

*hydrologia, hydrogeologia, odpływ podziemny rzek  
Równina Wrocławska, Przedgórze Sudetów*

Józef SAWICKI<sup>1</sup>, Katarzyna SIENICKA<sup>1</sup>

## **ODPŁYW PODZIEMNY RZEK Z TERENÓW GLIN LESSOPODOBNYCH RÓWNINY WROCŁAWSKIEJ I PRZEDGÓRZA SUDETÓW W KOŃCOWYM OKRESIE SUSZY ATMOSFERYCZNEJ W GRUDNIU 2011 R.**

W pracy przedstawiono wyniki jednoczesnej serii pomiarów natężenia przepływów w ponad 60 przekrojach rzek w zlewni Oławy, Ślęzy, Czarnej Wody i dolnej Bystrzycy i Strzegomki oraz Średzkiej Wody, Cichej Wody, Niecki i Wierzbiaka. W zlewniach tych na powierzchni występują w przewadze gliny o lessowej genezie, o bardzo słabych warunkach przepływu poziomego wód podziemnych, a równocześnie o wysokich zdolnościach wsiąkania wody i jej kapilarnego podnoszenia. Powoduje to, że odpływ podziemny rzek z tych terenów należy do najniższych w kraju i wynosi średnio 7–9% rocznej sumy opadów (Sawicki J., 1978). Najgłębsze niżówki odpływu podziemnego występują na tych terenach latem, gdy na obniżenie zasobów wód wpływa ich ewapotranspiracja. Susza atmosferyczna i hydrologiczna, wystąpiła późną jesienią i w początkach zimy 2011 r., w okresie gdy ewapotranspiracja została niemal całkowicie wyłączona, a więc zasilanie rzek w tym okresie odbywa się tylko z dopływu wód podziemnych. Poznanie tego dopływu było głównym motywem wykonania prac pomiarowych. Dla każdego przekroju pomiarowego badanych rzek określono powierzchnię zlewni i całkowitą długość czynnej sieci rzek. Zmierzone przepływy przeliczono na 1 km<sup>2</sup> powierzchni zlewni i na 1 km długości koryta rzek. Wyniki pomiarów zostały porównane z wieloletnimi obserwacjami prowadzonymi przez IMGW i PIG w ich stacjach pomiarowych. Porównano je również do wyników zawartych w pracy doktorskiej autora (Sawicki J.;1978), obejmującej terytorialnie również ten obszar.

### WSTĘP

W końcowych dniach listopada 2011 r. w przekazach telewizyjnych z Polski i Niemiec przedstawiane były obrazy odsłoniętych koryt rzek Wisły i Renu wraz z ich ujawnionymi wojennymi pozostałościami. Prasa informowała o wyjątkowo niskich stanach wody. Autor w swoim ponad 50-letnim stażu pracy jako hydrolog i hydrogeolog nie pamięta, by o tej porze roku wystąpił tak długi okres pozbawiony zupełnie

<sup>1</sup> Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Pl. Teatralny, Wrocław

opadów. We Wrocławiu od 27 października do 3 grudnia nie spadła ani jedna kropla deszczu. Jedynie w wyniku dosyć dużych różnic temperatury dnia i nocy obficie na powierzchni terenu pojawiała się rosa lub szron. W końcu listopada podjęto decyzję o wykonaniu jednoczesnej serii pomiarów natężenia przepływów rzek w sytuacji, gdy są one zasilane jedynie wodami podziemnymi. W wyborze terenu kierowano się możliwościami technicznymi wykonania możliwie największej ilości pomiarów w krótkim czasie przewidywanej bezdeszczowej pogody. Ze względów naukowych najciekawszy był teren występowania glin lessopodobnych na terenie Równiny Wrocławskiej i Przedgórze Sudetów. Początkowo pomiary takie zamierzano przeprowadzić jedynie w zlewni Ślęzy i Czarnej Wody, a w miarę przedłużania się okresu bez wyraźnego zasilania opadami, zakres badań byłby powiększany stopniowo o zlewnię Oławy, środkowej i dolnej Strzegomki, Bystrzycy poniżej zbiornika w Mietkowie, Średzką Wodę, Cichą Wodę, Nieckę i Wierzbiak.

Badania rozpoczęto dnia 7.12.2011 r. niestety po 2-dniowym opadzie (suma we Wrocławiu 14 mm), który nie miał istotnego wpływu na odpyływ wód podziemnych i zwilżył tylko strefę aeracji. Zmieniło to jednak początkowe zamiary i pierwsze pomiary objęły zlewnię dolnej Bystrzycy i Strzegomki, a w następnych dniach zlewnię Ślęzy i Czarnej Wody. W okresie krótkiego grudniowego dnia wykonywano pomiary natężenia przepływu w 9 do 11 przekrojach pomiarowych. Natychmiastowe obliczenia pozwoliły na wykrycie niezgodności w bilansie dopływów i odpływu, a w kolejnym dniu wątpliwe wyniki pomiarów powtarzano. Do 22.12.2011 r. wykonano pomiary w niemal całym zakresie terytorialnym, bez dolnej Cichej Wody i Wierzbiaka. W okresie Świąt obliczono wyniki pomiarów, a w dniu 29 grudnia w ciągle bezdeszczowej pogodzie dokonano ponownych pomiarów w przekrojach, gdzie bilans dopływów i odpływu nie zamykał się lub pomiary były wątpliwe co do ich wiarygodności. Uzupełniające pomiary w zlewni Cichej Wody, Niecki i Wierzbiaka wykonano 30 grudnia i zakończono cały terytorialny zakres badań na terenie glin lessowych Równiny Wrocławskiej i Przedgórze Sudetów. W tym dniu zakończył się okres bezdeszczowej pogody.

Pomiary prowadził Józef Sawicki i pomagali mu Katarzyna Sienicka, Teodor Szurek oraz żona Barbara Schmuck-Sawicka, za co składam Im bardzo serdeczne podziękowania.

## METODA POMIARÓW I OBLICZEŃ

Pomiary natężenia przepływów różniły się jedynie sposobem pomiaru prędkości w pionach hydrometrycznych. Początkowo, ze względu na konieczność wykonania jak największej ilości pomiarów możliwie w najkrótszym czasie, pomiary prędkości w pionach hydrometrycznych wykonywano na odcinkach 2 do 5 m, przy użyciu obciążonych pływaków w postaci butelek plastikowych wypełnionych w około 80%

wodą. W zależności od głębokości cieku stosowano butelki 1,5 l dla głębokości ponad 0,3 m, a dla mniejszych głębokości odpowiednio butelki 1,0 l i 0,5 l. Wyznaczone były dwa przekroje poprzeczne rzeki – dolny przekrój, gdzie rozpięta była taśma miernicza i w którym sondowano dno rzeki w celu określenia powierzchni przekroju poprzecznego oraz górny przekrój z rozpiętym między brzegami sznurkiem, od którego mierzono czas przepływu pływaka. Odległość  $L$  pomiędzy oboma przekrojami była odczytywana na brzegu lewym i prawym. Zwracano szczególną uwagę, aby odcinek pomiaru prędkości miał podobną szerokość koryta, podobną głębokość i aby strugi płynącej wody układały się równolegle i bez zawirowań. Butelka-pływak rzucała była przez wykonującego pomiar na odległość 2–4 m przed rozpiętym sznurkiem w górnym przekroju. W momencie gdy butelka znajdowała się pod sznurkiem włączany był stoper przez osobę przebywającą na brzegu, a osoba ta szybko przechodziła na dolne stanowisko i wyłączała stoper z chwilą gdy butelka przepływała pod rozpiętą taśmą pomiarową. Wykonujący pomiar odczytywał i dyktował odległość od lewego brzegu pod którą przepływał pływak, po czym pływak był wylawiany z wody i używany po raz kolejny. W każdym pionie wykonywano po dwa pomiary, jeśli wyniki były bardzo podobne, lub więcej pomiarów, gdy czasy przepływu różniły się. Wyniki pomiarów zapisywano w notesie, a następnie przepisano do raptularzy i obliczano.

