
MONITORING WÓD PODZIEMNYCH W STREFIE GRANICZNEJ SUDETÓW W LATACH 2005–2012

GROUNDWATER MONITORING IN THE BORDER AREA OF THE SUDETES IN 2005–2012



Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Polish Geological Institute – National Research Institute

Agata Korwin-Piotrowska, Rafał Serafin, Andrzej Wojtkowiak,
Janusz Krawczyk, Lesław Skrzypczyk, Karol Zawistowski,
Linda Chudzik, Andrzej Biel, Ivan Koroš, Jan Uhlík, Pavel Eckhardt

MONITORING WÓD PODZIEMNYCH W STREFIE GRANICZNEJ SUDETÓW W LATACH 2005–2012

Prezentacja wyników badań współpracy grupy ekspertów hydrologów i hydrogeologów
Republiki Czeskiej oraz Rzeczypospolitej Polskiej w rejonie przygranicznym
Police nad Metują–Kudowa-Zdrój, Krzeszów–Adršpach oraz w dorzeczu Ścinawki

GROUNDWATER MONITORING IN THE BORDER AREA OF THE SUDETES IN 2005–2012

Presentation of the research results of cooperation of the hydrologist and hydrogeologist
expert group of the Czech Republic and the Republic of Poland in the border area
of Police nad Metují–Kudowa-Zdrój and Krzeszów–Adršpach, and in the Ścinawka drainage basin

Informator
PAŃSTWOWEJ SŁUŻBY HYDROGEOLOGICZNEJ
Report of
the POLISH HYDROGEOLOGICAL SURVEY



Wykonano na zamówienie
Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej
za środki wypłacone przez Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Polish Geological Institute – National Research Institute
Warszawa 2014

Redakcja, projekt i opracowanie typograficzne: Michał Dziubiel
Layout and editing of the volume

Tłumaczenie: Krzysztof Leszczyński
Translation

Projekt okładki: Sebastian Guraj
Cover project

Zdjęcia na okładce: Agata Korwin-Piotrowska
Cover photos

W wieloletniu 2005–2012 na obszarze przygranicznym Police nad Metują–Kudowa-Zdrój (OPKu), Krzeszów–Adršpach (OKrA) oraz w dorzeczu górnej Ścinawy (OS), w różnych okresach prace prowadziły następujące osoby

In the multiannual period 2005–2012, the following persons carried out work in different periods of time in the border area of Police nad Metują–Kudowa-Zdrój (OPKu), Krzeszów–Adršpach (OKrA) and the upper Ścinawa drainage basin (OS)

po stronie polskiej: Linda Chudzik, Tomasz Dembiec, Grzegorz Firlit, Małgorzata Gawron, Ryszard Hutnik, Bogusław Kazimierski, Janusz Kielczawa, Agata Korwin-Piotrowska, Janusz Krawczyk, Dorota Mądrała, Franciszek Nowacki, Janusz Przybysławski, Dorota Russ, Rafał Serafin, Lesław Skrzypczyk, Krystyna Szafrąńska, Maciej Tyralski, Andrzej Wojtkowiak, Irena Wyszowska, Karol Zawistowski

po stronie czeskiej: Dana BauEROVÁ, Jan Cepák, Stanislav Čurda, Pavel Eckhardt, Ladislav Kašpárek, Vojtěch Kněžek, on the Czech side Ivan Koroš, Lenka Krpcová, Jaroslava Procházková, Zdeněk Šiftař, Jan Uhlík

Akceptował do druku dnia 17.03.2014 r.

Zastępca dyrektora Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego
Dyrektor ds. państwowej służby hydrogeologicznej

Accepted for printing on

Deputy Director of the Polish Geological Institute – National Research Institute

Director of the Polish Hydrogeological Survey

Lesław Skrzypczyk

© Copyright by Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Warszawa 2014

ISBN 978-83-7863-309-9

Adres redakcji:

Editorial address

Zakład Publikacji/ *Department of Publication*

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; tel. 22 459 2480

Nakład: 400 egz.

