy czasami przykryte madami.

Biała Łądecka na terenie Zdroju płynie po litej skale, zaś na terenie miasta i dalej wzdłuż brzegu rzeki miąższość osadów sięga prawie 7 m. Podobnie przedstawia się sprawa w dolinach strumieni; maksymalną miąższość osadów, ponad 8 m, stwierdzono w dolinie Potoku Grodzkiego. Z reguły nie przekracza ona jednak 4 m.

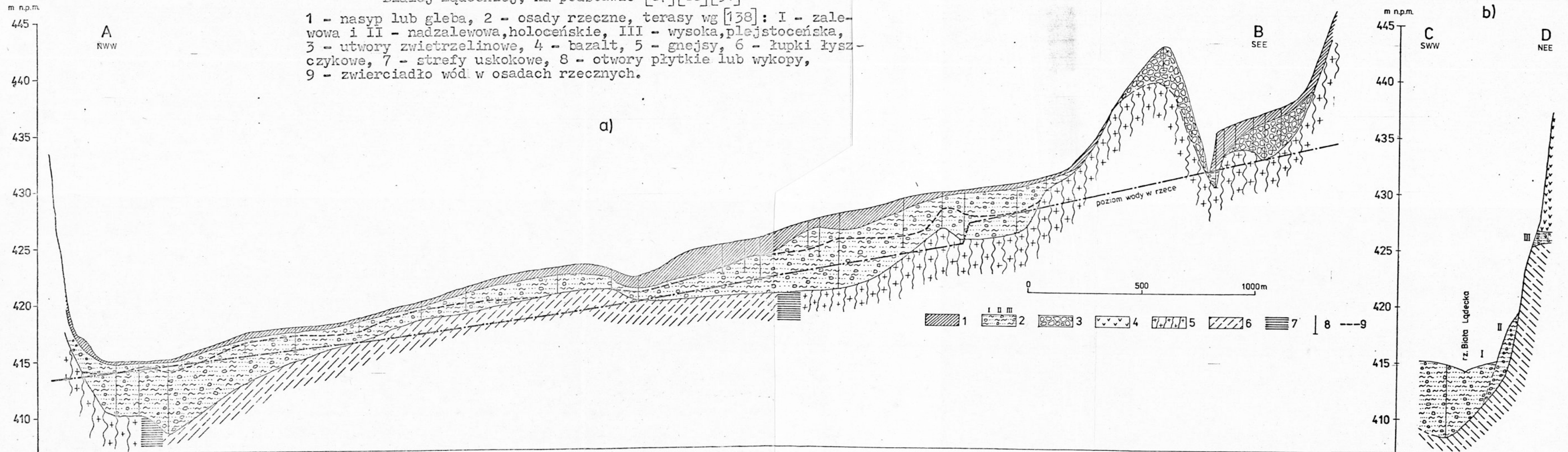
Miąższość osadów oraz głębokość zalegania w nich zwierciadła wody w dolinie Białej Łądeckiej przedstawiają przekroje podłużny i poprzeczny /rys. 4.2 /. W oparciu o nie można stwierdzić, że:

- zwierciadko wody w obrębie osadów ma charakter swobodny i tylko miejscami jest napięte w wypadku obecności osadów nieprzepuszczalnych,
- kształt zwierciadła wody zgodny jest z powierzchnią spągu utworów wodonośnych oraz,
- powierzchnia tego zwierciadła obniża się ku rzece, co wskazuje na jej drenujący charakter.

Zasilanie wód osadów aluwialnych odbywa się przez ciekі powierzchniowe i wody opadowe spływające ze zboczy. Duża amplituda wahań wodostanu w Białej Łądeckiej wpływa na okresowe wahania poziomu wód w osadach; w czasie nagłych przyborów rzeka

Rys.4.2. Przekroje: podłużny /a/ i poprzeczny /b/ przez dolinę
Białej Łądeckiej, na podstawie [87][88][91]

1 - nasyp lub gleba, 2 - osady rzeczne, terasy wg [138]: I - zale-
wowa i II - nadzalewowa, holoceny, III - wysoka, plejstoceny,
3 - utwory zwietrzelinowe, 4 - bazalt, 5 - gnejsy, 6 - łupki kysz-
czykowe, 7 - strefy uskokowe, 8 - otwory płytkie lub wykopy,
9 - zwierciadło wód w osadach rzecznych.



zasila osady w wodę, wykazując tym samym charakter infiltracyjny. Podobne zjawiska obserwujemy w pozostałych dolinach potoków.

Jako zbiornik wody podziemnej osady rzeczne nie mają większego znaczenia praktycznego ze względu na ich małe rozprzeszczenie i małą miąższość.

O zasobności tych osadów świadczą mogą wyniki próbnego pompowania, przeprowadzonego w otworze o głębokości 6,5 m, położonego około 30 m od rzeki /rys. 4.2.b /. Zalegające do głębokości 1,8 m gliny i pyły piaszczyste napinały zwierciadło, które ustabilizowało się na głębokości 1,2 m - nieco powyżej zwierciadła wody w rzece. Utwory przepuszczalne stanowił tu żwir częściowo zagliniony. Otrzymano wydajność $0,00055 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji 3,4 m; obliczony współczynnik filtracji wyniósł $3,9 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ [87]. Wyniki te są niższe od wartości $k = 16,3 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ i $Q = 0,8 \text{ m}^3/\text{h}$, które R.Chudowski [18] przedstawia jako minimalne dla utworów aluwialnych Ziemi Kłodzkiej.

Miejscami wody te ujęte są studniami dla gospodarstw indywidualnych.

IV.2. Wody utworów zwietrzelinowych

Wody w utworach zwietrzelinowych tworzą płytki poziom występujący przede wszystkim w pokrywach rumoszowych. Zalegające w okolicach Łącka Zdroju pokrywy rumoszone są częściowo wypełnione i pokryte cienką warstwą /do 1,5 m/ glin zwietrzelinowych. Największe nagromadzenie tych utworów o miąższości 2-5 m, występuje na spłaszczeniach wzniesień /np.G.Koniczek(581) / i u podnóża zboczy /G. Królówka (776) i północne oraz wschodnie zbocza G. Trojak (768) /.

W dolinach Potoków Grodzkiego i Zamkowego, wody tego poziomu ujęte zostały dla wodociągów miejskich Łódka Zdroju /p.rys. 4.1 /. Sieć wodociągowa zaopatrywana jest w wodę poprzez trzy zbiorniki /o pojemnościach 250, 500 i 1000 m³/ z 20 studni o sumarycznej wydajności 41,7 m³/h.

W źródłowych partiach i na zboczach doliny Potoku Grodzkiego 12 studni położonych na wysokości 550-700 m n.p.m., ujmuje wody zalegające na głębokości 2-3 m.

W dolinie Potoku Zamkowego 8 studni ujmuje wodę w obrębie zwietrzeliny na głębokości 1,5-2,5 m.

Wody omawianego rodzaju stwierdzono również w partiach źródłowych Potoku Czerwonego, gdzie zalegają do głębokości 3 - 5 m, w obrębie piaszczysto - gliniastej zwietrzeliny usianej fragmentami żupków i gnejsów.

Wody w utworach zwietrzelinowych zasilane są przez wody opadowe, wody z cieków powierzchniowych i wody szczelinowe.

IV.3. Wody szczelinowe płytkiego krążenia

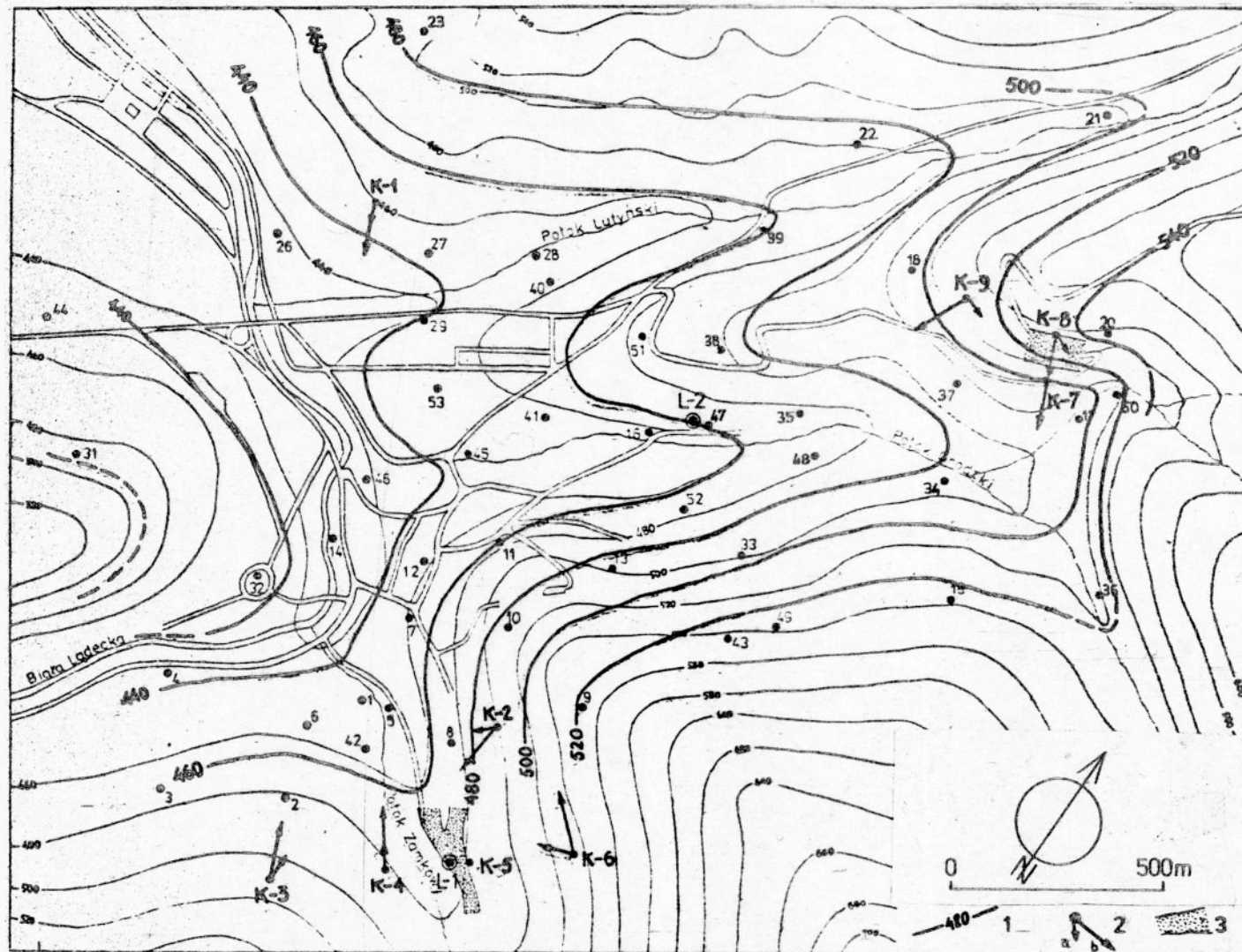
Przez wody szczelinowe płytkiego krążenia rozumieć będą wody związane ze strefą zwiększonej szczelinowatości wietrzeniowej /egzogogenicznej/ w skałach krystalicznych podłoża. Powszechnie przyjmuje się, że strefa ta sięga do głębokości wpływu zmian termicznych spowodowanych czynnikami zewnętrznymi, tzn. 20 - 30 m. Na obszarze Łódka sięga ona do głębokości około 30 m. Świadczyć o tym mogą wyniki szcerpywania wód w otworach wiertniczych, z których wynika, że największy dopływ następuje do tej głębokości, a poniżej znacznie się zmniejsza. Wzdłuż większych linii dyslokacyjnych strefa szczelinowatości egzogogenicznej może sięgać jednak znacznie głębiej.

W otworach płytkich do 30 m głębokości, stwierdzono dopływy do 48 l/min, podczas gdy w otworze L-2, w przedziale głębokości 30 - 100 m uzyskano tylko 2,1 l/min. /w sąsiednich płytkich otworach nr 16 i 47 uzyskano odpowiednio 22 i 19 l/min /. W otworze L-1 badania przy głębokości 80 m stwierdziły dopływ 51,8 l/min, przy czym większość pochodzi z głębokości 15 m. Podobne rezultaty otrzymano z próbnego pompowania w otworze położonym w pobliżu stacji PKP /str. 38 /.

Rys. 4.3 przedstawia mapę hydroizopiez omawianego typu wód. Widać pełną zgodność tego zwierciadła z morfologiczną powierzchnią terenu. Na mapie naniesiono dodatkowo strefy dodatnich anomalii PS, wskazujących na intensywne krążenie wód oraz punkty profilowań kołowych i krzyżowych PS obrazujących kierunek ruchu wody [55] [74], uwarunkowany w kilku przypadkach /np. K-2, K-5/ przebiegiem stref tektonicznych /porównaj z rys. 3.3 /.

Zasilanie tego poziomu odbywa się głównie dzięki opadom, w dolinach częściowo także przez ciekі powierzchniowe. Ten ostatni fakt ilustrują wyniki badań hydrogeologicznych przeprowadzonych w Stójkowie w studni oddalonej około 40 m od rzeki. Pod warstwą humusu i gliny, na głębokości 0,6 - 1,0 m zalegają otoczaki wypełnione piaskiem gliniastym. Poniżej, do 1,5 m, znajduje się rumosz gnejsowy wypełniony gliną, a pod nim do 2,5 m silnie spękany gnejs. W trakcie prac zwierciadło napięte stwierdzono na głębokości 1,5 m, po czym podniosło się ono do poziomu 0,5 m poniżej poziomu terenu, zgodnie z poziomem rzeki. Stwierdzone w obrębie gnejsów dopływy związane są z rzeką. Podczas próbnego pompowania przy wydajnościach $Q = 1,0$; $2,0$ i $3,0 \text{ m}^3/\text{h}$ uzyskano odpowiednio depresje $S = 0,46$; $1,15$ i $1,58 \text{ m}$ [91].

Płytkie wody szczelinowe zostały ujęte szeregiem studni dla gospodarstw indywidualnych.



Rys.4.3. Mapa zwierciadła wód szczelinowych na obszarze Łódź Zdrój.

1- hydroizopiezy, 2- kierunki przepływu wód podziemnych wyznaczone na podstawie profilowań kołowych i krzyżowych przy płytkim /a/ i głębokim /b/ rozstawie elektrod, 3- dodatnie anomalie PS wg [74].

IV.4. Wody szczelinowe głębokiego krążenia

Poniżej strefy szczelinowatości egzogenicznej, sięgającej około 30 m głębokości, krążenie wód związane jest wyłącznie ze strefami spękań pochodzenia tektonicznego. Istnienie szeregu takich stref wykazały badania geofizyczne /rys. 3.3 /.

Głębokie wody szczelinowe scharakteryzowałem na podstawie wyników badań przeprowadzonych w trzech głębokich otworach na terenie Łądku Zdroju.

Otwór o głębokości 80 m, położony w pobliżu dworca PKP, wykorzystywany jest przez miejscową mleczarnię. Ponieważ wykonany został przed 1945 rokiem brak było o nim bliższych informacji. Pewnych danych dostarczyły przeprowadzone w 1971 r. prace renowacyjne [89]. Otwór wykonany jest w obrębie łupków łyszczykowych, a zarurowanie do głębokości 18 m ma na celu odizolowanie wód płytkich. Zwierciadło ustabilizowane zalega 4,40 m poniżej poziomu terenu. Podczas próbnego pompowania z wydajnością $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$, po 36 godzinach otrzymano depresję 35,0 m. W ciągu następnych 36 godzin przy wydajności $4,7 \text{ m}^3/\text{h}$ uzyskano depresję wynoszącą aż 70,0 m.

Tak więc łupki serii strońskiej charakteryzują się nie-sprzyjającymi warunkami dla krążenia wód szczelinowych.

Pozostałe dwa otwory odwiercone zostały w obrębie gnejsów.

Otwór L-1 /Łądek 600/ położony jest w dolinie Potoku Zamkowego w odległości ok. 500 m na SE od najbliższego źródła wody termalnej "Jerzy". Wykonany w latach 1970-71 miał na celu nawiercenie wód krążących w strefie uskoku Łądek - Orłowiec - Karpno /S/ /rys. 3.3 / [118]. Z przeprowadzonych w 1975r. przeze mnie oględzin rdzenia wynika, że do głębokości 600 m występują

mniej lub bardziej migmatyczne gnejsy gieraltowskie [21]. Pierwszy większy dopływ wód w trakcie wiercenia stwierdzono na głębokości 15 m. Badania przeprowadzone przy głębokości otworu 80 m wykazały dopływ wody 51,8 l/min. Prace geofizyczne wykonane po zakończeniu prac wiertniczych i zarurowaniu otworu do głębokości 80 m, wykazały obecność dwóch stref wodonośnych:

I strefa na głębokości od 150 do 180 m,

II strefa od głębokości 440 m.

Temperatura wody wypływającej z pierwszej strefy wynosiła 15°C, zaś z drugiej 19,3 - 19,9 °C.

Pierwsze próbne pompowanie przeprowadzone przy różnych głębokościach zanurzenia pompy, miało na celu określenie strefy dopływu wody, mającej wyższą temperaturę. Nie przyniosło ono oczekiwanych wyników. Drugie pompowanie wykonano przy czterech poziomach dynamicznych w warunkach niezarurowanego otworu. W związku z chłodniejszymi dopływami ze strefy I, otwór zarurowano do głębokości 425 m, po czym wykonano trzecie pompowanie przy pięciu poziomach dynamicznych. Wyniki powyższych pompowań przedstawiam w tabeli 4.1.

Odwiert L-2 /Ładek 700/, którym ujęto wody termalne, został omówiony na str. 53. Zaznaczyć tu należy, że badania geofizyczne wykazały istnienie czterech głównych stref dopływu wód na głębokościach: 106,6 - 110,0 m, 128,0 - 129,8 m, 460,4 - 489,0 m oraz 586,6 - 649,2 m. Zgodne są one ze strefami krążenia wód, które wyznaczyłem przy makroskopowym opisie rdzenia, a na które wskazuje wypełnienie szczelin zwietrzałym skałeniem i chlorytem oraz rozłożonym pirytem i chalkopirytem [22]. Wyniki badań hydrogeologicznych otrzymane w trakcie wiercenia są przedstawione w tabeli 5.1 /str. 55 /.

Tabela 4.1. Wyniki próbnych pompowań wykonanych po zakończeniu prac wiertniczych w otworze L-1 [21] [118].

Data	Ilość dób	Głębo- kość zapusz- czenia pompy	Wydaj- ność	Depre- sja	Tempera- tura wody	Zawartość radonu
		m	m ³ /h	m	°C	nCi/l
24.X-5.XI 1970	4	480	10.5	7,4	16,1	3,7
	4	163	10.6	10.8	16,7	3,8
	4	80	10.5	20.9	16.7	4.0
11-25.XI- 1970	6	49	18	22,6	17,5	3,8-4,3
	3		15	19,9	17,5	4,0
	3		12	14,1	17,5	
	2		6	5,3	16,2	
17.II-3.III- 1971 ^x	2	63	6,8	4	17,4	3,3
	2		8,6	6	18,0	3,2-3,4
	2		11,6	10,3	18,4	3,3-3,6
	2		13,8	13,1	18,5	3,7
	2		16,3	14,5	18,5	3,6-3,7

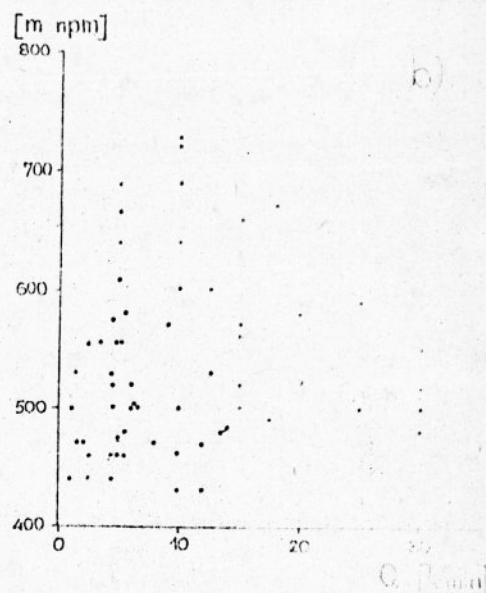
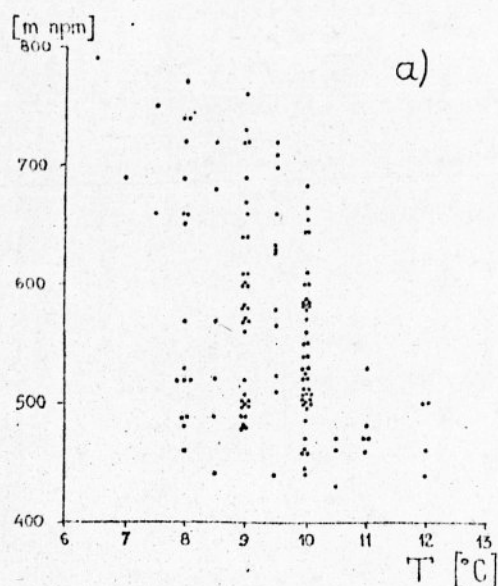
^x/ w trakcie pompowania nastąpiła 4-dniowa przerwa.

IV.5. Źródła wód zwykłych

Dotychczasowe prace ograniczyły się tylko do trzykrotnej inwentaryzacji źródeł okolic Łącka Zdroju [67] [94] [117], jednak tylko S.Mol w drugiej z prac rozpatrzył je w szerszym aspekcie. Większość źródeł wód zwykłych /rys. 4.1 / znajduje się w wyraźnie zaznaczających się obniżeniach morfologicznych. Głębokość zwierciadła wód szczelinowych płytkiego krążenia, nie przekraczająca w większości przypadków kilku metrów, pozwala sądzić, że źródła te mają charakter źródeł warstwowo-szczelinowych. Występują one w płytkich niszach źródłiskowych, tworząc szereg wysięków, a także mokradła. Według Mola stanowią one 80 % wszystkich źródeł.

Pozostałą część stanowia źródła typowo szczelinowe. W większości są one związane ze strefami uskokowymi i charakteryzują się ostrym i skupionym wypływem. Wydajności niektórych z nich są bardzo uzależnione od opadów.

Opierając się na danych z jednorazowych pomiarów 136 źródeł okolic Ładka Zdroju [117], można stwierdzić, że ich temperatura wynosi od 6,5 do 12°C, zaś wydajności zmieniają się od nieznacznych wycieków do 30 l/min. Zaznacza się przy tym wyraźna zależność tych parametrów od wysokości położenia źródeł. W przedziale wysokości 430 - 790 m n.p.m., wraz ze wzrostem wysokości o 100 m temperatura wody ze źródeł spada średnio o ok. 0,5 °C/rys.4.4a/. Również ze wzrostem wysokości n.p.m. obniżają się maksymalne debity źródeł spotykane na danym poziomie. Gdy na wysokości 500 m n.p.m. największy wydatek wyniósł 30 l/min, to przy wysokości 730 m zmniejszył się on trzykrotnie /rys. 4.4 b /.



Rys.4.4. Zależność temperatury /a/ i wydajności /b/ źródeł wód zwykłych od wysokości ich położenia n.p.m., na podstawie [117].

IV.6. Skład chemiczny wód zwykłych

Zgodnie z wprowadzonym w poprzednich punktach tego rozdziału podziałem wód zwykłych, ich skład chemiczny przedstawia się następująco:

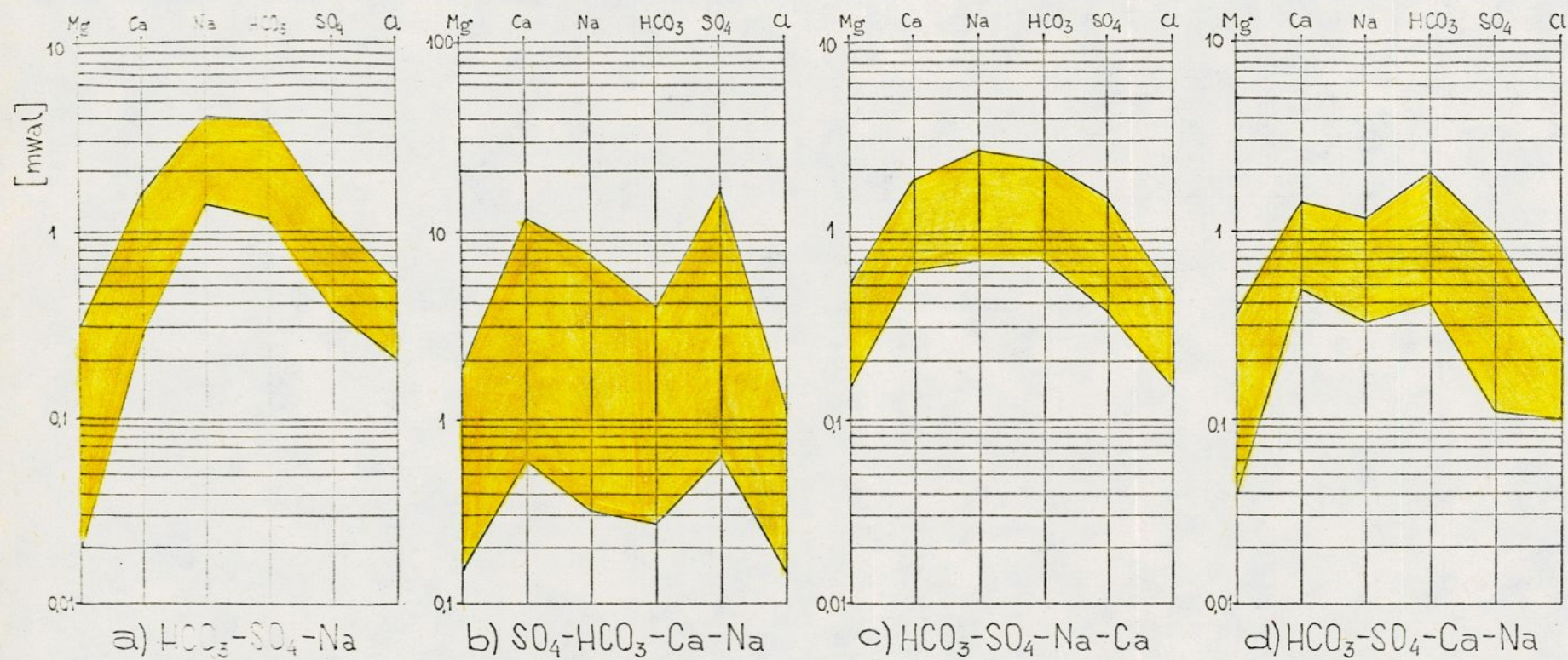
Analizy wód osadów rzecznych wykazały, że wśród anionów przeważają jony siarczanowe nad wodorowęglanowymi, zaś wśród kationów jon wapnia. Sucha pozostałość zmienia się od 100 do 900 mg/l, a pH wynosi 5,8-8,5. Twardość ogólna tych wód waha się od 0,72 do 10,70 mwał /głównie do 5,71 mwał/, węglanowa zaś do 4,99 mwał. Wody z utworów zwietrzelinowych nie odbiegają składem chemicznym ^{od} wód szczelinowych płytkiego krążenia związanych ze strefą szczelinowatości wietrzeniowej, dlatego też omówione zostaną łącznie.

46-analiz wód ze źródeł wód zwykłych okolic Łądką podane w opracowaniu [67], pozwala wody te zaliczyć do siarczanowo-wapniowych, rzadziej wodorowęglanowo-sodowych $[SO_4-(HCO_3)-Ca-(Na)]$ o mineralizacji do 150 mg/l /przeważnie 50-100 mg/l/. Odczyn pH zmienia się w granicach 6-7. Twardość ogólna wody sięga tylko 0,72 mwał.

Wody szczelinowe tak płytkiego jak i głębokiego krążenia według chemicznej klasyfikacji Szczukariewa-Prikłonskiego [106] należą do wód trójjonowych klasy 25 $/HCO_3-SO_4-Na-Ca/$. Przejawia się tu jednak niedoskonałość powyższej klasyfikacji, która tylko formalnie stwierdza obecność jonów o zawartości powyżej 20% mwał /gdy suma anionów i kationów wynosi po 100% mwał/. Dlatego też dalszy podział czterojonowych wód klasy 38 oparłem na podobieństwie składów chemicznych odwzorowanych na wykresie Schellera /rys. 4.5^{b-d}/.

Otrzymane w rezultacie typy można zapisać uwzględniając już stosunki między jonami:

HCO_3-SO_4-Na ; $SO_4-HCO_3-Ca-Na$; $HCO_3-SO_4-Na-Ca$; $HCO_3-SO_4-Ca-Na$.



Rys.4.5. Składy chemiczne poszczególnych typów zwykłych wód szczelinowych występujących na terenie Łąka Zdroju odwzorowane na wykresach Schoellera.

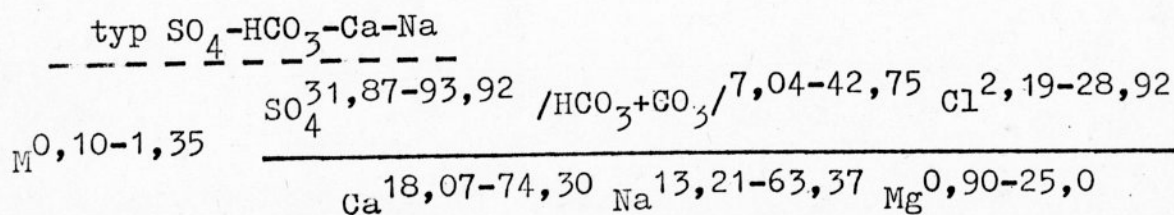
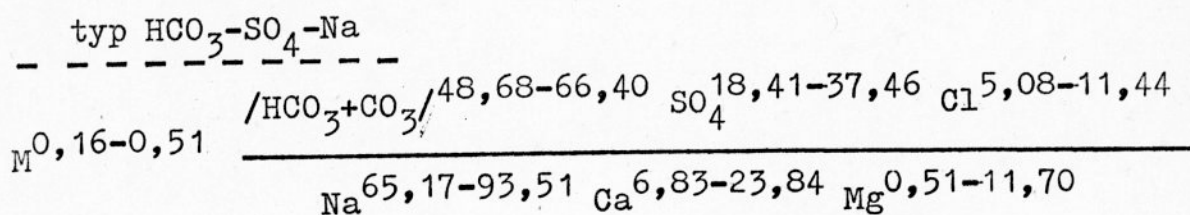
Poniższa tabela 4.2 przedstawia miejsca pobrania w 1972r. prób wód należących do poszczególnych typów:

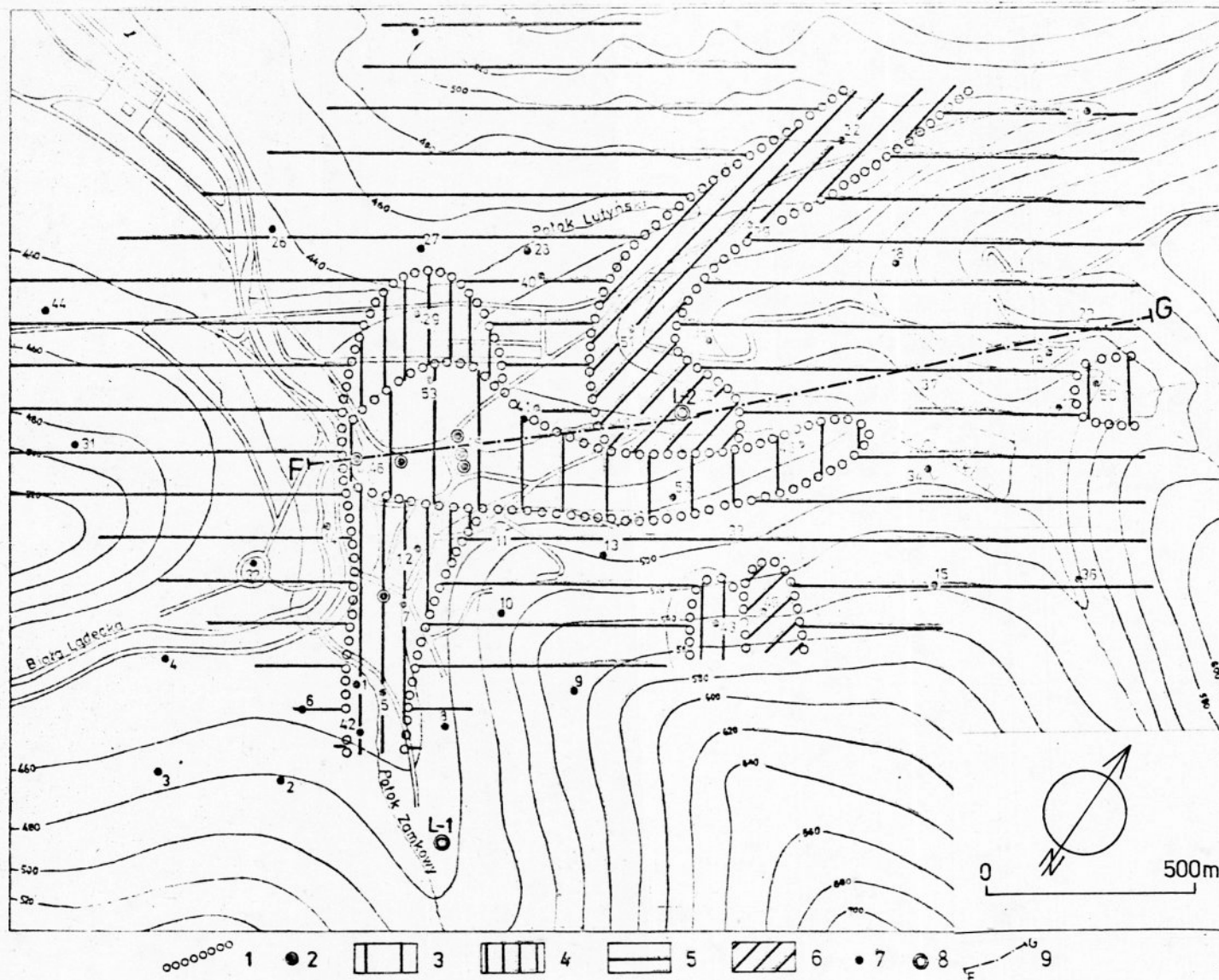
Tabela 4.2. Miejsca pobrania wody poszczególnych typów do analizy chemicznej /liczby oznaczają nr otworu, w nawiasach podana jest głębokość pobrania prób/.