Pomiary prędkości przepływu w większych rzekach i w ważniejszych przekrojach pomiarowych oraz powtórzenia pomiarów wykonywane były przy użyciu młynka hydrometrycznego Hega 2 z zapisem czasu 50 obrotów śmigielka. Zachowana była zasada by pomiar obejmował albo 100 obrotów młynka, albo czas pomiaru był większy niż 1 min. Pomiary prędkości w pionach gdzie głębokość nie przekraczała 0,3 m mierzone były na głębokości  $0,4t$ , licząc od dna, a gdy głębokość  $t > 0,3$  m pomiar wykonywano na głębokościach 0,2; 0,4 i 0,8 $t$ . Przy obliczeniach średniej prędkości w pionie prędkość na głębokości  $0,4t$  miała wagę 2.

Szczegółowe wyniki obliczeń pomiarów zapisanych w raptularzach znajdują się w posiadaniu autora. Ich zestawienie obrazuje tabela 5. W tabeli tej umieszczono obliczone powierzchnie zlewni rzek w badanych przekrojach w oparciu o materiały zawarte w „Atlasie podziału hydrograficznego Polski” [1], jak również obliczone długości czynnej sieci rzecznej. Długość czynnej sieci rzecznej obliczono według następujących założeń. Z map zamieszczonych w „Atlasie podziału...” obliczono sumę długości rzek do każdego badanego przekroju. Jako koryta prowadzące wodę przyjęto:

- 100% długości rzeki na odcinkach między przekrojami pomiarowymi
- 90% długości koryta głównego w jego początkowej (źródłowej) części powyżej badanego przekroju pomiarowego
- 70% długości dla koryt dopływów rzeki głównej na Przedgórzu Sudetów
- 60% długości dla koryt dopływów rzeki głównej na terenie Równiny Wrocławskiej.

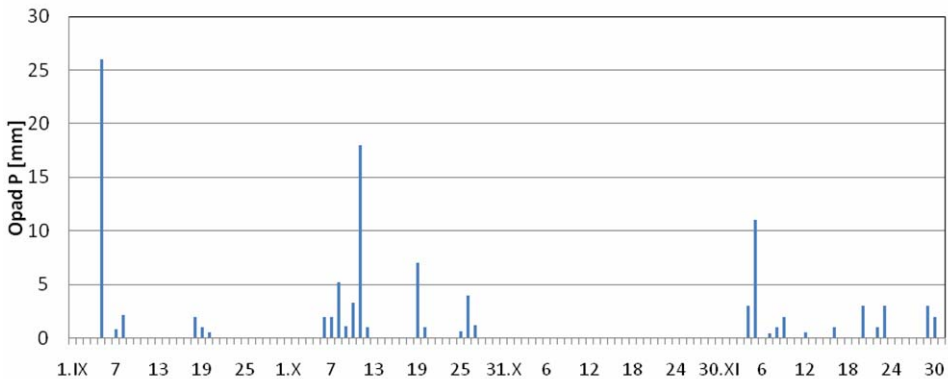
Zmierzone wartości przepływów rzek lub różnice przepływów, wyrażone w  $\text{dm}^3/\text{s}$  przeliczono na  $1 \text{ km}^2$  powierzchni zlewni i na  $1 \text{ km}$  czynnej długości sieci rzecznej. Wyniki obrazuje tabela nr 5 i rysunek 1.

## CHARAKTERYSTYKA HYDROLOGICZNA OKRESU BADAŃ

Termin rozpoczęcia badań wynikał z niezwyklej o tej porze roku sytuacji atmosferycznej i pogodowej. Pomiaru natężenia przepływów rzek należało wykonać w okresie gdy wody podziemne nie będą jeszcze w istotny sposób zasilane opadami, w możliwie największej liczbie przekrojów pomiarowych, zwłaszcza dopływów rzek głównych. Analiza warunków pogodowych dotyczy w pierwszej kolejności okresu przed rozpoczęciem badań. Objęto nią trzy miesiące poprzedzające rozpoczęcie badań i również miesiąc grudzień, w którym pomiary były wykonywane.

Opady atmosferyczne we Wrocławiu i okolicach szczegółowo obrazują wykresy 1 i 2. Miesięczne sumy opadów dla kilku wybranych posterunków IMGW usytuowanych na badanym obszarze przedstawia tabela 1.

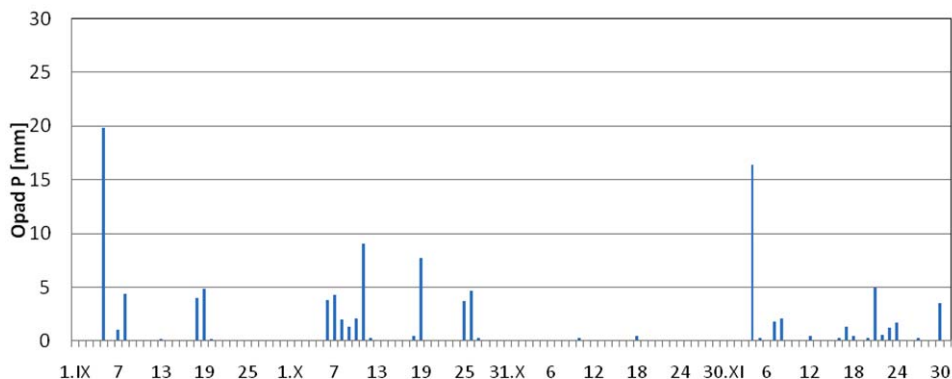
**Wykres dobowych sum opadu we Wrocławiu  
w okresie 1.IX - 31.XII.2011**



Wykres 1. Wykres dobowych sum opadu we Wrocławiu w okresie 1 IX–31 XII 2011

Graph 1. The graph of daily rainfall totals in Wrocław in the period 1 IX–31 XII 2011

Dla Wrocławia deficyt opadów w okresie IX–XI wynosił ponad  $70 \text{ mm}$ , a w grudniu  $3,4 \text{ mm}$  co stanowiło odpowiednio  $43\%$  okresowej, wieloletniej sumy opadu, a w grudniu  $96\%$ . Temperatury powietrza w całym okresie były wyższe niż przeciętne w wieloleciu. Zwłaszcza listopad i grudzień zaznaczył się ekstremalnie wysokimi wartościami temperatury. Opad i temperatura powietrza są głównymi wskaźnikami suszy atmosferycznej panującej w tym czasie.



Wykres 2. Wykres dobowych sum opadu w Sobótce w okresie 1.IX–31.XII.2011  
 Graph 2. The graph of daily rainfall totals in Sobótka in the period 1.IX–31.XII.2011

Tab.1. Wyniki pomiarów opadów w stacjach IMGW w mm w okresie trwania suszy atmosferycznej 2011 r w porównaniu do okresu wieloletniego (według Rocznika statystycznego województwa dolnośląskiego 2010)

Table 1. The results of measurements of rainfall in mm from IMGW stations during the period of drought in 2011 compared to the period in many years (according to the Statistical Yearbook of Lower Silesia 2010)

Posterunek	Okres badań	Wrzesień	Październik	Listopad	Grudzień
Wrocław	Rok 2011	31,4	24,0	0,0	31,6
	1971–2000*1	51	38	37	34
Borów	Rok 2011	30,8	44,5	0,3	37,2
	1971–2000	52	36	35	30
Ziębice	Rok 2011	38,7	46,0	0,4	34,4
	1971–2000	57	38	38	34
Sobótka	Rok 2011	34,5	39,8	0,8	35,9
	1971–2000	51	40	35	31
Legnica	Rok 2011	26,1	55,2	0,5	30,5
	1971–2000	43	35	31	29

Susza atmosferyczna nie spowodowała jednak bardzo wyraźnego obniżenia poziomu wód podziemnych. Zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych w posterunkach obserwacyjnych PIG usytuowanych na badanym obszarze, reprezentujących najpłytsze horyzonty wodonośne, które mogły mieć wpływ na zasilanie rzek wodami podziemnymi, w okresie od 1 sierpnia do końca listopada 2011 r. przedstawiono na wykresach 3 i 4.