Issued: 400 copies

Druk: Drukarnia Braci Grodzickich S.J., ul. Geodetów 47a, 05-500 Piaseczno

Printed by

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	5
2. WSPÓŁPRACA POLSKO-CZESKA W REJONIE PRZYGRANICZNYM	8
2.1. Rys historyczny współpracy na wodach granicznych	8
2.2. Podstawy formalnoprawne monitoringu wód strefy przygranicznej Polski i Czech	10
2.3. Współpraca polskich i czeskich hydrologów i hydrogeologów w latach 2005–2012	11
3. WARUNKI NATURALNE OBSZARU BADAŃ	14
3.1. Charakterystyka geograficzna	14
3.2. Prawnie chronione obszary przyrody	16
3.3. Sieć rzeczna obszaru badań	23
3.4. Struktura zasilania meteorycznego	25
3.5. Zarys budowy geologicznej niecki śródsudeckiej	27
3.5.1. Niecka Krzeszowa	30
3.5.2. Niecka Policka (Polická pánev)	31
3.5.3. Niecka Batorowa	31
3.6. Zarys budowy geologicznej zapadliska Kudowy i rowu Hronova	31
3.7. Warunki hydrogeologiczne	32
3.7.1. Czwartorzędowe i czwartorzędowo-kredowe piętra wodonośne	32
3.7.2. Mezozoiczne piętro wodonośne	33
3.7.3. Paleozoiczne piętro wodonośne	35
3.7.4. Hydrogeologia krystaliniku	37
3.8. Charakterystyka GZWP i JCWPd	37
4. SIEĆ MONITORINGU WÓD PODZIEMNYCH I POWIERZCHNIOWYCH	46
4.1. Monitoring wód podziemnych	51
4.2. Monitoring wód powierzchniowych	57
4.2.1. Sieć obserwacyjno-pomiarowa wód powierzchniowych	57
4.2.2. Metodyka wydzielenia odpływu podziemnego	61
4.2.3. Bilans hydrologiczny w latach 2001–2012	61
4.2.4. Podstawowe równanie bilansowe	64
4.3. Charakterystyka chemizmu wód powierzchniowych i podziemnych	66

TABLE OF CONTENTS

1. INTRODUCTION	5
2. POLISH-CZECH COOPERATION IN THE BORDER REGION	8
2.1. Historical cooperation on transboundary waters	8
2.2. A formal legal basis for water monitoring in the Polish-Czech transboundary area	10
2.3. Cooperation of Polish and Czech hydrologists and hydrogeologists in the period 2005–2012	11
3. NATURAL FEATURES OF THE STUDY AREA	14
3.1. Geographical setting	14
3.2. Natural areas protected by law	16
3.3. River system of the study area	23
3.4. Meteoric recharge pattern	25
3.5. Geological setting of the Intra-Sudetic Basin	27
3.5.1. Krzeszów Trough	30
3.5.2. Police Basin (Polická pánev)	31
3.5.3. Batorów Trough	31
3.6. Geological setting of the Kudowa Trough and the Hronov Trough	31
3.7. Hydrogeological setting	32
3.7.1. Quaternary and Quaternary-Cretaceous aquifers	32
3.7.2. Mesozoic aquifer	33
3.7.3. Paleozoic aquifer	35
3.7.4. Hydrogeology of the crystalline basement	37
3.8. The characteristics of MGRs and GWBs	37
4. THE GROUND WATER AND SURFACE WATER MONITORING NETWORK	46
4.1. Groundwater monitoring	51
4.2. Surface water monitoring	57
4.2.1. The observation and measuring network of surface waters	57
4.2.2. Methods of underground runoff separation	61
4.2.3. Hydrological balance of 2001–2012	61
4.2.4. Basic water balance equation	64
4.3. The chemical characteristics of groundwater and surface waters	66

5. KONCEPCYJNY MODEL PRZEPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH	70	5. CONCEPTUAL MODEL OF GROUNDWATER FLOW	70
5.1. Historia badań modelowych	70	5.1. History of modelling research	70
5.2. Warunki hydrostrukturalne przyjętego rozwiązania numerycznego	71	5.2. Hydrostructural conditions for the adopted numerical approach	71
6. MODEL NUMERYCZNY PRZEPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH	74	6. NUMERICAL MODEL OF GROUNDWATER FLOW	74
7. ZASOBY I STRUKTURA POBORU WÓD PODZIEMNYCH	83	7. GROUNDWATER RESOURCES AND USE	83
8. PODSUMOWANIE	91	8. CONCLUSIONS	91
LITERATURA	93	REFERENCES	93
DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA	96	PHOTOGRAPHIC DOCUMENTATION	96

1.