Typ wody	Miejsce pobrania próby
$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na}$	45, 46, 48, 50, 52, 53, L-2/400/
$\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na}$	10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 23, 14, 15, 16, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 44, ujęcie "Jadwiga" k.L-1, zbiorniki wodociągowe 250, 500 i 1000 m ³ .
$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na-Ca}$	12, 29, 42, 43
$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Na}$	16, 22, 39, 47, 49, 51, otwór 80 m k.stacji PKP, L-1/80/, L-1 /600/, L-2 /100/, L-2 /150/

Poziome rozprzestrzenienie poszczególnych typów wód szczelinowych przedstawiłem na rys. 4.6.

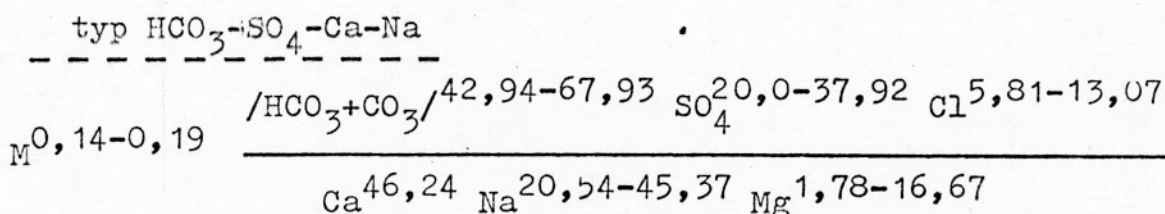
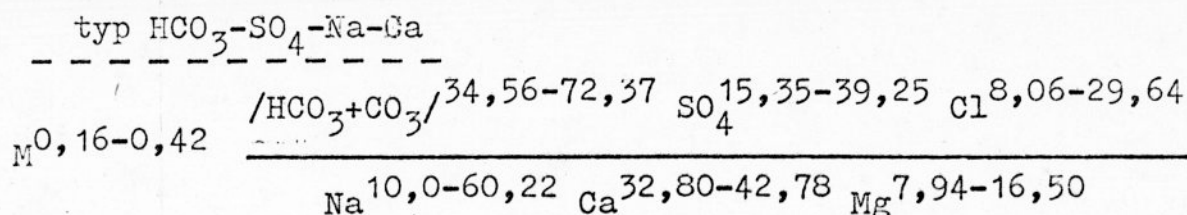
Skład chemiczny wód wydzielonych typów przedstawiłem w formie skróconej za pomocą wzoru Kurłowa, podając równocześnie zawartości najmniejsze i największe danego składnika :





Rys.4.6. Mapa hydrochemiczna Łąka Zdroju

- 1- granice typów chemicznych wód; typy chemiczne wód: 2- $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$,
 3- $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na}$, 4- $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na-Ca}$, 5- $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na}$, 6- $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Na}$,
 7- płytkie otwory, 8- głębokie otwory, 9- linia przekroju hydrochemicznego.

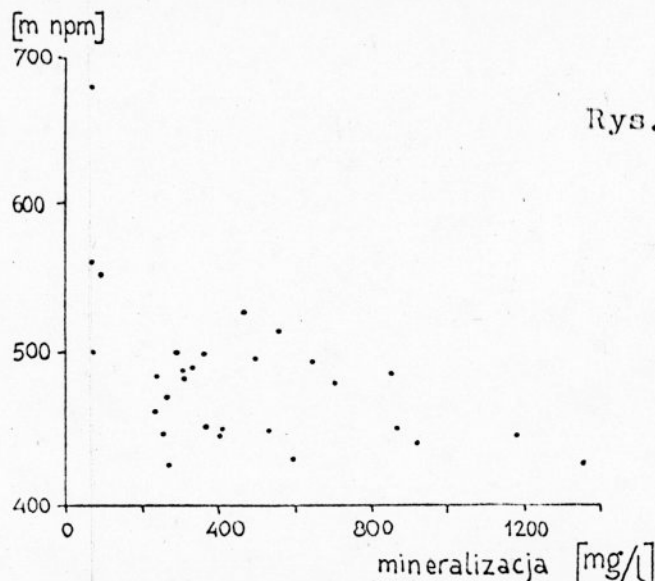


Wartość pH dla wód szczelinowych wynosi od 6,13 do 9,44, a stężenie radonu 1,5 - 13,4 nCi/l.

Na omawianym obszarze przeważają wody typu $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na}$, stanowiąc tło hydrochemiczne wód płytkich. Istnieje zależność mineralizacji wód tego typu od wysokości zwierciadła n p m co przedstawia rys. 4.7.

W tabeli 4.2 podkreśliłem miejsca pobrania wód, których skład chemiczny jest skutkiem istnienia anomalii hydrochemicznej, o czym będzie mowa w rozdziale VII.

Próby zastosowania wskaźników hydrochemicznych w przypadku omawianych wód nie przyniosły oczekiwanych rezultatów. We wszystkich przypadkach wskaźnik sodowo-chlorkowy $\frac{r\text{Na}^+}{r\text{Cl}^-} > 1,0$; a wskaźnik siarczanowy $\frac{r\text{SO}_4^{2-}}{r\text{Cl}^-} \cdot 100 > 10$, co wskazuje na zasilanie tych wód wodami infiltracyjnymi [100]:



Rys.4.7. Zależność ogólnej mineralizacji wód typu $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na}$ od wysokości n p m miejsca pobrania próby w płytkich otworach

C Z Ę Ś Ć S Z C Z E G Ó Ł O W A

ROZDZIAŁ V. WODY TERMAINE

V.1. Metodyki dotychczasowych badań istniejących ujęć

Na terenie Łącka Zdroju znajduje się obecnie siedem ujęć wód termalnych: sześć z nich stanowią ujęcia naturalnych wypływów /źródeł/, z kolei siódmym ujęciem jest głęboki odwiert L-2. W punkcie III.2. wspomniano o istnieniu na terenie Zdroju silnie strzaskanej strefy o szerokości do 500 m. Wszystkie naturalne wypływy znajdują się w jej obrębie.

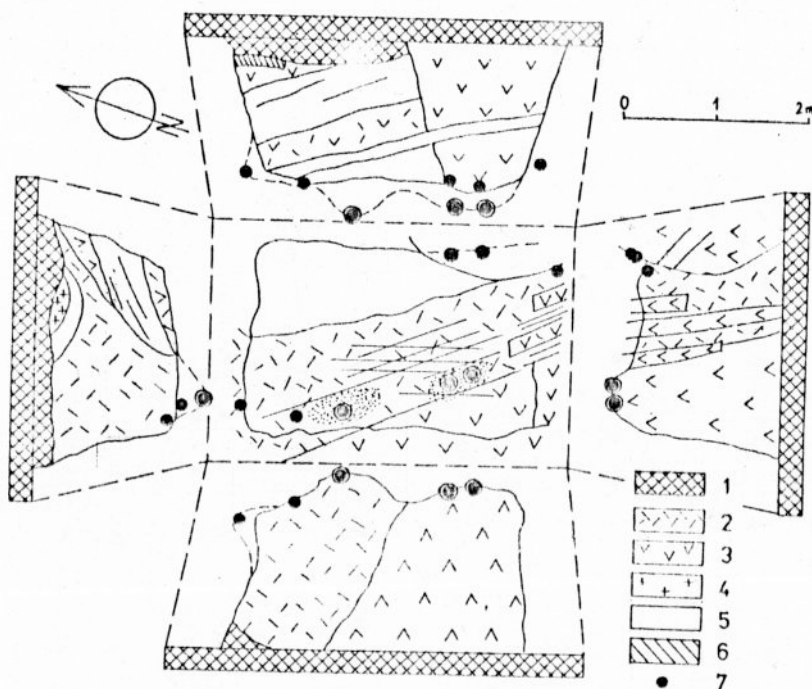
Położenie ujęć na tle sytuacji geologicznej przedstawia rys. 3.3.

Jako punkt odniesienia przy określaniu położenia poszczególnych ujęć przyjęto źródło "Wojciech" ze względu na jego centralne położenie i charakterystyczną architekturę zabudowy.

Źródło "Jerzy" położone jest 360 m na południe od źródła "Wojciech". Obejmuje ono szereg wypływów znajdujących się w rowie wykonanym w ramach modernizacji źródła w 1960 r, a znajdującym się bezpośrednio na linii uskoku. Na rys. 5.1 przedstawiłem rozwinięcie profilu rowu oraz miejsca poszczególnych wypływów. Wypływy mają miejsce w obrębie brekcji tektonicznej lub na jej kontakcie ze skałami otaczającymi.

Dominującymi kierunkami spękań w obrębie skał wg J. Gierwielanica [59] są: 180/40E, 340/60SW, 40/60NW oraz 10/30, a w obrębie brekcji od 320/90 do 10/30NW. Najwydatniejszymi są wypływy znajdujące się w dwóch zagłębieniach o głębokościach 40 i 60 cm.

W pobliżu głównej linii tektonicznej w odległości ok. 6 m na NNW od źródła "Jerzy", odsłonięto jeden większy oraz szereg drobnych wypływów wody termalnej. Wypływy te, występujące w silnie

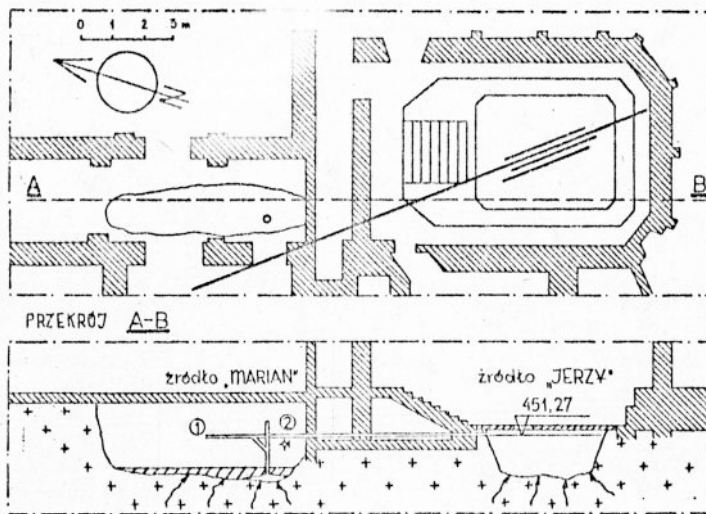


Rys. 5.1. Rzuty ścian rowu ujmującego wypływy źródła "Jerzy"
1 - beton, 2 - brekcja uskokowa, 3 - gnejs, 4 - leukogranit, 5 - amfibolit, 6 - kwarc, 7 - wypływy wody termalnej, dodatkowym kółkiem oznaczone są wypływy najwydatniejsze.

zbrekcjowanej strefie na kontakcie lamprofiru i gnejsu, zostały ujęte razem i w 1956r., na II Ogólnopolskim Zjeździe Balneologicznym w Łądku Zdroju nazwane źródłem "Marian". Przeprowadzone badania wykazały całkowitą jego zależność od sąsiedniego źródła, w związku z czym oba ujęcia połączono razem. Ujęcia powyższe przedstawia rys. 5.2.

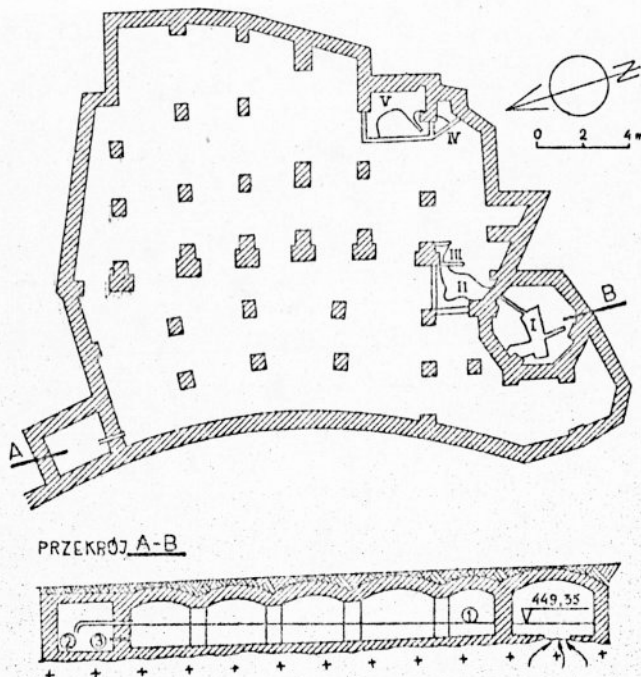
Linie źródeł, zgodną z uskokiem Łądek - Orłowiec - Karpno/N/, tworzą położone w niewielkiej odległości od siebie źródła: "Skłodowska-Curie", "Wojciech" i "Chrobry".

Źródło "Skłodowska-Curie". Ujęte tutaj wypływy, zebrane w pięć grup, znajdują się bezpośrednio w zbiorniku /rys. 5.3 / w odległości 30 m od źródła "Wojciech". Woda wypływa ze szczelin o kierunkach 350/80W i 320/70-80NE z gnejsów gieraltowskich.



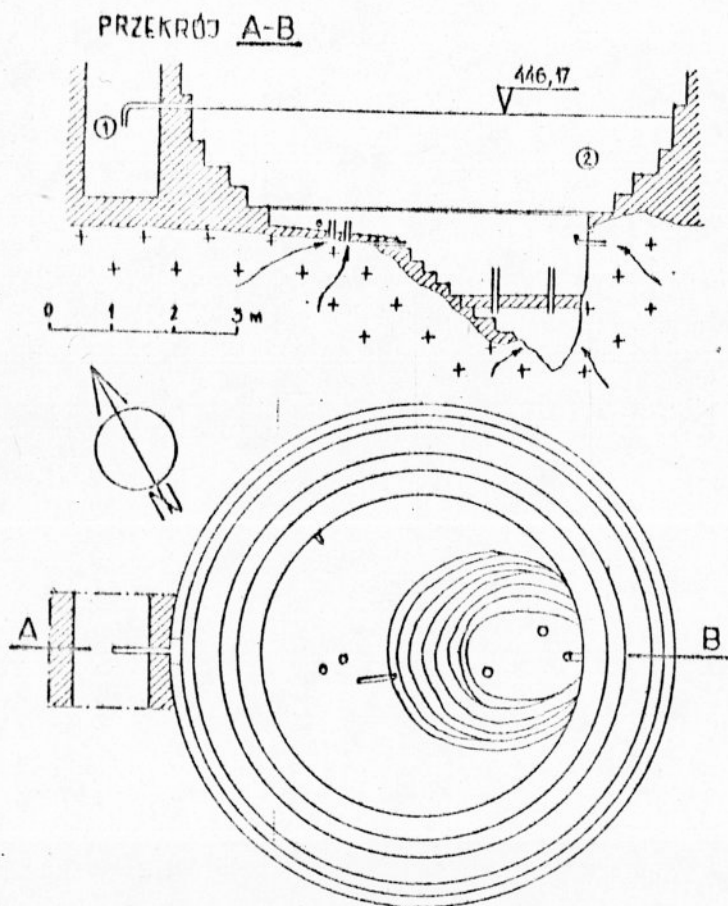
Rys. 5.2. Szkic ujęcia źródła "Jerzy"

1 - miejsce wykonywania pomiarów wydajności i temperatury wody, 2 - miejsce pobierania prób wody do analiz chemicznych i oznaczenia zawartości radonu.



Rys. 5.3. Szkic ujęcia źródła "Skłodowska-Curie"

I - V - grupy wypływów; miejsce wykonywania pomiarów:
1 - temperatury wody, 2 - wydajności, 3 - zawartości radonu oraz pobierania prób wody do analiz chemicznych.



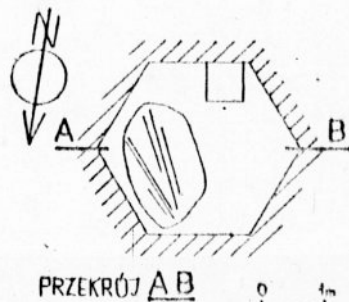
Rys. 5.4. Szkic ujęcia źródła "Wojciech"

miejsce wykonywania pomiarów:
1 - wydajności, 2 - temperatury
wody, zawartości radonu oraz
pobierania prób wody do analiz
chemicznych.

datki posiadają wypływy znajdujące się na
przecięciu spękań o kierunku 120/90 i
170/80-85 E.

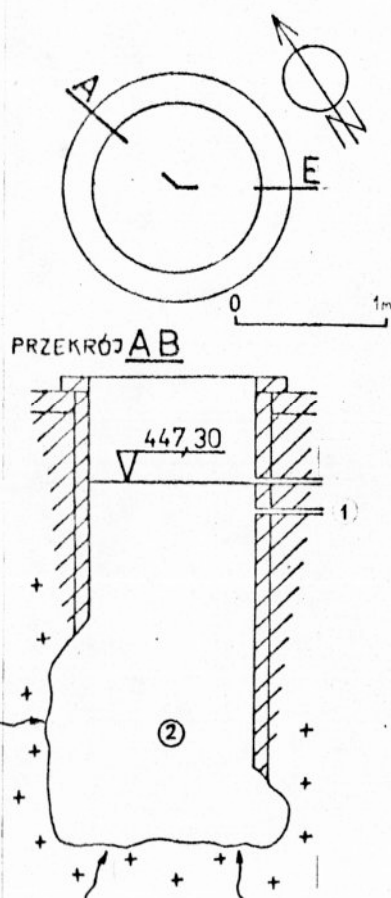
Pierwotnie źródło obejmowało 8 wypływów,
obecnie zaś - dzięki przeprowadzonym w la-
tach 1956-59 pracom modernizacyjnym -
część z nich połączono razem. Bezpośrednio
nad studnią znajduje się basen kąpielowy
/rys. 5.4 /.

Zróżdo "Wojciech" znajduje
się w centrum budynku Zakła-
du Przyrodoleczniczego o tej
samej nazwie. Woda wypływa
tu z silnie spękanych i czę-
ściowo zwiętrzałych gnejsów
gierałtowskich w studni wy-
kutej w skale i częściowo
omurowanej. Maksymalne wy-

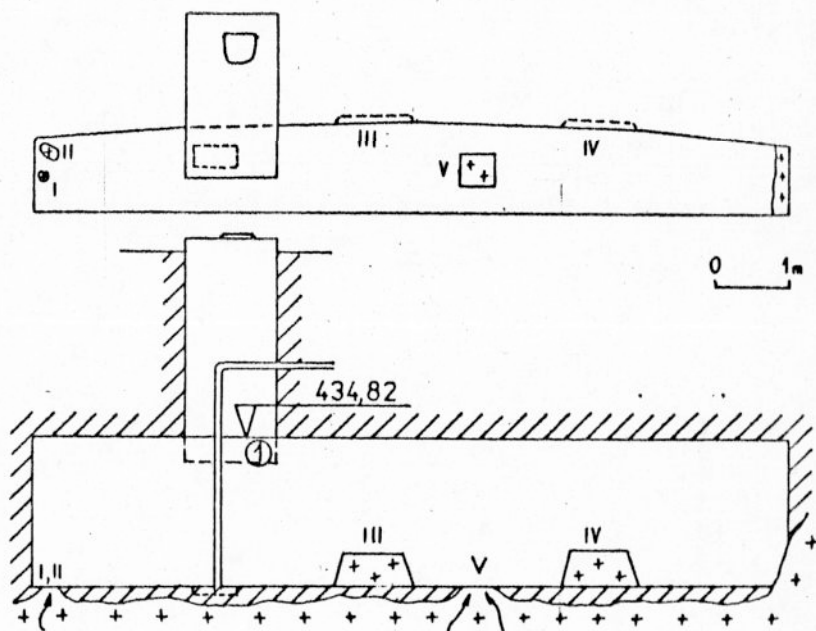


Rys. 5.5. Szkic ujęcia
źródła "Chrobry"

miejsce wykonywania po-
miarów: 1 - zawartości
radonu w wodzie, 2 - tem-
peratury oraz pobiera-
nia prób wody do analiz
chemicznych.



Rys. 5.6. Szkic ujęcia źródła "Dąbrówka" miejsce wykonywania pomiarów: 1-wydajności, 2-temperatury, zawartości radonu oraz pobieranie prób wody do analiz chemicznych.



Rys. 5.7. Szkic ujęcia źródła "Stare" I ÷ V - wypływy, 1-miejsce wykonywania pomiarów temperatury wody, zawartości w niej radonu oraz pobieranie prób wody do analiz chemicznych.

Źródło "Chrobry", odkryte podczas wylewu Potoku Grodzkiego, znajduje się w odległości 75 m na NW od źródła "Wojciech". Ujęta murowaną studnią woda wypływa z silnie zwietrzałych i strzaskanych gnejsów gieraltowskich /rys. 5.5 /.

Źródło "Dąbrówka" oddalone jest ok. 120 m na SW od źródła "Wojciech". Woda wypływa z silnie spękanych gnejsów gieraltowskich, w których dominują kierunki 350/90 i 10-25/85. Wypływy ujęte zostały studnią częściowo wyłożoną płytami piaskowca /rys. 5.6 /.

Należy nadmienić, że w odległości ok. 30 m na NW od powyższego źródła istniało ujęcie z wodą o zapachu siarkowodoru; ujęcie to zli-

kwidowano na początku naszego stulecia [51]:

Źródło "Stare" jest źródłem położonym najniżej. Woda wypływa tu także z silnie spękanych i zwietrzałych gnejsów gieraltowskich ze szczelin o kierunku 255/85 SE. Ujęcie posiada pięć wypływów, które znajdują się w zbiorniku o objętości 11 m^3 /rys. 5.7/. Ponieważ źródło to posiada najniższą temperaturę wykorzystywane jest tylko sporadycznie dla basenu kąpielowego.

We wszystkich źródłach wypływające wody powodują powstanie zjawiska "sedymentacji źródłowej". Przejawia się ono ciągłym wynoszeniem z przemywanych szczelin drobnych okruchów skał osadzających się wokół poszczególnych wypływów.

Odwiert L-2 /Ładek 700/ jest jedynym głębokim ujęciem wód termalnych. Wykonany on został w latach 1972 - 1973 na podstawie wyników wieloletnich badań geologiczno-poszukiwawczych. Odwiert położony jest na północnym zboczu Potoku Grodzkiego na wysokości 468,02 m npm, w odległości 600 m na NE od źródła "Wojciech". Otwór sięgnął głębokości 700 m i wiercony był w gnejsach gieraltowskich i częściowo w śnieżnickich. Makroskopowy opis rdzenia wiertniczego który wykonałem wraz z J. Gierwieląncem, przedstawiłem w oddzielnej pracy [22].

Wodę o temperaturze 20°C nawiercono już na głębokości 150 m. Jednak dopiero po przewierceniu żyły lamprofiru otoczonej z obu stron żyłami bazaltu, w przelocie 568,0 - 580,0 uzyskano wodę o temperaturze 45°C . Głębokość ta pozwoliła mi na wniosek, że woda termalna związana jest ze strefą dyslokacyjną uskoku Ładka Zdroju [22]. Uskok ten, oddalony na powierzchni o około 600 m na NW od odwiertu, zapada w jego kierunku pod kątem $45 - 50^{\circ}$. Nieciągłość wypełnia więc żyła lamprofiru z żyłami bazaltu iniekującymi wzdłuż niej z obu stron.

Przy głębokości otworu 648 m wydatek wody wyniósł $180 \text{ m}^3/\text{h}$, a zwierciadło stabilizowało się na wysokości 8,83 m ponad poziom terenu. Równocześnie nastąpił spadek wydajności pozostałych źródeł. Zmiany poszczególnych parametrów w trakcie wiercenia otworu przedstawia tab. 5.1.

W celu odizolowania stref dopływu wód chłodniejszych otwór zarusowano do głębokości 150 m. Po zakończeniu prac wiertniczych w lipcu 1973 r otwór zagłowiczono. Od 23 lutego 1976 r jest on eksploatowany z wydajnością początkową 500 l/min / $30 \text{ m}^3/\text{h}$.

Poza wyżej opisanymi ujęciami na linii uskoku Łądek - Orłowiec Karpno /N/ znajdują się również dwa płytkie otwory nr 45 i 53.

W pierwszym z nich, położonym między źródłami "Wojciech" i "Chrobry", uzyskano samowypływ 22 l/min wody termalnej o temperaturze 28°C . Zwierciadło wody ustabilizowało się na wysokości 0,75 m powyżej powierzchni terenu. Równocześnie zaznaczył się wyraźny wpływ otworu na źródło "Wojciech" /źródło "Chrobry" nie było mierzone/.

Otwór 53 leży na linii tegoż uskoku w odległości 160 m od NW źródła "Chrobry". Otrzymano w nim wodę o nieco podwyższonej temperaturze / 16°C /.

Również w odległości 20 m od źródła "Stare", w otworze nr 16 stwierdzono także wodę o temperaturze podwyższonej / 18°C /.

Tabela 5.1:

Wyniki obserwacji hydrogeologicznych w trakcie prac
wiertniczych w latach 1972 - 73 w otworze L-2 [22] [119] .

Głębokość otworu	Wydajność		Depresja	Tempera- tura wody	Radoczynność
	samowyp- ływu	pompowa nia			
m	m ³ /h		m	°C	nCi/l
100		0,13	50	15,8	5,87
150		4,5		20,7	7,34
200		5,5	110	21,7	7,11
250		6,0	100	22,3	6,00
310		6,0	100	25,1	6,09
350		7,62	110	26,0	3,74
400		14,89	49	31,3	7,20
500	0,84				
500		14,82	14,6	37,0	18,28
500	2,13				
585	10,50			40,1	12,44
600		16,8	15,6	41,6	13,90
600	9,48				10,68
608	67,2			44,6	5,30
610	108,0			44,8	
612	120,0			45,1	5,85
641	144,0			45,5	4,93
648	180,0			45,5	4,01
690	180,0			46,0	4,08
700	171,6			45,7	4,55

W przedstawionych ujęciach prowadzone są obserwacje stacjonarne parametrów wód termalnych, w których brałem czynny udział w latach 1975 - 1977. Obejmują one pomiar wydajności i temperatury wody oraz ważnego z punktu widzenia balneologicznego składnika - radonu /tabela 5.2 / Miejsca pomiaru poszczególnych parametrów przedstawione są na rysunkach 5.2 - 5.7.

Tabela 5.2.

Rok rozpoczęcia wykonania ^{yw} /1/ oraz liczba cotygodniowych /2/ pomiarów stacjonarnych ujęć wód termalnych.

Ujęcia	P o m i a r y					
	temperatury		wydajności		radoczynności	
	1	2	1	2	1	2
Odwiert L-2	1976	7	1976	7	1976	1
Chrobry	1955	1	-	1	1966	1
Wojciech	1955	1	1955	1	1965	1
Skłodowska Curie	1955	1	1960	1	1966	1
Dąbrówka	1955	1	1955	1	1965	1
Jerzy	1955	6	1962	1	1966	6

Pomiary wydajności. Pierwszy pomiar wydajności został wykonany w źródłach w 1893 r. [50] . Ponieważ jednak nieznane są miejsca ani sposób wykonywania pomiarów do roku 1945, danych tych nie mogłem brać pod uwagę. Obecne pomiary od 1955r. regularnie wykonywane są metodą objętościową. W źródłach "Wojciech", "Skłodowska Curie", "Dąbrówka" i "Jerzy" polega ona na pięciokrotnym pomiarze czasu napełniania się naczynia o pojemności 50 l. Wydajność źródła "Chrobry" oblicza się, mierząc czas podniesienia się obniżonego przez odpompowanie zwierciadła wody o pewną

wysokość w studni o znanym przekroju. W źródle "Stare" wyznacza się wydajność, mierząc czas napełniania się zbiornika o objętości 11 m^3 . Pomiary w obu ostatnich źródłach wykonywane były sporadycznie w czasie czyszczenia źródeł.

Obecnie wykonywany raz na dobę odczyt wskazań wodomierza umieszczonego przy głowicy pozwala określić dokładnie wydajność odwiertu L-2.

Pomiary temperatury. Regularne pomiary wykonywane z dokładnością $0,1^\circ\text{C}$ termometrem rtęciowym prowadzone są w miejscach oznaczonych na szkicach ujęć. W odwiercie L-2 temperatura mierzona jest na wypływie wody z wodomierza. Wykonałem również pomiary temperatury poszczególnych wpływów w obrębie źródeł przez zanurzenie termometru w szczelinie lub żwirku w miejscach, z których wydostają się pęcherzyki gazu.

Zawartość radonu w wodzie oznaczona była metodą próżnio-wą za pomocą elektrometru SG-11. Nie wziąłem pod uwagę pomiarów wykonanych przez laboratorium w Szczawnie za pomocą fontaktoskopu Engler - Sievekinga, który daje wyniki niższe.

Dokładność wszystkich pomiarów prowadzonych przez Uzdrowski Zakład Górniczy w Łądku Zdroju oceniona została wysoko przez J. Dowgiałłę i J. Kulikowską [37]. Jednakowe warunki oraz regularność wykonywania pomiarów pozwalają na uznanie otrzymanych wyników za w pełni wiarygodne i stanowią one cenny materiał statystyczny.

Do przeprowadzonych obliczeń statystycznych wykorzystałem wyniki stacjonarnych badań temperatury i wydajności, analiz chemicznych oraz obserwacji meteorologicznych. Do dalszych obliczeń przyjąłem obliczone z powyższych danych średnie miesięczne/ arytmetyczne/ natomiast opady miesięczne zsumowałem. Liczba uśrednianych pomiarów wynika z tabeli 5.2. W obliczeniach uwzględniłem obserwacje całoroczne, zakładając jako nieistotny wpływ czynników zewnętrznych na parametry wód o głębokim krążeniu, jakimi są omawiane wody termalne.

Okres który przyjąłem do obliczeń obejmuje lata 1955 - 1972 względnie 1977; pewne przerwy w obserwacjach wyniknęły z prowadzonych w ujęciach źródeł prac renowacyjnych.

Wykonane obliczenia miały na celu:

- a/ wykazanie ewentualnych tendencji zmian wydajności i temperatury źródeł w czasie metodą regresji liniowej,
- b/ wyznaczenie współczynników korelacji między tymi samymi parametrami w różnych źródłach,
- c/ określenie wpływu czynników zewnętrznych /temperatury powietrza i opadów/ na niektóre z parametrów źródeł, przez wyznaczenie współczynników korelacji między nimi; uwzględniłem w tym przypadku również ewentualne opóźnienie reakcji źródeł,
- d/ badanie istotności otrzymanych współczynników korelacji przez porównanie ich z wartościami krytycznymi wyznaczonymi za pomocą tablic statystycznych [139] .

Obliczenia wykonałem na maszynach cyfrowych według własnego programu w Centrum Obliczeniowym Politechniki Wrocławskiej wykorzystując podprogramy FTESTKOREL i FAREKOR*.

* - w trakcie prowadzonych moich prac opublikowana została praca 47 przedstawiająca wyniki podobnych obliczeń wykonanych dla dwóch źródeł w Cieplicach Sl. Zdroju.

V.2. Wyniki badań wydajności poszczególnych ujęć

Przy opracowaniu statystycznym wydajności źródeł wziąłem pod uwagę tylko okres od IV.1955 do XII.1972, gdyż odwiercenie otworu L-2 wpłynęło wyraźnie na obniżenie się wydatku źródeł w 1973 r. Wyniki obliczeń przedstawiłem w tabeli 5.3 oraz na rys. 5.8.

Z wyraźnym spadkiem wydajności mamy do czynienia w najwydatniejszym źródle "Jerzy", zaś z jej wyraźnym wzrostem w źródle "Skłodowska Curie". Na granicy istotności znajdują się tendencje zmian wydatku źródeł "Wojciech" /spadkowa/ i Dąbrówka /wzrostowa/.

Ciekawie przedstawia się zależność pomiędzy wydajnościami poszczególnych źródeł między sobą /tab. 5.4 /. Na uwagę zasługuje ujemna korelacja między debitami dwu najwydatniejszych źródeł "Jerzy" i "Wojciech" oraz dodatnia między źródłami "Wojciech" i "Skłodowska-Curie".

Interpretacja powyższych wyników jest trudna i zaznaczyć jedynie mogę, że wykazane tendencje wynikają ze zmian drożności szczelin przewodzących wodę lub zmian jej dróg przepływu. Natomiast nie stwierdziłem wpływu ilości miesięcznych opadów na średnie miesięczne wydajności źródeł uwzględniając nawet retardację jedenastomiesięczną.

W źródle "Stare" dwukrotnie wykonane pomiary na początku lat sześćdziesiątych określiły wydajność na 17 i 18 l/min. Jednorazowy pomiar wydatku źródła "Chrobry" w 1965r wyniósł 38 l/min. Uwzględniając te wydajności oraz dane z tab. 5.3, można przyjąć, że $\bar{s} \bar{r} \bar{e} \bar{d} \bar{n} \bar{i} \quad \bar{w} \bar{y} \bar{d} \bar{a} \bar{t} \bar{e} \bar{k}$ wszystkich źródeł w latach 1955-72 wyniósł 522,2 l/min /751,97 m³/db/.