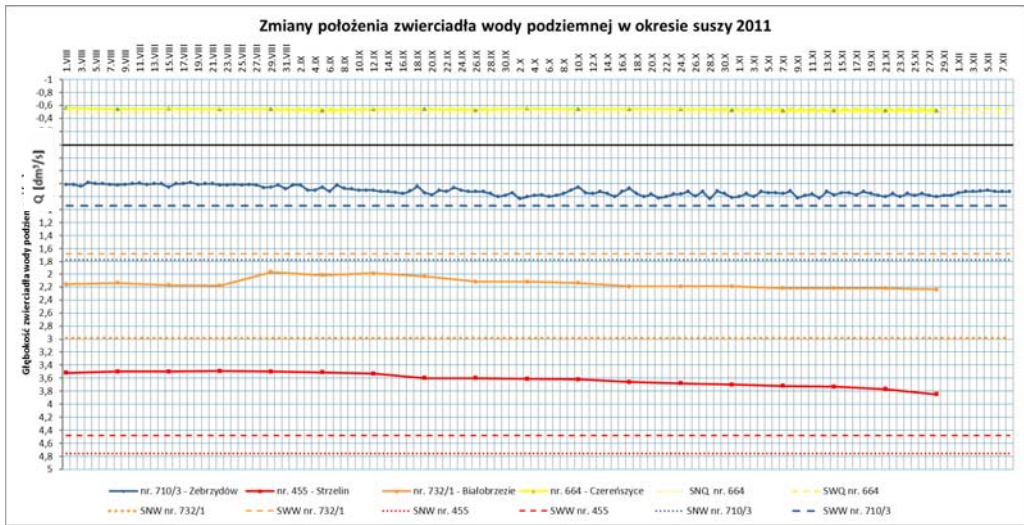
W większości posterunków ujmujących czwartorzędowy poziom wodonośny w posterunkach w Białobrzeziu, w Bogdaszowicach, w Zebrzydowie i w Strzelinie obniżenia poziomu wód podziemnych od połowy września do końca listopada w żadnym z tych posterunków nie przekraczały 0,5 m. Również wydajność źródła rzeczki Czernej (dopływu Oławy) w Czereńczycach przez cały okres suszy atmosferycznej właściwie niemal nie uległa zmianie. Wyraźne obniżenie lustra wody podziemnej zarejestrowano jedynie w otworze nr 454 w Żórawinie, ujmującej wody z głębokości 57–77 m, z piasków miocenu oraz w otworze nr 601 w Piławie Górnej, zafiltrowanym w gnejsach na głębokości 11–45 m. W obu tych otworach lustro wody stopniowo obniżało się i w końcu listopada było na poziomie około 1 m niżej niż w sierpniu. Jednak mimo tego obniżenia w ostatnich miesiącach zwierciadło wody podziemnej w niemal wszystkich badanych otworach znajdowało się w wysokiej strefie stanów wody. Miały na to wpływ bardzo wysokie sumy opadów w roku 2009 i 2010 – wynosiły one we Wrocławiu odpowiednio 724 mm i 693 mm, co stanowiło 127 i 123% średniej sumy opadów okresu 1971–2000 r. Pod koniec listopada 2011 r. stany wody podziemnej w poszczególnych otworach obserwacyjnych w stosunku do średnich z minimalnych i maksymalnych oraz ekstremalnych min i max przedstawia tabela 2.

Tab. 2. Poziom zwierciadła wody w otworach obserwacyjnych PIG przed rozpoczęciem badań w porównaniu do stanów charakterystycznych i ekstremalnych w okresie wieloletnim

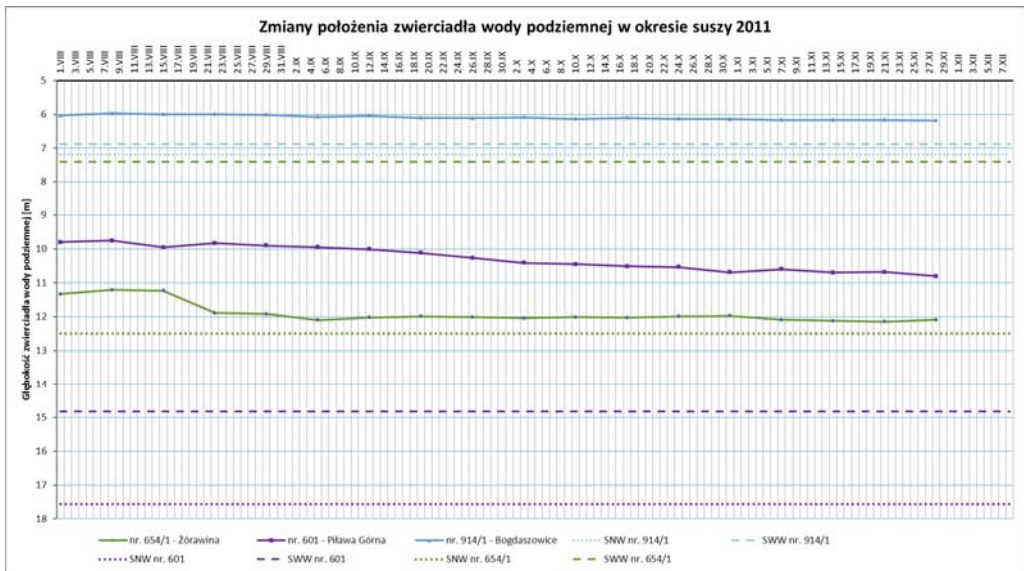
Tab. 2. The level of water table in observation wells for PIG before treatment compared to the typical and extreme conditions during the years

	664 Źródło Czereńczyce Q+Tr l/s	Otw. 914 Q Bogdaszowice	Otw. 455Q+Tr Strzelin	Otw. 654 Tr Żórawina	Otw. 732 Q Białobrzezie	Otw. 601 P Piława Grn
28 listopada 2011	0,52	6,18	3,85	12,09	2,24	10,81
Okres pomiarów	1989–2011	1989–2011	2000–11	2001–2011	1989–2011	1988–2011
Absolutne max	0,91	5,91	3,50	3,92	0,23	9,02
Średnie max	0,55	6,88	4,48	7,40	1,68	14,82
Średnie wieloletnie	0,49	6,75	4,42	8,61	2,44	16,19
Średnie min	0,49	7,18	4,76	12,49	2,98	17,56
Absolutne min.	0,41	7,90	4,80	13,63	5,62	24,68

W końcu listopada 2011 r., a więc w dniu atmosferycznej niżówki, stany wody jedynie w otworach w Żórawinie i w Białobrzeziu oraz wydajność źródła w Czereńczycach znajdowały się w strefie stanów średnich, we wszystkich pozostałych posterunkach powyżej średniego maksimum z wielolecia i blisko absolutnego maksimum. Wpływ na taką sytuację miała w tym terenie obfita retencja wody w mokrych latach 2009 i 2010 oraz w pierwszej połowie roku 2011. Susza atmosferyczna drugiej połowy 2011 r. nie zdołała w istotny sposób obniżyć zwierciadła wody podziemnej i znacząco wpłynąć na zasilanie rzek wodami podziemnymi.



Wykres 3. Zmiany położenia zwierciadła wody podziemnej w okresie suszy 2011  
Graph 3. Changes in the position of the underground water table in times of drought in 2011



Wykres 4. Zmiany położenia zwierciadła wody podziemnej w okresie suszy 2011  
Graph 4. Changes in the position of the underground water table in times of drought in 2011

W stosunku do wyników obliczeń przepływu podziemnego i średnich przepływów rzek obliczonych w dawnych latach przez J. Sawickiego (1978)<sup>2</sup> obecnie wykonane pomiary natężenia przepływu w przekrojach wodowskazowych przedstawia tabela 3.