WSTĘP

INTRODUCTION

Podstawę współpracy w dziedzinie gospodarki wodnej na wodach granicznych Rzeczypospolitej Polskiej z Republiką Czeską stanowi umowa międzyrządowa zawarta pomiędzy Rządem Rzeczypospolitej Polskiej a Rządem Republiki Czeskiej podpisana 21 marca 1958 r. w Pradze (Dubicki, Adynkiewicz-Piragas, 2008). Monitoring wód granicznych, jako lokalny monitoring zadaniowy, jest nadzorowany przez „Grupę roboczą ds. hydrologii, hydrogeologii i osłony przeciwpowodziowej na wodach granicznych” (Grupa Robocza HyP) między Rzeczypospolitą Polską (RP) i Republiką Czeską (ČR).

Zakres monitoringu dotyczy obserwacji polsko-czeskich prowadzonych na obszarze wydzielonej części niecki śródsudeckiej, związanych z kontrolą systemu krążenia wód w strefie przygranicznej. Zadanie jest związane z oceną skutków wpływu skoncentrowanych poborów wód podziemnych po stronie czeskiej i polskiej na stan ilościowy i chemiczny wód podziemnych, a także na wody powierzchniowe oraz ekosystemy przyrodnicze zależne od wód (Krawczyk i in., 2009).

Niniejsze opracowanie stanowi drugą część publikacji prezentującej wyniki wspólnych prac polskich i czeskich hydrologów i hydrogeologów w strefie przygranicznej Polski i Czech, na obszarze niecki śródsudeckiej między Kamienną Górą, Wałbrzychem i Kudową-Zdrój po stronie polskiej, a Trutnovem, Broumovem i Náchodem po stronie czeskiej.

Pierwsza część syntezy pt.: „Water resources of the Intra-Sudeten basin. Result of the Czech-Polish co-operation in monitoring and modelling (1975–2004)”, wydana w 2006 r. przez Badawczy Instytut Wodnogospodarczy w Pradze (VÚV TGM) oraz Ministerstwo Środowiska Republiki Czeskiej, zawiera analizę i interpretację wspólnie uzyskanych wyników badań przeprowadzonych w latach 1975–2004. Niniejsza, druga część stanowi syntezę analogicznych badań prowadzonych w latach 2005–2012, a jednocześnie przedstawia podsumowanie polsko-czeskich prac hydrologicznych i hydrogeologicznych przeprowadzonych w strefie przygranicznej.

Zakres zadań realizowanych w latach 2005–2012 obejmował wykonywanie cyklicznych pomiarów, obserwacji i badań hydrogeologicznych w zakresie oceny stanu ilościowego wód podziemnych i powierzchniowych oraz opracowywanie corocznych raportów przez obie strony. Metodologia, zakres i wyniki przeprowadzonych badań omawiano na corocznych spotkaniach grup specjalistów z Polski i Czech. Pozwoliło to na bieżącą korektę zakresu badań w nawiązaniu

Cooperation in the field of water management on transboundary waters of the Republic of Poland and the Czech Republic is legally based on an intergovernmental agreement concluded between the Government of the Republic of Poland and the Government of the Czech Republic, signed in Prague on March 21, 1958 (Dubicki, Adynkiewicz-Piragas, 2008). Monitoring of transboundary waters, as a local monitoring task, is supervised by the “Working Group on hydrology, hydrogeology and flooding protection on transboundary waters” (HyP Group) between the Republic of Poland (RP) and the Czech Republic (ČR).

The scope of the monitoring includes the Polish and Czech observations carried out on a delimited part of the Intra-Sudetic Basin, related to the control of the water circulation system in the transboundary area. This task is associated with the assessment of the effects of the impact of concentrated groundwater abstraction on the Czech and Polish sides on the quantitative and chemical condition of ground waters and surface waters, and on the groundwater-dependent natural ecosystems (Krawczyk *et al.*, 2009).