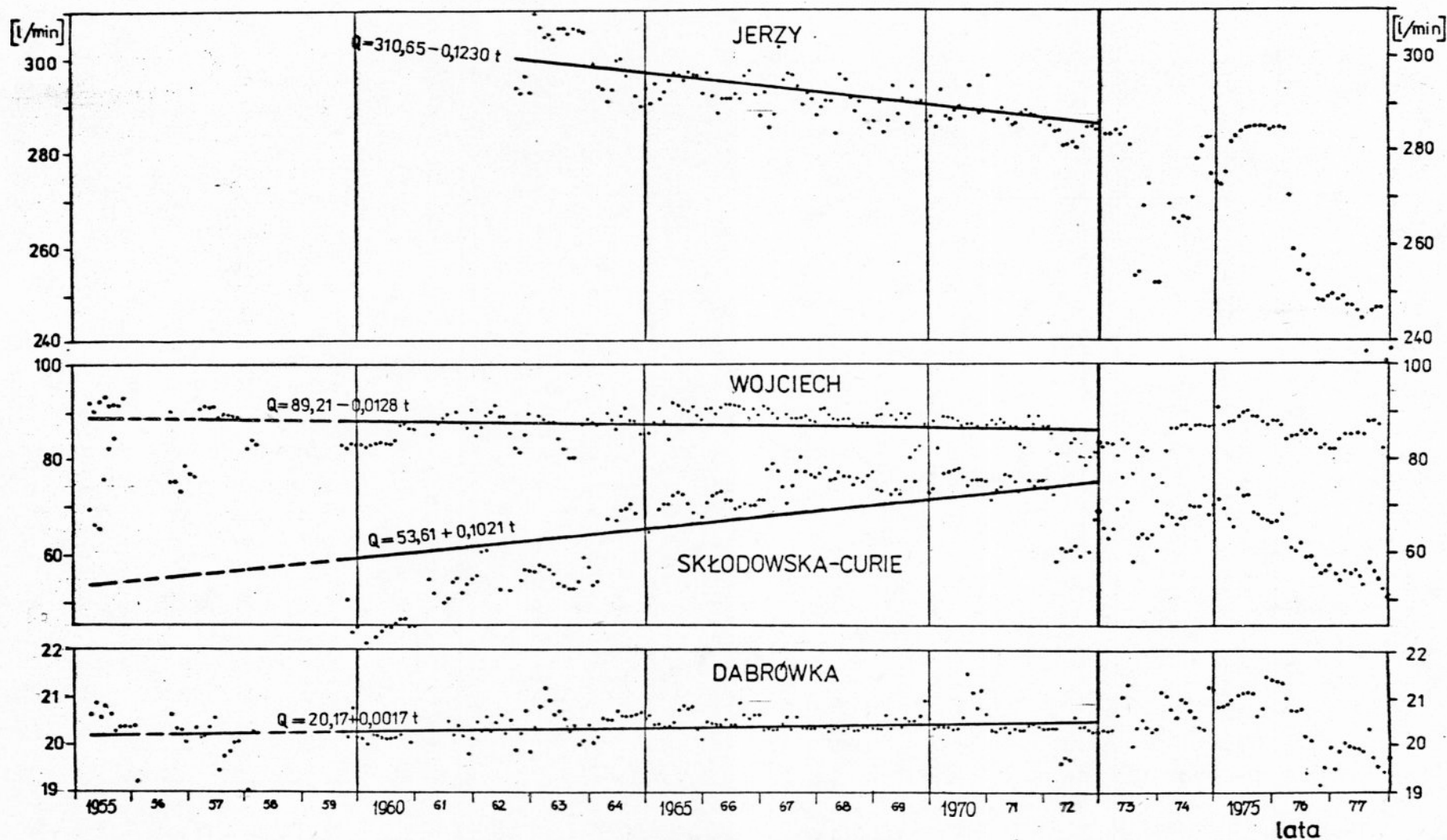
Do sumowania wydatków poszczególnych ujęć upoważnia wykazany w punkcie V.4. fakt, że są one zasilane wodą z jednego złoża.

Tabela 5.3.

Równania regresji liniowej wydatku Q źródła /l/min/
w zależności od czasu t /miesiące/.

Ujęcie	Ilość miesięcy n	Średni wydatek	Wariancja	Współczynnik korelacji		Równania prostej regresji
				obliczony r	krytyczny r^*	
Jerzy	172	292,02	4,30	- 0,718	0,150	$Q = 310,65 - 0,1230 t$
Wojciech	223	87,65	3,20	- 0,225	0,132	$Q = 89,21 - 0,0128 t$
Skłodowska Curie	206	66,66	9,30	0,513	0,138	$Q = 53,61 + 0,1021 t$
Dąbrówka	229	20,38	0,40	0,245	0,132	$Q = 20,17 + 0,0017 t$

)^{*} – dla ilości stopni swobody odpowiednio $\nu = 170, 200$ i 220 oraz
poziomu istotności $\alpha = 0,05$



Rys.5. . Wykres średnich miesięcznych wydajności wód ze źródeł lądowych w okresie IV.1955 - XII.1977 wraz z prostymi regresji opisującymi tendencje wydajności.

Tabela 5.4. Obliczone i krytyczne wartości współczynników
korelacji pomiędzy wydajnościami
źródeł

Źródło	Jerzy	Wojciech	Skłodowska Curie	Dąbrówka	
Jerzy		0,1325*	-0,4410	0,2246	obliczony współ- czynnik korelacji
Wojciech	0,146 n = 180		0,4378	0,1630	
Skłodowska Curie	0,150 n = 170	0,135 n = 212		0,3148	
Dąbrówka	0,150 n = 171	0,132 n = 220	0,138 n = 204		
krytyczny współczynnik korelacji dla $\nu = n-2$ i $\alpha = 0,05$					

)* - zależność statystycznie nieistotna.
n - ilość miesięcy

Klasyfikując źródła pod względem wydajności, zaliczyć je można według O.Meiznera do klasy V i VI. Biorąc pod uwagę ich zmienność należą one do źródeł stałych oprócz źródła "Skłodowska Curie", które zaliczyć należy do mało zmiennych /tabela 5.5/.

Tabela 5.5.

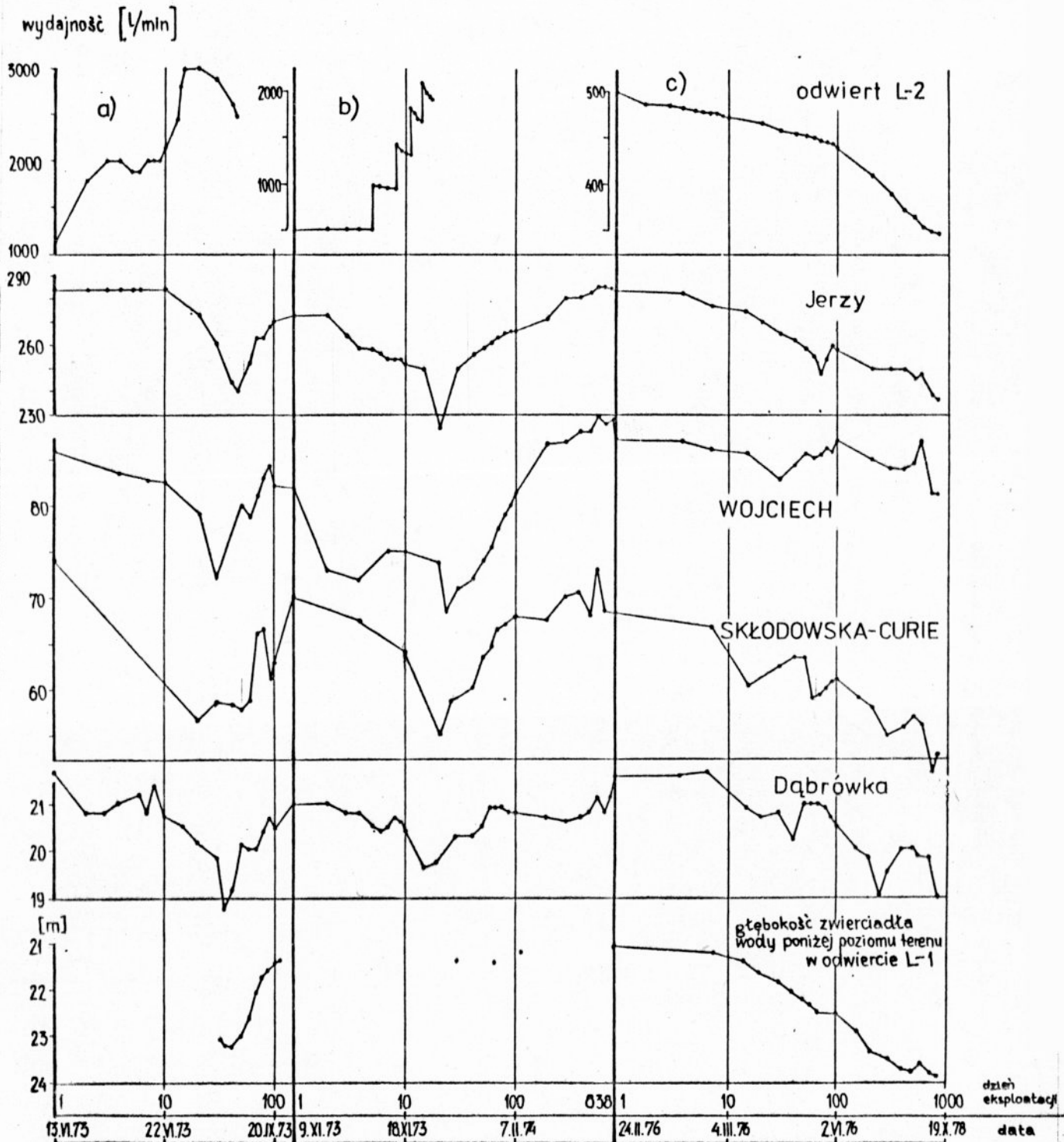
Klasyfikacja źródeł na podstawie ich
wydajności oraz zmienności

Źródło	Klasa wydajności wg O.Meiznera	Kategoria zmienności wg R.Mailleta	Wskaźnik zmienności
	1955 - 1972		
Jerzy	V	stałe	1,27
Wojciech	V	stałe	1,31
Skłodowska		mało	
Curie	V	zmienne	2,52
Dąbrówka	VI	stałe	1,13
Chrobry	VI		
Stare	VI		

Jak już wspomniałem, wykonany w 1973 r odwiert L-2 wpłynął na zmniejszenie się wydajności wszystkich istniejących źródeł Łądką.

W niektórych z nich nieznaczny spadek wydatku zaznaczył się już podczas próbnego pompowania wykonanego przy głębokości odwiertu 600 m. Po ustaniu pompowania wydatki te powróciły do normy.

Dopiero po nawierceniu wód o temperaturze 45°C i znacznym samowpływie oddziaływanie to stało się bardzo wyraźne we wszystkich źródłach. Obrazuje to rys. 5.9, na którym początek każdego wypływu wody z odwiertu L-2 przyjąłem każdorazowo za początek osi czasu przedstawionej w skali logarytmicznej.



Rys.5.9. Wpływ eksploatacji odwiertu L-2 na wydajności źródeł wód termalnych oraz poziom zwierciadła wody w odwiercie L-1.

a/ pełny samowypływ w trakcie wiercenia otworu, b/ próbna samoczynna eksploatacja, c/ obecna eksploatacja odwiertu.

Wykresy powyższe uzupełnione są tabelą 5.6. Z tabeli tej wynika, że położenie źródła npm nie odgrywa roli w wielkości spadku.

Tabela 5.6. Procentowy spadek między wydajnością źródeł pomierzoną w dniu rozpoczęcia kolejnego szczyptywania wody z odwiertu L-2, a najmniejszą ich wydajnością przez to szczyptywanie wywołaną.

	Jerzy	Wojciech	Skłodowska Curie	Dąbrówka
	spadek w procentach			
Pompowanie, głębokość otworu 600 m	0,0	10,0	-	4,3
Pełny samowypływ w trakcie wiercenia, 13.VI - 24.VII.73	14,8	12,4	24,8	13,8
Próbna samoczynna eksploatacja 8.IX - 27.XI.73	18,3	16,5	21,1	9,5
Eksploatacja 23.II.76-3.V.78	17,3	10,0	26,8	12,0

Poszczególne okresy wypływu wody z odwiertu spowodowały również obniżenie się zwierciadła zwykłych wód szczelinowych. Najwyraźniej zaznacza się ono w odwiercie L-1 /rys.5.9/, a znacznie słabiej w płytkim otworze nr 53, w którym również obserwuje się wpływ opadów na poziom zwierciadła wody.

Zależności te wskazują na istnienie więzi hydraulicznej pomiędzy poszczególnymi rodzajami wód szczelinowych.

V.3. Wyniki badań temperatur wody z poszczególnych ujęć

Dla omówienia temperatur wód z poszczególnych ujęć przyjąłem okres ich obserwacji od IV.1955 do końca 1977, wychodząc z założenia, że warunki termiczne w obrębie skał przy zmianie reżimu wód - co ma miejsce po odwierceniu otworu L-2 - ulegają zmianom bardzo wolno. Dwuletni okres eksploatacji odwiertu L-2 nie wpłynął jak dotąd na warunki termiczne źródeł, pomimo wyraźnego spadku ich wydajności. Wyjątek stanowi źródło "Skłodowska - Curie", w którym wolny spadek temperatury wynika ze zmniejszenia się ilości wody przepływającej przez zbiornik o znacznych rozmiarach.

Otrzymane z pomiarów temperatury źródeł stanowią wartości uśrednione z wpływów o różnych temperaturach jak i wydajnościach. Ponieważ jednak warunki pomiarów na przestrzeni lat były stałe, wartości te dobrze charakteryzują dane źródło.

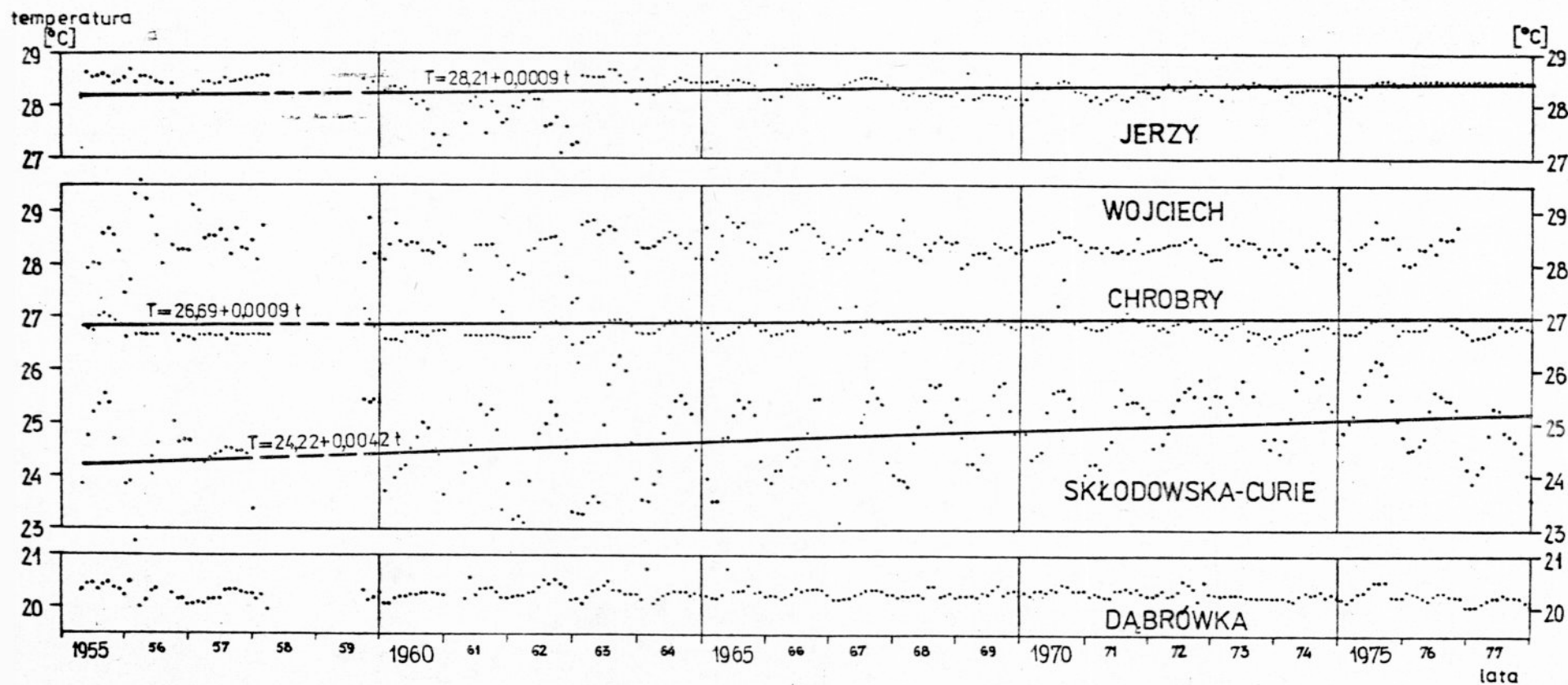
Rys. 5.10 przedstawia zmienność temperatur źródeł na podstawie ich średnich wartości miesięcznych, natomiast w tab. 5.7 zmienności te opisane zostały równaniami regresji liniowej.

Przedstawione w tabeli rosnące tendencje są bardzo słabe i równocześnie trudne do interpretacji, zwłaszcza przy zestawieniu ich z wynikami zamieszczonymi w tab. 5.4.

Oprócz wykazanych zmian wieloletnich określiłem równocześnie przyczynę wahań temperatur źródeł w cyklu rocznym.

Amplituda tych wahań zależna jest od sposobu ujęcia źródeł: największa jest w źródle "Skłodowska - Curie" ujętym w rozległym zbiorniku a najmniejsza w ujętych szybami źródłach "Dąbrówka", "Chrobry" a także "Jerzy".

Obliczając współczynniki korelacji między średnimi miesięcznymi temperaturami źródeł a średnimi miesięcznymi temperaturami powietrza oraz wielkością miesięcznego opadu stwierdzić można, że wpływ obu tych



Rys.5.10. Wykres średnich miesięcznych temperatur wód ze źródeł lądowych w okresie IV.1955 - XII.1977 wraz z opisującymi tendencje temperatur prostymi regresji.

Tabela 5.7. Równania regresji liniowej temperatury $T/^{\circ}\text{C}/$
źródeł w zależności od czasu t /miesiące/

Ujęcie	Ilość miesięcy	Średnia temperatura	Wariancja	Współczynnik korelacji		Równanie prostej regresji
				obliczony	krytyczny*	
Jerzy	239	28,33	0,23	0,173	0,128	$T = 28,21 + 0,0009 t$
Wojciech	237	28,29	0,47	-0,110**		
Chrobry	239	26,81	0,18	0,331		$T = 26,69 + 0,0009 t$
Skłodowska Curie	235	24,81	0,80	0,358		$T = 24,22 + 0,0042 t$
Dąbrówka	238	20,28	0,11	-0,055**		

* - dla ilości stopni swobody $\nu=235$ i poziomu istotności $\alpha=0,05$

** - zależność nieistotna statystycznie

czynników ma podobny, dodatni charakter/tab. 5.8/.

Ponieważ oba te czynniki są skorelowane $/r = 0,517/$, ich wpływ na źródła należy rozpatrywać łącznie.

Wydaje się, że infiltrujące wody opadowe uczestnicząc w obiegu podziemnym dopiero po pewnym okresie oddziałują na wody termalne dążące do wypływów. Oddziaływanie to najsilniej przejawia się w źródłach po jednym miesiącu /retardacja jednomiesięczna/ z tym, że istotnie kształtuje ono temperaturę źródeł przez okres około czterech miesięcy. Ponieważ jednak nie ilość infiltrującej wody a jej temperatura ma decydujące znaczenie, otrzymane współczynniki korelacji różnią się prawie dwukrotnie na korzyść temperatury powietrza.

Natychmiastowa reakcja źródła "Wojciech" na temperaturę otoczenia wynika zapewne z metody jej pomiaru w ujęciu; wyraźnie wpływa tu temperatura w pomieszczeniu basenowym na jej wysokość w wodzie z basenu. Nie obserwuje się natomiast żadnego wpływu warunków atmosferycznych na temperaturę źródła "Jerzy".

Czym tłumaczyć można więc wysokości temperatur w poszczególnych źródłach? Należy przyjrzeć się ich rozkładowi: najwyższe średnie temperatury posiadają źródła "Jerzy" i "Wojciech", a następnie w kolejności "Chrobry", "Skłodowska-Curie", "Dąbrówka" i na końcu "Stare", w którym średnia z 98 pomiarów z lat 1965 i 66 wyniosła $17,0^{\circ}\text{C}$. Tak więc chłodzenie wód dążących do wypływów zachodzi w podobnym stopniu w dwu pierwszych z wymienionych źródeł. Dalsze rozumowanie opartem na wydajnościach tych dwu źródeł. Stosunkowo duża wydajność źródła "Jerzy" powoduje pewien spadek temperatury. Wynikający stąd związek między temperaturą a wydajnością potwierdzają rosnące zależności między temperaturą tego źródła, a odpowiadającą jej wydajnością, co ilustruje rys. 5.11.

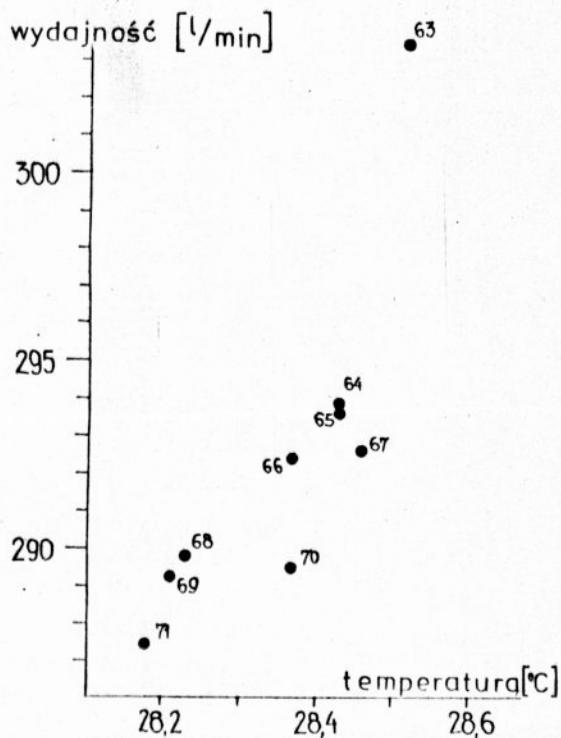
Tabela 5.8.

Współczynniki korelacji między średnimi miesięcznymi temperatur źródła a średnimi miesięcznymi temperatur powietrza T_p /°C/ oraz wielkością miesięcznego opadu Op /mm/, z uwzględnieniem opóźnienia reakcji źródła.

Retardacja w miesią- cach	Chrobry		Wojciech		Skłodowska Curie		Dąbrówka		Jerzy	
	T_p	Op	T_p	Op	T_p	Op	T_p	Op	T_p	Op
0	0,597	0,241	0,238	0,134	0,728	0,369	0,454	0,273	- 0,033	0,011
1	0,611	0,335	0,145	0,137	0,784	0,447	0,413	0,268	- 0,026	-0,047
2	0,454	0,272	0,010	0,107	0,626	0,370	0,275	0,271	- 0,029	-0,040
3	0,201	0,182	- 0,119	0,065	0,223	0,076	0,150	0,000	- 0,024	
4	- 0,066	0,079	- 0,221	- 0,086	- 0,068	0,040	- 0,149	- 0,009	0,049	0,002

Krytyczne współczynniki korelacji wynoszą: a/ dla T_p : 0,142 / γ = 190, α = 0,05/

b/ dla Op : 0,128 / γ = 135, α = 0,05/



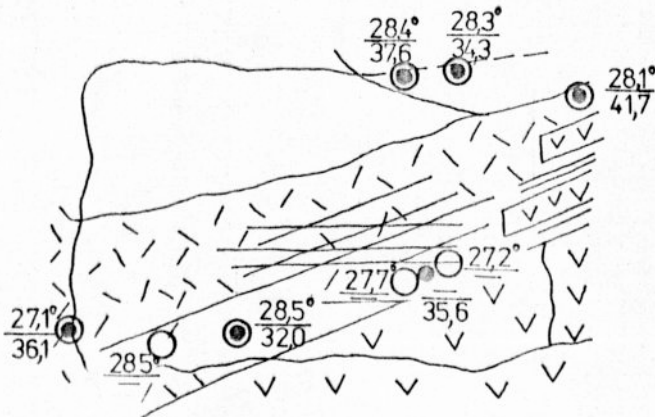
Rys. 5.11. Wykres średnich rocznych temperatur w zależności od średnich rocznych wydajności źródła "Jerzy" na przestrzeni lat 1963 - 71.

Podobny spadek w przypadku źródła "Wojciech", charakteryzującego się jednak znacznie niższą wydajnością, jest rezultatem istnienia "płaszcz" innych źródeł /"Chrobry", "Skłodowska-Curie" i "Dąbrówka"/, które chroniąc źródło centralne same ulegają ochłodzeniu.

- Wskazuje na to:
- najwyższy wpływ warunków zewnętrznych na źródła tworząc ów "płaszcz" /tab. 5.8/
 - podobny charakter zmian temperatur tych źródeł w czasie /tab. 5.9/, nieistotny w przypadku korelacji z innymi źródłami oraz
 - analogiczny jak powyżej związek między ich mineralizacjami /tab. 5.11/.

Ze zjawiskiem wspomnianego wyżej "płaszcz" mamy do czynienia także w obrębie samych źródeł. Wpływy o najwyższej temperaturze otoczone są wpływami chłodniejszymi i to tym bardziej, im większa jest ich odległość od wpływu najcieplejszego (przypadkowo -

taką w źródle "Jerzy" przedstawiłem na rys. 5.12.



Rys. 5.12. Wartość temperatur wody [°C] z poszczególnych wypływów źródła "Jerzy" /w liczniku/ oraz ich radoczynność /[Ci/l] w mianowniku/.

Tabela 5.9.

Wartości współczynników korelacji pomiędzy temperaturami źródeł

Ujęcie	Chrobry	Wojciech	Skłodowska Curie	Dąbrówka	Jerzy	
Chrobry		0,1383	0,4312	0,4283	0,0647*	obliczone współczynniki korelacji
Wojciech			0,1242*	0,1067*	0,0530*	
Skłodowska Curie				0,2952	0,1065*	
Dąbrówka		0,128			0,0406*	
Jerzy						
krytyczny współczynnik korelacji dla $\rho = 235$ i $\alpha = 0,05$						

korelacja nie zachodzi

W źródle "Wojciech" w sześciu wypływach stwierdziłem temperatury $23,5 - 30,1^{\circ}\text{C}$ /4.III.77/, zaś w źródle "Skłodowska-Curie" w dwudziestu wypływach temperatury wносиły $24,9 - 27,4^{\circ}\text{C}$ /7.V.77/.

W źródle "Chrobry" znajduje się pięć wypływów o temperaturach $26,9 - 27,1^{\circ}\text{C}$ /21.VII.77/, natomiast w źródle "Stare" pięć wypływów posiada temperatury $17,3 - 17,7^{\circ}\text{C}$. Rozkład temperatury z głębokością w otworze L-2 przedstawiony już został w tab. 5.1.

Temperatury wód w źródłach łądeckich /oprócz "Starego"/ pozwalają zaliczyć je do wód termalnych. Stosując obecnie najpełniejszą klasyfikację wód pod względem ich temperatury wg N.W. Tolstochina [81], wody ze źródeł naturalnych Łądką zaliczyć można do s u b t e r m /w ó d c i e p ł y c h o zakresie temperatur $20 - 30^{\circ}\text{C}$ /, zaś wodę z głębokiego otworu L-2 określić należy jako h i p o t e r m ę /w o d ę g o r ą c ą, $40 - 50^{\circ}\text{C}$ /.

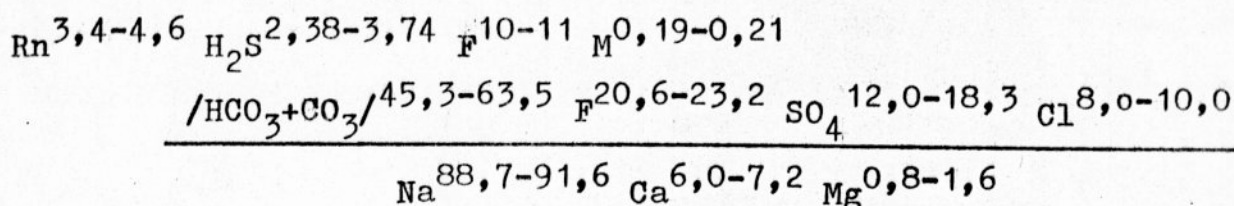
V.4. Omówienie składu chemicznego wód termalnych; zjawisko ich rozcieńczania

Pierwsza poprawna analiza chemiczna lądeckich wód termalnych wykonana została w 1863r przez A. Lothar - Meyera, a następne w 1909 i 1939 przez H. Freseniusa [56] [57] [93] .

W okresie powojennym małe lub duże analizy chemiczne wykonywane są od 1957 r raz w roku przez Laboratorium Balneochemiczne i Mikrobiologiczne B.P. i U.T.B.U. "Balneoprojekt" w Szczawnie Zdroju.*

Pod względem składu chemicznego wody ze wszystkich ujęć charakteryzują się dużym podobieństwem. Skład chemiczny wód oraz jego zmienność na przestrzeni lat 1957 - 1977 przedstawiłem w formie skróconej /wzorem Kurłowa/ każdorazowo podając zawartości minimalne i maksymalne danego składnika.**

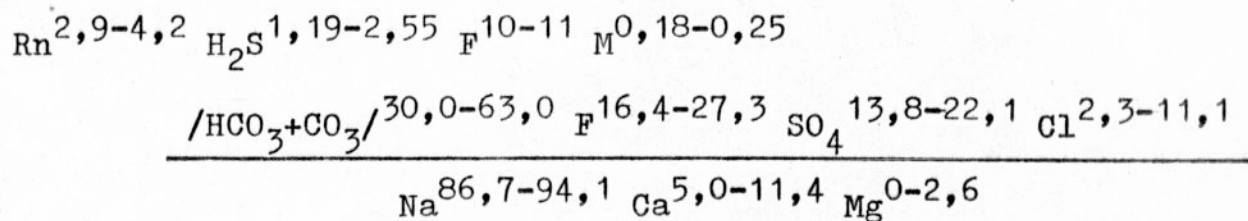
Odwiert L-2 /1973-77/ :



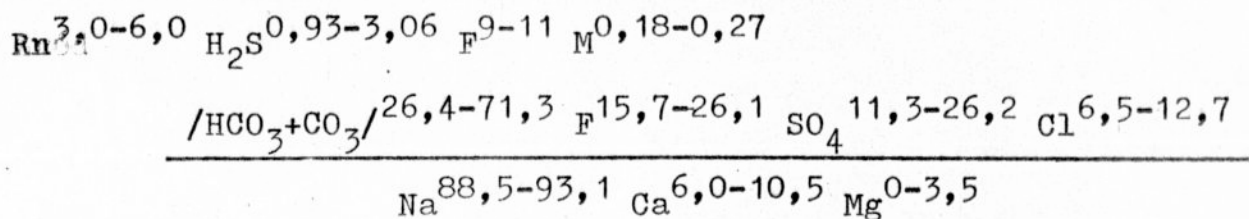
* - było laboratorium Obsługi Technicznej Uzdrawisk

** - we wzorze tym zawartości H₂S i F w wodzie podane są w mg/l, Rn w nCi/l, a ogólna mineralizacja w g/l. Zawartości podstawowych jonów / w %mwal / przedstawione są w postaci ułamka: aniony w liczniku, kationy w mianowniku.