Tab. 3. Porównanie zmierzonych przepływów podziemnych rzek w grudniu 2011 r. w przekrojach wodowskazowych z obliczonymi przepływami podziemnymi i średnimi według J. Sawickiego (1978)

Tab. 3. Comparison of the measured flows underground rivers in December 2011 in the sections of gauges with the calculated average of underground flows by J. Sawicki (1978)

Lp	Rzeka, wodowskaz	Przepływ podziemny XII.2011	Okres pomiarów	Przepływ podziemny m <sup>3</sup> /s			Przepływ średni całkowity m <sup>3</sup> /s		
				zima	lato	rok	zima	lato	rok
1	Śleza – Białobrzecze	0,361	1956–1970	0,38	0,35	0,36	0,69	0,70	0,70
2	Śleza – Borów	1,097	1956–1970	1,10	0,76	0,93	2,18	1,70	1,94
3	Bystrzyca – Jarnołów	3,91	1956–1970	5,49	4,24	4,86	9,91	8,52	9,21
4	Czarna Woda – Gniechowice	0,582	1956–1965	0,42	0,30	0,36	0,89	0,77	0,83
5	Strzegomka – Łażany	1,177	1951–1970	1,30	0,98	1,14	2,52	2,12	2,33
6	Cicha Woda – Chełm	0,281	1959–1970	0,27	0,17	0,22	0,61	0,39	0,50
7	Wierzbiak – Kunice	0,520	1960–1970	0,77	0,42	0,59	1,16	0,71	0,94

Wszystkie zmierzone przepływy rzek w przekrojach wodowskazowych w grudniu 2011 r. są zbliżone do średnich z wielolecia przepływów podziemnych. W Czarnej Wodzie w Gniechowicach okazał się on znacząco wyższy niż średni podziemny. Jedynie w rzece Bystrzycy w Jarnołowie obecny zmierzony przepływ jest znacznie

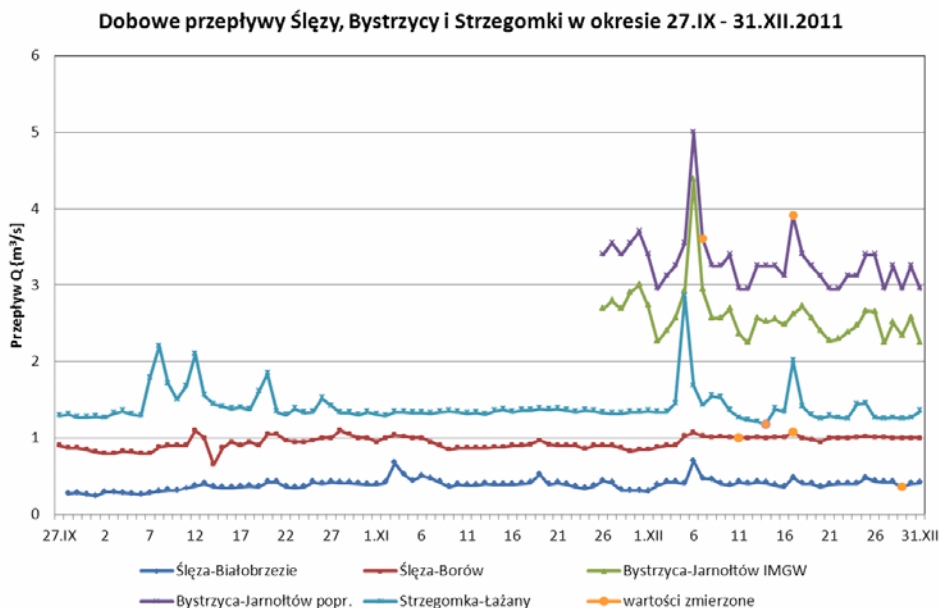
<sup>2</sup> Józef Sawicki, *Ważniejsze typy bilansu wód podziemnych południowo zachodniej Polski*, praca doktorska. W pracy tej obliczono bilans wód podziemnych dla 113 małych i średnich zlewni rzek z dorzecza Odry po Słubice, dorzecza Warty po Poznań i Obry po Bledzew, z wyłączeniem obszarów górskich Sudetów oraz terenu Górnego Śląska, gdzie naturalne warunki odpływu były zmienione w wyniku działalności przemysłu. Odpływ podziemny obliczono jako średni z najniższych naturalnych przepływów całkowitych w półroczu zimowym, letnim i roku. Dla każdej zlewni w okresie lat 1951–1970, lecz nie krótszym niż 5 lat hydrologicznych obliczono odpływ podziemny, półroczne zmiany retencji, infiltracje opadów i letnią i roczną ewapotranspirację wód podziemnych. W pracy przeprowadzono szczegółową analizę wahań zwierciadła wód podziemnych w około 200 posterunkach obserwacyjnych IMGW. Umożliwiła ona określenie wielkości infiltracji opadów i letnich i zimowych zmian retencji wód podziemnych oraz letniej ewapotranspiracji tych wód. Starano się określić zależności jakie występują pomiędzy składnikami bilansu wód podziemnych a wysokością zlewni, wysokością opadów, przepuszczalnością utworów powierzchniowych, średnią głębokością występowania wody podziemnej oraz miąższością warstw wodonośnych.

Obrona pracy odbyła się w 1981 r. Potem ogłoszony był stan wojenny i nie było możliwości publikacji pracy. Jej wybrane fragmenty autor opublikował w „Czasopiśmie Geograficznym” w 1986 i 1987 r. Całość pracy znajduje się w posiadaniu autora i w archiwum Wydż. Geologii Uniwersytetu Warszawskiego.



niższy niż średni z lat 1956–1970. Jednak po 1970 r. wybudowano zbiornik retencyjny w Mietkowie, który zasadniczo zmienił naturalny charakter przepływu tej rzeki poniżej zbiornika.

Na wykresie 5 przedstawiono przebieg dobowych zmian przepływów rzeki Bystrzycy w Jarnołtowiu, Strzegomki w Łażanach i Ślęzy przy wodowskazach w Borowie i Białobrzeziu w okresie od początku września do końca grudnia 2011 r. według materiałów IMGW. Na wykresach zaznaczono pogrubioną sygnaturą wykonane przy tych wodowskazach własne wyniki pomiarów natężenia przepływów w grudniu 2011 r. Poza Bystrzycą w Jarnołtowiu wszystkie wyniki leżą dokładnie w linii wykresu wg danych IMGW. W Jarnołtowiu wykonano dwa pomiary, które wykazały znaczną różnicę między odczytami z krzywej przepływu (wg IMGW) a naszymi pomiarami, które wykazały wyższe przepływy. W zakresie stanów wody i przepływów jakie wystąpiły w grudniu, dokonano korekty krzywej natężenia przepływu i sporządzono równoległy wykres wg zaktualizowanej krzywej przepływu.



Wykres 5. Dobowe przepływy Ślęzy, Bystrzycy i Strzegomki w okresie 27 IX–31 XII 2011  
Graph 5. The daily flows of Bystrzyca and Strzegomka during 27 IX–31 XII 2011

Przez cały okres suszy atmosferycznej z listopada 2011 r. przepływy rzek praktycznie nie zmieniały się, a w przypadku rzeki Ślęzy nawet nieco wzrastały. Na tym samym poziomie utrzymywały się w grudniu 2011 r. Świadczy to o stałym podziemnym zasilaniu tych rzek.

W odniesieniu do materiałów uzyskanych w IMGW z ostatniego okresu badań i dotyczących przepływów najniższych, (NNQ), średnich niskich (SNQ) i średnich wieloletnich (SSQ) w m<sup>3</sup>/s wykonane pomiary przedstawia tabela 4.

Tab. 4. Porównanie zmierzonych przepływów podziemnych rzek w grudniu 2011 r. w przekrojach wodowskazowych z przepływami charakterystycznymi i ekstremalnymi określonymi przez IMGW

Tab. 4. Comparison of the measured flows underground rivers in December 2011 in the sections of gauges with typical and extreme flows defined by IMGW

Lp.	Rzeka , wodowskaz	Pomiar w grudniu 2011	Okres badań	Przepływ NNQ	Przepływ SNQ	Przepływ SSQ	Przepływ 0,5(SNQ+SSQ)
1	Ślęza – Białobrzezie	0,361	1961–2010	0,004(?)	0,12	0,54	0,33
2	Ślęza – Borów	1,097	1975–2010	0,040	0,28	1,44	0,86
3	Bystrzyca – Jarnołów	3,91	1961–2010	0,76	1,90	9,32	5,61
4	Czarna Woda – Gniechowice	0,582	1952–1991	0,016	0,13	0,86	0,49
5	Strzegomka – Łażany	1,177	1961–2010	0,20	0,82	2,35	1,58

Jako przepływ z podziemnego zasilania przyjmuje się niekiedy przepływ środkowy pomiędzy SNQ i SSQ. Z tej przyczyny dla porównań obliczono ten przepływ. Porównując natężenia przepływów badanych rzek w grudniu 2011, należy stwierdzić że w zlewni Ślęzy i Czarnej Wody przepływy te były nieco wyższe niż przeciętne z podziemnego zasilania, a w zlewni Bystrzycy i Strzegomki wyraźnie niższe od przeciętnego podziemnego przepływu tych rzek.