This study is the second part of the publication presenting the results of joint work of Polish and Czech hydrologists and hydrogeologists in the transboundary area of the Republic of Poland and the Czech Republic in the Intra-Sudetic Basin between Kamienna Góra, Wałbrzych and Kudowa-Zdrój on the Polish side, and Trutnov, Broumov and Náchod on the Czech side.

The first part of the synthesis entitled “Water resources of the Intra-Sudeten basin. Result of the Czech-Polish co-operation in monitoring and modelling (1975–2004)”, published in 2006 by the Water Research Institute (VUV TGM) in Prague and the Ministry of Environment of the Czech Republic, presents an analysis and interpretation of the results of joint research conducted in the years 1975–2004. The second part is a synthesis of similar studies conducted in 2005–2012, and presents a summary of the Polish-Czech hydrological and hydrogeological work in the transboundary area.

The scope of tasks carried out in 2005–2012 included (1) the execution of cyclic measurements, observations and hydrogeological studies to assess the quantitative resources of ground waters and surface waters, and (2) the development of annual reports by both parties. Methodology, scope and results of the research were discussed at annual meetings of specialists from Poland and the Czech Republic. It allows adjustment of the scope of ongoing research in rela-

do otrzymywanych wyników, co wraz z innymi ustaleniami przedstawiano w protokołach sporządzanych po zakończeniu narad, a kluczowe wnioski przekazywano Pełnomocnikowi Rządu RP ds. Wód Granicznych poprzez Przewodniczącego Grupy Roboczej HyP, funkcjonującej w strukturze Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej (KZGW).

Od 1996 r. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) stale uczestniczy w realizacji zadań monitoringu granicznego po stronie polskiej, od 2005 r. – w ramach zadań i funkcji państwowej służby hydrogeologicznej (PSH) (ustawa Prawo wodne z 18 lipca 2001 r., art. 102, ust. 4).

Zgodnie z zapisem art. 102 ustawy Prawo wodne, państwowa służba hydrogeologiczna wykonuje zadania państwa na potrzeby rozpoznawania, bilansowania i ochrony wód podziemnych w celu ich racjonalnego wykorzystania przez społeczeństwo i gospodarkę kraju. Misją państwowej służby hydrogeologicznej jest ograniczenie degradacji wód podziemnych przeznaczonych głównie do konsumpcji oraz dążenie do zrównoważonego gospodarowania zasobami wód podziemnych, stanowiących podstawę zaopatrzenia w wodę do spożycia dla około 70% ludności Polski. Jest to zgodne z przyjętą polityką ekologiczną państwa. Prace służb, w zależności od podziału kompetencji w resorcie, są realizowane na zamówienie Ministerstwa Środowiska, Prezesa Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej i Głównego Inspektora Ochrony Środowiska ze środków finansowych Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (Sadurski, Skrzypczyk, 2013).

Zadaniem PIG-PIB w ramach prac PSH są między innymi: wykonywanie pomiarów, obserwacji i badań hydrogeologicznych w sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych w celu dokonywania oceny stanu ilościowego i chemicznego wód oraz gromadzenia, przetwarzania i udostępniania danych hydrogeologicznych. Wyniki prac państwowej służby hydrogeologicznej są wykorzystywane przez organy władzy publicznej do realizacji polityki zrównoważonego rozwoju państwa, w tym do wykonywania zadań osłonowych w zakresie gospodarki wodnej, a także do sporządzania raportów i sprawozdań dla Komisji Europejskiej (Kazimierski i in., 2011). Do zadań służby należy również prowadzenie monitoringu wód podziemnych w strefach granicznych Polski oraz modernizacja istniejących sieci monitoringu.