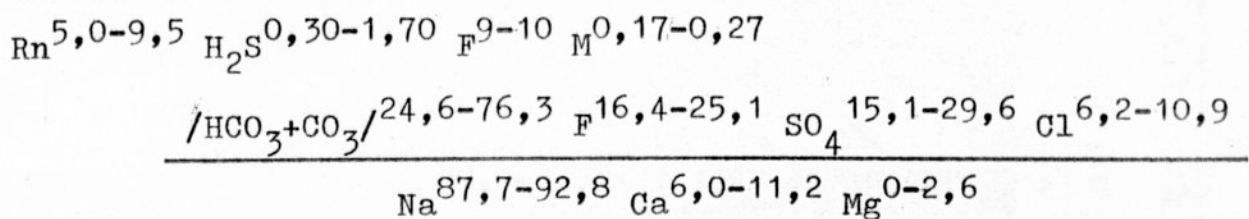
Zródło "Chrobry" :



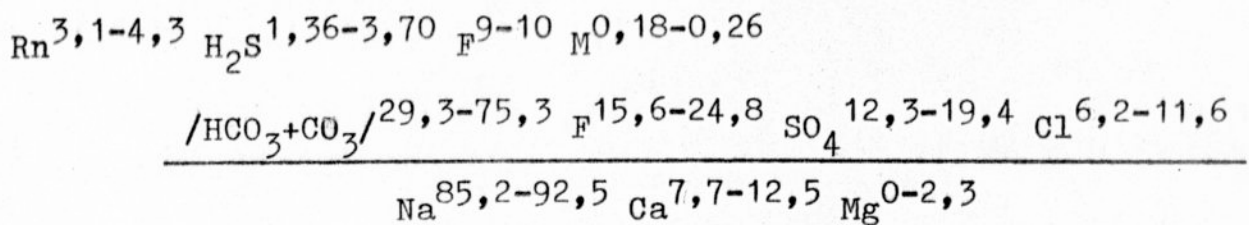
Zródło "Wojciech" :



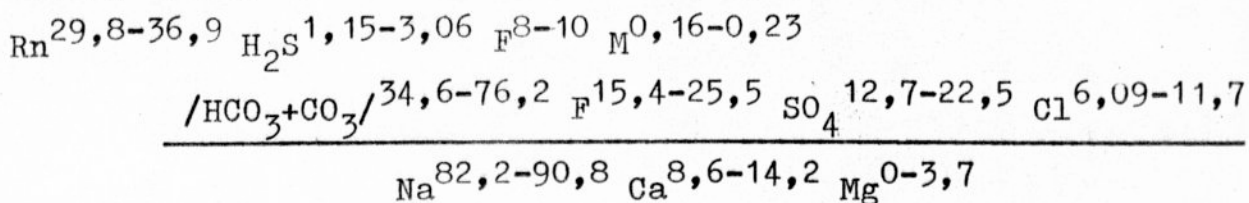
Zródło "Skłodowska - Curie" :



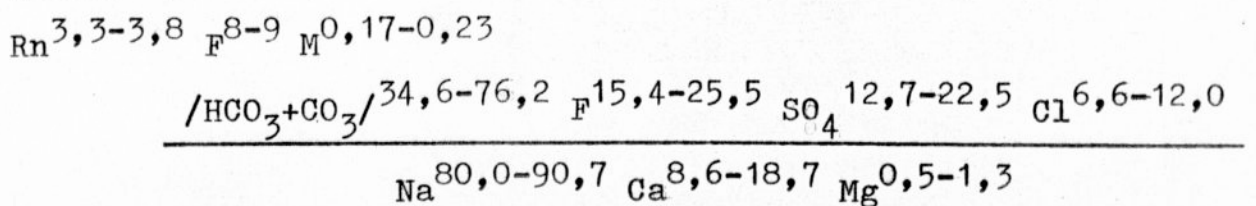
Zródło "Dąbrówka" :



Zródło "Jerzy" :



Zródło "Stare" :



Ogólna mineralizacja wód ze wszystkich ujęć waha się od 160,6 do 270,2 mg/l. W składzie jonowym wśród anionów przeważają jony węglanowe /do 80,85 mg/l i 76,23% mwał/, a wśród kationów jon sodowy /do 73,36 mg/l i 94,12% mwał/. Duże znaczenie mają zawarte w tych wodach: radon /do 36,9 nCi/l/, fluor /8-11 mg/l/ oraz siarkowodór /do 3,7 mg/l/ - składniki o specyficznych właściwościach leczniczych. Odczyn pH wynosi od 8 do 9,2. W składzie gazowym nad pozostałymi składnikami przeważa azot /do 96 % obj., p.str. 102 /.

Dla zobrazowania pełnego składu chemicznego wód w tabeli 5.10 przedstawiłem przykładowo najnowsze ich duże analizy chemiczne wykonane w roku 1975:

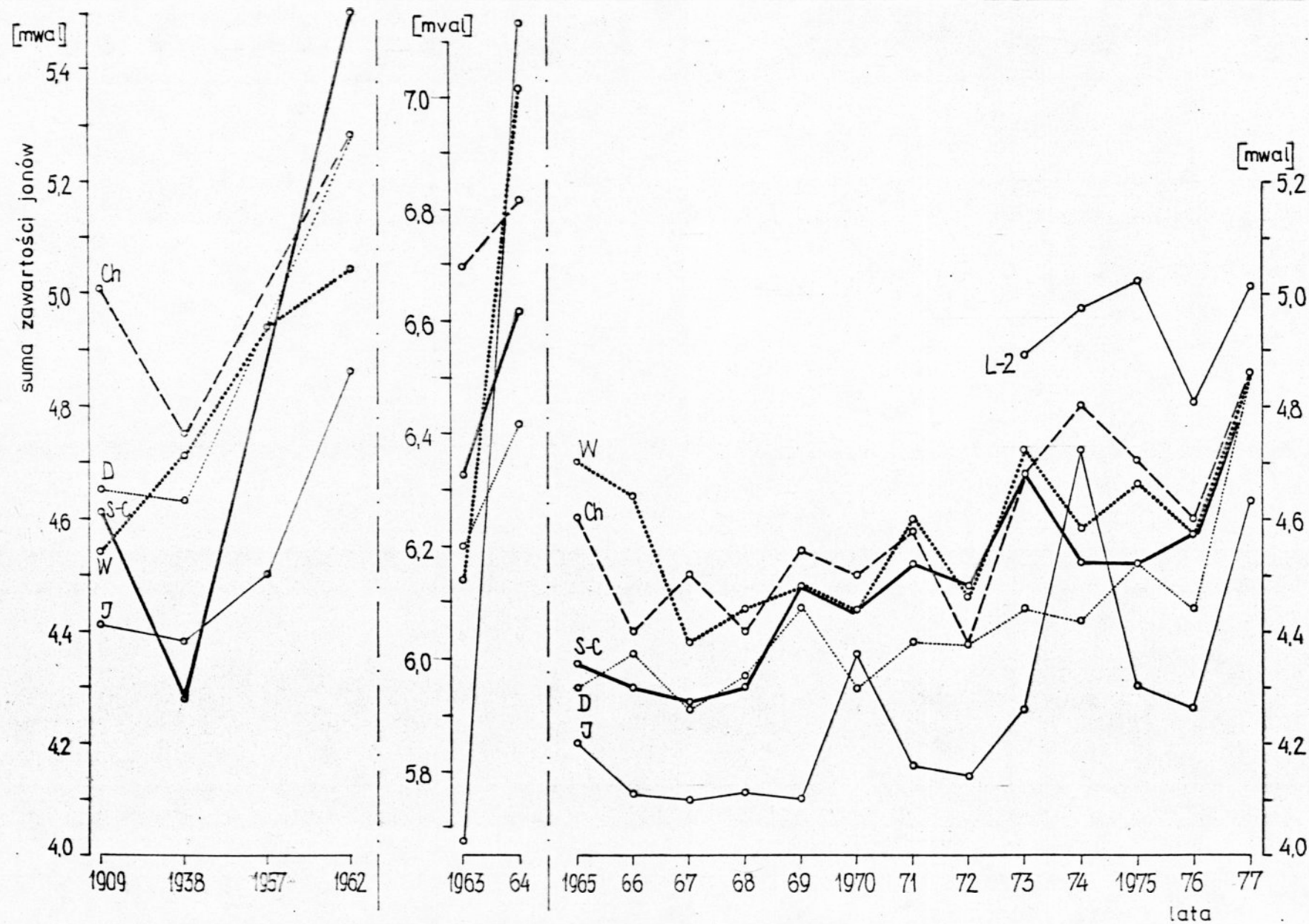
Zarówno zawartości poszczególnych jonów jak i mineralizacja ogólna ulegają zmianom w czasie. Na podstawie rys. 5.13 stwierdzić można znaczne podwyższenie mineralizacji w latach 1963 i 64, następnie w roku 1965 nagły spadek i od 1967 jej stałą tendencję wzrostową.

Zestawiając wyniki analiz z poszczególnych lat zwróciłem uwagę na pewną prawidłowość pomiędzy ilością różnych składników wód ze wszystkich ujęć, spowodowaną jak się okazało, procesami mieszania. Zagadnienie to w przypadku wód łądeckich omówiłem w referacie na Międzynarodowe Sympozjum nt. Hydrochemii wód zmineralizowanych /31.V. - 3.VI.1978r/ [23], natomiast w przypadku wszystkich wód leczniczych Sudetów w innej mojej pracy [24].

Metodykę analizy procesu mieszania opracował A.N. Ogilvi [98]. Wykazał on, że jeśli dane wody tworzą się w rezultacie mieszania dwóch wód o różnej mineralizacji, to zależność między ich mineralizacją a zawartością każdego z jonów ma charakter liniowy. Proces mieszania można przedstawić także graficznie. Jeśli na osi odciętych zaznaczy się sumę zawartości jonów /w mwał/ w danej wodzie, zaś na osi rzędnych zawartości poszczególnych jonów /w mwał/, to punkty oznaczające zawartości tych samych jonów w wodach "czystych"

Analizy chemiczne wód leczniczych Łódka Zdroju pobranych 10.04.1973r

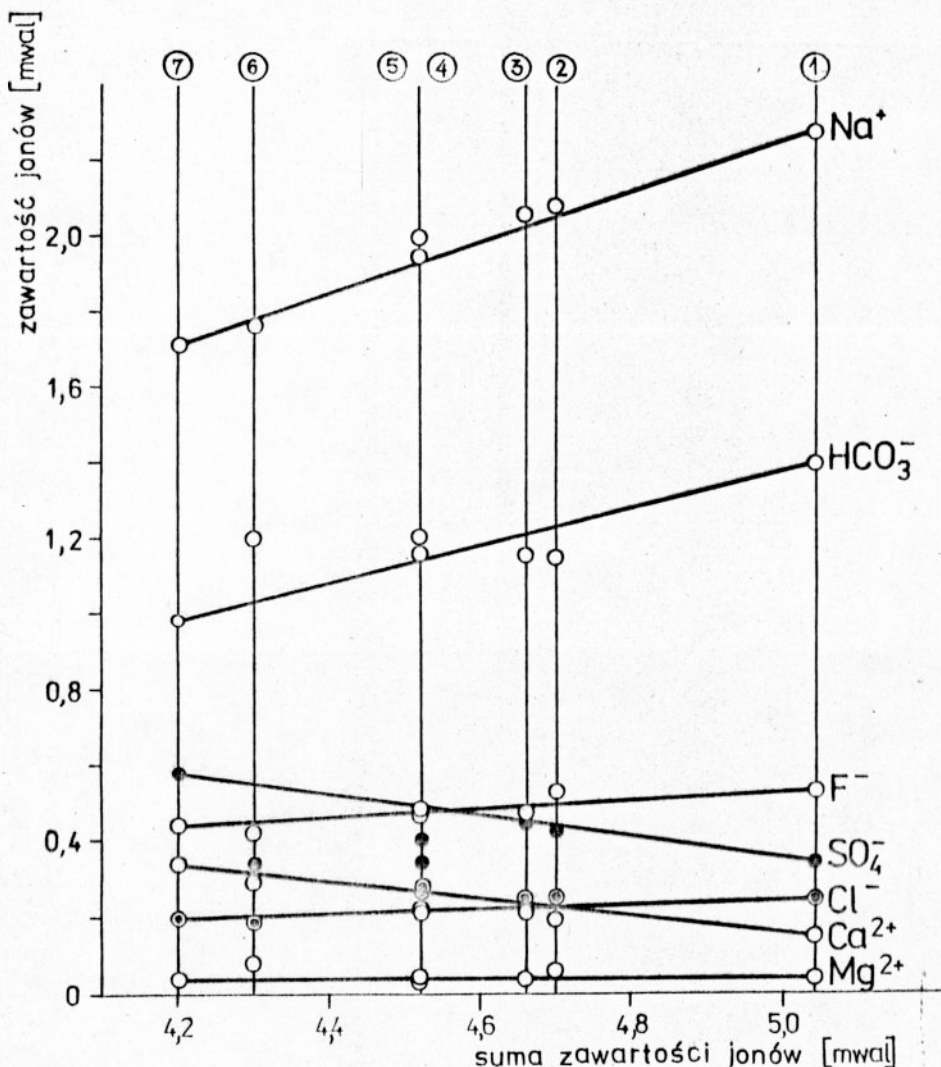
Ujęcie	pH	Rn	H ₂ S	H ₂ SiO ₃	Suma rozpuszczonych składników stałych	Forma przedstawienia analizy	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ba ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
		mg/l	mg/l	mg/l														
Odwiert L-2	9,2	4,09	3,06	39,0	195,82	mg	52	1	3,1	0,47	0,5	0,66	0,1	10	8,86	16,5	42,63	21
						mval	2,26	0,02	0,15	0,04	0,01	0,02	-	0,53	0,25	0,34	0,70	0,70
						% mval	90,4	0,8	6,0	1,6	0,4	0,8	-	21,0	9,92	13,49	27,78	27,78
Chrobry	9,1	3,36	2,55	41	188,02	mg	47,5	0,75	3,33	0,71	0,5	0,06	0,1	10	8,86	20	39,66	15
						mval	2,06	0,02	0,19	0,06	0,01	-	-	0,53	0,25	0,42	0,65	0,30
						% mval	88,04	0,85	8,12	2,56	0,43	-	-	22,55	10,64	17,87	27,66	21,29
Wojciech	8,9	3,92	2,55	39	186,81	mg	47	1,0	4,26	0,47	0,5	0,04	0,1	9	8,86	22	39,58	15
						mval	2,04	0,02	0,21	0,04	0,01	-	-	0,47	0,25	0,46	0,65	0,30
						% mval	87,94	0,86	9,05	1,72	0,43	-	-	20,17	10,73	19,74	27,90	21,48
Skłodowska - Curie	8,9	7,27	1,7	39	183,16	mg	45,5	1,0	4,26	0,47	0,5	0,1	0,1	9	8,86	19,20	40,27	15
						mval	1,98	0,02	0,21	0,04	0,01	-	-	0,47	0,25	0,40	0,66	0,30
						% mval	87,62	0,88	9,29	1,77	0,44	-	-	20,61	10,96	17,54	28,96	21,93
Dąbrowka	9,1	3,61	3,57	39	182,46	mg	44,5	0,75	5,03	0,47	0,5	0,14	0,1	9	8,86	16,5	42,61	15
						mval	1,93	0,02	0,25	0,04	0,01	-	-	0,47	0,25	0,34	0,70	0,30
						% mval	85,78	0,89	11,11	1,73	0,44	-	-	20,80	11,06	15,04	30,98	22,12
Jerzy	8,9	34,41	3,06	36,4	173,51	mg	40	1	5,81	0,94	0,5	0,1	0,1	8	6,65	16,5	42,61	15
						mval	1,74	0,02	0,29	0,08	0,01	-	-	0,42	0,19	0,34	0,70	0,30
						% mval	81,31	0,93	13,55	3,74	0,47	-	-	19,55	8,84	13,31	32,56	23,28
Stare /1.06.1967/	8,6	1,3	0,42	33,8	172,73	mg	39,5	0,85	6,73	0,24	-	0,05	-	8	7,09	28	42,1	6
						mval	1,72	0,02	0,34	0,02	-	-	-	0,42	0,20	0,59	0,69	0,30
						% mval	81,91	0,93	16,16	0,93	-	-	-	20,80	9,52	28,10	32,36	3,52



Rys.5.15. Zmienność mineralizacji wód mwa/l z poszczególnych ujęć
na przestrzeni lat 1909 - 1977

wody z ujęć: L-2 -odwiert L-2, Ch- Chrobry, W- Wojciech, S-C -Skłodowska-Curie, D- Dąbrówka, J- Jerzy

biorących udział w mieszaniu i w wodach będących skutkiem ich mieszania się w różnych proporcjach, powinny ułożyć się wzdłuż prostej lub blisko niej. Wykres taki sporządziłem przykładowo dla przedstawionych analiz z roku 1975 /rys. 5.14/.



Rys. 5.14. Wykres rozcieńczania wód termalnych z poszczególnych ujęć, wg tabeli 5.10.

Składy chemiczne wód z ujęć: 1 - odwiert L-2, 2 - Chrobry, 3 - Wojciech, 4 - Skłodowska - Curie, 5 - Dąbrówka, 6 - Jerzy, 7 - Stare.

Z powyższego wykresu wyraźnie rysuje się kierunek rozcieńczania wód termalnych z poszczególnych ujęć. Pozwala to na wysunięcie wniosku, że źródła lądeckie zasilane są z jednego złoża wód termalnych, a zróżnicowanie ich składu chemicznego jest skutkiem mieszania się tych wód z wodami zwykłymi.

Przyjmując wodę z głębokiego odwiertu L-2 jako "czystą" wodę termalną w stosunku do pozostałych wód źródłanych, najbardziej zbliżoną do niej składem jest woda ze źródła "Chrobry", zaś najbardziej rozcieńczoną jest woda ze źródła "Stare". Ilościowe określenie procesu nie jest możliwe z braku znajomości innych z mieszających się wód.

Powyższe zjawisko ma charakter zmienny w czasie, co wynika z rys. 5.13, na którym linie pionowe poprowadzone w dniu analiz stanowią osie odciętych wykresu Ogilviego.

Różnicowanie składu chemicznego wód z poszczególnych ujęć odbywa się więc według poniższego schematu /wody od najmniej do najbardziej rozcieńczonych/:

L-2

"Chrobry"

"Wojciech"

"Skłodowska - Curie"

"Dąbrówka"

"Jerzy"

"Stare"

Obliczone współczynniki korelacji między mineralizacjami wód z poszczególnych źródeł /oprócz odwiertu L-2 i źródła "Starego" ze względu na małą liczbę danych nie wziętych pod uwagę/, okazały się istotne we wszystkich przypadkach. Wysokie wartości współczynników, zamieszczone w tabeli 5.11, świadczą o bardzo zbliżonych zmianach mineralizacji we wszystkich źródłach, co również potwierdza ich wspólne pochodzenie.

Nie obserwuje się natomiast bezpośredniego wpływu ilości opadów na wysokość mineralizacji wód ze źródeł. Przeprowadzone obliczenia, uwzględniające reterdację jedenastomiesięczną, dały wyniki nieistotne.

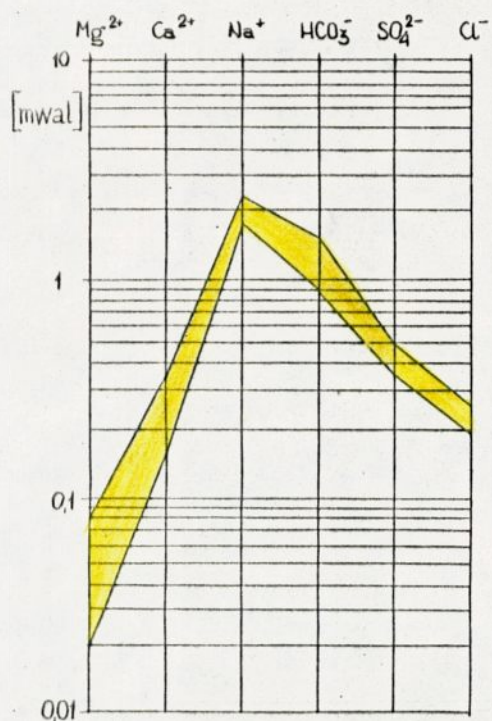
Pomimo wyraźnego procesu rozcieńczania wodami otaczającymi, termy posiadają skład zbliżony do siebie, co dobrze przedstawia także wykres

Tabela 5.11.

Współczynniki korelacji pomiędzy ogólnymi mineralizacjami
/mg/l/ wód z poszczególnych źródeł

Ujęcie	Chrobry	Wojciech	Skłodowska Curie	Dąbrówka	Jerzy	
Chrobry		0,886	0,942	0,961	0,855	obliczone
Wojciech			0,873	0,871	0,904	współ-
Skłodowska Curie				0,987	0,902	czynniki
Dąbrówka		0,6021			0,895	korelacji
Jerzy						
krytyczny współczynnik korelacji dla $\nu = n - 2 = 9$ oraz $\alpha = 0,05$						

Schoellera /rys. 5.15/ Natomiast według klasyfikacji Szczukariewa -
Prikońskiego wody te zaliczyć można do klasy nr 7: typu $\text{HCO}_3 - \text{Na}$.



Rys.5.15. Składy chemiczne lądeckich
wód termalnych odwzorowane
na wykresie Schoellera,
według tabeli 5.10.

Jeślia za kryterium klasyfikacji lądeckich wód termalnych przyjmiemy /jak to się czyni w niektórych krajach/ zawartości w niej rozpuszczonych gazów, to wówczas zaliczyć je można do termalnych wód azotowych. Wody takie, występujące z reguły w skałach krystalicznych obszarów neotektonicznych, charakteryzują się niską mineralizacją / $< 0,5$ g/l/, wysokim pH, podwyższoną temperaturą oraz podwyższoną zawartością fluoru i radonu. Większość z nich posiada skład $\text{HCO}_3 - \text{Na}$.

Obecność siarkowodoru pozwala zaliczyć termalne wody azotowe Lądka do typu pirenejskiego [98] [125] ; znajdują się one w wydzielonym na terenie Europy rejonie sudeckim występowania term azotowych [8] .

Stosując obowiązującą w Polsce nomenklaturę, wody lecznicze Lądka Zdroju można określić jako

0,02% wody termalne, wodorowęglanowo - sodowe,
radoczynne, fluorkowe, siarczkowe.

W dalszej części pracy będą one oznaczone symbolem $\text{HCO}_3 - \text{F} - \text{Na}$.

ROZDZIAŁ VI. POCHODZENIE SKŁADNIKÓW CHEMICZNYCH WÓD TERMALNYCH ŁĄDKA ZDROJU

VI. 1. Warunki hydrogeochemiczne

Proces tworzenia się wód termalnych Łądką Zdroju należy wiązać z warunkami ich krążenia w strefie hipergenezy. Skład elementów zawartych w danej wodzie świadczy o warunkach hydrogeochemicznych panujących na drodze jej przepływu.

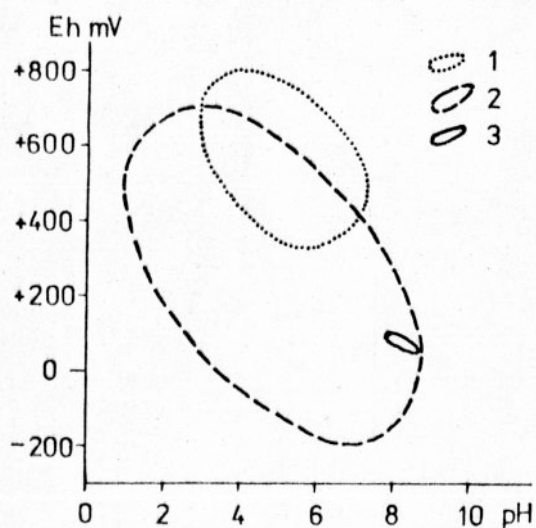
Wg A.V. Ščerbakova [125] warunki te określone są m.in. przez:

- 1 - skład i ilość rozpuszczonych w wodzie aktywnych gazów / O_2 , $H_2S + HS^-$, H_2 /,
- 2 - odczyn pH wody oraz
- 3 - potencjał oksydacyjno - redukcyjny Eh,

W obszarach zbudowanych ze skał magmowych i metamorficznych autor ten wydzielił dwie strefy geochemiczne: utleniania i przejściową. Pierwsza z nich - strefa utleniania - charakteryzuje się wielkościami Eh w granicach + 750 - +150 mV, natomiast dla drugiej - przejściowej - Eh wynosi +150 - 0 mV. Wielkości potencjału utleniająco redukcyjnego wód ze źródeł łądeckich, zestawione w tabeli 6.1, pozwalają zaliczyć je do wód strefy przejściowej.

Innymi kryteriami geochemicznymi wód tej strefy są: odczyn zasadowy, zawartość $O_2 < 1$ mg/l, $H_2S + HS < 10$ mg/l, oraz śladowe ilości H_2 ; wszystkie one są spełnione w omawianych wodach.

Zróźnicowanie wartości Eh polegające na jego wzroście w kierunku utleniania w poszczególnych źródłach jest spowodowane przypuszczalnie domieszkami płytszych wód szczelinowych.



Rys.6.1. Wykres zależności Eh ; pH wód naturalnych, wg 5 . Pola wartości Eh; pH: 1 - wód opadowych , 2 - wód termalnych /ogólnie/, 3 - wód termalnych Łąka.

Tabela 6.1. Wartości Eh według rosnących potencjałów i pH wód termalnych Łąka Zdroju 13.I.1970 *

Zródło	Eh /mV/	pH
Skłodowska Curie	+ 51,0	8,6
Dąbrówka	+ 52,5	8,7
Wojciech	+ 67,5	8,6
Jerzy	+ 72,5	8,5
Chrobry	+ 82,5	8,4
Stare	+102,5	7,8

Rysunek 6.1 ilustruje zależności Eh - pH dla wód naturalnych różnych środowisk; w tym ujęciu wody łądeckie w całości zamykają się w obrębie pola wód termalnych.

* - wykonane w Zakładzie Chemii Nieorganicznej Akademii Medycznej w Poznaniu

VI. 2. Pochodzenie wody termalnej Łąka w świetle badań izotopowych.

Badania trwałych izotopów tlenu i wodoru w wodach łądeckich przeprowadził w latach 1970 - 73 J. Dowgiałko [40] [46] .

Otrzymane wyniki zestawilem w poniższej tabeli 6.2, według kolejności ujęć o wodach coraz bardziej rozcieńczonych.

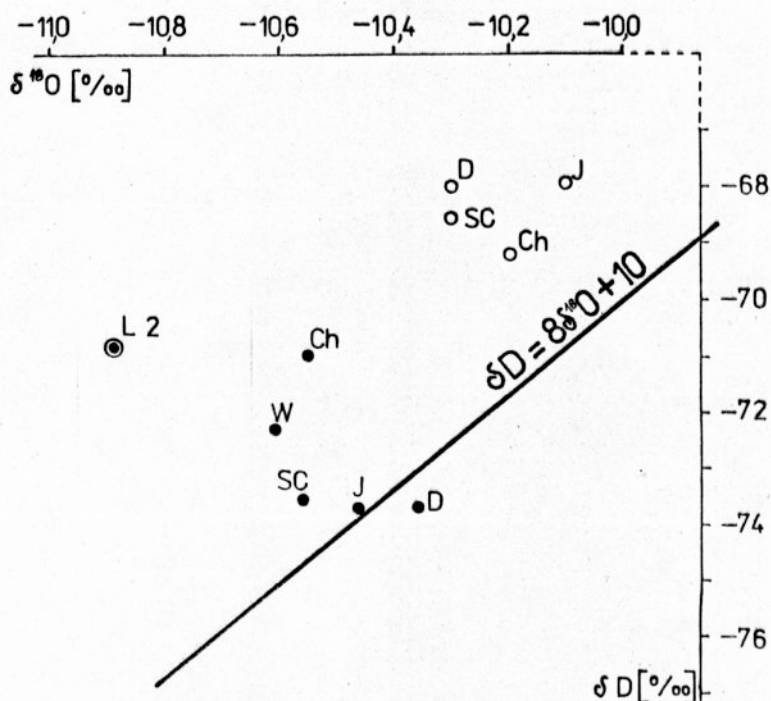
Tabela 6.2.

Wyniki analiz izotopowych tlenu i wodoru z wód termalnych
Łąka Źdroju /w porządku malejącej mineralizacji wód/.

Ujęcie	δD [‰]			$\delta^{18}O$ [‰]		
	1970	1972	1973	1970	1972	1973
Odwiert L-2			- 70,9			-10,89
Chrobry	- 69,2	- 71,02		- 10,2	- 10,55	
Wojciech		- 72,35			- 10,61	
Skłodowska Curie	- 68,6	- 73,58		- 10,3	- 10,56	
Dąbrówka	- 68,0	- 73,69		- 10,3	- 10,36	
Jerzy	- 67,9	- 73,72		- 10,1	- 10,47	

Położenie tych wód w pobliżu tzw. prostej Craiga - opisującej liniowy związek pomiędzy zawartością ^{18}O i D w wodach powierzchniowych świata i posiadającej postać $\delta D = 8\delta^{18}O + 10$ [25] - jednocześnie wskazuje na ich pochodzenie infiltracyjne.

Dyskusyjną sprawą pozostaje przesunięcie omawianych wód na lewo od prostej Craiga przy silniejszym powiększeniu skali /rys. 6.2/. Dodatkowo biorąc pod uwagę analizy izotopowe z lat 1972 i 1973, wyraźnie rysuje się zmniejszenie zawartości deuteru przy równoczesnym, mniej wyraźnym wzbogaceniu w ^{18}O (wód) coraz bardziej rozcieńczonych.



Rys. 6.2. Wykres zależności $\delta^{18}\text{O}$ i δD dla łódzkich wód termalnych, wg [37] [42].

Ujęcia: L-2 - odwiert L-2, Ch - Chrobry, W - Wojciech, SC - Skłodowska - Curie, D - Dąbrówka, J - Jerzy.

Analizy z lat ○ - 1970, ● - 1972, ⊙ - 1973.

Skład izotopowy wody otworu L-2 - najbardziej zbliżonej do "czystej" wody termalnej - jest wyraźnie przesunięty na lewo od prostej Craiga. J. Dowgiałło [40] przesunięcie to tłumaczy w przypadku ^{18}O utratą tego ciężkiego izotopu tlenu przez wodę na rzecz skał "wylugowanych" z tego izotopu podczas odmiennych warunków hydrogeotermicznych związanych z trzecio- i czwartorzędowymi przejawami działalności wulkanicznej.

Wzrost ilości ^{18}O w wodzie w miarę zwiększania się rozmiarów procesu mieszania jest w tym przypadku zrozumiały. Trudny do wytłumaczenia jest natomiast fakt zubożenia rozcieńczonych wód w ciężki izotop wodoru; wymaga to jeszcze dalszych badań.

VI.3. Pochodzenie rozpuszczonych składników stałych

Skład chemiczny wód termalnych tworzących się w strefie hiperogenezy należy uważać za hydrogenowy produkt wietrzenia. Czynnikiem określającym skład chemiczny wód jest w tym przypadku przede wszystkim skład mineralny skał. Skałami tymi dla wód Łądką są w większości gnejsy, gdyż krążenie w obrębie skał łupkowych serii stroniskiej jest bardzo ograniczone. Składy chemiczne gnejsów tego regionu, przedstawiono w tabeli 3.1, są zbliżone do siebie.

Z procesów kształtujących skład chemiczny wody, podstawowe znaczenie mają w przypadku wód łądeckich: wietrzenie, hydroliza oraz - częściowo - wymiana kationowa. Biorąc pod uwagę małą rozpuszczalność skał, a także niską mineralizację tych wód, procesy powyższe zachodzą jednak w bardzo małym zakresie.

Wszystkie składniki omawianych wód teoretycznie mogą być uzyskane przez wody infiltracyjne z zawierających je skał.

Składniki te podzieliłem na następujące grupy:

- a/ makroelementy, do których zaliczyłem jony utworzone przez pierwiastki: H, O, C, S, Cl, Ca, Na, K, Mg, Fe, a także krzemionkę
- b/ pierwiastki śladowe do których należą: Sr, Ba, Li, Cu, Mn oraz F,
- c/ składniki radioaktywne, z których stwierdzono obecność Rn, U i Ra.

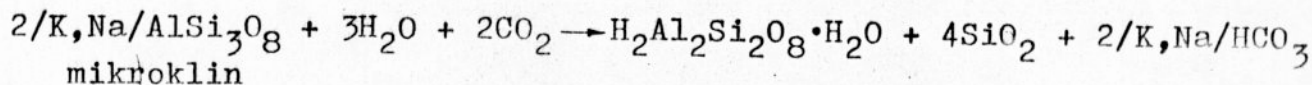
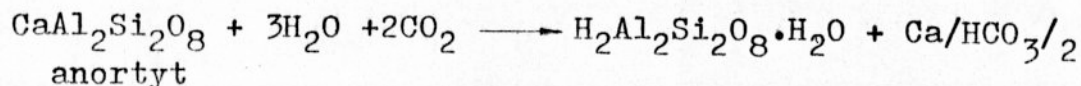
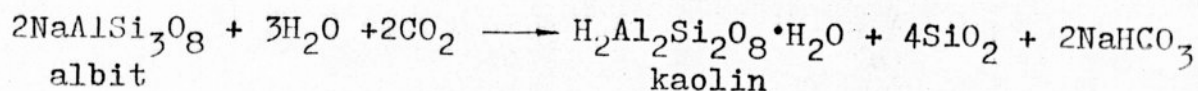
VI.3.1. Makroelementy

Z przedstawionych analiz chemicznych wód termalnych /tab.5.10/ wynika, że z makroelementów wśród kationów w przeważającej ilości występuje Na^+ , wśród anionów węglany, poza tym krzemionka.

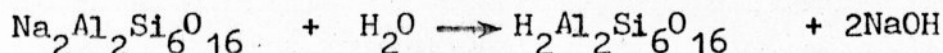
W mniejszych ilościach spotyka się Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ oraz SO_4^{2-} i Cl^- .

Jak wykazano w punkcie VI.2: pochodzenie omawianych wód należy uważać za infiltracyjne, więc na początku ich obiegu podziemnego zawierają pewną ilość rozpuszczonego dwutlenku węgla. Wody te krążą następnie strefami nieciągłości w obrębie skał, w których składzie przeważają skalenie. Większość zawartych w wodzie jonów jest rezultatem ich rozkładu. Przewaga albitu nad anortytem wśród plagioklazów oraz przewaga plagioklazów nad skaleniem potasowym, którym głównie jest mikroklin [4], wyraża się również w składzie jonowym wód:

Proces wietrzenia skaleni można przedstawić następująco:



Rozkład skaleni może też zachodzić dzięki hydrolizie, której przebieg można przedstawić następująco:



Powyższe procesy zapewniają w wodzie obecność krzemionki, jonów węglanowych HCO_3^- i CO_3^{2-} w zależności od pH/ oraz kationów: sodowych, wapniowych i potasowych.

Bezwzględna przewaga jonów sodu nad pozostałymi kationami wynika z faktu, że:

- w składzie skaleni przeważa albit,
- sól z występujących tu potasowców przechodzi najłatwiej do roztworu oraz
- mogą zachodzić procesy wymiany kationowej między skałą a roztworem, które można zapisać ogólnie:



Siarka występuje w omawianych wodach w formie jonu siarczanowego oraz siarkowodoru. Badania składu izotopowego siarki wykonane zostały tylko w dwóch ujęciach, a wyniki przedstawia poniższa tabela 6.3.