## WYNIKI POMIARÓW I OBLICZEŃ

Wyniki pomiarów wpisane zostały do specjalnie przygotowanych raptularzy, na których obliczono pole przekroju poprzecznego i prędkości przepływu w pionach hydrometrycznych i w całym przekroju. Po obliczeniu wyniki pomiarów weryfikowane były przez sporządzenie bilansu sumy dopływów i odpływu wody na każdym badanym odcinku rzeki głównej. W wyniku takiego badania możliwe było stwierdzenie ewentualnych błędów niektórych pomiarów. Pomiary obarczone błędem powtarzano, z pomiarem prędkości najczęściej przy pomocy młynka hydrometrycznego. Po ponownej weryfikacji wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 5. W tabeli tej zestawiono powierzchnie zlewni i ich czynne długości obliczone na podstawie „Atlasu podziału hydrograficznego Polski”. Dla każdej zlewni obliczono moduł odpływu podziemnego w dm<sup>3</sup>/s km<sup>2</sup> oraz dm<sup>3</sup>/s 1 km długości czynnej sieci rzecznej. Wszystkie pomiary natężenia przepływów, mimo że wykonane były w kilkunastu dniach pomiędzy 7 a 22 grudnia i jeszcze w dniu 29 i 30 grudnia potraktowano jako jednoczesne. Upo-

ważniały do tego bardzo małe zmiany natężenia przepływów rzek Ślęzy i Bystrzycy o czym świadczy wykres 5.

W przypadku oceny modułów odpływu podziemnego dla tak zwanych zlewni różnicowych, pomiędzy kilkoma przekrojami pomiarowymi, występują niekiedy wyraźne zawyżenia lub zaniżenia wartości modułów w porównaniu do przekrojów zamykających zlewnię. Sytuacja taka wystąpiła w środkowym i dolnym biegu Małej Ślęzy – odpowiednio zawyżenie i zaniżenie modułu odpływu podziemnego oraz w zlewni Czarnej Wody pomiędzy Rogowem i Starym Zamkiem – zawyżenie wartości modułów.

Na nieprawdopodobnie wysokie moduły odpływu podziemnego rzeczki Sławki w dolnym biegu oraz rzeki Pluskawy wpływ mają zrzuty ścieków. Do Sławki zrzucane są nie oczyszczone ścieki z fermy hodowlanej, a do Pluskawy z oczyszczalni ścieków miasta Strzelina. Wyniki odpływu z tych zlewni nie mogą być traktowane jako odpływ podziemny.

Najwyższe wartości modułu odpływu podziemnego wyrażonego w  $\text{dm}^3/\text{s km}^2$  stwierdzono w górnym biegu Oławy i Krynki oraz w otoczeniu masywu Ślęzy i Raduni, w zlewni górnej Czarnej Wody, Sulistrowickiego Potoku i Olesznej. Wszędzie tam wyniki przekraczają  $3 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$ . Wysokie wartości tego modułu występują w bardzo dobrze drenowanej zlewni Strzegomki pomiędzy Łażanami, a Bogdaszowicami –  $3,88 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$  oraz w zlewni Ślęzy między Borowem a Rzeplinem –  $3,33 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$ . Te wyniki nie są jednak pewne, ze względu na możliwość wystąpienia błędu pomiarowego różnicy przepływów.

Najniższe wartości modułu odpływu podziemnego stwierdzono w nizinnych zlewniach Małej Ślęzy, w dolnym biegu Czarnej Wody, w zlewni Cichej Wody, Średzkiej Wody, Niecki i Wierzbiaka. Moduł odpływu zawierał się w przedziale wartości od 1,0 do  $2,0 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$ . W zlewni górnej Ślęzy, Żurawki, Sławki, Gniłej i dolnej Oławy oscylował pomiędzy 2 i  $3 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$ .

Moduł dopływu podziemnego do 1 km biegu rzek zmieniał się od 2 do  $7 \text{ dm}^3/\text{s}$  i był na ogół podobnie rozłożony terytorialnie jak moduł odpływu wyrażony w  $\text{dm}^3/\text{s km}^2$ .

Wyniki pomiarów i obliczeń modułów w każdej badanej zlewni obrazuje tabela 5.

Dopływ wody do rzek pochodził w okresie wykonania pomiarów tylko z podziemnego zasilania. Powierzchnia terenu była wilgotna w wyniku występowania rosy i szronu lecz nigdzie nie obserwowano spływów powierzchniowych. Deszcze, które wystąpiły 5 i 6 grudnia były rozłożone na kilka faz opadów i spowodowały powstanie jedynie kałuż i zwilżenie powierzchni gruntów. Wykonane pomiary wykazują ustabilizowany dopływ podziemny i można stwierdzić, że przypadały one na dno niżówki atmosferycznej. Analizując jednak wykres przepływów rzek w profilach czynnych wodowskazów w ostatnich 4 miesiącach widoczny jest bardzo powolny, nieznaczny wzrost przepływu rzek. Jest to związane z zanikiem ewapotranspiracji jako ważnego w tym terenie czynnika rozchodu wody podziemnej. Innym wytłumaczeniem tego

zjawiska jest jednostajne zasilanie wód podziemnych z kondensacji pary wodnej w przypowierzchniowych warstwach gruntu w wyniku znacznych różnic temperatury dnia i nocy, zwłaszcza przy nocnych temperaturach oscylujących w okolicy 0 °C.

Tab. 5. Wyniki pomiarów hydrometrycznych na obszarze występowania glin lessopodobnych na terenie Równiny Wrocławskiej i na Przedgórzu Sudetów bezpośrednio po okresie suszy atmosferycznej w grudniu 2011 r.

Tab. 5. The results of hydrometric measurements in the presence of clay loes like in Wrocław Plain and Foreland the Sudeten immediately after the drought period in December 2011

Lp.	Rzeka, przekrój pomiarowy, zlewnia	Pow. zlewni $A$ [km <sup>2</sup> ]	Dł. sieci rzecznej $L$ [km]	Natęż. przepł. $Q$ [m <sup>3</sup> /s]	Moduł odpływu $q$ [l/s km <sup>2</sup> ]	Moduł odpływu $q_L$ [l/s/km]	Doba XII.2011 Sposób pomiaru
<b>ZLEWNIA RZEKI OŁAWY</b>							
1	Gniła – 100m przed ujściem do Oławy	113	45,9	0,284	2,50	6,18	11. p
2	Oława – Drzemlikowice, km 41,7	616	300.	1,91	3,09	6,37	29. m
3	Oława – Krzepice, km 57,2	549	267.	1,711	3,11	6,40	12. p
4	Zlewnia Oławy między Drzemlikowicami i Krzepicami	67,8	32,7	0,199	2,93	6,08	
3	Oława – Krzepice, km 57,2	549	267.	1,711	3,11	6,40	12. p
5	Oława – Wadochowice, km 77,2	188	102	0,716	3,80	7,04	12. p
6	Krynka – Głęboka, km 2,1	263	113,6	0,756	2,87	6,65	12. p
7	Zlewnia Oławy między Krzepicami i Wadochowicami bez Krynki	97,6	52,1	0,239	2,45	4,58	
6	Krynka – Głęboka, km 2,1	263	113,6	0,756	2,87	6,65	12. p
8	Krynka – Przeworno, km 14,2	127	71,8	0,483	3,80	6,72	12. p
9	Zlewnia Krynki między Przewornem a Głęboką	136	41,8	0,273	2,00	6,53	
5	Oława – Wadochowice, km 77,2	188	102	0,716	3,80	7,04	12. p
10	Oława – Osina Mała, km 91,5	28,5	14,6	0,102	3,58	6,99	29. m
11	Cienkówka – Henryków, km 1,7	27,6	20,6	0,083	3,00	4,03	13. p
12	Zameczny Potok – Henryków, km 0,1	21,7	5,4	0,069	3,18	12,8	13. p
13	Wierzbica – Służejów, km 1,9	9,7	9,2	0,035	3,62	3,80	13. p
14	Biernacicki Rów – ujście, km 0,0	6,97	5,4	0,017	2,44	3,14	13. p
15	Zlewnia Oławy między Osiną Małą a Wadochowicami bez dopływów l.p.12,13, 14	93,3	46,5	0,299	3,20	6,43	
<b>ZLEWNIA RZEKI ŚLĘŻY</b>							
1	Ślęza – Ślęza wodowskaz, km 17,4						
2	Ślęza – Rzeplin, km 22,0	828	429	1,69	2,04	3,94	29. m