Prezentowany monitoring wód podziemnych w obszarze granicznym Polski i Czech należy do najlepiej rozwiniętego systemu pomiarów obserwacji wód powierzchniowych i podziemnych w strefie przygranicznej Polski. Zastosowano tu nowatorskie podejście, wprowadzając: unifikację metod pomiarowych i obliczeniowych, homologację sprzętu pomiarowego, wspólne pomiary, cykliczne spotkania, konsultacje naukowo-techniczne, coroczne raporty, bilans hydrologiczny oraz modelowanie matematyczne procesów hydrogeologicznych. Miarą uznania przedmiotowego systemu monitoringu wód jest akceptacja wyników przez Międzynarodową Komisję Ochrony Odry przed Zanieczyszczeniem i Międzynarodową Komisję Ochrony Łaby oraz uczestnictwo członków

tion to the results obtained, which, along with other findings, are presented in the protocols drawn up after the meetings. Then, the key findings are transmitted to the Government Plenipotentiary for Transboundary Waters through the Chairman of the HyP Group functioning within the structure of the National Board of Water Management (KZGW).

Since 1996, the Polish Geological Institute – National Research Institute (PGI-NRI) has participated consistently in the transboundary monitoring on the Polish side, and since 2005 in the framework of tasks and functions of the Polish Hydrogeological Survey (PSH) (Water Act of July 18, 2001, Art. 102, Paragraph 4).

Pursuant to the provisions of Article 102 of the Water Act, the Polish Hydrogeological Survey performs tasks of the state for the purpose of groundwater research, balancing and protection for its rational use for the society and economy of the country. The mission of the Polish Hydrogeological Survey is to reduce the degradation of groundwater intended primarily for consumption, and to quest for sustainable management of groundwater resources that are the main source of drinking water for approximately 70% of the Polish population. This is consistent with the adopted national environmental policy. The surveying work is implemented, depending on the competence, by the Ministry of the Environment, National President of the Water Management Board, and the Chief Inspector of Environmental Protection, and financed by the National Fund for Environmental Protection and Water Management (Sadurski, Skrzypczyk, 2013).

The task of the PGI-NRI within the framework of PSH operations is, e.g.: making measurements, observations and hydrogeological studies within the groundwater observation-research network to assess the quantity and chemical condition of waters, and to collect, process and share hydrogeological data. The results of work of the hydrogeological survey are used by public authorities to implement policies for sustainable development of the state, including the use of protective tasks in the field of water management, as well as for the preparation of reports for the European Commission (Kazimierski *et al.*, 2011). The task of the survey also includes groundwater monitoring in transboundary areas of Poland and modernization of the existing monitoring network.

The presented groundwater monitoring in the transboundary area of Poland and the Czech Republic is among the best-developed systems of observation of surface waters and ground waters in the border zone of Poland. A new approach has been applied here by introducing unification of measurement and calculation methods, approval of measuring equipment, performing joint measurements, keeping regular meetings as well as technical and scientific consultations, producing annual reports, and developing hydrological balance and mathematical modelling of hydrogeological processes. The measure of approval of the water monitoring system is the acceptance of the results by the International Commission for the Protection of the Odra River and the International Commission for the Protection of the Elbe River, and the participation of the Czech and Polish members of the working group in the work of the commission (Nowacki *et al.*, 2005).

grupy roboczej ze strony czeskiej i polskiej w pracach wymienionych komisji (Nowacki i in., 2005).

Niniejsze opracowanie zostało wykonane przez zespół hydrogeologów z Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego, przy współudziale hydrologów i hydrogeologów z Czech.

This study was executed by a team of hydrogeologists from the Polish Geological Institute – National Research Institute, in cooperation with hydrologists and hydrogeologists from the Czech Republic. Polish-Czech cooperation in the border region.



2.

WSPÓŁPRACA POLSKO-CZESKA W REJONIE PRZYGRANICZNYM

POLISH-CZECH COOPERATION IN THE BORDER REGION

2.1. RYS HISTORYCZNY WSPÓŁPRACY NA WODACH GRANICZNYCH

Kompleksowe badania hydrologiczne i hydrogeologiczne po stronie czeskiej zainicjowano w latach 1962–1965. Dotyczyły one bilansu wodnego z określeniem reżimu przestrzennego odpływów oraz chemizmu wód pod kątem wykorzystania nadmiaru wód z polickiej niecki kredowej w celu zaopatrzenia ludności w wodę. W latach 1973–1975 badania te zintensyfikowano, wprowadzając szeroki zakres prac wiertniczych, geofizycznych, hydrogeologicznych i hydrologicznych, najpierw w rejonie Kudowa-Zdrój–Hronov, a następnie w latach 1976–1979 w rejonie Krzeszów–Adršpach (Kněžek i in., 1981).