Tabela 6.3. Skład izotopowy siarki w wodzie z ujęć:

"Chrobry" i L-2:

Ujęcie	$\delta^{34}\text{S}$ [‰]	
	HS^-	SO_4^{2-}
Odwiert L-2 [46]	-	+ 12,5
Chrobry [141]	- 15,6	+ 12,1

Z tabeli wynika, że siarka siarczanowa $/\text{S}^{6+}/$ jest wzbogacona izotopem ^{34}S , natomiast siarcz-kowa izotopem ^{32}S . Korzystając z faktu zgodności między składem siarki w ośrodku skalnym, a jej składem po przejściu do roztworu,

można wysunąć pewne wnioski opierając się na danych zawartych w pracach [26] [36] [69] [102] .

Siarka siarcz-kowa odpowiada składem siarczkom hydrotermalnym, natomiast skład siarki siarczanowej zawiera się w zakresach składów siarki wód termalnych i współczesnych słodkich, jak i siarki hydro-termalnej i magmowej.

Bardzo mała zawartość jonu siarczanowego /tylko około 20 mg/l/ w wodzie z odwiertu L-2, uważanej za "czystą" wodę termalną, pozwala sądzić, że w większości zawarty on był już w wodach infiltrujących, a tylko częściowo mógł powstać dzięki oksydacji siarczków.

Siarkowódór natomiast powstał przez rozkład siarczków po osiągnięciu przez wodę warunków strefy przejściowej; dla $\text{pH} > 8$ występuje on prawie wyłącznie w postaci jonu HS^- .

Przejawy siarcz-kowej mineralizacji hydrotermalnej znane są na obszarze metamorfiku Łądku i Śnieżnika nie tylko w formie złóż [7] [106] , ale także w postaci rozproszonej, co stwierdziłem przy

opisie rdzenia z odwiertu L-2 [22].

Zawartość krzemionki w wodzie zgodna jest z prawidłowościami dotyczącymi jej zawartości w słabozmineralizowanych termach. Ilość jej sięga ponad 30% ogólnej mineralizacji i na przestrzeni lat 1909 - 1977 wynosiła w poszczególnych źródłach od 26 do 78 mg/l /zgodnie z wykresem na rys. 5.13/.

Utrzymanie się w roztworze ułatwia krzemionce obecność fluoru i glinu, a stosunkowo duża jej zawartość wynika ze składu $\text{HCO}_3\text{-Na}$ wody, któremu towarzyszy zasadowy odczyn [12]. Przy pH 8-9 występuje ona w postaci kwasu metakrzemowego H_2SiO_3 .

VI. 3.2. Pierwiastki śladowe

Ciekawą z punktu widzenia hydrogeochemicznego jest zawartość w podwyższonych ilościach fluoru w wodach termalnych Łącka Zdroju. Obecność tego pierwiastka, zaliczanego do pierwiastków śladowych stwierdzona została dopiero w 1957 roku [76].

Zagadnienie geochemii fluoru jest jak dotąd słabo poznane. W wodach termalnych świata, występujących w warunkach zbliżonych do łądeckich, stwierdzono występowanie tego pierwiastka w podwyższonych ilościach sięgających 26 mg/l i więcej [2] [75] [83] [123].

W termach Łącka zawartości fluoru wynoszą od 8 do 11,6 mg/l i tworzą wyraźną anomalię na tle jego zawartości w płytkich wodach szczelinowych. Zawartości w poszczególnych źródłach są stosunkowo stałe, a średnie z lat 1957 - 1977 układają się w znaną już kolejność zgodną ze schematem rozcieńczania /tabela 6.4/.

Tabela 6.4. Średnie zawartości fluoru
w ujęciach /z lat 1957-77/

Ujęcie	F /mg/l /
L-2	10,4
Chrobry	10,5
Wojciech	10,2
Skłodowska	
Curie	9,8
Dąbrówka	9,6
Jerzy	9,1
Stare	8,8

Za wartość tła uważać można zawartości fluoru w wodach podziemnych metamorfiku mniejsze od 0,5 mg/l. Woda w zbiorczych studniach wodociągowych, położonych poza uzdrowiskiem, zawiera go w ilości 0,15 - 0,45 mg/l. Wartości te zgodne są także z wynikami badań J. Chrta i F. Wollera [17], którzy

w wodach źródeł południowych stoków Śnieżnika, wypływających w obrębie gnejsów, stwierdzili zawartości fluoru 0,06 - 0,37 mg/l. Zauważyli oni także, że wody związane ze skałami serii strońskiej są znacznie uboższe w ten pierwiastek, co potwierdza znów jego zawartość w wodzie z otworu 80 m koło stacji PKP w Łądku, która wynosi 0,05 mg/l.

Ciekawie przedstawia się również zawartość fluoru w obu głębokościach otworach: L-1 i L-2. Wraz ze wzrostem głębokości rośnie jego ilość w wodzie i na głębokości 600 m w odwiercie L-1 osiągnęła 2,80 mg/l. Natomiast w odwiercie L-2 do głębokości 400 m stwierdzono maksymalną ilość 3 mgF/l, a wraz z gwałtownym przepływem wody termalnej na głębokości ok. 600 m jego ilość wzrosła do 11 mg/l.

Brak kryteriów jednoznacznie określających pochodzenie fluoru w wodach podziemnych prowadzi do współistnienia dwóch odmiennych hipotez na ten temat. W przypadku wód lądeckich, należy przychylić się do poglądów większości autorów, przyjmujących w wodach termalnych krążących w obrębie skał krystalicznych jego pochodzenie za niewulkaniczne.

Źródłem fluoru zawartego w wodach Łádka mogą być minerały występujące w obrębie skał metamorfiku Łádka - Snieźnika, a to: fluoryt, apatyt oraz łyszczyki.

Niektórzy autorzy wiążą pochodzenie jonu fluorkowego przede wszystkim z f l u o r y t e m /np. [61] /. Obecność fluorytu stwierdzono jednak tylko w jednym miejscu-w strefie nasunięcia Kletna - w odległości ok. 13 km na S od Łádka Źdroju. Poza tym badania prowadzone na terenie całego metamorfiku, nie stwierdziły jego wystąpienia w żadnym z innych złóż.

Zawartość a p a t y t u w obrębie gnejsów jest znikoma, a w obszarach większej jego koncentracji zbyt duża wartość stosunku $\frac{P}{F}$ wyklucza powstanie anomalii fluorowej [99] .

Istnieje natomiast możliwość pochodzenia podwyższonych zawartości fluoru w wodach termalnych Łádka z jego wylugowywania z ł y s z - c z y k ó w, zawartych w skałach tego regionu. Ponieważ jednak fluor zawarty jest w tych minerałach z reguły w niewielkich ilościach, do podwyższonej jego koncentracji w wodach dochodzi w ciągu długiego czasu. Uważam, że przemawia za tym obserwowane zwiększanie zawartości fluoru z czasem przebywania wód w obrębie gnejsów: płytkie wody szczelinowe z ujęć wodociągowych, określone jako wody współczesne, zawierają 0,16 - 0,45 mg F/l, woda z odwiertu L-1 zawiera już 2,8 mg F/l, a jej wiek oznaczono na 200 - 1300 lat, natomiast dla wód termalnych o zawartości 11 mg F/l wiek wynosi ok. 20000lat /p. rozdz. VIII/.

Tak więc podwyższona koncentracja fluoru w omawianych wodach może wynikać z długotrwałych procesów wylugowywania skał krystalicznych, przebiegających w warunkach wyższych temperatur i wartości pH.

Do podobnych wniosków doszli J. Čadek i in. [28] analizując zagadnienie wód fluorkowych obszaru zachodnich Czech, tzn. krążących również w obrębie gnejsów Masywu Czeskiego.

Powracając do zagadnienia obecności pozostałych pierwiastków śladowych w wodach łądeckich trzeba podkreślić, że były one oznaczone ilościowo tylko w nielicznych przypadkach.

Wykonana w XI.1933r przez Pruski Zakład Geologii Krajowej w Berlinie analiza wykazała w 1 kg wody ze źródła "Jerzy" obecność: 0,0058 mg Sn, 0,078 mg Pb, 0,053 mg Cu, aż 1,37 mg Zn oraz ślady Ni i As.

Wykonane w latach 1967 i 1975 [92][124] analizy spektralne osadu wytrąconego w sposób naturalny z wód wszystkich ujęć łądeckich wykazały obecność: Al, Fe, Si, Ca, Cu, Mg, Mn, Na, B, Ag, Ba, Ni, Sr, Be, Pb, Zn, Ti. Dodatkowo w suchej pozostałości po odparowaniu 100 ml wody stwierdzono obecność Li, Mo, Ge. Ilościowe oznaczenie kilku elementów - F, Sr, Ba, Li, Cu i Mn w omawianych wodach przedstawiłem w tabeli 6.5.

Tabela 6.5. Zawartości niektórych pierwiastków śladowych w wodach łądeckich

Ujęcie	rok	zawartość [mg/l]						
		F ⁻	Sr ²⁺	Ba ²⁺	Li ⁺	Cu ²⁺	Mn ²⁺	
Chroby	1967	10						Istniejąca w obrębie metamorfiku mineralizacja polimetaliczna powinna zasadniczo zapewnić obecność wszystkich wymienionych wyżej pierwiastków w wodach Łądk.
	1971	11			śl		śl	
	1975	10	0,5	0,1				
Wojciech	1957	10,5	0,02	0,02	0,08	0,02		
	1967	9,0						
	1971	11,0			śl		śl	
	1975	9,0						
Skłodowska-Curie	1971	10,5			śl		śl	
	1975	9,0	0,5	0,1				
Dąbrówka	1971	10			śl		śl	
	1975	9	0,5	0,1				
Jerzy	1957	9	0,011	0,005	0,16	0,03		
	1971	10			śl		śl	
	1975	8	0,5	0,1				
L-2	1975	10	0,53	0,1				

V. Zýka [140] biorąc pod uwagę zespół mikroelementów w wodach podziemnych, obszar Jeseníků oraz Góry Złoty zalicza do strefy Ag-Pb-Zn-Cu-Fe.

VI.3.3. Składniki radioaktywne

W wodach termalnych Łąka Zdroju ze składników radioaktywnych stwierdzono obecność uranu, radu i radonu.

Zawartość u r a n u w gnejsach gierałtowskich i skałach serii strońskiej wynosi średnio 5 gU/t, zaś w gnejsach śnieżnickich ponad 11 gU/t, przy średniej zawartości w skałach metamorficznych świata 4,1 gU/t [107] [115]. Na jego ilość w wodach podziemnych wpływa bardziej stopień zwietrzenia skały niż zawartości w niej uranu. Gdy Eh roztworu niższe jest od +300 mV-z czym mamy do czynienia w przypadku wód Łąka - przechodzenie uranu do wody jest bardzo słabe.

Zawartość r a d u w zewnętrznych częściach litosfery wynosi średnio $2-2,6 \cdot 10^{-8}$ g Ra/t, a w wodach podziemnych jest znacznie niższa $/10^{-10} - 10^{-12}$ g Ra/t / [73]. Powodem mniejszych zawartości radu w wodach jest ich naogół niska mineralizacja i wysoki odczyn środowiska, sprzyjające jego sorpcji przez ośrodek skalny.

Zawartości uranu i radu w źródłach Łąka Zdroju wynoszą odpowiednio ok. $1 - 10^{-7}$ gU/l i ok. $5 \cdot 10^{-12}$ gRa/l [67]. Ilości te są znacznie niższe niżby wynikało to z ich zawartości w miejscowych skałach, a także są dużo niższe od norm określających wody jako uranowe i radowe $/3 \cdot 10^{-5}$ gU/l i $1 \cdot 10^{-11}$ gRa/l/.

Ilość radu wynoszona rzeczywiście przez wody wszystkich źródeł łądeckich stanowi tylko ok. 10^{-6} ich mocy radoczynnej /str. 101 /.

Zawartość radonu $/^{222}\text{Rn}/$, gazowego składnika radioaktywnego w środowisku skalnym zależy od ilości uranu w skale, a przy tym - co ważniejsze - od stopnia jej spękania. Już normalne zawartości U i Ra mogą tworzyć w sprzyjających warunkach anormalne pole emanacyjne.

Jednym z takich warunków jest zwiększony współczynnik emanacji skały lub minerału, spowodowany ich spękaniem i zwietrzeniem.

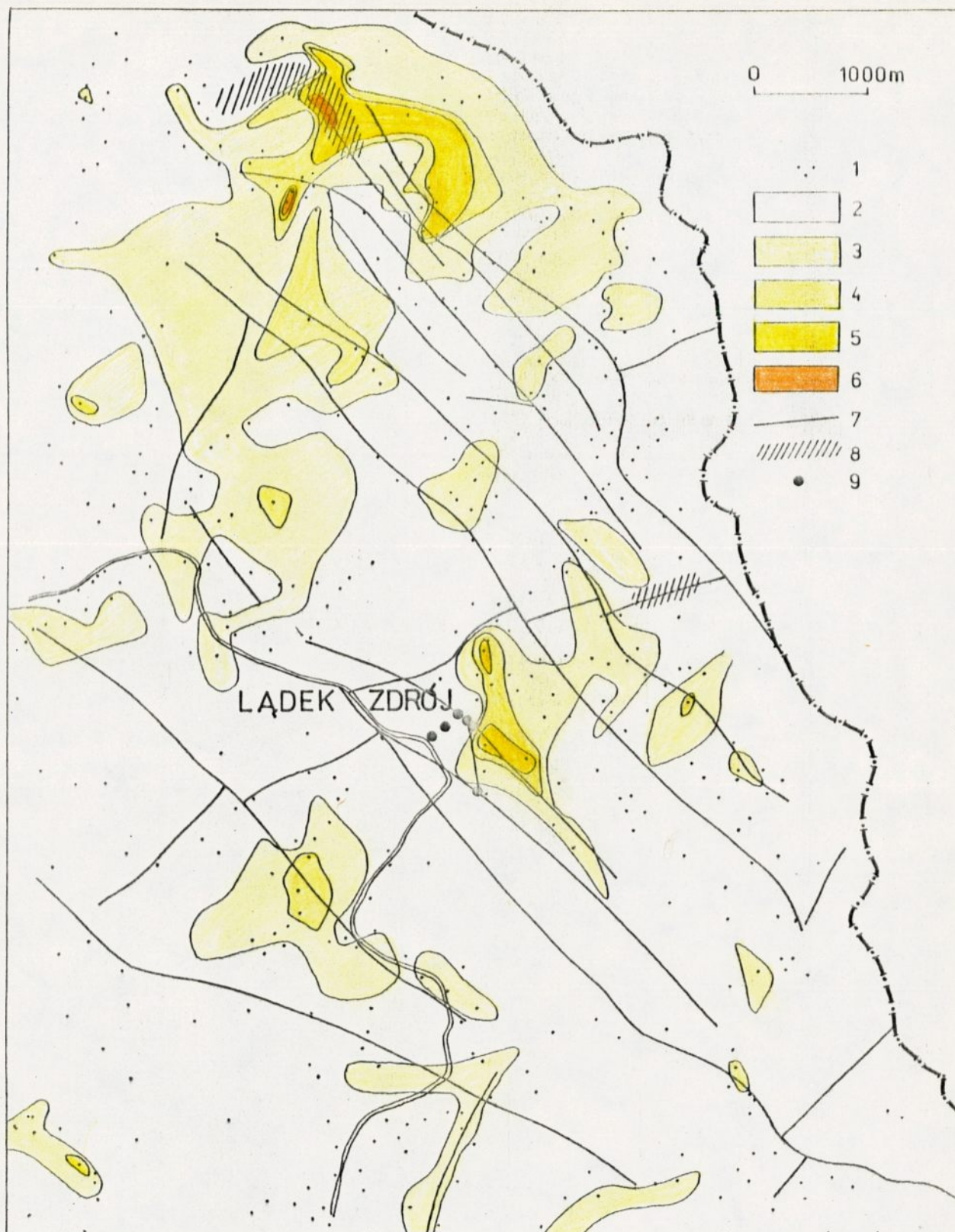
Według A.M. Ovčinnikova [98] skały stref tektonicznych nawet w 100% mogą emanować powstały radon. Dla terenów sudeckich T.Kasela i M. Kaźmierczyk [79] oceniają wartość współczynnika emanacji na 20-40%.

Innym warunkiem powodującym wzrost ilości radonu w wodach jest czas ich przepływu przez ośrodek. Woda będąca w długim kontakcie ze skałami słaboradioaktywnymi uzyska więcej radonu niż przepływająca szybko przez złoża radioaktywne. Dodatkowo należy zaznaczyć, że większe znaczenie w migracji tego gazu ma przenoszenie przez wodę niż jego dyfuzja.

Obecność radonu w wodach lądeckich stwierdzono po raz pierwszy w 1904 r, lecz jak dotychczas zagadnienie jego pochodzenia i zawartości nie zostało dostatecznie opracowane. Kilka uwag dotyczących wymienionych problemów podają jedynie H. Ebert [50][51], J. Fistek [53], J. Gierwielanec [61] i M. Szmytówna [121].

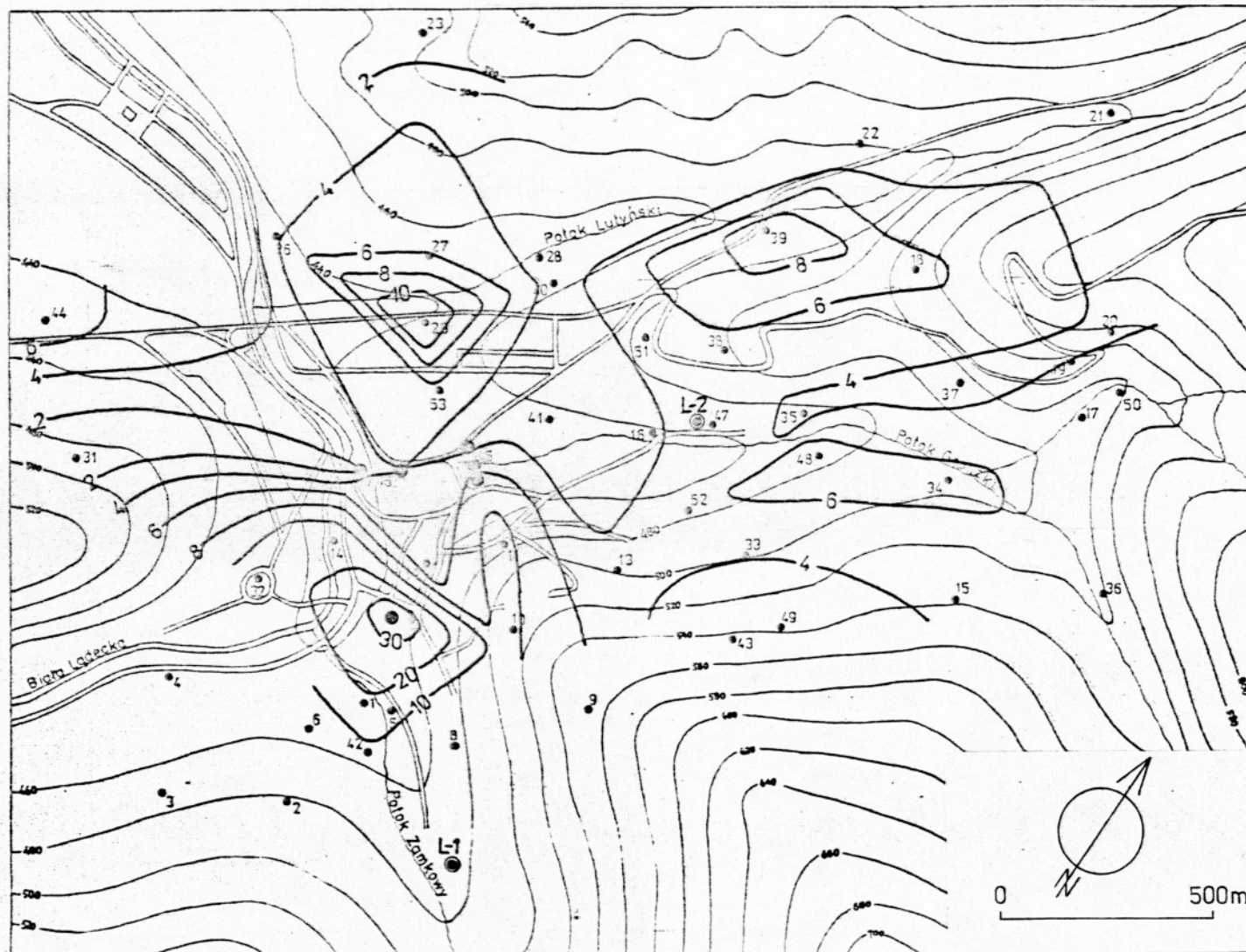
Na rys. 6.3 przedstawiłem wyniki oznaczeń Rn w ponad 600 wodopunktach wykonanych przez J. Głowackiego [67] w okolicach Łądka. Wysoka anomalia emanacyjna /do 24,8 nCi/l/, na N od miasta, znajduje się na obszarze silnie spękany i zgodna jest z rejonami wystąpienia wód uranowych oraz strefą anomalną zawartości uranu w aluwialach. Obszar ten oddzielony jest jednak od Łądka łupkowym synklinorium Łądka, pełniącym w tym przypadku rolę ekranu. W pozostałych rejonach zawartości radonu w wodzie powyżej 2 nCi/l wykazują dużą zbieżność z przebiegiem dyslokacji. Potwierdza to również mapa zawartości Rn w wodzie z płytkich odwiertów na terenie miejscowości Łądek /rys.6.4/; wyraźny jest związek między położeniem wartości maksymalnych a przebiegiem uskoku.

Na rysunku tym wykreśliłem izolinie zawartości radonu uwzględniając równocześnie przeciętne zawartości tego gazu w wodach termalnych ze źródeł. Uwagę zwraca fakt, że nawet bez uwzględnienia źródeł lądeckich na rysunku, przedstawiony obraz zmieniony będzie tylko



Rys.6.3. Zawartość radonu w wodach podziemnych okolic Łącka Zdroju / wg Z.Głowackiego [67]/ na tle warunków tektonicznych

1 - miejsca oznaczeń; zawartości radonu [nCi/l]: 2- <2 , 3- $2\div5$, 4 - $5\div10$, 5 - $10\div20$, 6 - >20 ; 7 - uskoki; 8 - strefy podwyższonych zawartości uranu w aluwkach wg [107].



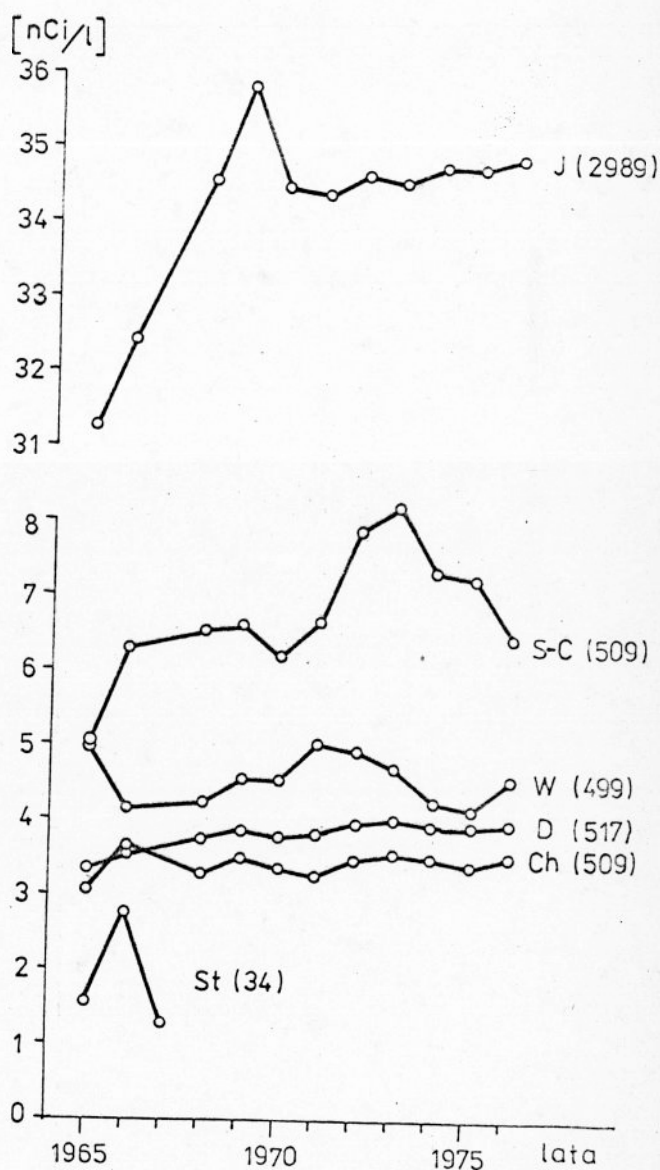
Rys.6.4. Mapa zawartości radonu w wodzie z płytkich odwiertów / na podstawie [120]/, z uwzględnieniem zawartości radonu w źródłach wód termalnych, [nCi/l].

w minimalnym stopniu, co wskazuje na brak powiązania podwyższonych zawartości radonu z chemizmem jakiegokolwiek typu wody wydzielonego na terenie uzdrowiska. Potwierdzają to także zawartości radonu w chemicznie w odmiennych wodach obu głębokich odwiertów L-1 i L-2, w których otrzymano tylko po około 4 nCi/l. Z kolei płytkie wody szczelinowe o składach odmiennych od $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$, zawierają nawet kilkakrotnie więcej radonu, niż niektóre termy Łądką.

Uwalniający się z wód radonowych w pobliżu powierzchni gaz tworzy pewne pole emanacyjne. Strefy o zawartości Rn powyżej 5 nCi w litrze powietrza glebowego /851 sond płytkich/ zgodne są w zasadzie z anomaliami jego zawartościami w wodzie [120]. Podwyższone zawartości radonu tak w wodach podziemnych jak i w powietrzu glebowym na omawianym obszarze uwarunkowane są więc wyraźnie przebiegiem linii tektonicznych.

Na powyższym tle przedstawieniem zawartości radonu w omawianych wodach termalnych.

Obliczone na podstawie wyników 5057 pomiarów średnie roczne stężenia radonu w wodach z poszczególnych źródeł zamieściłem na rysunku 6.5.



Rys.6.5. Wykres średnich rocznych zawartości radonu w wodach ze źródeł Łądką Zdroju z lat 1965-76.

W nawiasach podane są liczby pomiarów.

Biorąc pod uwagę możliwość straty gazu przy pobieraniu prób w warunkach lokalnych, najbardziej prawidłowe pod tym względem ujęcia posiadają źródła "Dąbrówka", "Chrobry", a także "Jerzy". W nich obserwuje się też dużo mniejsze wahania zawartości radonu w porównaniu ze źródłami "Wojciech" i "Skłodowska - Curie", w których warunki pomiaru /basen i zbiornik/ powodują znaczne wahania wyników.

Korzystając z szeregu wykresów dotyczących Rn w wodzie, nie stwierdziłem wpływu na jego zawartość: wydajności źródeł, temperatury otoczenia i ciśnienia atmosferycznego. Na przestrzeni lat zaznacza się natomiast powolna tendencja wzrostowa zawartości tego gazu w źródłach.

Podobnie jak temperatury, zawartości radonu w poszczególnych wypływach tego samego źródła znacznie różnią się od uśrednionych wartości z całego ujęcia. Wykazały to wyniki badań przeprowadzonych przeze mnie w źródłach "Jerzy" /rys. 5.12/, "Wojciech", w którym 5 wypływów w dniu 4.III.77 zawierało 3,4 - 8,8 nCi/l i "Skłodowska - Curie", gdzie w 6 wypływach stwierdziłem 8,9 - 15,0 nCi/l w dniu 7.V.1977r. Z reguły ilości Rn w wypływach są wyższe, a w źródle "Skłodowska - Curie" różnica w jednym przypadku sięgnęła prawie dwukrotnej jego zawartości z ujęcia.

Najwyższą zawartość radonu stwierdziłem w jednym z wypływów źródła "Jerzy"; wynosiła ona 41,7 nCi/l.

Ponadto w źródłach "Wojciech" i "Dąbrówka" określiłem zawartości r a d o n u w g a z i e wydzielającym się z wody w postaci pęcherzyków /tabela 6.6/. Stwierdzone zawartości ponad ⁽⁷⁾nCi w jednym litrze gazu nie wpływają znacząco na ilość radonu zawartego ogólnie w danej wodzie.

Tabela 6.6.

Zawartość Rn w wolnym gazie wydzielającym
się z wód termalnych

	Z r ó d ł o	
	Wojciech	Dąbrówka
Data pomiarów	13.III.77	12.III.77
Ilość pomiarów	3	3
Zawartość Rn nCi/l	7,214	7,838

W chwili obecnej nie można określić związku pomiędzy ilością radonu a ogólnym składem chemicznym zawierających go wód w warunkach, gdy rozpuszczalność tego szlachetnego gazu w wodach słabo zmineralizowanych

nie zależy od ich składu chemicznego, ani też od jego ilości już w wodzie rozpuszczonej [68] [98] :

Należy jednak zwrócić uwagę, że istnieje pewna malejąca kolejność w zawartości radonu w omawianych tu źródłach, układająca się według następującej kolejności idąc od południa ku północy:

"Jerzy", "Skłodowska-Curie", "Wojciech", "Dąbrówka", "Chrobry",
"Stare".

Wyłączając ostatnie z wymienionych źródeł, przedstawiona kolejność w zasadzie jest zgodna z odwrotnością kilkakrotnie wspomnianego już schematu rozcieńczania. Nasuwa się stąd następujący wniosek: wznoszące się ku powierzchni wody termalne nie prowadzą znacznych ilości radonu - tylko do około 5 nCi/l - lecz dzięki mieszanii się ze szczelinowymi wodami zwykłymi o podwyższonej radoczynności, dopływającymi od strony S lub SW, wzbogacają się w radon. Na istnienie osobnych systemów wód szczelinowych prowadzących wody radonowe wskazują zmiany ilości tego gazu na różnych głębokościach w trakcie wiercenia otworu L-2.

W pierwszym napotkanym źródle - "Jerzy" - może dochodzić do wtórnej koncentracji radonu, dążącego do uwolnienia się, a w miarę

zmniejszania się rozmiarów mieszania i wzrostu odległości, ilość gazu maleje. Zwiększone zawartości radonu, zmierzone w poszczególnych wypływach, schematu tego nie zaburzają.

Warunki panujące na drodze przepływu wód w pewnym stopniu odzwierciedla stan równowagi promieniotwórczej pomiędzy radonem a produktami jego rozpadu. Bliski równowadze stan taki stwierdzono w źródle "Jerzy" [78], jest on charakterystyczny dla źródeł o dużych wydajnościach i dużych prędkościach dopływu wód, gdy nie następuje sorbcja stałych produktów rozpadu lub zachodzi ona w bardzo małym stopniu.

Obliczyłem również godzinową moc radoczynną źródła Łącka Zdroju, która oznacza taką ilość radu /mg/, której rozpad dostarcza w ciągu jednej godziny takiej samej ilości radonu, ile go wynoszą w tym czasie wody z poszczególnych ujęć [34]. Wyniki obliczeń przedstawione są w poniższej tabeli 6.7.

Tabela 6.7. Moc radoczynna źródeł Łącka Zdroju.

Zródło	Ilość pomiarów radonu	Srednia zawartość radonu A /nCi/l /	Srednia wydajność źródła Q /l/min/	Moc radoczynna źródła $\frac{Q \cdot A}{7500}$ [mg]
Jerzy	2989	34,458	292,02	1,342
Skłodowska Curie	509	6,848	66,66	0,061
Wojciech	499	4,510	87,65	0,053
Dąbrówka	517	3,841	20,38	0,010
Chrobry	509	3,410	38,00	0,017
Stare	34	2,614	17,50	0,006
Suma	5057		522,21	1,489

Ilość radu wynoszona rzeczywiście przez wody źródeł łądeckich $/522 \text{ l} \times 5 \cdot 10^{-12} \text{ gRa/l} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ mgRa/}$ stanowi więc tylko ok. 10^{-6}

ich mocy radoczynnej. Świadczy to o nieprzepływności omawianych wód przez złoża radioaktywne.

VI.4. Pochodzenie składników gazowych

Wykonane w latach 1909 - 1939 czterokrotnie analizy gazów ze źródeł wód termalnych Łódka [92] wykazały znaczącą przewagę azotu nad pozostałymi gazami. Przewagę tę potwierdziły też najnowsze badania, wykonane metodą chromatograficzną, które pozwoliły na bardzo dokładne określenie zawartości poszczególnych gazów /tab. 6.8/

Tabela 6.8

Analizy gazów z ujęć wód termalnych Łódka Zdroju,
wg [46] [92]

Skład	Wojciech /basen/	Jerzy /źródło/	L-2
	% obj.		
N ₂	89,758	90,965	96,474
CO ₂	7,992	6,860	1,507
Ar	2,190	2,023	1,648
CH ₄	0,016	0,117	0,340
He	0,005	0,006	0,012
Węglowodory C ₂ -C ₅	0,011	0,019	0,019
H ₂	0,028	0,011	0,000
zgazowanie ml/l	10	11	16,41
data wykonania analizy	28.11.72	28.11.72	11.04.74

Oprócz bardzo małych zawartości węglowodorów /do pentanu włącznie/

oraz wodoru stwierdzono w nich zawartości dwutlenku węgla, argonu, helu i azotu. Nie stwierdzono natomiast obecności radonu ani siarkowodoru, co spowodowane jest: 1/ prawie miesięcznym okresem od chwili pobrania próby do wykonania analizy, a więc całkowitym rozpadem radonu, 2/ alkalicznym odczynem roztworu, który powoduje przejście siarkowodoru w jon HS^- .