3	Śleza – Borów, wodowskaz, km 37,4	560	298	1,097 1,018 1,174	1,96	3,68	17. m 17. p 9. p
4	Żalina – Wojkowice, km 3,1	17,0	7,2	0,025	1,47	3,47	17. p
5	Żurawka – Żurawina, km 3,0	131.	58,2	0,267	2,04	4,59	17. m
6	Czarna Sławka – Wilczków, km 0,6	19,0	9,8	0,045	2,37	4,59	17. m
7	Sławka–droga Wilczków–Pasterz, km 1,0	30,0	17,5	0,055	1,83	3,14	17. p
8	Ciek z Budziszowa – Przeclawice, km 2,0	7,2	5,5	0,015	2,08	2,72	9. p
9	Jarka – Brzoza, km 1,5	12,5	7,0	0,015	1,2	2,14	17. m
10	Zlewnia Ślezy między Borowem a Rzeplinem bez dopływów l.p. 4, 5, 6, 7, 8 i 9	51,3	38,1	0,171	3,33	4,48	
5	Żurawka – Żurawina, km 3,0	131.	58,2	0,267	2,04	4,59	17. m
11	Żurawka – droga Nawojowice – Goskowiec, km 15,7	54,0	27,5	0,109	2,02	3,96	12. p
12	Zlewnia Żurawki między Żurawiną a Nawojowicami	77,0	30,7	0,158	2,05	5,14	
7	Sławka–droga Wilczków–Pasterz. km 1,0	30,0	17,5	0,055	1,83	3,14	17. p*1
13	Sławka – droga Domaniowice Pełczyce, km 5,5	24,5	13,0	0,038	1,55	2,92	9. p
14	Zlewnia Sławki pomiędzy l.p. 7 a 13	5,5	4,5	0,017	3,09	3,78	17. p*1
3	Śleza – Borów, wodowskaz, km 37,4	560	298	1,097	1,96	3,68	17. m
15	Śleza – Białobrzezie, wodowskaz, km 55,0	165	119,3	0,361	2,18	3,02	29. m
16	Mała Śleza – Borów, km 0,8	201	95,8	0,400 0,438 0,476	1,99	4,17	17. p 17. m 9. p
17	Oleszna – Jordanów – ujście, km 0,03	71,7	41,9	0,218	2,90	5,20	9. p
18	Zlewnia Ślezy między Borowem i Białobrzeziem bez dopływów lp. 16 i 17	122,3	41,2	0,118	0,96	2,86	
16	Mała Śleza – Borów, km 0,8	201	95,8	0,400	1,99	4,17	17. m
19	Mała Śleza – Szczawin, km 15,7	106,2	55,5	0,250	2,35	4,50	12. p
20	Pluskawa – Szczawin – ujście km 0,02	16,3	9,4	0,074	4,54	7,87	12. p*1
21	Zlewnia Małej Ślezy między Borowem a Szczawinem, bez Pluskawy	78,5	30,9	0,076	0,97	2,46	

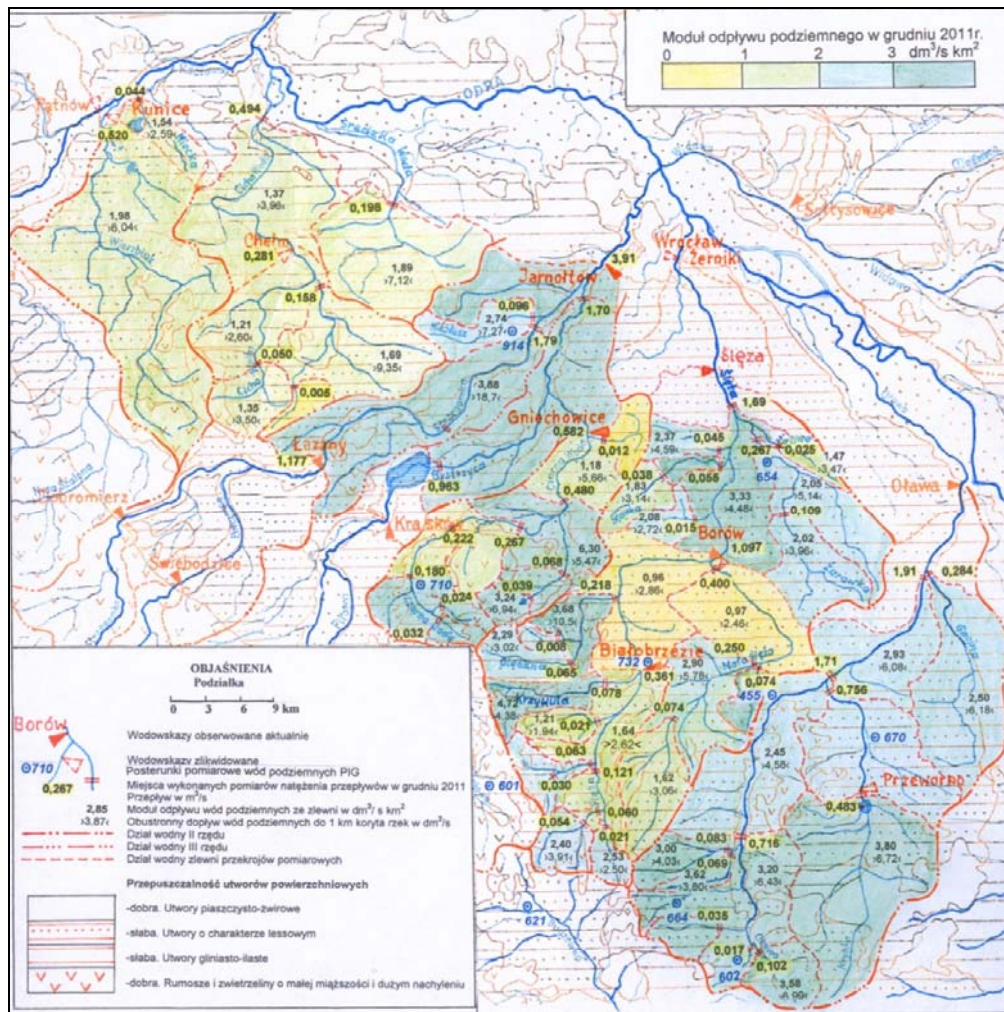
19	Mała Ślęza – Szczawin, km 15,7	106,2	55,5	0,250	2,35	4,50	12. p
22	Mała Ślęza – Prusy, km 24,7	45,7	24,2	0,074	1,62	3,06	13. p
23	Dopływ z Górki Sobóckiej – Prusy, km 3,3	7,0	4,5	0,021	3,00	4,67	13. p
24	Zlewnia Małej Ślęzy między Szczawinem a Prusami bez dopływu Górki Sobóckiej	53,5	26,8	0,155	2,90	5,78	
24'	Zlewnia Małej Ślęzy między Borowem a Prusami bez dopływów lp.20 i 23	132,0	57,7	0,231	1,75	4,00	
17	Oleszna – Jordanów – ujście, km 0,03	71,7	41,9	0,218	2,90	5,20	9. p
25	Oleszna – droga Oleszna–Łagiewniki km 10,1	28,3	21,5	0,065	2,29	3,02	9. p
26	Lewiec – droga Sobótka – Oleszna, km 2,2	3,4	6,8	0,008	2,35	1,17	9. p
27	Lewy dopływ Lewca z Raduni,	1,2		0,002	1,67		9. p
28	Zlewnia Olesznej między Jordanowem a Oleszną bez dopływu lp.26 i 27	38,8	13,6	0,143	3,68	10,5	
15	Ślęza – Białobrzezie, wodowskaz, km 55,0	165	119,3	0,361	2,18	3,02	29. m
29	Ślęza – Niemcza, km 66,8	94,0	46,8	0,121	1,28	2,58	19. m
30	Krzywula – Łagiewniki, km 4,1	16,5	17,8	0,078	4,72	4,38	10. p
31	Krasawa – Wilków Wlk., km 1,3	17,4	10,8	0,021	1,21	1,94	29. m
32	Piekielny Potok – Niemcza, km 0,3	27,9	20,1	0,063	2,40	3,13	10. p
33	Zlewnia Ślęzy między Białobrzeziem a Niemczą bez dopływów lp. 30, 31 i 32	9,2	23,8	0,078	8,47	3,28	
34	Piekielny Potok przed ujściem potoku z Goli Dzierżoniowskiej	21,4	13,9	0,030	1,40	2,16	p
29	Ślęza – Niemcza, km 66,8	94,0	46,8	0,121	1,28	2,58	19. m
35	Ślęza – Przerzeczyn Zdr., km 74,5	25,0	15,5	0,060	2,85	3,87	29. m
36	Dopływ z Niemczy – obwodnica, km 1,0	5,0	3,5	0,005	1,00	1,42	18. p
37	Karczewicki Potok – Karczewice, km 1,8	8,3	8,4	0,021	2,53	2,50	21. p
38	Zlewnia Ślęzy między Białobrzeziem a Przerzeczynem Zdrój bez dopływów lp. 30,31,32, 36 i 37	64,9	43,2	0,113	1,74	2,62	