Strona czeska, na mocy porozumienia między rządami obydwu państw z 21 marca 1958 r., poinformowała przedstawiciela rządu Rzeczypospolitej Polskiej o realizowanych pracach (pismo nr 33–363/74–OZV/Hop z dnia 20 maja 1974 r.), związanych z udokumentowaniem i udostępnieniem do eksploatacji po stronie Republiki Czeskiej ujęć wód podziemnych o docelowej zdolności eksploatacyjnej około 2300 m³/h. Uzyskanie przez stronę czeską docelowej wydajności mogło stanowić zagrożenie dla systemu krążenia wód podziemnych w rejonie Kudowy-Zdroju, a zwłaszcza dla złóż wód mineralnych o właściwościach leczniczych. W odpowiedzi Pełnomocnik Rządu Polskiego skierował wniosek do Pełnomocnika Rządu Republiki Czeskiej ds. Gospodarki na Wodach Granicznych z propozycją, aby grupa robocza na najbliższym spotkaniu omówiła sytuację hydrogeologiczną oraz aspekty badawcze wynikające dla strony polskiej. W 1976 r. powołano wspólną grupę ekspertów ds. podziemnych wód przygranicznych, w ramach której ustalono zakres współpracy, metodykę prac terenowych i raportowania wyników. Szczegóły dotyczące prac terenowych i ostateczne granice obszaru badań ustalono w toku negocjacji grup ekspertów w Pradze w dniach 6–10 czerwca 1978 roku. Prace te były koordynowane przez Ministerstwo Gospodarki Leśnej i Wodnej Republiki Czeskiej, później Ministerstwo Ochrony Środowiska Republiki Czeskiej oraz Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, a następnie Ministerstwo Środowiska Rzeczypospolitej Polskiej (Nowacki i in., 2005).

W początkowym okresie, tj. w latach 1979–1989, prace obejmowały szeroki interdyscyplinarny zakres badań, a ich wyniki, dokumentujące szczegółowo budowę geologiczną,

2.1. HISTORICAL COOPERATION ON TRANSBOUNDARY WATERS

Comprehensive hydrological and hydrogeological studies were initiated on the Czech side in the period between 1962 and 1965 and concerned the water balance and determination of spatial flow regime as well as water chemistry in terms of the use of excess water from the Cretaceous Police Trough for public water supply. In 1973–1975, these studies intensified, introducing a wide range of drilling, geophysical, hydrogeological and hydrological operations, first in the Kudowa-Zdrój–Hronov region, and then (in the years 1976–1979) in the Krzeszów–Adršpach region (Kněžek *et al.*, 1981).

Under the agreement of March 21, 1958, between the governments of Poland and the Czech Republic, the Czech side informed the representative of the Polish Government about ongoing work (letter No. 33–363/74–OZV/Hop of May 20, 1974) on documenting groundwater intakes and making them available for extraction on the Czech side with a target extraction volume of *ca.* 2,300 m³/h. Attaining the target volume on the Czech side could pose a threat to the groundwater circulation system in the area of Kudowa-Zdrój, especially to mineral waters with healing properties. In response, the Plenipotentiary of the Polish Government made a request to the Plenipotentiary of the Czech Government for Economic Management of Transboundary Waters and proposed that the hydrogeological and research aspects arising for the Polish side be discussed by the working group at the next meeting. In 1976, a joint group of experts on transboundary groundwater was established to discuss the scope of cooperation, fieldwork methodology and the reporting of results. Details of fieldwork and the final boundaries of the study area were established in the course of negotiations of expert groups in Prague on June 6–10, 1978. The work was coordinated by the Ministry of Forestry and Water Management of the Czech Republic and continued by the Ministry of Environment of the Czech Republic, as well as by the Ministry of Environmental Protection, Natural Resources and Forestry and the Ministry of the Environment of the Republic of Poland (Nowacki *et al.*, 2005).