Należy tu podkreślić, że stwierdzone ilości gazu 10-16,4 ml w jednym litrze wody nie przedstawiają całkowitej jego ilości zawartej w wodzie. Część gazu wydziela się w formie pęcherzyków, tworzących się na głębokości 1,5 - 2m poniżej lustra wody. Wykonane przeze mnie pomiary w źródle "Dąbrówka" wykazały, że ta ilość gazu wynosi średnio 0,54 ml/l, co zgodne jest z badaniami źródła "Jerzy" z roku 1929, w którym otrzymano wartość 0,57 ml/l.

Podwyższone zawartości azotu w składzie gazowym, powyżej 90% obj., są charakterystyczne dla zasadowych wód termalnych krążących w obrębie skał krystalicznych. Według klasyfikacji gazów naturalnych V.V. Belousova [105] azot w wodach podziemnych może być pochodzenia biochemicznego, atmosferycznego oraz chemicznego.

Zasilanie azotem **b i o g e n n y m** wód termalnych Łącka jest mało prawdopodobne; minimalne jego ilości mogą występować dzięki domieszkom wód płytkich, co potwierdzać może wzrost zawartości węglowodorów /towarzyszących azotowi ograniczonemu/ w źródłach "Wojciech" i "Jerzy".

Wskaźnikiem **n i e o r g a n i c z n e g o** pochodzenia azotu może być wyższa od jedności wartość współczynnika argonowego równego

$$\alpha = \frac{Ar}{N_2} \cdot \frac{1,18}{1} \cdot 100.$$

Dla zawartych w wodzie gazów pochodzenia atmosferycznego, wartość powyższego współczynnika powinna być zbliżona do jedności tj. do jej wartości w powietrzu atmosferycznym. Wartości współczynnika według tab. 6.8. wynoszą: dla odwiertu L-2 $\alpha = 1,45$, a dla źródła "Jerzy" i "Wojciech" odpowiednio 1,89 i 2,07.

Na ogół przyjmuje się, że na atmosferyczne pochodzenie gazów wskazują wartości α sięgające 2,0. Istniejące odchyłki mogą być spowodowane różną rozpuszczalnością azotu i gazów szlachetnych w wodzie oraz wahaniami zawartości azotu w strefach przypowierzchniowych, spowodowanymi wpływem procesów biochemicznych.

Podwyższona wartość współczynnika α może być także spowodowana wzbogaceniem gazu przez argon. W gazie otrzymanym z badanych wód jego ilość dwukrotnie przekracza zawartość w powietrzu atmosferycznym. Ilość tę tłumaczyć prawdopodobnie należy procesami przemian promieniotwórczych potasu ^{40}K zawartego w gnejsach.

Dokładna znajomość stosunku $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ oraz $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ pozwoliłaby na jednoznaczne określenie genezy tych gazów i prawidłowe obliczenie współczynnika argonowego α .

Zawartość helu przekracza 10 do 20-krotnie jego normę w powietrzu. Powstaje on głównie dzięki procesom α -rozpadu pierwiastków promieniotwórczych, a koncentracji sprzyja fakt jego stosunkowo łatwej ucieczki ze skał jasnych [102] oraz wzrost jego rozpuszczalności w wodzie przy temperaturze powyżej 40° [81].

Obecność pozostałych gazów (CO_2 , H_2 , węglowodory) spowodowana jest prawdopodobnie domieszkami wód płytszych. $\delta^{13}\text{C}$ w dwutlenku węgla, mieszcząca się w granicach $-16,9\text{‰} \div -18,9\text{‰}$, według J. Dowgiałły [46] nie może stanowić o pochodzeniu CO_2 lecz można jedynie zauważyć, że dolna granica tego zakresu zbliżona jest do wartości charakterystycznych dla CO_2 organogenicznego.

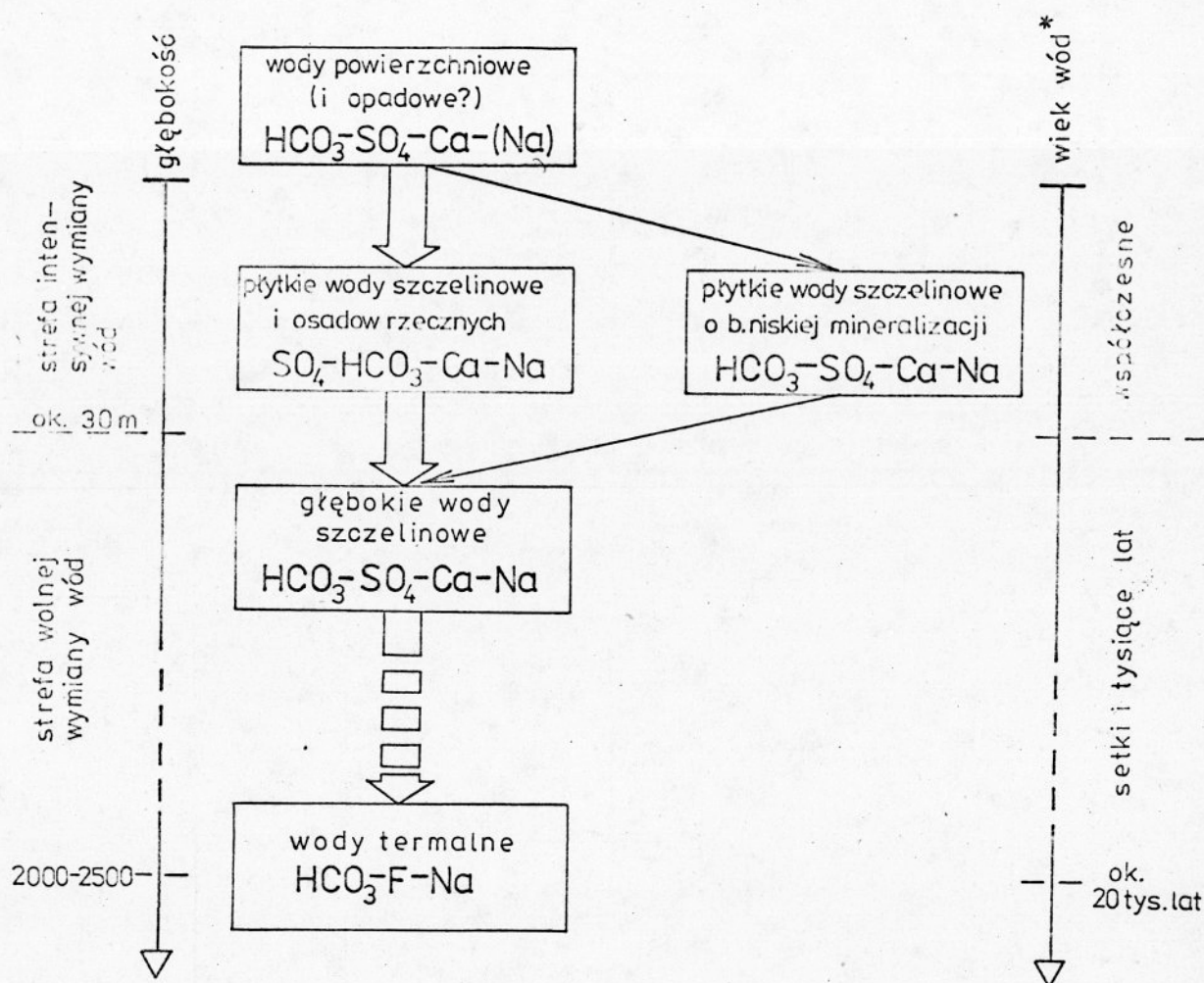
Należy także przyjąć zależność pomiędzy zawartością poszczególnych gazów w wodzie, a możliwością jej kontaktu z powietrzem atmosferycznym, wynikającą z miejsca pobrania próby /np. wzrost zawartości CO_2 w basenie nad źródłem "Wojciech"/.

VI. 5. Tworzenie się typu $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$ wód termalnych

Dla konstrukcji ogólnego schematu tworzenia się wody typu $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$ posłużyłem się analizami chemicznymi zwykłych wód podziemnych z obszaru Łącka Zdroju, o składzie niezaburzonym przez wody termalne /niepodkreślone w tab. 4.2'/.

Schemat ten obrazuje równocześnie naturalną pionową strefowość hydrochemiczną.

Przedstawiony na rys. 6.6' schemat, dotyczący wód krążących w obrębie skał krystalicznych, odbiega jednak od powszechnie znanej zmienności chemizmu wody wraz z głębokością w dużych basenach hydrogeologicznych.



Rys. 6.6. Schemat naturalnej pionowej strefowości hydrochemicznej wód szczelinowych w obrębie metamorfiku Łącka i Śnieżnika.

Pierwszy człon schematu stanowią wody powierzchniowe, charakteryzujące się typem $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-/Na/}$, oraz bardzo niską mineralizacją / $< 100 \text{ mg/l}$ /; według O.A. Alekina [1] podobny skład posiadają również opady atmosferyczne.

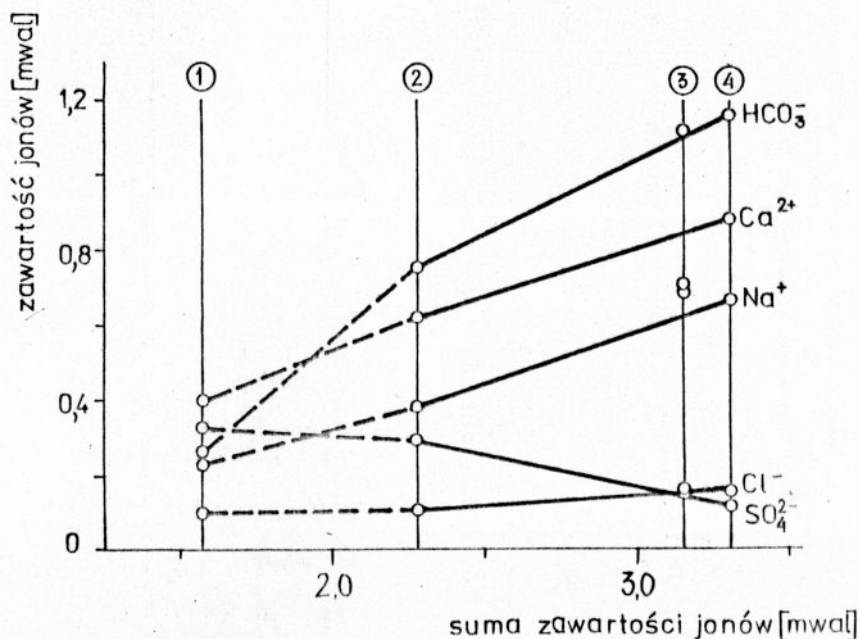
Infiltrując poprzez glebę w strefę szczelinowatości wietrzeniowej skał krystalicznych wody te zwiększają nieznacznie swoją mineralizację /m.in. w zależności od wysokości położenia n.p.m./, która w wyjątkowych przypadkach przekracza 1000 mg/l . Wśród anionów przewagę nad węglanami uzyskuje jon siarczanowy, a wśród kationów wzrasta znacząco ilość jonu sodowego. Powstający typ $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na}$ należy więc wiązać z krążeniem w środowisku, w którym następuje szybka wymiana wód.

Część wód powierzchniowych może infiltrować bezpośrednio w otwarte szczeliny skał niezwietrzałych, bądź tam, gdzie strefa zwietrzenia jest bardzo mała. Skład takich wód, należących także do wód intensywnego krążenia, nie ulega jednak większym zmianom / $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Na/}$; zwiększa się tylko nieznacznie ich mineralizacja /otwory nr 16, 22, 39, 47, 49 i 51 z tab. 4.2/ Typ ten na rys. 6.6 połączony jest z innymi typami wód liniami cienkimi.

Nieznaczna ilość obu powyższych wód współczesnych dostaje się do głębszej strefy, w której wymiana ma charakter dużo wolniejszy /strefa środkowa wg nomenklatury Z. Pazdry [100] /. Wiek wód tej strefy określa się już setkami i tysiącami lat /wody z odwiertu L-1/, a krążenie związane jest ze strefami nieciągłości tektonicznych. Do głębokości 600 m stwierdzono w odwiercie L-1 obecność wód typu $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Na}$ oraz zaobserwowano wzrost mineralizacji od 109 mg/l na gł. 80 m do 146 mg/l na gł. 600 m.

O zmienności składu chemicznego z głębokością świadczy zestawienie na rys. 6.7 wód szczelinowych płytkiego i głębokiego krążenia. Do znanej już konstrukcji Ogliviego /p.str. 76 / przyjąłem analizy wody

ze źródła "Jadwiga" oraz wód z próbnych pompowań położonego obok źródła odwiertu L-1. Woda ze źródła "Jadwiga" należy do typu $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na}$, zaś wszystkie wody pobrane z odwiertu do typu $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Na}$.



Rys. 6.7. Wykres zmienności z głębokością składu chemicznego wód szczelinowych.
Analizy chemiczne wód: 1 - ze źródła "Jadwiga"; z różnych głębokości odwiertu L-1: 2-80 m, 3 - 480m, 4-600m.

Dalsza zmiana chemizmu wód poniżej głębokości 600m, polega na znacznym wzroście zawartości jonów sodowego oraz fluorkowego. Tak więc wraz ze wzrostem głębokości wody uzyskują charakterystyczny skład. Dzięki procesom omówionym w poprzednich punktach niniejszego rozdziału powstają wody termalne typu $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$.

Reasumując należy stwierdzić, że wypływające na terenie Łąka Zdroju wody stanowią ostatni stwierdzony człon rozpatrywanego schematu: sięgają one do głębokości rzędu 2000-2500 m w trakcie obiegu trwającego około 20 000 lat /rozdz. VIII/.

ROZDZIAŁ VII. ANOMALIE GEOTERMICZNA I HYDROCHEMICZNA NA OBSZARZE ŁĄDKA ZDROJU

Wody termalne typu $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$, dążąc do wypływu na powierzchnię oddziaływują na otaczające je środowisko, czego efektem jest podwyższenie temperatury otoczenia stref przepływu oraz zmiana składu chemicznego najbliższych wód szczelinowych. Dzięki temu wokół źródeł istnieją anomalie: hydrochemiczna i geotermiczna.

Wykazana przeze mnie na terenie Łądką Zdroju anomalie hydrochemiczna przejawia się w modyfikacji składu chemicznego wód otaczających drogi przepływu termalnych wód typu $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$.

Anomalię tą przedstawiłem w moim wymienionym już referacie [23] .

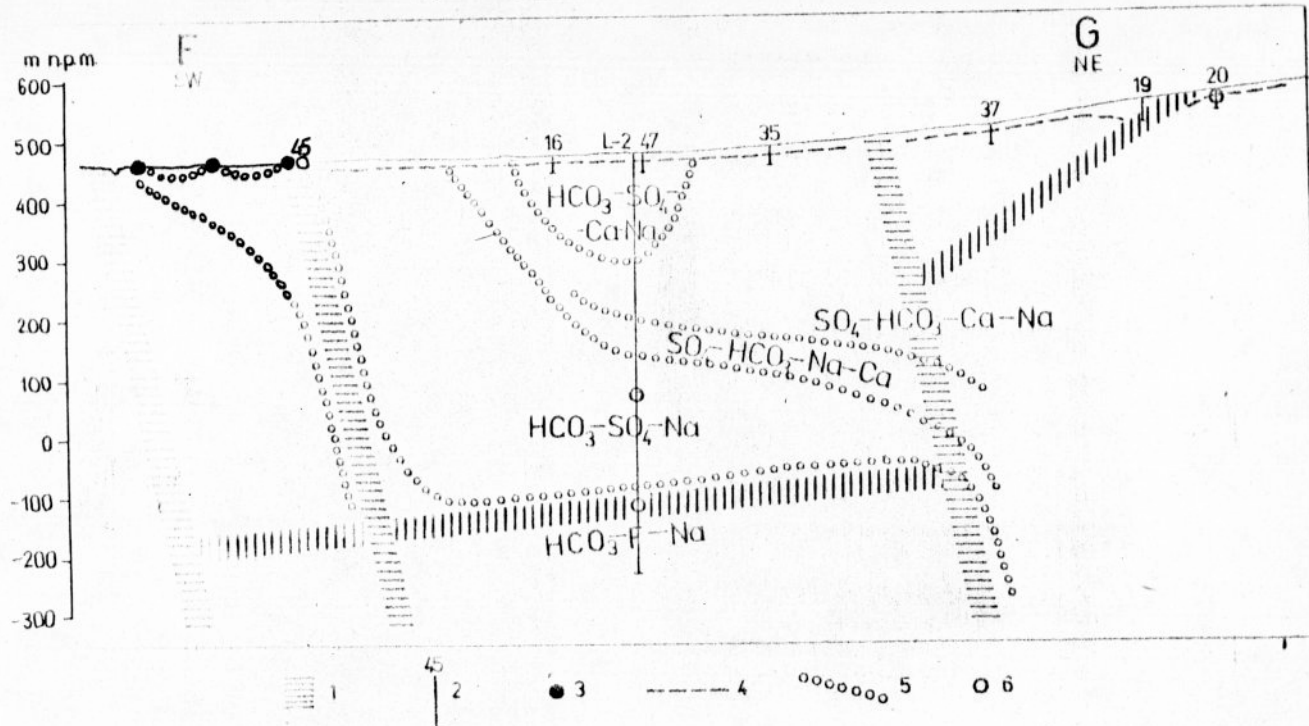
Poziome rozprzestrzenienie poszczególnych typów chemicznych wód szczelinowych także już przedstawiłem /p.rys.4.6 /. Natomiast poniższy rys. 7.1 przedstawia ich rozprzestrzenienie pionowe. Granice pomiędzy różnymi typami wód zaznaczone na obu rysunkach mają charakter umowny.

Analizując składy chemiczne zauważyłem pewne następstwo typów wód, tak w profilu poziomym jak i pionowym. Bezpośrednio nad strefą wód $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$, związaną z uskokami, znajdują się wody typu $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na}$, uboższe we fluor, które w otworze L-2 sięgają do głębokości nie mniejszej niż 400 m. Ponad nimi znajdują się wody typu $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Na-Ca}$, stanowiące przejście do typu $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na}$, typu najpospolitszego na omawianym obszarze.

Powyższą strefowość poszczególnych typów w porządku ku powierzchni można przedstawić następująco:

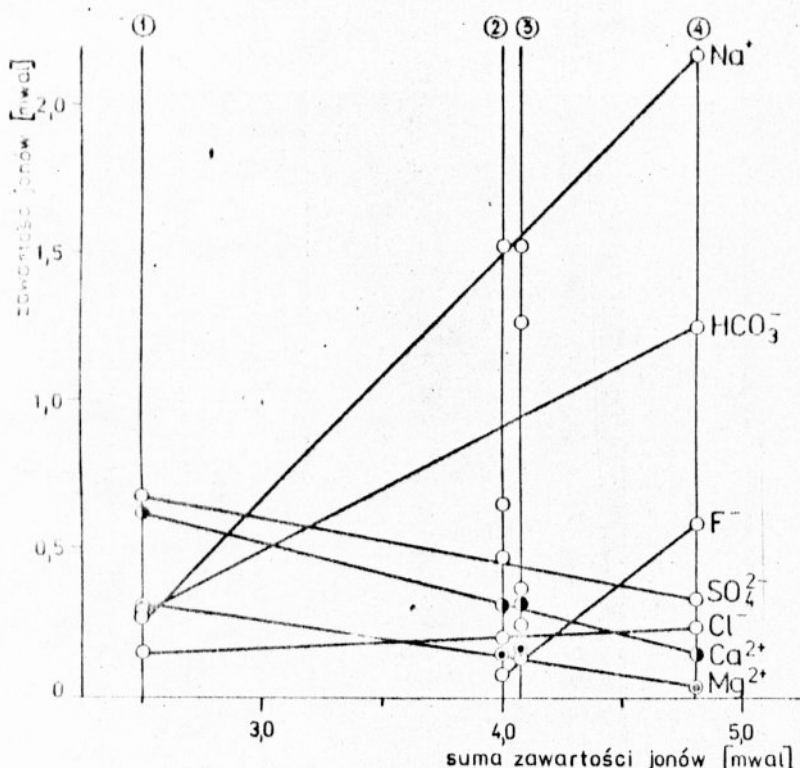
$\text{HCO}_3\text{-F-Na}$; $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na}$; $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Na-Ca}$; $\text{SO}_4\text{-HCO}_4\text{-Ca-Na}$.

Istnienie dwu środkowych typów jest rezultatem mieszania się wód typu pierwszego i ostatniego, wód o różnej mineralizacji.



Rys.7.1. Przekrój hydrochemiczny wzdłuż linii F-G z rys.4.6.

1 - strefy uskoku, 2 - odwierty oraz ich numer, 3 - źródła wód termalnych, 4 - zwierciadło wód szczelinowych, 5 - granice typów wód, 6 - miejsca pobrania prób wody do analiz chemicznych, których wyniki wykorzystane są przy konstrukcji wykresu na rys.7.2.



Rys.7.2. Wykres mieszania się wód termalnych z wodami ich otoczenia. Analizy chemiczne wód z otworów : 1 - nr 20, 2 - nr 45, 3 - L-2 głębokość 400 m, 4 - L-2 głębokość 600 m.

Na rys.7.1 zaznaczone są miejsca, z których pochodzą analizy chemiczne wód, wzięte pod uwagę przy konstrukcji pomocniczego wykresu znajdującego się na kolejnym rys.7.2.

Za jedną z mieszających się wód przyjąłem wodę termalną otrzymaną w otworze L-2 z uskoku Łącka Zdroju, a więc o składzie najbardziej zbliżonym do "czystej" wody termalnej, za drugą zaś wodę z płytkiego otworu nr 20.

Na rys.7.2 składy chemiczne obu wód przedstawiają

proste 4 i 1. Zawartość podstawowych jonów w wodach z głębokości 400 m w otworze L-2 oraz z otworu nr 45 wskazuje, że są one rezultatem mieszania się wymienionych wyżej wód.

Kolejność typów, idąc na lewo od prostej 4 przedstawia się następująco:

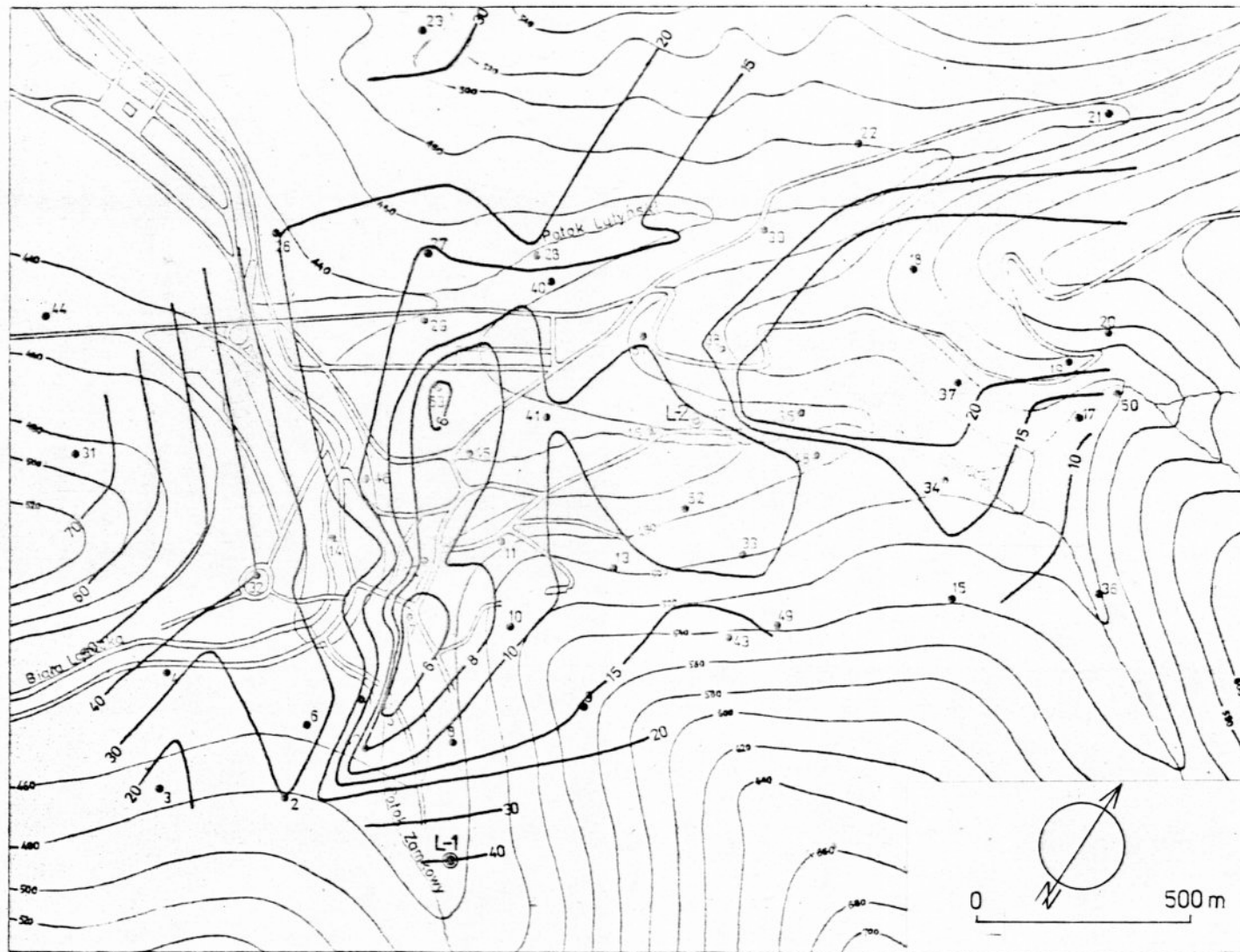
$\text{HCO}_3\text{-F-Na}$ (4) ; $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na}$ (3 i 2) ; $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na}$ (1)

i odpowiada uprzednio przedstawionemu następstwu typów z rejonu uzdrowiska.

Położenie otworu nr 20, /z którego skład chemiczny wody pasuje do konstrukcji wykresu z rys. 7.2/, powyżej strefy o obniżonym zwierciadle wody może sugerować, że woda w nim otrzymana wpływa w strefę uskokową i bierze udział w mieszaniu. Może to być zupełnie przypadkowe, nie zmienia jednak faktu, że mieszanie wód termalnych zachodzi z wodami typu $\text{SO}_4\text{-HCO}_4\text{-Ca-Na}$, które stanowią tło hydrochemiczne omawianego obszaru.

Lądecka anomalia geotermiczna. Naturalne pole cieplne, powstałe wyłącznie dzięki składowej konduktywnej wynosu ciepła, zaburzone jest na terenie Lądka przez jego zwiększony dopływ z głębi /składową konwektywną/, będący skutkiem krążenia wód o podwyższonej temperaturze. Wyraźny obraz anomalny otrzymano w trakcie badań termicznych przeprowadzonych w odwiertach płytkich i głębokich: L-1 oraz L-2.

W obrębie anomalii tej wartości pionowego gradientu geotermicznego sięgającą $0,18^\circ\text{C/m}$, co odpowiada wartości stopnia geotermicznego $5,5 \text{ m}/^\circ\text{C}$ /otwór nr 53/. Otrzymane wartości uzyskano w otworach sięgających tylko do głębokości 30 m i obarczone są one pewnym błędem, wynikającym z nieuwzględnienia zjawiska dryftu termicznego, skutkiem czego wyniki są nieporównywalne. Pomimo tego, wykreślone izolinie stopnia geotermicznego /rys. 7.3/ z dużym podobieństwem odwzorowują rzeczywisty kształt anomalii.



Rys. 7.3. Anomalia geotermiczna na obszarze Ładka Zdroju, wg [120];
izolinie wartości stopnia geotermicznego w $^{\circ}\text{C}$.

Wyżej wymienione badania pozwoliły mi na wyciągnięcie pewnych wniosków. A to:

- a/ kształt anomalii z dwoma wyraźnie zaznaczonymi maksymami na uskokach wskazuje na to, że wyprowadzenie wód termalnych na powierzchnię związane jest z rozwidlaniem się uskoków Łądek-Orłowiec-Karpno /N/ i /S/;
- b/ obszar podwyższonych wartości gradientu geotermicznego położony na E od uzdrowiska, sugeruje obecność wody termalnej w części uskoku Łącka Zdroju, zawartego między uskokami Łądek-Orłowiec - Karpno, a Rasztowiec - Karpno;
- c/ mały zasięg anomalii i wynikający stąd znaczny poziomy gradient geotermiczny /sięgający $0,17^{\circ}\text{C}/\text{m}/$, wskazują na skupiony charakter przepływu wód termalnych. Potwierdzają to również badania z otworu L-1. W otworze tym, oddalonym o około 500 m od źródła "Jerzy", na głębokości 600m stwierdzono temperaturę tylko 20°C . Ponadto określono wartość strumienia cieplnego, który wyniósł 1,60 HFU [46] ; parametry te zgodne są z naturalnym polem cieplnym i wskazują, że odwiert L-1 położony jest poza obszarem anomalnym.

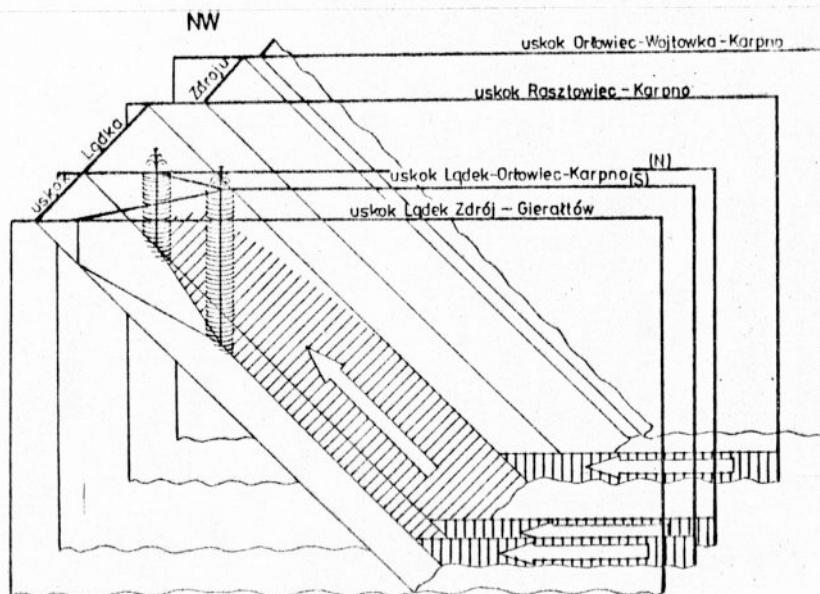
Tak więc należy stwierdzić, że strefa konwekcyjnego zaburzenia pola cieplnego na terenie Łącka ogranicza się do najbliższego otoczenia dróg przepływu wód termalnych.

Na zakończenie trzeba zwrócić uwagę na zgodność kształtu obu anomalii, wynikającą z tej samej przyczyny ich powstania.

ROZDZIAŁ VIII. KRAŻENIE ŁĄDECKICH WÓD TERMALNYCH

Proces tworzenia się wód termalnych, którego końcowym efektem są źródła wypływające w Łądku Zdroju, odbywa się jedynie w części metamorfiku Łądko - Śnieżnika; część tę będę dalej określać jako "strukturę źródłową". Chcąc scharakteryzować zasięg tej struktury, należy określić: 1/ obszar zasilania omawianych wód, 2/ ich drogi przepływu oraz 3/ głębokość jaką osiągnęły te wody w trakcie przepływu podziemnego.

1/ Określenie obszaru zasilania omawianych wód stwarza pewne trudności, wynikające ze skomplikowanej budowy geologicznej krystalicznego podłoża. Pewnych wskazówek daje jednak zawartość ciężkiego izotopu wodoru-deuteru w wodach ze źródeł. Wskazuje ona, że obszar infiltracji znajduje się na wysokości nie mniejszej niż 600 m npm [40]. Nieznaczne zmiany w hipsometrii, jakie zaszły od plejstocenu, upoważniają /z niewielkim błędem/ na rozpatrzenie współczesnego przebiegu poziomicy 600 m. Wydziela ona zwarty obszar położony na południowy-wschód od Łądko i obejmujący całe Góry Białskie oraz południową część Gór Złotych /rys. 2.1/. Za granice obszaru zasilania należy zatem przyjąć: od południowego-wschodu nasunięcie ramzowskie, będące równocześnie granicą jednostki geologicznej, a od zachodu zwężenie w rejonie przełęczy Płoszczyna /827/. Przy dodatkowym założeniu, że tereny sąsiadujące bezpośrednio z Łądkiem nie mają wpływu na zasilanie wód termalnych, powierzchnia tak określonego obszaru zasilania wyniesie 170 km^2 . Wielkością jest ona zbliżona do powierzchni zlewni topograficznej Białej Łądeckiej / 163 km^2 /, lecz pokrywa się z nią tylko częściowo.



Rys. 8.1: Schemat dróg przepływu wód termalnych wypływających na terenie Łądku Zdroju. Powierzchnie zakreskowane oznaczają strefy przepływu wód termalnych, a strzałki kierunek przepływu.

2/ Infiltrujące w obszarze zasilania wody dostają się początkowo w strefę znacznej szczelinowatości wietrzeniowej, sięgającej głębokości około 30 m. Poniżej tej strefy dostaje się tylko niewielka część wody; znaczenie mają już tu tylko szczeliny tektoniczne o rozwarości nadkapilarnej $> 0,25 \text{ mm/}$.

Wskutek wzrostu ciśnienia wraz z przyrostem głębokości, szczeliny te zostają zaciśnięte na głębokości około 1000 m. Odtąd rolę przewodów wodonośnych spełniają tylko strefy związane z dużymi dyslokacjami osiagającymi znaczne rozmiary /rozwarcie i długość/. Na terenie Sudetów warunki takie spełniają podłużne uskoki o kierunku sudeckim NW-SE.