39	Śleza powyżej Przerzecyzna Zdrój km 76,2	22,5	13,8	0,054	2,40	3,91	21. m
ZLEWNIA BYSTRZYCY							
1	Bystrzyca – Jarnołów wodowskaz, km 12,8	1715		3,91 3,61	2,28		17. m 7. p
2	Bystrzyca – Skalka, km 17,8	1100		1,70	1,54		7. p
3	Strzegomka – Bogdaszowice, km 6,1	520		1,79	3,44		9. p
4	Niestusz – ujście, km 0,4	35,0	13,2	0,096	2,74	7,27	9. p
5	Zlewnia Bystrzycy między Jarnołowem i Skalką bez dopływów lp. 3 i 4	60	27,6	0,324	5,40	11,7	
2	Bystrzyca – Skalka, km 17,8	1100		1,70	1,54		7. p
6	Bystrzyca – Mietków, km 44,2	717		0,963	1,34		7. p
7	Czarna Woda – Gniechowice wodowskaz	249	112,4	0,582	2,34	5,18	7. p
8	Zlewnia Bystrzycy między Skalką a Mietkowem bez dopływu lp. 7	134	55,5	0,155	1,16	2,79	
3	Strzegomka – Bogdaszowice, km 6,1	520		1,79	3,44		9. p
9	Strzegomka – Łażany wodowskaz, km 37,6	362		1,177	3,25		14. p
10	Zlewnia Strzegomki między Bogdaszowicami a Łażanami	158	32,7	0,613	3,88	18,7	
7	Czarna Woda – Gniechowice wodowskaz, km 5,6	249	112,4	0,582	2,34	5,18	7. p
11	Czarna Woda – Stary Zamek, km 13.6	152	85,8	0,480	3,15	5,59	7. p
12	Gniła – Gniechowice, km 1,2	21	10,7	0,012	0,57	1,12	9. p
13	Zlewnia Czarnej Wody między Gniechowicami i Starym Zamkiem bez Gniłej lp. 12	76	15,9	0,090	1,18	5,66	
11	Czarna Woda – Stary Zamek, km 13.6	152	85,8	0,480	3,15	5,59	7. p
14	Czarna Woda – Rogów-Sobótka, km 21,2	108	49,5	0,267	2,47	5,39	7. p
15	Sulistrowicki Potok – Świątniki, km 6,4	21	9,8	0,068	3,24	6,94	7. p
16	Zlewnia Czarnej Wody między Starym Zamkiem a Rogowem bez dopł. lp. 15	23	26,5	0,145	6,30	5,47	
15	Sulistrowicki Potok – Świątniki, km 6,4	21	9,8	0,068	3,24	6,94	7. p

17	Sulistrowicki Potok – Sulistrowice, km 10,4	8,2	6,3	0,039	4,75	6,19	10. p
18	Zlewnia Sulistrowickiego Potoku pomiędzy l.p. 15 i 17	12,8	6,3	0,19	1,48	3,01	
19	Sulistrowicki Potok – Sulistrowiczki, km 12,4	3,51	1,5	0,003	0,85	2,00	10. vol.
14	Czarna Woda – Rogów-Sobótka, km 21,2	108	49,5	0,267	2,47	5,39	7. p
20	Czarna Woda – Strzelce, km 28,3	72	31,1	0,222	3,08	7,14	10. p
21	Zlewnia Czarnej Wody pomiędzy Rogowem a Strzelcami	36	18,4	0,045	1,25	2,44	p
20	Czarna Woda – Strzelce, km 28,3	72	31,1	0,222	3,08	7,14	10. p
22	Czarna Woda – Zebrzydów, km 34,4	45	19,5	0,180	4,00	9,23	10. p
23	Zlewnia Czarnej Wody pomiędzy Strzelcami a Zebrzydowem	27	11,6	0,042	1,55	3,62	
22	Czarna Woda – Zebrzydów, km 34,4	45	19,5	0,180	4,00	9,23	10. p
24	Czarna Woda – Wiry, km 40,7	9	2,8	0,032	3,55	11,4	10. p
25	Wieprzówka – droga Wiry–Masłów, km 0,9	10,8	4,3	0,024	2,22	5,58	10. p
ZLEWNIA ŚREDZKIEJ WODY							
1	Średzka Woda – Środa Śląska obwodnica miasta, km 15,5	105	27,8	0,198	1,89	7,12	14. p
ZLEWNIA CICHEJ WODY							
1	Cicha Woda – Kawice, km 8,7	345	113	0,494	1,43	4,37	30. m
2	Cicha Woda – Chełm, km 31,7	190	59,2	0,345 0,281	1,81 1,48	5,82 4,74	30. m 14. p
3	Zlewnia Cichej Wody pomiędzy Kawicami i Chełmem	155	53,8	0,149 0,213	0,96 1,37	2,77 3,96	m p
2	Cicha Woda – Chełm, km 31,7	190	59,2	0,345 0,281	1,81 1,48	5,82 4,74	m p
4	Cicha Woda – Piekary, km 49,0	37,0	14,3	0,050	1,35	3,50	14. p
5	Jarosławiec – Ujazd Dolny, km 1,0	93,0	16,9	0,158	1,69	9,35	30. m
6	Peleszowicki Rów – Gościsław, km 7,6	15,1	4,0	0,005	0,33	1,20	14. p
7	Zlewnia Cichej Wody pomiędzy Chełmem i Piekarami bez dopływu lp. 5	60	28,0	0,137 0,073	2,28 1,21	4,89 2,60	m p
ZLEWNIA KACZAWY							
1	Wierzbak – Kunice	263	86,1	0,520	1,98	6,04	30. m
2	Niecka – Spalona	28,5	17,0	0,044	1,54	2,59	30. m



Uwagi: *p* – odcinkowy pomiar prędkości obciążonym pływakim w pionach hydrometrycznych  
*m* – pomiar prędkości w pionach młynkiem hydrometrycznym  
 vol. – pomiar objętości przepływu metodą wolumetryczną (podstawionym naczyniem)  
 \*1 – zrzuty ścieków.



Rys. 1. Wyniki pomiarów hydrometrycznych na obszarze występowania glin lessopodobnych na terenie Równiny Wrocławskiej i na Przedgórzu Sudetów bezpośrednio po okresie suszy atmosferycznej w grudniu 2011 r.