In the initial period, i.e. in the years 1979–1989, the work covered a wide range of interdisciplinary research. The results documenting thoroughly the geological structure, hydrogeological and hydrological conditions of these areas are

warunki hydrogeologiczne i hydrologiczne wymienionych obszarów przedstawiono w opracowanej wspólnie ze stroną czeską w 1983 r. „Dokumentacji wyników badań hydrogeologicznych dotyczących określenia reżimu wód podziemnych rejonu przygranicznego Kudowa-Zdrój–Police i Krzeszów–Adršpach” (Borowiec i in., 1983). Badania monitoringowe wód powierzchniowych i podziemnych strefy przygranicznej Polski i Czech w systemie zaprojektowanym w wymienionych dokumentacjach trwały do końca 1994 r.

Po rocznej przerwie w obserwacjach wód podziemnych i powierzchniowych po stronie polskiej prace wznowiono od początku roku hydrologicznego 1996 na podstawie „Programu obserwacji wód w rejonach przygranicznych – Kudowa-Zdrój–Police, Krzeszów–Adršpach, zlewnia górnej Ścinawki” (Dendewicz, 1995) wykonanego przez Przedsiębiorstwo Geologiczne PROXIMA SA z Wrocławia i zatwierdzonego przez Komisję Dokumentacji Hydrogeologicznych Ministerstwa Środowiska RP. W programie tym poddano weryfikacji liczbę punktów obserwowanych w ramach monitoringu granicznego do 18 w rejonie Kudowy-Zdroju i 27 w rejonie Krzeszowa i zlewni Ścinawki.

Od 1996 r. badania monitoringowe włączono do zakresu monitoringu wód granicznych, koordynowanego przez Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie. Od tego też roku do realizacji prac monitoringowych włączył się Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej we Wrocławiu poprzez współfinansowanie oraz udział w pracach grupy ekspertów.

Po 5-letnim okresie badań monitoringowych obydwie strony doszły do wniosku, że niezbędne jest opracowanie dokumentacji dających podstawę do syntezy międzyokresowych wyników z pomiarów oraz do konstrukcji modelu matematycznego przepływu wód podziemnych. Na bazie wyników badań wykonanych w latach 1996–2000, w 2001 r. wspólnie ze stroną czeską opracowano bilans hydrologicznego krążenia wód, a w 2002 r. model matematyczny warunków hydrogeologicznych strefy przygranicznej Polski i Czech oraz projekt modernizacji sieci obserwacyjno-pomiarowej (Nowacki, Kašpárek, 2001).

Z biegiem lat system pomiarowy unowocześniano i modernizowano w miarę możliwości i zdolności finansowych obydwu krajów. Po zniszczeniach powodziowych w 1997 r., po stronie czeskiej wykonano stabilizację wszystkich przekrojów pomiarowych, zmieniono standard obserwacji, stosując sieć limnigrafów elektronicznych połączonych z regionalną stacją hydrogeologiczną w Bučnicach k. Teplic, skąd dokonuje się transmisji danych do siedziby Badawczego Instytutu Wodnogospodarczego w Pradze (VÚV) oraz siedziby Czeskiego Instytutu Hydrometeorologicznego w Hradec Kralove (ČHMI). Po stronie polskiej wykonano stabilizację części punktów pomiarowych oraz zainstalowano limnigrafy elektroniczne typu Thalimedes firmy OTT.

W 2009 r. zautomatyzowano punkty sieci monitoringu granicznego po stronie polskiej (Krawczyk i in., 2009) w myśl ustaleń XXI narady roboczej grupy ekspertów w Kutnej Horze (21–22.10.2002 r.). Zainstalowano manometry ciśnieniowe (Leo RECORD) oraz czujniki automatycznego rejestru poziomu zwierciadła (logger DCX–22 Keller), które

presented in a joint report prepared in 1983 and entitled „Report on the results of hydrogeological research on the determination of groundwater regime in the Kudowa-Zdrój–Police and Krzeszów–Adršpach borderland” (Borowiec *et al.*, 1983). Monitoring studies of surface and ground waters in the border zone of Poland and the Czech Republic in a system presented in the above-mentioned documentations lasted until the end of 1994.