Regułą jest w całym Masywie Czeskim, że uskoki tego rodzaju po odnowieniu przewodzą wodę na znacznych głębokościach [73]. Można więc przyjąć, że z obszaru zasilania, położonego na SE od Łądku uskoki o kierunku sudeckim woda przepływa na dużej głębokości w kierunku uzdrowiska /rys. 8.1/

Naturalne wyprowadzenie uformowa-

n y c h w ó d z g ł ę b i należy wiązać z poprzecznym uskokiem Łądką Źdroju. Wykorzystując ten uskok, a ściślej jego część zawartą między uskokami Łądek-Orłowiec-Karpno a Rasztowiec - Karpno i najbardziej wysuniętą ku NW, woda dąży ku górze. W swej wędrówce natrafia jednak na strefy mniejszego oporu, związane z rozwidlaniem się uskoków Łądek-Orłowiec-Karpno /N/ i /S/, którymi w y p ł y w a n a p o w i e r z c h n i ę. Na tym ostatnim odcinku następuje podział strumienia wody na mniejsze, dążące już do poszczególnych źródeł. Próba określenia kolejności tego podziału poprzez badanie związku korelacyjnego pomiędzy różnymi parametrami źródeł nie dało rezultatu.

Reasumując powyższe: po infiltracji wód w obrębie Gór Złotych i Bialskich przepływ wody ku NW odbywa się na znacznych głębokościach dużymi strefami dyslokacyjnymi o kierunku sudeckim.

Wyprowadzenie wód z głębi zawdzięczamy uskokowi poprzecznemu do powyższych, zaś bezpośrednie wpływy na powierzchnię odbywają się wzdłuż krawędzi przecięcia ponownie uskoków sudeckich.

- 3/ Do tego, by określić w przybliżeniu g ł ę b o k o ś ć, jaką osiągają interesujące nas wody w swym obiegu podziemnym należy znać: a/ maksymalną temperaturę, jaką osiągnęła woda w trakcie krążenia oraz b/ warunki geotermiczne panujące w obrębie struktury źródłowej.

a/ J. Dowgiałło [44] [45] [46] określił najwyższą temperaturę wody jaką ona osiągnęła, stosując hydrogeotermometry krzemionkowy i alkaliczny /tab.8.1/, które wykorzystują stan równowagi chemicznej między zawartością danego składnika w wodzie i w otaczającej skale przy różnych temperaturach.

Tabela 8.1. Obserwowane i oszacowane temperatury wód termalnych Łącka Zdroju wg [45], zestawione w kolejności rosnącego rozcińczenia wód.

Ujęcie	temperatury		
	obserwowana	"krzemionkowa"	"alkaliczna"
L-2	45	89	60
Chrobry	27	86	57
Wojciech	29	88	45
Skłodowska Curie	24	86	45
Dąbrówka	20	86	40
Jerzy	28	86	46

Z tabeli wynika, że według hydrogeotermometru krzemionkowego temperatura wody osiągnęła około 90°C , zaś według alkalicznego prawie 60°C . Wydaje się, że w przypadku Łącka ten ostatni - geotermometr Na-K-Ca - daje wyniki bardziej miarodajne. Zwiększona prędkość przepływu wód, spowodowana tak próbnymi jak i obecną eksploatacją złoża przez odwiert L-2, nie spowodowała jak dotąd obniżenia temperatury wody z tego odwiertu ani zmiany jej chemizmu. Obserwowana temperatura 45°C jest tylko o ponad 10°C niższa od oszacowanej "temperatury alkalicznej".

Ponadto wykorzystując przedstawiony w pracy G.V. Bogomołova [12] wykres zależności między obserwowaną zawartością krzemionki w wodach źródłanych, a ich temperaturą, można stwierdzić, że w przypadku łądeckim woda może osiągnąć również temperaturę 60°C .

Zróznicowanie "temperatur alkalicznych" jeszcze raz potwierdza proces mieszania się wód termalnych.

Do dalszych rozważań za maksymalną temperaturę wody jaką ona osiągnęła

w swym obiegu podziemnym przyjmuje $T_{\max} = 60^{\circ}\text{C}$.

b/ Warunki geotermiczne Sudetów ogólnie rozpoznane zostały dopiero w ostatnich latach. Starsze opracowania, wartość stopnia geotermicznego na tym terenie zawsze określały na zasadzie ekstrapolacji na 25 - 35 m/ $^{\circ}\text{C}$ (gradient geotermiczny 0,03-0,04 $^{\circ}\text{C}/\text{m}$).

Kilka pomiarów strumienia cieplnego, wykonanych na obszarze Sudetów, określa jego wartość na 1,42-1,59 HFU* w strefie nasunięcia Poříčí-Hronov [29] i 1,69 HFU w odwiercie L-1 w Łądku [46] .

Odbiegają one nieznacznie od wartości średniej na obszarze Polski południowo-zachodniej wynoszącej 1,6 HFU. Wartości tej w skałach krystalicznych odpowiada średni gradient geotermiczny $G=0,024^{\circ}\text{C}/\text{m}$ [43] :

Mając określoną maksymalną temperaturę osiągniętą przez wodę / $T_{\max}$ / oraz wartość gradientu geotermicznego G , można pokusić się o sprecyzowanie największej głębokości krążenia wód; będzie ona w tym przypadku wynosić:

$$H = \frac{T_{\max}}{G} = \frac{60}{0,024} \approx 2500 \text{ m.}$$

Ponieważ jednak ze względu na małą ilość danych przyjęte wartości mogą odbiegać od rzeczywistych, a także uwzględniając szereg przedstawionych założeń, do otrzymanego wyniku należy podejść z pewną rezerwą. Biorąc pod uwagę wyższą od średniej światowej zawartość uranu w skałach metamorfiku, za głębokość krążenia wód można przyjąć 2000-2500 m.

Po przedstawieniu struktury źródłowej należy określić c z a s przebywania wody w jej obrębie.

Wyniki oznaczania wieku metodą trytową i radiowęgla przedstawili w 1974 r J. Dowgiałło i in. [42] . Wszystkie oznaczenia wieku wód, wykonane w Łądku Zdroju, zestawilem w tab. 8.2.

* - HFU - jednostka strumienia cieplnego równa $10^{-6} \text{ cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$

Tabela 8: Wyniki oznaczeń wieku wód wykonane w Łądku Zdroju wg [42]

Wody termalne zestawione w kolejności rozcieńczenia.

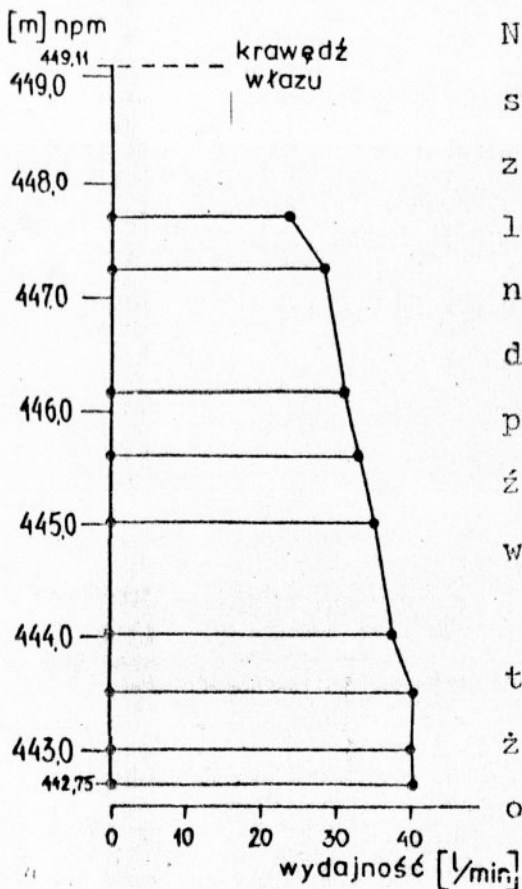
Ujęcie	Data pobrania próby	Koncentracja trytu	Koncentracja ^{14}C	Wiek tys. lat
		T.U.	% ^{14}C współcz.	
Chrobry	24.04.72	4 ± 3	16 ± 5	12 - 17
Wojciech	8.03.72	1 ± 3	24 ± 8	8 - 14
Skłodowska Curie	8.03.72	1 ± 3	32 ± 25	-
Dąbrówka	24.04.72	3 ± 3	20 ± 6	10 - 15
Jerzy	8.03.72	3 ± 3	32 ± 7	6 - 10
odwiert L-	25.04.72	5 ± 3	78 ± 5	0,2 - 1,3
zbiornik wody wodociągowej 250 m ³ [92]	25.04.72	242 ± 10	wody współczesne	

Uwzględniając znów zbieżność z szeregiem rozcieńczenia, wiek "czystych" wód termalnych określić można na około 20 000 lat. Tak więc czas ich infiltracji przypada na późnoplejstoczeński okres zlodowacenia bałtyckiego!

ROZDZIAŁ IX. OKREŚLENIE ZASOBÓW WÓD TERMALNYCH ŁĄDKA

Problem ilości wody leczniczej możliwej do eksploatacji, a także jej temperatura mają zasadnicze znaczenie przy dalszej rozbudowie uzdrowiska.

W punkcie V.2 stwierdziłem, że średnia ilość wody z lat 1952-72 eksploatowanej ze wszystkich źródeł Łądką wyniosła 522,21 l/min, tj. 751,97 m³/d. Również wg H. Freseniusa [57] sumaryczny wydatek źródeł w 1938 roku ^{wynosił} 514 l/min. Ponieważ źródło "Stare" zostało włączone do eksploatacji na początku lat trzydziestych, interesującym jest fakt, że sumaryczny wydatek pozostałych pięciu źródeł w latach 1893-1919 wynosił od 524 l/min /1919r/ do 554 l/min /1895 i 1901r/[50].



Rys.9.1. Wydajność źródła "Chrobry" w zależności od poziomu wzniosowego /20-21 VII 77/

Nieznacznie wyższe wydajności z tego okresu w porównaniu z latami 1955-72 były zapewne skutkiem niższego położenia przewodów na których wykonywano pomiary wydajności w poszczególnych źródłach. Przykładowo zmianę wydajności w zależności od poziomu wzniosowego przedstawiłem dla źródła "Chrobry" /rys. 9.1/; pomiary wykonywałem w lipcu 77.

Wysuwa się tu wniosek, że ilość wody termalnej naturalnie wpływającej ze złoża jest prawie stała, a więc niezależna od ilości ujęć, a także od wykazanych /punkt V.2/ tendencji zmian wydajności źródeł łądeckich.

W 1973r. nowe ujęcie wód termalnych otworem L-2 zaburzyło istniejący układ hydrodynamiczny. Znaczna ilość wody

wypływającej z tego otworu, a równająca się początkowo /VI.73/ prawie sześciokrotnej wydajności wszystkich źródeł /patrz tab. 5.1 /, spowodowała obniżenie się ich wydatków, co częściowo omówiłem już w punkcie V.2:

Trwająca obecnie eksploatacja odwiertu L-2 /od 23.02.76/ charakteryzuje się ciągłym spadkiem wydatku, który na wykresie $Q ; t$ tworzy krzywą wykładniczą zwaną krzywą regresji, recesji lub wysychania /rys. 9.2'/. Dla odróżnienia od użytego już pojęcia regresji oraz z uwagi na fakt, że wody termalne nie są bezpośrednio zależne od opadów /wysychanie/, w dalszej części stosować będę określenie "recesja". Dla wód szczelinowych, których rezerwy są stosunkowo nieduże, G. Castany [16] do opisu krzywej recesji zaleca stosowanie wzoru Mailleta w postaci

$$Q = Q_0 : e^{-\alpha(t_k - t_0)}$$

w którym: Q - wydatek /l/min/ w chwili t_k /doby/;

Q_0 - wydatek /l/min/ w chwili $t_0 = 0$,

α - współczynnik recesji.

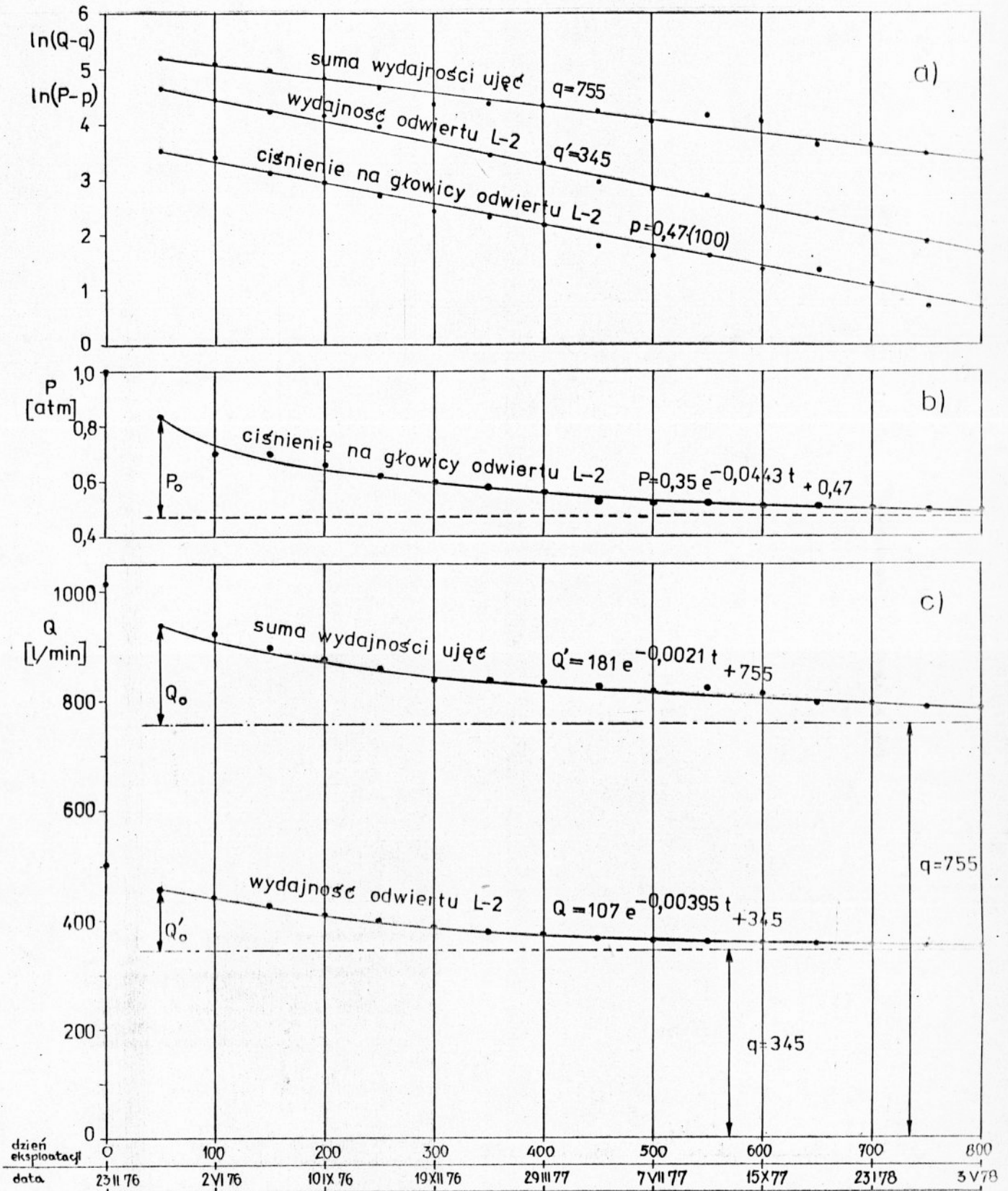
Funkcja ta w wartości granicznej dąży do zera $\lim_{t \rightarrow \infty} Q = 0$ co jest jednak niezbyt prawdopodobne, gdyż w rzeczywistości wydatek zbliża się asymptotycznie do pewnej wartości tzw. wydatku długookresowego " q ". W tej sytuacji krzywą recesji zapisać należy równaniem

$$Q = Q_0 : e^{-\alpha(t_k - t_0)} + q,$$

które po zlogarytmowaniu przyjmie postać

$$\ln(Q - q) = \ln Q_0 - \alpha(t_k - t_0)$$

Nieznana wartość q wyznaczyć można metodą kolejnych przybliżeń. Przyjmowałem różne wartości q /co 1 l/min/, dążąc do tego, by punkty na wykresie $\ln(Q - q) ; t$ utworzyły linię prostą.



Rys.9.2. Krzywe recesji wydajności odwiertu L-2, sumy wydajności wszystkich ujęć oraz ciśnienia na głowicy odwiertu L-2; pozostałe objaśnienia w tekście.

Tabela 9.1. Spadek wydajności poszczególnych ujęć wód termalnych w Łątku Zdroju
od 23.02.1976 spowodowany eksploatacją odwiertu L-2.

Dzień eksploata- cji	Data	Jerzy	Wojciech	Skłodowska -Curie	Dąbrówka	Chrobry	Stara	Odwiert L-2		Suma wydajności ujęć	
		l/min							m ³ /d	l/min	m ³ /d
średnia	1955-1972	292,02	87,65	66,66	20,38	30,0	17,5			522,2	751,97
1	23.02.76	283,0	87,2	68,3	21,6	38,0	17,5	497,0	715,68	1013	1458,14
50	13.04.76	260,3	85,3	62,5	20,8	37,6	17,3	451,9	650,74	936	1347,41
100	2.06.76	257,7	85,9	61,6	20,7	37,2	17,1	439,9	633,46	920	1324,94
150	22.07.76	253,3	86,0	58,7	20,0	36,9	17,0	422,9	608,98	895	1288,51
200	10.09.76	250,0	86,1	58,1	19,7	36,5	16,8	409,4	589,54	877	1262,30
250	30.10.76	250,0	81,9	55,8	19,5	36,1	16,6	398,3	573,55	858	1235,81
300	19.12.76	250,0	86,0	57,3	19,9	35,7	16,5	386,6	556,70	852	1226,38
350	7.02.77	249,0	83,1	55,4	19,9	35,4	16,3	376,8	542,59	836	1203,70
400	29.03.77	246,00	85,9	56,5	20,0	35,0	16,1	372,4	536,26	832	1197,94
450	18.05.77	246,0	85,8	57,2	20,0	34,6	15,9	364,1	524,30	824	1185,98
500	7.07.77	240,0	86,8	54,4	19,3	34,2	15,7	361,6	520,99	812	1169,57
550	26.08.77	245,5	86,8	57,0	19,8	34,0	15,6	360,0	518,40	821	1181,31
600	15.10.77	245,5	86,4	53,8	19,5	33,8	15,4	357,2	514,37	812	1168,70
650	4.12.77	238,0	80,0	51,0	19,7	33,6	15,2	355,0	511,20	793	1141,20
700	23.01.78	238,0	81,0	51,0	19,8	33,4	15,1	353,0	508,32	791	1139,47
750	14.03.78	236,4	80,6	50,5	18,9	33,0	14,9	351,2	504,73	786	1131,84
800	3.05.78	236,2	81,3	50,0	19,0	32,7	14,7	350,5	500,72	784	1128,96

W trakcie kolejnych przybliżeń poszczególne punkty na wykresie łączyłem odcinkami, a punkty pierwszy i ostatni /z 50 i 800 dnia eksploatacji/ dodatkowo linią prostą. Za wartość ostateczną q przyjąłem taką, przy której powierzchnie pól pomiędzy linią łamaną łączącą poszczególne punkty a prostą były sobie równe po obu stronach tej prostej. Na rys. 9.2. a przedstawione są wyniki końcowe tych operacji.

Nachylenie otrzymanej prostej będzie określone współczynnikiem recesji:

$$\alpha = \frac{\ln Q_0 - \ln /Q - q /}{t_k - t_0} .$$

W przypadku odwiertu L-2, dysponując wynikami dwuletnich obserwacji /tab. 9.1 /, otrzymałem:

$$q = 345 \text{ l/min}$$

$$\text{dla: } t_0 = 50 \quad Q_0 = Q - q = 107 \text{ l/min}$$

$$\alpha = \frac{\ln 107 - \ln /350,5 - 345 /}{800 - 50} = 0,00395$$

i równanie recesji przyjmie postać

$$Q = 107 \cdot e^{-0,00395 \cdot t} + 345 \text{ l/min} \quad \text{/rys. 9.2 /}$$

Za początek okresu pomiarowego przyjąłem 50 dzień eksploatacji /13.04.76r/ wyłączając tym samym z obliczeń nagły spadek wydatku po otwarciu zaworu, na głowicy odwiertu L-2, który mógłby zniekształcić otrzymane wyniki. Nie uwzględniłem również nagłego spadku wskazań wodomierza o ok. 13 l/min od 4.09.77r, traktując go jako rezultat awarii przyrządu; wartość tę dodawałem stale do późniejszych wyników.

Wartość $q = 345 \text{ l/min}$, do której dąży krzywa recesji, niedużo różni się już od obecnie obserwowanego wydatku otworu L-2 /3.V.1978-
= 350.5 l/min/.

Stabilizacji ulega ^{urównież} ciśnienie złożowe - mierzone na głowicy odwiertu L-2 - którego granicę jak wykazałem stanowi wartość $p = 0,47 \text{ atm}$. Obniża się ono wzdłuż krzywej

$$P = 0,35 : e^{-0,0443 \cdot t} + 0,48 \quad / \text{rys. 9.2b/}$$

Podobne obliczenia jak dla odwiertu L-2 przeprowadziłem dla wszystkich ujęć łącznie:

Z uwagi na nieliczne pomiary przyjąłem liniowy spadek wydajności źródeł "Chrobry" i "Stare" w okresie II.76 - II.78, wynoszący ok. 15% /tab. 9.1 /

Średni sumaryczny wydatek samych źródeł z okresu lat 1955 - 1972 wyniósł 522,2 l/min /wydatek długookresowy/. Po rozpoczęciu eksploatacji odwiertu w dniu 23.02.76 sumaryczny wydatek wszystkich ujęć wzrósł gwałtownie ^{do} 1013 l/min i zaczął opadać.

W wyniku obliczeń przeprowadzonych analogicznie jak powyżej otrzymałem:

$$q' = 755 \text{ l/min}$$

$$Q_o' = 181 \text{ l/min}$$

$\alpha' = 0,00210$, a więc krzywa recesji w tym przypadku przyjmie p tać

$$Q' = 181 : e^{-0,00210 \cdot t} + 755 \text{ l/min/} \quad / \text{rys. 9.2 c/}$$

Z wielkości granicznego wydatku $q' = 755 \text{ l/min}$ należy wnioskować, że przy niezmiennych warunkach eksploatacji nastąpi powiększenie o ok. 50% sumarycznych zasobów wód leczniczych w Łądku Zdroju.

Czekający nas jeszcze spadek wydajności ok. 40 l/min w przeważającej części spowodowany będzie spadkiem wydatków poszczególnych źródeł. Określenie nowych, stałych wydajności tych źródeł jest w chwili obecnej nie-możliwe. Z racji stosunkowo krótkiego okresu obserwacji otrzymane wydatki q i q' należy traktować jako przybliżone; błąd prognozy nie powinien przekraczać jednak kilku procent.

Na możliwość uzyskania znacznych ilości wód termalnych w obrębie metamorfiku Łądku i Śnieżnika wskazywał kilkakrotnie J. Dowgiałko [35][38][39][43][46]. Określone przez tego autora zasoby perspektywiczne dla Łądku Zdroju obliczone zostały przy przyjęciu za K.D. Szterewem wartości modułu głębokiego /termalnego/ odpływu podziemnego równego $0,2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ /określonego dla Rodopów/ oraz uwzględnieniu powierzchni

zlewni rzeki Biała Łądecka - 183 km². Otrzymane zasoby perspektywiczne wynoszące 36,6 l/s /2196 l/min/, są znacznie wyższe od określonych przeze mnie zasobów q' , szacujących moduł odpływu termalnego dla Łądeckiej struktury źródłowej na trzy-krotnie niższy: 0,07 l/s.km².

Znając wartość strumienia cieplnego $p = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{s}$ /1,6 HFU/, można według J. Jetela [77] określić zasoby geotermiczne struktury źródłowej. Wpływ w ilości $q' = 12,58 \text{ l/s}$ /755 l/min/ wody - osiagającej w trakcie krążenia temperaturę $T = 60^\circ\text{C}$ - w miejscu o średniej temperaturze otoczenia $t_0 = 6,6^\circ\text{C}$, określa minimalną cieplną powierzchnię zbiorczą na $F = \frac{q' \cdot /T - t_0/}{p} \approx 42 \text{ km}^2$. Ponieważ powierzchnia ta jest znacznie niższa od powierzchni obszaru zasilania /ok. 180 km²/, zwiększony wydatek q' wody ze złoża nie powinien spowodować obniżenia się temperatury wód termalnych dopływających w kierunku Łądką.

J. Stachowiak i Z. Płochniewski [116] zakładają, że w obrębie metamorfiku Łądką i Śnieżnika wodę o temperaturze 40 - 60°C i wydajnościach od kilkunastu do 200 m³/h można otrzymać na głębokości 700 - 1000 m, zaś wodę o temperaturze większej od 100°C i wydajności ponad 100 m³/h tylko na głębokości 1200 - 1700 m.

ROZDZIAŁ X. OMOWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Zestawiając rezultaty rozpatrzonych w niniejszej pracy zagadnień stwierdziłem, że w szeregu przypadkach odbiegają one od dotychczasowych poglądów o krążeniu, zasobach oraz składzie chemicznym wód termalnych Łącka Zdroju.

Pierwsza sprawa wymagająca nowego ujęcia dotyczy obszaru zasilania tych wód. Dotychczasowy pogląd, będący podstawą ustalenia granic obszaru górniczego uzdrowiska, a zawarty w dokumentacji [117], za obszar alimentacyjny wód łądeckich przyjmował najbliższe okolice Łącka położone na NE, N i NW od tej miejscowości. Na podstawie wyników nowszych badań izotopowych oraz uwzględnieniu kierunków głównych linii dyslokacyjnych, określony przeze mnie obszar zasilania znajduje się natomiast na SE od Łącka i obejmuje obszar około 180 km² w obrębie Gór Żłotych i Bialskich.

Kierunek wyciągłości tektonicznych, określających miejsca wpływu i drogi krążenia omawianych wód, był przedmiotem różnych, czasem rozbieżnych poglądów; część badaczy dominujące znaczenie przypisuje uskokom o kierunku NW-SE [51][53][61], część zaś uskokom o kierunku NE-SW [46]. Zestawienie istniejących danych oraz analogie dotyczące krążenia wód w Masywie Czeskim pozwoliły mi stwierdzić, że uskoki o kierunku NW-SE odgrywają podwójną rolę: 1/ doprowadzają wodę na znacznej głębokości z obszaru zasilania w kierunku uzdrowiska oraz 2/ warunkują jej wpływy na powierzchnię; natomiast wyprowadzenie wód z głębi ku powierzchni - moim zdaniem - związane jest z uskokiem o kierunku NE-SW.

Bieg wody określony został metodą radiowęglą na 6 - 17 tysięcy lat [42], przy czym według J. Dowgiałły [46] zakres 10 - 12 tysięcy lat wydawał się najbardziej prawdopodobny. Wykazany przeze mnie proces rozcieńczania wód termalnych zwykłymi wodami młodszy powoduje w wodzie wzrost zawartości ¹⁴C i pozwala wydłużyć dwukrotnie czas obiegu wód, do około 20 tysięcy lat.

Nieliczne oznaczenia wartości strumienia cieplnego na obszarze Sudetów /np. J. Majorowicz [85] / wykazały, że jest on zbliżony do wartości średniej dla Polski południowo - zachodniej, wynoszącej $1,6 \cdot 10^{-6}$ cal/cm².s. Odpowiadający takiemu strumieniowi w skałach krystalicznych stopień geotermiczny - ok. 40 m/°C - pozwala określić głębokość, jaką mogły osiągnąć wody termalne ogrzane do temperatury ok. 60°C w trakcie obiegu podziemnego, na 2000 - 2500 m. Jest to wartość możliwa do przyjęcia stąd zbyteczne jest branie pod uwagę

dodatkowego źródła ciepła, jakim byłyby nieostygłe jeszcze masy magmowe [51] [52] [53] :

Dysponując wynikami ponad dwudziestoletnich obserwacji źródeł lądeckich nie stwierdziłem wpływu ciśnienia atmosferycznego na zawartość w ich wodach radonu i siarkowodoru, o czym była mowa w pracy [53] , ani wpływu opadów na wydajności poszczególnych źródeł [37] . Wypływające wody termalne reagują natomiast sezonowymi wahaniami temperatury na zmianę temperatury otoczenia oraz ilości miesięcznych opadów:

Odnosnie ogólnego składu chemicznego wód lądeckich różni autorzy zgodnie przyjmują, że ich podstawowy skład jonowy jest rezultatem rozkładu skał krystalicznych. Dyskusyjną sprawą jest natomiast pochodzenie fluoru i radonu zawartych w wodzie. Jak wynika z licznych prac przedstawionych w punkcie VI.3.2', podwyższone zawartości fluoru mogą być uzyskane przez wody infiltracyjne w trakcie długiego ich przepływu w obrębie skał krystalicznych zawierających normalne /w granicach tła/ zawartości fluoru. Za takim pochodzeniem fluoru w przypadku Łádka wydaje się przemawiać związek jego zawartości z wiekiem różnych rodzajów wód szczelinowych. J. Gierwielaniec [61] obecność tego jonu łączy z rozkładem fluorytu przez wody.

Ten sam autor łączy pochodzenie większych ilości radonu w wodach Łádka ze złożem blendy uranowej w Zálesí na terenie ČSSR. Ilości takie pochodzić jednak mogą ze skał metamorfiku o normalnej zawartości pierwiastków radioaktywnych. Strefy koncentracji radonu w takim przypadku są uwarunkowane przebiegiem spękań. Biorąc to pod uwagę, jak również opierając się na wynikach analiz wykazujących, że wody lądeckie zawierają tylko nikłe zawartości radu można twierdzić, że wody te nie przepływają przez złoża radioaktywne. Jak wykazałem, podwyższone zawartości radonu nie są związane z "czystą" wodą termalną, lecz woda ta uzyskuje radon dopiero dzięki mieszaniu się ze zwykłymi wodami szczelinowymi, prowadzącymi na terenie Łádka znaczne ilości tego gazu.

Ilość wody termalnej, która będzie wypływać ze złoża przez wszystkie ujęcia lądeckie określiłem na 755 l/min. Wydajność zbliżona do tej wartości osiągnięta zostanie w niedługim czasie, po stabilizacji wpływów z poszczególnych ujęć. Wartość 755 l/min pozwala na określenie modułu odpływu termalnego /głębokiego/ z przyjętej zlewni na $0,07 \text{ l/s.km}^2$. Wartości powyższe są znacznie niższe od podanych w pracach [35] [46] zasobów perspektywicznych oraz od wydajności możliwych do uzyskania w obrębie metamorfiku Łádka i Sněžnika, zakładanych w projekcie [116] .

Na uwagę zasługują wyniki obliczeń statystycznych przedstawione w punktach V.2 - V.4. Obliczenia te pozwoliły na stwierdzenie wielu zależności, niewidocznych przy zestawieniu danych w formie tabel i wykresów oraz opisanie ich równaniami. Metody statystyczne pozwoliły mi na stwierdzenie zmienności parametrów źródeł w czasie, współzależności tych parametrów w różnych źródłach oraz wpływu na nie czynników zewnętrznych.

Na podstawie wyników obserwacji wydatków ujęć prowadzonych w ciągu ostatnich 800 dni stwierdziłem, że dobre wyniki daje metoda, pozwalająca na określenie granicznych wydajności do jakich dąży wydajność odwiertu L-2, a także wydajność wszystkich ujęć łącznie. Równania sporządzone dla obu przypadków na podstawie 700 dni obserwacji dokładnie określają wartości wydatku, pomierzone rzeczywiście w 750 i 800 dniu eksploatacji.

Z przedstawionej pracy wysuwają się następujące wnioski:

1. Wszystkie ujęcia wód termalnych w Łądku Zdroju zasilane są wodą z jednego złoża. Jest to woda słabo zmineralizowana, wodorowęglanowo - sodowa, radoczyzna, fluorkowa, siarczkowa, termalna, typu $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$.

2. Cały proces tworzenia się lądeckich wód termalnych zachodzi w obrębie struktury źródłowej zawartej w obrębie metamorfiku Łądku i Śnieżnika. Struktura ta obejmuje Góry Bialskie i Złote po nasunięciu ramzowskie na południu i wschodzie oraz po uskoku Łądku Zdroju na północy. Jej głębokość ocenić można na około 2000-2500m.

Po infiltracji wód w obszarze zasilania, jakimi są Góry Bialskie i południowa część Gór Złotych, woda przepływa na znacznych głębokościach ku NW dużymi strefami dyslokacyjnymi o kierunku sudeckim. Naturalne wyprowadzenie wód z głębi zawdzięczamy uskokowi Łądku Zdroju, poprzecznemu do wymienionych stref, zaś bezpośrednio wpływy na powierzchnię związane są ponownie z uskokami o kierunku sudeckim i pojawiają się w miejscach rozwidleń uskoku Łądek - Orłowiec - Karpno /N/ i /S/.

3. Dążące do wypływu wody termalne typu $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$ oddziałują na otaczające je środowisko; rezultatem tego jest istnienie anomalii geotermicznej i hydrochemicznej.

Anomalia geotermiczna jest skutkiem dodatkowego, konwekcyjnego wynosu ciepła i odznacza się ostro na tle naturalnego pola

cieplnego. Wartości stopnia geotermicznego sięgają w jej obrębie 5,5 m/°C.