Fig. 1. The results of hydrometric measurements in the presence of clay loes like in Wrocław Plain and Foreland the Sudeten immediately after the drought period in December 2011

## WNIOSKI

1. Susza atmosferyczna jaka wystąpiła w okresie od 27 X do 4 XII 2011 r., kiedy całkowicie brak było opadów, była zjawiskiem wyjątkowo rzadkim o tej porze roku. Zwykle ten okres małej ilości opadów lub ich braku występuje wcześniej, we wrześniu i październiku i nie trwa tak długo.
2. Opady z pierwszych dni grudnia nie wytworzyły spływów wód powierzchniowych i przeprowadzone w dniach 7–21 XII oraz 29–30 XII badania natężenia przepływów rzek odzwierciedlały ustabilizowany stan ich zasilania jedynie z wód podziemnych.
3. Pomiar natężenia przepływów wykonano w 66 przekrojach pomiarowych, co pozwoliło na obliczenie modułów odpływu podziemnego z około 80 zlewni. Waga obliczeń modułów odpływu podziemnego niestety nie jest jednakowa. Dla zlewni pomiędzy przekrojami pomiarowymi wyniki mogą być obciążone naturalnymi błędami różnicy przepływów. Z pewnymi wyjątkami opisanymi w treści artykułu wyniki obliczeń modułów odpływu podziemnego są zbliżone do uzyskanych dla zlewni zamkniętych przekrojem pomiarowym (źródłowych odcinków rzek).
4. Moduły odpływu podziemnego przekraczające  $3,0 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$ , stwierdzono w zlewniach środkowej i górnej Oławy i Krynki, w zlewni środkowej i górnej Czarnej Wody i Sulistrowickiego Potoku oraz w zlewni Strzegomki i Bystrzycy pomiędzy Jarnołowem a Mietkowem i Łazanami. Wydaje się, że są one związane z większymi możliwościami drenażu wód podziemnych na terenie Przedgórze Sudetów, a w zlewni górnej Oławy i Krynki z występowaniem pod glinami lessowymi utworów piaszczystych, których akumulacja nastąpiła w pliocenie i preglacjale.
5. Moduły odpływu podziemnego w granicach od  $2,0$  do  $3,0 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$  stwierdzono w dolnym biegu rzek Krynki, Oławy, Gniłej w zlewni Żurawki i większości dopływów górnej i środkowej Ślęży.
6. Moduły odpływu podziemnego w przedziale wartości od  $1,0$  do  $2,0 \text{ dm}^3/\text{s km}^2$  występowały w nizinnej części Równiny Wrocławskiej, w zlewni Małej Ślęży, środkowej Ślęży, w dolnym biegu Czarnej Wody, w zlewni Średzkiej Wody, Cichej Wody, Niecki i Wierzbiaka.
7. Moduł dopływu podziemnego do 1 km biegu rzeki zmieniał się od 1 do około  $7 \text{ dm}^3/\text{s}$ , a tylko wyjątkowo osiągał wyższe wartości na krótkich odcinkach rzek. Wielkość modułu była zwykle proporcjonalna do wielkości modułu spływu z  $1 \text{ km}^2$  zlewni.
8. W omawianym terenie badań wystąpiła długotrwała susza atmosferyczna, ale poprzednie 2 lata jak również miesiąc lipiec, a także sierpień 2011 r. charakteryzowały się bardzo wysokimi opadami. Spowodowało to stopniowy wzrost stanów wód podziemnych, które osiągnęły poziom bliski stanom maksymalnym jakie zdarzyły się w okresie obserwacji przez ponad 20 lat. Było to widoczne zwłaszcza tam gdzie lustro wód podziemnych występuje głęboko. Jesienna i zimowa susza atmosferyczna 2011 r. nie była w stanie w istotny sposób obniżyć tego poziomu wód podziemnych. Reakcja na okresy zasilania i jego braku w przypadku wód podziemnych zalegających głęboko

- następuje powoli. Tym należy tłumaczyć fakt, że długotrwałej suszy atmosferycznej nie towarzyszyło bardzo duże zmniejszenie zasilania podziemnego rzek.
9. Przepływy rzek w grudniu 2011 r. pochodzące niewątpliwie tylko z zasilania jedynie wodami podziemnymi kształtowały się w strefie średnich wieloletnich z lat 1956–1970. Taka sytuacja wystąpiła w odniesieniu do czynnych w tym czasie 5 przekrojów wodowskazowych. Jedynie przepływy zmierzone w grudniu 2011 r. w Jarnoławie na Bystrzycy były na poziomie przepływów niskich z lat 1956–1970. Porównanie to nie jest jednak miarodajne, gdyż w latach 70. XX w. wybudowana została zapora wodna w Mietkowie i zbiornik retencyjny zmienił naturalne warunki przepływu tej rzeki.
  10. Bardzo powolny wzrost lub stabilizacja przepływów rzeki Ślęzy od drugiej połowy listopada 2011 r. może być spowodowana zupełnym zanikiem ewapotranspiracji uszczuplającej zasoby wód podziemnych przy równoczesnym zasilaniu tych wód opadem kondensacyjnym w postaci rosy i szronu. Występowały one w tym czasie obficie ze względu na duże różnice temperatury dnia i nocy.
  11. Z chwilą rozpoczęcia badań spodziewano się, że po tak długim okresie posuszonym przepływy rzek będą utrzymywały się w bardzo niskiej strefie stanów wody i będą zbliżone do średnich niskich. Nie dysponowano jeszcze wynikami pomiarów stanów wód podziemnych. Stosunkowo wysokie zmierzone przepływy rzek były dla autorów zaskoczeniem. W tym sensie praca nie spełniła celu jaki był wyznaczony. Wyniki pomiarów i obliczeń wykonanych po długim okresie bez zasilania wód podziemnych umożliwiają jednak regionalizację istniejących zasobów wody podziemnej w badanych zlewniach na lessowych obszarach Równiny Wrocławskiej i na Przedgórzu Sudetów w strefie zbliżonej do średnich warunków zasilania rzek.

## LITERATURA

- [1] IMGW, MIN. OCHRONY ŚRODOWISKA, NAROD. FUNDUSZ OCHR. ŚRODOWISKA I GOSP. WODNEJ; *Atlas podziału hydrograficznego Polski*; praca zbiorowa pod red. H. Czarneckiej, Cz.1 Mapy, Cz.2 – Tabele, Wojskowe Zakłady Kartograficzne Warszawa 2005
- [2] IMGW, *Atlas Hydrologiczny Polski*, red. J. Stachy; Wyd. Geolog. Warszawa 1987
- [3] IMGW Oddział Wrocław; Pomiarowe materiały archiwalne dotyczące sum opadów i przepływów rzek z obszaru objętego badaniami.
- [4] PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY; Wyniki pomiarów zwierciadła wody podziemnej w posterunkach pomiarowych z obszaru badań. Wyciągi z Bazy danych SOH.
- [5] GUS; Roczniki statystyczne województwa dolnośląskiego z lat 2000–2010.
- [6] SAWICKI J., *Ważniejsze typy bilansu wód podziemnych Polski południowo-zachodniej*; nie publikowane; Archiwum Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego; Wrocław 1978.
- [7] Strona internetowa: wetteronl.de – wykresy opadów i temperatur dla Wrocławia.
- [8] Strona internetowa IMGW; Susza hydrologiczna Wykresy natężenia przepływów rzek Ślęzy, Bystrzycy i Strzegomki w okresie badań.

UNDERGROUND OUTFLOW OF RIVERS FROM THE AREAS CLAY LOESS-LIKE  
WROCLAW'S PLAIN AND FORELAND OF THE SUDETEN IN THE FINAL PERIOD  
OF ATMOSPHERIC DROUGHT IN DECEMBER 2011

This study presents results of simultaneous measurements' series of flow intensity made in more than 60 rivers sections of Oława, Ślęza, Czarna Woda, Lower Bystrzyca, Strzegomka, Średzka Woda, Cicha Woda, Niecka and Wierzbiak rivers. Surfaces of these areas include clay soils mainly with loess origin. These soils shows low horizontal flow abilities of underground water together with high soaking conditions and natural capillary lift. Area of research has one of the lowest underground water outflow in Poland because of all conditions mentioned above and come to 7-9% of year precipitation (Sawicki, 1978). The deepest low-flow of underground outflow occurs on summer when the evaporation is highest. Atmospheric and hydrological drought occurred on these areas on late autumn and early winter of 2011. In this period of time rivers were supplied by underground water outflows only so recognizing those outflows was main reason of making research. Area of basin and total length of whole active rivers net. Measured flows was converted to 1 square km and 1 km of river bed length. Results has been compared with long-term results of researches made by IMGW and PiG on their measurement stations. Result was also compared with Ph.d thesis written by author (Sawicki, 1978).