Anomalia hydrochemiczna jest rezultatem mieszania się wód termalnych ze zwykłymi wodami szczelinowymi typu $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na}$, co prowadzi do powstania następującej strefowości typów chemicznych wód: /str. 108/

$\text{HCO}_3\text{-F-Na}$; $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na}$; $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na-Ca}$; $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na}$.

4. Stwierdzono zmiany parametrów źródeł w okresie ostatnich 22 lat. I tak wydajność wykazuje silną tendencję spadkową w źródle "Jerzy" i słabą w źródle "Wojciech", a tendencje wzrostowe w źródłach: "Skłodowska-Curie" /silna/ i "Dąbrówka" /słaba/. Temperatura natomiast wykazuje słabe tendencje wzrostowe w źródłach: "Skłodowska-Curie", "Chrobry" i "Jerzy".
5. Wykazano oddziaływanie czynników zewnętrznych na ujęte wody termalne:
 - a/ sezonowe zmiany temperatury źródeł spowodowane są zmianą średnich miesięcznych temperatur otoczenia, a także ilością miesięcznych opadów. Wpływ ten trwa cztery miesiące, lecz najsilniej zaznacza się po upływie jednego miesiąca,
 - b/ zróżnicowanie składu wody w poszczególnych ujęciach jest rezultatem rozcieńczania wód termalnych wodami zwykłymi. Pozwala to na uszeregowanie ujęć z wodami od najmniej do najbardziej rozcieńczonymi:
L-2; Chrobry; Wojciech; Skłodowska-Curie; Dąbrówka; Jerzy.Nie stwierdzono wpływu opadów i ciśnienia na wydajność źródeł, ani wpływu ciśnienia i temperatury na zawartości radonu i siarkowodoru w wodach, a także wydajności źródeł i ilości opadów na ogólną mineralizację wód.
6. Skład chemiczny wód termalnych jest rezultatem przeobrażenia wód infiltracyjnych, zapewne typu $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na}$, dzięki panującym na drodze ich przepływu podziemnego warunkom geochemicznym /sięgającym strefy przejściowej/ oraz geotermicznym. Podstawowy skład jonowy uwarunkowany jest jak zwykle w takich wodach składem mineralnym skał wskutek ich wietrzenia, hydrolizy oraz zachodzącej wymiany kationowej. Obecność siarkowodoru zawdzięczać należy procesom rozkładu siarczków. Podwyższone zawartości fluoru pochodzą najprawdopodobniej dzięki długotrwałym procesom wylugowywania skał krystalicznych. Wody termalne nie zawierają pierwotnie znacznych

ilości radonu, uzyskując go dzięki mieszaniu się ze zwykłymi wodami szczelinowymi, zawierającymi podwyższone jego ilości. Pochodzenie innych gazów zawartych w lądeckich wodach termalnych można ogólnie uznać za atmosferyczne.

7. Pionowa, naturalna strefowość hydrochemiczna wód podziemnych w obrębie metamorfiku Łądku i Śnieżnika odbiega od strefowości wód w obrębie skał osadowych. W strefie górnej, gdzie następuje intensywna wymiana wód, dominują dwa ich typy; typ $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Na}$ związany ze strefą szczelinowości wietrzeniowej, o mineralizacji wyjątkowo przekraczającej 1000 mg/l, oraz typ $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Na}$, charakterystyczny dla wód krążących w szczelinach skał niezwiertziałych i mineralizacji mniejszej od 100 mg/l. Do strefy środkowej, o wolnej wymianie wód, dostaje się niewielka część wód strefy górnej. Do głębokości 600 m występujące tu wody typu $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Na}$ zwiększają swoją mineralizację do około 150 mg/l. Wraz z dalszym wzrostem głębokości zwiększa się zawartość w wodzie jonu sodowego oraz fluorkowego; wody uzyskują charakterystyczny skład i podwyższoną mineralizację. Ostatnim, stwierdzonym jest typ $\text{HCO}_3\text{-F-Na}$, który posiadają wody termalne eksploatowane w Łądku zawierające ponad 200 mg/l rozpuszczonych składników stałych.
8. Przy zachowaniu dotychczasowych warunków eksploatacji wód termalnych z otworu L-2 w Łądku Zdroju, sumaryczny wydatek wody ze złoża wyniesie około 750 l/min i w porównaniu z ilością eksploatowanej wody do 1972 roku wzrośnie o około 50%. Problematycznym jest sens prowadzenia dalszych prac mających na celu nowe ujęcia wód termalnych. Kolejny odwiert doprowadziłby zapewne do uzyskania z uskoku Łądku Zdroju wód o temperaturze 45 - 50°C, lecz wody te nie zawierałyby już znacznych ilości radonu /w rezultacie pominięcia dopływu rozcieńczających zwykłych wód radonowych/ i wpływ ich odbyłby się kosztem zaniku istniejących źródeł naturalnych. Niewielki przyrost sumarycznych zasobów wiązałby się z dalszym, znacznym spadkiem ciśnienia złożowego.
9. Wyraźna więź hydrauliczna pomiędzy szczelinowymi wodami termalnymi a wodami zwykłymi pozwala przypuszczać, że spadek ciśnienia związany z eksploatacją odwiertu L-2, jak również ewentualna eksploatacja odwiertu L-1 mogą być przyczyną zachwiania równowagi hydrodynamicznej między tymi wodami. Należy przyjąć, że rezultatem tego będzie zmiana składu chemicznego oraz temperatury wód termalnych.

10. W dalszych badaniach omawianych wód powinno uwzględnić się kompleksowo izotopowe oznaczenia poszczególnych składników wód ze wszystkich ujęć oraz rozpatrzyć zagadnienia równowag chemicznych w systemie skała - woda - gaz. Co najmniej raz na miesiąc wykonywane analizy chemiczne wód z poszczególnych ujęć, przeprowadzone w ciągu jednego roku, pozwoliłyby na uściślenie wpływu wód otoczenia na dążące ku wypływowi wody termalne.
11. Wykorzystana w pracy metoda wykorzystująca prawidłowości zachodzące w procesie mieszania się wód, może być zastosowana także w przypadku innych uzdrowisk. Pozwala ona na:
 - a/ stwierdzenie stopnia rozcieńczenia danych wód leczniczych w poszczególnych ujęciach,
 - b/ określenie kierunku dopływu tych wód,a przy dokładnym rozpoznaniu hydrochemicznym obszaru dodatkowo na
 - c/ stwierdzenie istnienia anomalii hydrochemicznej,
 - d/ prześledzenie pionowej zmienności hydrochemicznej.
12. Posiadane przez szereg uzdrowisk wyniki wieloletnich badań stacjonarnych ujęć wód leczniczych stanowią cenny materiał, który może być wykorzystany do obliczeń statystycznych. Obliczenia takie umożliwiają:
 - a/ stwierdzenie istnienia zmian parametrów źródeł oraz określenie ich tendencji,
 - b/ określenie współzależności pomiędzy poszczególnymi parametrami źródeł, a także
 - c/ określenie wpływu czynników zewnętrznych na poszczególne parametry źródeł.

ROZDZIAŁ XI. PIŚMIENNICTWO

- [1] Alekin O.A. - Podstawy hydrochemii. Wyd. Geol., Warszawa 1956.
- [2] Aleksejev A.A. [Алексеев А.А.] - Фтор в акратотермах. Геохимия, № 4, 1956.
- [3] Ansilewski J. - Petrografia metamorfiku Gór Bialskich. Geologia Sudetica, Vol. II, 1966.
- [4] Ansilewski J. - Skalenie serii metamorficznej Gór Bialskich i Złotych w Sudetach. Geologia Sudetica, Vol. VII, 1973.
- [5] Baas Becking G.M., Kaplan I.R., Moore D. - Limits of the natural environment in terms of pH and oxidation - reduction potentials. J. Geol., Vol. 68, 1960.
- [6] Bakun - Czubarow N. - Geochemical characteristic of eclogites from the environs of Nowa Wieś in the region of Śnieżnik Kłodzki. Arch. Miner. T. 28, z. 1, 1968.
- [7] Banaś M. - Przejawy mineralizacji w metamorfiku Śnieżnika Kłodzkiego. Prace Geolog. PAN, Kraków 1965.
- [8] Barabanov A.N., Disler V.N. - [Барабанов А.Н., Дислер В.Н.] - Основные закономерности формирования азотных терм в СССР и других странах. [w]: Генезис минеральных и термальных вод. Наука, Москва 1968.
- [9] Bażyński J., Turek S. - Słownik hydrogeologii i geologii inżynierskiej. Wyd. Geol., Warszawa 1969.
- [10] Berger F. - Die Altersstellung des Basalts vom Grauen Stein bei Landeck. Zentrablatt. f. min. etc., Abt. B, No 11, 1932.

- [11] Birkenmajer K., Jerzmański J., Nairn A.E.M. - - Studia paleomagnetyczne skał polskich. IV: Kenozoiczne bazalty Dolnego Śląska. Rocznik PTG, Vol. XL /1/, 1970.
- [12] Bogomołow G.V., Płotnikowa G.N., Titova E.A. [БОГОМОЛОВ Г.В., ПЛОТНИКОВА Г.Н., ТИТОВА Е.А.] - Кремнезём в термальных и холодных водах. Наука, Москва 1967.
- [13] Borucki J. - Datowanie bezwzględne K - Ar granitoidów dolnośląskich. Arch. Miner., T.XI, z.1, 1966.
- [14] Brzeziński T. - Rys historyczny lecznictwa balneologicznego w Łądku Zdroju. Biul. WAM, T.VII, z.4, 1964.
- [15] Burchart J. - O granitoidach jawornickich Sudetów Wschodnich. Arch. Miner. T.XXII, z.2, 1960.
- [16] Castany G. - Poszukiwanie i eksploatacja wód podziemnych. Wyd. Geol., Warszawa 1972.
- [17] Chrt J., Woller F. - Hydrochemické prospekce - nová metoda vyhledávání fluoritu v Českém Masivu. Geol. Průzkum, XII, č.8, 1970.
- [18] Chudowski R. - Wody podziemne Ziemi Kłodzkiej i możliwości ich wykorzystania. Sesja Naukowa nt: Zasoby wodne Ziemi Kłodzkiej, Wrocław 1976.
- [19] Ciężkowski M. - Sprawozdanie z dokonanych pomiarów temperatury rzeki Biała Łądecka oraz potoków w rejonie uzdrowiska Łądek Zdrój. Arch. UZG Łądek Zdrój, 1969, maszynopis.
- [20] Ciężkowski M. - Bibliografia Łądku Zdroju. Przygotowana do druku.
- [21] Ciężkowski W. - Wyniki badań hydrogeologicznych w otworze L-600 w Łądku Zdroju. Komunikat Inst. Górn. Pol. Wrocław, nr 18/101, 1974.

- [22] Ciężkowski W. - Profil litologiczny i warunki hydrogeologiczne w otworze ujmującym wody termalne w Łądku Zdroju. Komunikat Inst. Geotech. Pol. Wrocław, nr 143, 1976.
- [23] Ciężkowski W. - Hydrochemical types of fissure waters from Łądek Zdrój. Materials of International Symposium: Hydrogeochemistry of mineralized waters. Cieplice 31.V.-3.VI.1978.
- [24] Ciężkowski W., Szarszewska Z. - O zjawisku mieszania się wód leczniczych z wodami ich otoczenia na przykładzie uzdrowisk sudeckich. Probl. Uzdrowiskowe /w druku/.
- [25] Craig H. - Isotopic variations in meteoric waters. Science, 133, 1702 - 1703, 1961.
- [26] Czerwiński J. - Zmienność stosunków izotopowych siarki w siarczanach wapnia w skorupie ziemskiej. Kwart. Geol., t. 20, nr 3, 1976.
- [27] Čadek J., Malkovský M. - Transport of fluorine in natural waters and precipitation of fluorite at low temperatures. Acta Universitatis Carolinae, Geologica, nr 4, 1966.
- [28] Čadek J., Kačura G., Malkovský M. - Genetické vstahy medzi termami a neoidni mineralizáci hornin v oblasti Teplic a Usti nad Labem, Vestník U.U.G., T.38, nr 4, 1963.
- [29] Čermak V. - Temperature depth profiles in Czechoslovakie and some adjacent areas derived from heat flow measurement. Tectonophysics, v. 26, 1975.
- [30] Dobrowolski J. z zespołem - Opracowanie technologii robót strzałkowych dla warunków kamieniołomu bazaltu w Lutyni koło Łądku Zdroju. COBFGO Poltegor, Wrocław 1974, maszynopis.

- [31] Don J. - Góry Złote i Krowiarki jako elementy składowe metamorfiku Śnieżnika. Geol. Sudetica, Vol. I, 1964.
- [32] Don J. - Następstwo gnejsów metamorfiku Śnieżnika na przykładzie analizy struktur liniowych w strefie kontaktowej masywu Radochowa. Przewodnik XLVII Zjazdu PTG, Świdnica 1975.
- [33] Dowgiałło J. - Materiały do dokumentacji hydrogeologicznej Łąka. Warszawa 1956, maszynopis.
- [34] Dowgiałło J., Karski A., Potocki I., - Geologia surowców balneologicznych. W.G., Warszawa 1969.
- [35] Dowgiałło J. - Occurence and utilization of thermal waters in Poland. Geothermics. U.N. Symposium on the development and utilization of geothermal resources, Pisa 1970, Vol. 2, Part. 1.
- [36] Dowgiałło J. - Zastosowanie badań izotopów trwałych w hydrogeologii. Postępy Nauk Geologicznych, Nr 1, 1970.
- [37] Dowgiałło J., Kulikowska J. - Hydrogeologiczne badania ujęć wód leczniczych w uzdrowiskach Polskich. Probl. Uzdrowiskowe, 1/61, 1972.
- [38] Dowgiałło J. - Występowanie i perspektywy dalszego wykorzystania wód termalnych w Polsce. Balneologia Polska, T. XVII, z. 1/2, 1972.
- [39] Dowgiałło J., Sławiński A. - Wstępna opinia w sprawie możliwości zaopatrzenia w wody podziemne projektowanego zespołu ośrodków wypoczynkowo-sportowych powiatu Bystrzyca Kłodzka. Referat na zebraniu Inst. Geol., Warszawa 1972.
- [40] Dowgiałło J. - Wyniki badań składu izotopowego tlenu i wodoru w wodach podziemnych Polski południowej. Biul. Inst. Geol., nr 277: z badań geologicznych w Polsce, T. 3, 1973.

- [41] Dowgiałło J. - Ciepło Ziemi - teraźniejszość i przyszłość. Problemy, nr 2, 1974.
- [42] Dowgiałło J., Florkowski T., Grabczak J. - Tritium and ^{14}C Dating of Sudetic Thermal Waters. Bull. Acad. Pol. Scien., Serie Scian. Terre, Vol. XXII, nr 2, 1974.
- [43] Dowgiałło J., Majorowicz J. - W sprawie warunków występowania i możliwości wykorzystania polskich zasobów geotermicznych. Prz. Geol., nr 7, 1974.
- [44] Dowgiałło J. - The Geothermal Resources of Southwest Poland. Second U.N. Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, 20-29 May, 1975.
- [45] Dowgiałło J. - Geochemistry and origin of thermal waters in Poland. Publ. nr 119 of the International Association of Hydrological Sciences Proceedings of the Grenoble Symposium, August 1975.
- [46] Dowgiałło J. - Wody termalne Sudetów. Acta Geologica Polonica, Vol. 26, nr 4, 1976.
- [47] Dowgiałło J., Leśniak P.M. - Niektóre wyniki hydrogeologicznych obserwacji stacjonarnych ujęć wód termalnych w Cieplicach Śląskich Zdroju. Biuletyn Geologiczny UW, t. 21, 1977.
- [48] Dumicz J. - Próba wyjaśnienia tektogenezy serii zmetamorfizowanych Ziemi Kłodzkiej. Materiały Konferencji Terenowej nt: Problem wieku deformacji serii zmetamorfizowanych Ziemi Kłodzkiej. Międzyzlesie 1976.
- [49] Dyjor S. - Młodorzeciorzędowe ruchy tektoniczne w Sudetach i na bloku przedsudeckim. Materiały I Krajowego Sympozjum nt: Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce. Warszawa 1975.

- [50] Ebert H.: - Bericht über die radioaktiven Messungen in Landeck, 1932, Arch. Inst. Geol. Warszawa, maszynopis.
- [51] Ebert H.: - Bad Landeck. Radioaktive Untersuchungen zur Feststellung der Quellsalten. 1936, Ibidem.
- [52] Finck L., Meister G., Fischer G., Bederke E.: - Geologische Karte des Deutschen Reiches 1 : 25000 /Blatter: Glatz, Königshein, Reichenstein, Landeck/, 1942.
- [53] Fistek J.: - Wody mineralne Łąka Zdroju. Przewodnik XXX Zjazdu PTG, Wrocław 1956.
- [54] Fistek J., Szarszewska Z.: - Nowe ujęcie wody termalnej w Łąku Zdroju. Przewodnik XLVII Zjazdu PTG, Świdnica 1975.
- [55] Fistek J., Iwanowski S., Iciek A., Jagodziński A.: - Badania geologiczne, geofizyczne i hydrogeologiczne jako przykład kompleksowego rozwiązania problemu poszukiwań wód leczniczych w uzdrowiskach sudeckich. Biul. Inf. Geofizyka, nr 1, 1975.
- [56] Fresenius H.: - Chemische Untersuchung der Georgen - Quelle, der Marien - Quelle, der Wiesen - Quelle, der Mariannen - Quelle, und der Fridrichs - Quelle zu Bad Landeck in Schlesien, Wiesbaden 1910.
- [57] Fresenius H.: - Chemische Untersuchung der Mineralquelle zu Bad Landeck. Wiesbaden 1939, maszynopis.
- [58] Gawel A.: - Historia uzdrowiska i źródeł łądeckich do końca XIX w. Rocznik Ziemi Kłodzkiej, T. VII/VIII, 1968.
- [59] Gierwielaniec J.: - Materiały do dokumentacji hydrogeologicznej Łąka. Wrocław 1960, maszynopis.

- [60] Gierwielaniec J. - Objaśnienia tekstowe do Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów, ark. Łądek Zdrój, 1968.
- [61] Gierwielaniec J. - Łądek Zdrój i jego wody mineralne. Kwart. Geol., T. XII, nr 3, 1968.
- [62] Gierwielaniec J. - Łądek Zdrój i jego wody mineralne w świetle dotychczasowych badań. [w] : Z geologii Łądku Zdroju. Prace Naukowe Inst. Geotech. Polit. Wrocław, nr 5, 1970.
- [63] Gierwielaniec J. - Uwagi o tektonice Łądku Zdroju. Ibidem.
- [64] Gierwielaniec J. - Mineral springs of Łądek Zdrój. Ibidem.
- [65] Gierwielaniec J., Ciężkowski W. - Makroskopowy opis rdzenia wiertniczego z otworu L-2 w Łądku Zdroju. Wrocław 1975, maszynopis.
- [66] Gierwielaniec J. - Wody mineralne obszaru sudeckiego. Komunikat Inst. Geotech. Polit. Wrocław, nr 149, 1976.
- [67] Głowacki Z. - Mapa radiohydrogeologiczna Łądku Zdroju wraz z objaśnieniami. 1960, maszynopis.
- [68] Głowiak B., Pałczyński R., Ziółkowski J. - Radioaktywność wód mineralnych i ich eksploatacja w uzdrowiskach. Probl. Uzdrowiskowe, nr 4 /36/, z. 1, 1967.
- [69] Grinenko W. A., Grinenko L. N. [Гриненко В.А., Гриненко Л.Н.] - Геохимия изотопов серы. Наука, Москва 1974.
- [70] Grodecka Z. - Opracowanie fizjograficzne ogólne miasta Łądek Zdrój. Geoprojekt, Wrocław 1964, maszynopis.
- [71] Grodecka Z., Mroczkowska S. - Opracowanie fizjograficzne szczegółowe Łądku Zdroju. Geoprojekt, Wrocław 1970, maszynopis.

- [72] Gunia T. - Nowe wyniki badań stratygraficznych w metamorfiku Gór Bystrzyckich, Orlickich i metamorfiku Śnieżnika. Materiały Konferencji Terenowej nt: Problem wieku deformacji serii zmetamorfizowanych Ziemi Kłodzkiej. Międzylesie 1976.
- [73] Hynie O. - Hydrogeologie ČSSR, 8. II, Minerální vody. Academia, Praha 1963.
- [74] Jagodzińska B., Jodłowski S., Cieśla E. - Dokumentacja badań geofizycznych, temat Łądek Zdrój. PFG, Warszawa 1969, maszynopis.
- [75] Jarocka A. - Wody mineralne Bułgarii i wody Cieplic Zdroju. Materiały Sesji Naukowej nt: Zagadnienie fluoru w balneologii. Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego, 1968.
- [76] Jarocka A. red. - Analizy fizyko-chemiczne wód leczniczych, wód stołowych i borowin wykonane w 1975r. Probl. Uzdrowiskowe, z.9/12 /107/110/, 1976.
- [77] Jetel J. - Ochrana termálních vod z hlediska geotermické bilance. Věstník UUG, roč. XLI, 1966.
- [78] Kasela T., Kazimierczyk M. - Wybrane zagadnienia zdjęcia radiohydrogeologicznego. Materiały I Polsko-Jugosłowiańskiej narady w zakresie geologii i metodyki poszukiwań złóż uranowych. Karpacz 1960.
- [79] Kasela T., Kazimierczyk M. - Metodyka zdjęcia emanacyjnego. Ibidem
- [80] Kasza L. - Budowa geologiczna górnego dorzecza Białej Łądeckiej. Geologia Sudetica, Vol. I, 1964.
- [81] Korotkov A.I., Pavlov A.N. [Коротков А.И., Павлов А.Н.] - Гидрохимический метод в геологии и гидрогеологии. Недра, Ленинград 1972.

- [82] Kozłowska - Koch M. - Petrography of ultramafic nodules in Basaltoids from the environs of Łądek /Sudetes/. Bull. Acad. Pol. Scien, Serie Scien. Terre, Vol. XXIV, Nr 2, 1976.
- [83] Krajnov S.R. [Крайнов С.Р.] - Геохимия редких элементов в подземных водах. Недра, Москва 1973.
- [84] Lisicin A.K. [Лисицин А.К.] - Ураноносность подземных вод. [w]: Радиоактивные элементы в горных породах. Наука, Москва 1975.
- [85] Majorowicz J. - Mapa strumienia cieplnego Polski na tle pola geotermicznego Europy oraz niektóre aspekty interpretacji. Acta Geophysica Polonica, Vol. XXIV, nr 2, 1976.
- [86] Makowski L. - Łądek Zdrój. Rocznik Ziemi Kłodzkiej, T. III, Kłodzko 1959.
- [87] Materiały archiwalne Biura Projektów Budownictwa Przemysłowego we Wrocławiu z lat 1969 - 76.
- [88] Materiały archiwalne PCFiGB "Geoprojekt" we Wrocławiu z lat 1962 - 75.
- [89] Materiały archiwalne Geologiczno - Górniczej Spółdzielni Pracy we Wrocławiu z roku 1972.
- [90] Materiały archiwalne Instytutu Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej z lat 1970 - 71.
- [91] Materiały archiwalne Kombinat Geologicznego "Zachód" we Wrocławiu z lat 1959 - 72.
- [92] Materiały archiwalne Uzdrowskiego Zakładu Górniczego w Łądku Zdroju.
- [93] Meyer L. - Chemische Analyse der Heilquellen zu Bad Landeck. Breslau 1863.

- [94] Mól S. - Zdjęcie hydrogeologiczne środkowego i górnego dorzecza Białej Łądeckiej. Praca magisterska, Uniw. Wrocław., 1973, maszynopis.
- [95] Neméc D. - Geologie mladých žilných hornin v Rychlebských horách a skupině Kral. Sněžniku. Spisy privodoved. fak. M.U. v Brne, nr383, 1957.
- [96] Oberc J. - Podział geologiczny Sudetów. Prace Inst. Geol., T. XXX, cz. II, 1960.
- [97] Oberc J. - Budowa geologiczna Polski, T.4: Tektonika, cz.2 - Sudety i obszary przyległe. Wyd. Geol., Warszawa 1972.
- [98] Ovčinnikov A.M. [Овчинников А.М.] - Минеральные воды. Госгеотехиздат, Москва 1963.
- [99] Pawłowska J. - Wyniki geochemicznych poszukiwań fluorytu w masywie Snieżnika. Archiwum Inst. Geol. w Warszawie, 1969, maszynopis.
- [100] Pazdro Z. - Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa 1977.
- [101] Pendias H., Maciejewski S. - Zbiór analiz chemicznych skał magmowych i metamorficznych Dolnego Śląska. Prace I.G., T. XXIV, 1959.
- [102] Polański A. - Geochemia izotopów. Wyd. Geol., Warszawa 1961.
- [103] Polański J. - Monografia geograficzno - fizyczna dorzecza Białej Łądeckiej. Praca magisterska, Uniw. Wrocław., 1961.
- [104] Posochov E.V. [Посохов Е.В.] - По выводу статьи А.А.Алексеева "Фтор в акратотермах". Геохимия, № 4, 1957.

- [115] Smyslov A.A. [СМЫСЛОВ А.А.] - Уран и торий в минеральном веществе земной коры. [w] : Радиоактивные элементы в горных породах. Наука, Новосибирск 1975.
- [116] Stachowiak J., Płochniewski Z. - Projekt badań dla rozpoznania wód termalnych na obszarze Niżu Polskiego i Sudetów. CUG, IG, Warszawa 1975, maszynopis.
- [117] Szarszewska Z. - Dokumentacja hydrogeologiczna złożeń wód leczniczych Łąka Zdroju. PPOTU, Warszawa 1967, maszynopis.
- [118] Szarszewska Z. - Dokumentacja hydrogeologiczna wód leczniczych z utworów prekambryjnych ujętych odwiertem L-600 w Łąku Zdroju. PPOTU, Warszawa 1971, maszynopis.
- [119] Szarszewska Z., Madej E. - Dokumentacja hydrogeologiczna wód leczniczych z utworów prekambryjnych ujętych odwiertem L-2 /700 m/ w Łąku Zdroju. BP Balneoprojekt, Warszawa 1974, maszynopis.
- [120] Szarszewska Z., Madej E. - Sprawozdanie z badań związanych z poszukiwaniem wód termalnych w Łąku Zdroju. BP Balneoprojekt, Warszawa 1974, maszynopis.
- [121] Szmytówna M. - Czynniki farmakodynamiczne wód leczniczych Łąka Zdroju. Pamiętnik II Ogólnopolskiego Zjazdu Balneologicznego, 1957.
- [122] Szmytówna M. - Radoczynność wód leczniczych w uzdrowiskach Ziemi Kłodzkiej. Pozn.Tow.Nauk., Praca Kom.Farm.,T.I, z.1/11, Poznań 1958.
- [123] Szmytówna M. - Hydrochemiczna i balneologiczna interpretacja fluoru. Materiały Sesji Naukowej nt: Zagadnienie fluoru w balneologii : Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego. Wrocław 1968.

- [124] Szmytówna M., red. - Balneochemia. PZWL, Warszawa 1970.
- [125] Ščerbakov A.V. [Щербakov A.B.] - Геохимия термальных вод. Наука, Москва 1968.
- [126] Teisseyre H. - Rozwój budowy geologicznej w regionie Łądką i Śnieżnika Kłodzkiego. Przewodnik XXX Zjazdu PTG, Wrocław 1957.
- [127] Teisseyre H. - Uwagi o ewolucji strukturalnej Sudetów. Acta Geologica Polonica, V: XIV, nr 4, 1964.
- [128] Teisseyre H. - Międzynarodowa Konferencja na temat korelacji zjawisk geologicznych w prekambrze stref waryscyjskich Europy. Kwartalnik Geol., T.17, nr 4, 1973.
- [129] Teisseyre H., Gierwielanec J. - W sprawie zagrożenia łądeckich źródeł mineralnych przez eksploatację kamieniołomu bazaltu, na NE od źródeł. 1958, maszynopis.
- [130] Teisseyre J. - Geologia sudeckich wód mineralnych. Zjazd NOT, Krynica 1954.
- [131] Teisseyre J. - Źródła mineralne Dolnego Śląska w świetle badań geologicznych /1945-1965/. Z geologii T. em Zachodnich. Wrocław 1966.
- [132] Wagner B. - Historia źródeł mineralnych Łądką Źdroju na Dolnym Śląsku. Szczawno 1954, maszynopis.
- [133] Walczak W. - Czwartorzęd i morfologia Ziemi Kłodzkiej. Przewodnik XXX Zjazdu PTG, Wrocław 1957.
- [134] Walczak W. - Sudety. P.W.N., Warszawa 1968.
- [135] Watycha L. - Stosunki hydrogeologiczne m. Łądką. Warszawa 1948. Arch.Inst.Geol. w Warszawie.
- [136] Wiczysty A. - Hydrogeologia inżynierska. PWN, Warszawa 1970.

- [137] Wierzchołowski B. - Granitoidy Bielic i ich osłona łupkowa. Arch. Miner., T. XXVI, z. 1-2, 1966.
- [138] Zagrodna K. - Terasy Białej Łądeckiej od Łądka Zdroju do Krosnowic. Uniwersytet Wrocławski, praca magisterska, 1970.
- [139] Zieliński R. - Tablice statystyczne. PWN, Warszawa 1972.
- [140] Zýka V. - Příspevek k hydrogeochemii Moravy a Slezka. Prir. Sbór. Ostr. Kraje, R. XVII, Opava 1956.
- [141] Żuk W., Szaran J., Hałas S., Lis J. - Wyniki badań składu izotopowego siarki w źródłach mineralnych na terenie Polski. Prz. Geol., nr 5, 1973.

ODBIORCY :

1. Promotor doc. dr J. Gierwielaniec	1
2. Recenzenci	3
3. Biblioteka Główna i OINT	1
4. Biblioteka Instytutu Geotechniki	1
5. Autor	5
Razem	11

- [105] Prikłński W.A., Łaptiew F.F. - Własności fizyczne i skład chemiczny wód podziemnych. Wyd.Geol., Warszawa 1955.
- [106] Przeniosło S., Sylwestrzak H. - Przejawy mineralizacji na tle struktury metamorfiku Łądk i Śnieżnika. Przegląd Geol., nr 9, 1969.
- [107] Przeniosło S. - Geochemia uranu w aluwialach wschodniej części metamorfiku Łądk i Śnieżnika Kłodzkiego. Biul. Inst.Geol., nr 224: Z badań petrograficzno-mineralogicznych w Polsce, T.4, 1970.
- [108] Przeniosło S., Sylwestrzak H. - Mineralizacja fluorytowa na wschodnich zboczach Śnieżnika Kłodzkiego. Kwart.Geol., T. 15, nr 2, 1971.
- [109] Różycki M. - O wodach szczelinowych w krystaliniku sudeckim. Biul. Geol. U.W., T. 21, 1971.
- [110] Siever R. - Silica solubility, 0-200°C, and the diagenesis of siliceous sediments. J.Geol., T. XX, z.2, 1962.
- [111] Skacel J., Vosyka S. - Přehled geologie Rychlebských Hor. Rychlebské Hory. Publikace SSU v Opavě, sv.30, Ostrava 1959.
- [112] Smulikowski K. - Formacje krystaliczne grupy górskiej Śnieżnika Kłodzkiego. Przewodnik XXX Zjazdu PTG, Wrocław 1957.
- [113] Smulikowski K. - Evolution of the granitogneisses in the Śnieżnik Mountains - East Sudetes. Raport XXI Sess. Norden. 1960. Intern.Geol. Congr. Part. 14, Copenhagen.
- [114] Smulikowski W. - Gnejsy Sowiej Kopy koło Stronia Śląskiego. Arch.Mineral., T.XXII, z.1, 1959.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	* N *	D N P R N N A N								0 8 0 9
	Rozpocz. pr.	Zakończ. pr.	Opubl. pr.		Instytut			Nr tematu.		
	o 1 7 4	7 8			I 1 0			1 3 8 0 2		
Nr zlecenia.		Nr archiwalny								
		I 1 0 / K - 2 8 4 / 7 8 *								
Symbol UKD.		Nauka o wodach podziemnych i źródłach.							78: Inst. Geotech.	
551.49		Hydrogeologia							P, Wr	
551.491		Właściwości fizyczne i chemiczne							MNSzWiT	
									pol	
Opis bibliograficzny.										
Ciężkowski Wojciech Hydrogeologia i hydrochemia wód termalnych Łącka Zdroju. Komunikaty Inst. Geotech. P.Wr., 1978, nr 284 145 s., 42 rys., 27 tab., bibliogr. 141 poz. /maszyn. powiel./ Rozprawa doktorska Politechnika Wrocławska Instytut Geotechniki Wrocław Promotor: doc. dr J. Gierwielaniec										
Charakter pracy: podstawowa					Rozpowszechnienie:					
Materiały odpłatne: A					na prawach rękopisu					

CD.

Wykazano zmienność parametrów źródeł w czasie oraz wpływ na nie czynników zewnętrznych wykorzystując metody statystyki matematycznej. Stwierdzono rozcieńczanie wód termalnych z poszczególnych ujęć wodami zwykłymi oraz wykazano istnienie anomalii hydrochemicznej na obszarze Ładka.

Określono drogi krążenia omawianych wód oraz określono ich zasoby.

Imię i Nazwisko autora analizy

Słowa kluczowe

<S

hydrogeologia, wody termalne, hydrochemia

***0400*00*

(A) _____ * B _____ * C _____ * D _____

* F _ _ _ _ _ * F _ _ _ _ _ * G _ _ _ _ _ * H _ _ _ _ _

Tylko PRL	CINTE	APW	Podpis red.	Podpis asyst. d/s badań	Potwierdzenie przyjęcia poprawki	Potwierdzenie przyjęcia karty w Oddziale Dokumentacji
nie	nie	nie				
Wpisać TAK lub NIE						