After a year's break in observations of ground waters and surface waters on the Polish side, the work was resumed at the beginning of the hydrological year 1996 on the basis of the „Program of water observation in borderland areas – Kudowa-Zdrój–Police, Krzeszów–Adršpach, upper Ścinawka drainage basin” (Dendewicz, 1995) performed by Wrocław Geological Company PROXIMA SA and approved by the Commission of Hydrogeological Documentations of the Ministry of the Environment of the Republic of Poland. This program limited the number of survey points observed within the transboundary monitoring to 18 points in the Kudowa-Zdrój region and to 27 points in the Krzeszów region and the Ścinawka drainage basin.

Since 1996, the monitoring studies have been incorporated into monitoring of transboundary waters, coordinated by the Polish Geological Institute in Warsaw. Since that time, the Regional Water Management Board in Wrocław has joined the monitoring work by co-financing and contributing to the activities of the expert group.

After a 5-year period of monitoring studies, both parties came to the conclusion that it is necessary to develop a documentation as a basis for a synthesis of interim results of the measurements and for the construction of a mathematical model of groundwater flow. The results of research carried out in the period 1996–2000 were the basis for the development of the hydrological balance of water circulation, which was produced in 2001 jointly with the Czech party. In 2002, a mathematical model of hydrogeological conditions of the Polish/Czech transboundary area and a project of modernization of the observation and measurement network were developed (Nowacki, Kašpárek, 2001).

Over the years, the measurement system has been upgraded and modernized. After the flooding devastation of 1997, stabilization of all measuring sections was made on the Czech side and the quality of observations was improved by using a network of electronic limnigraphs connected to the regional hydrogeological station in Bučnice near Teplice, where measuring data are transmitted to the headquarters of the Water Research Institute (VÚV) in Prague and to the seat of the Czech Hydrometeorological Institute (ČHMI) in Hradec Kralove. On the Polish side, stabilization of some survey points was made and OTT Thalimedes-type electronic limnigraphs (water level sensors) were installed.

In 2009, the survey points of the monitoring network in the transboundary area on the Polish side were automated (Krawczyk *et al.*, 2009) under the provisions of the 21st meeting of the expert group in Kutna Hora (October 21–22, 2002). Pressure gauges (Leo RECORD) and autonomous water level sensors (DCX–22 Keller logger) were installed,

wykonyują pomiar położenia zwierciadła wody wraz z jej temperaturą w interwale 1 godziny. System realizacji badań oraz uzyskiwane wyniki podlegają systematycznej kontroli i weryfikacji w trakcie sesji pomiarowych. Wszystkie dane po uprzednim przetworzeniu są przekazywane do PIG-PIB w Warszawie (Korwin-Piotrowska, 2011). Część punktów przedmiotowego monitoringu wytypowano do sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych (SOBWP) prowadzonej przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy.

2.2. PODSTAWY FORMALNOPRAWNE MONITORINGU WÓD STREFY PRZYGRANICZNEJ POLSKI I CZECH

Przedmiotowy monitoring wód podziemnych i powierzchniowych strefy przygranicznej Polski i Czech jest realizowany przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski w ramach zadań państwowej służby hydrogeologicznej, jako monitoring wód podziemnych w strefach granicznych RP ze szczególnym uwzględnieniem stref intensywnej antropopresji. Ustawa Prawo wodne implementuje zapisy dyrektyw Unii Europejskiej, regulujących zagadnienia związane z gospodarką wodną i ochroną wód przed zagrożeniami, w tym m.in. Dyrektywy 2000/60/WE ustanawiającej ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej, Dyrektywy 2006/118/WE w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniami i pogorszeniem ich stanu oraz na podstawie umowy bilateralnej pt. „Zasady współpracy w dziedzinie hydrogeologii i osłony przeciwpowodziowej na wodach granicznych między Republiką Czeską i Rzeczpospolitą Polską” zatwierdzonej w ramach I rokowania Pełnomocników Rządu Rzeczypospolitej Polskiej i Rządu Republiki Czeskiej ds. Gospodarki Wodnej na wodach granicznych z 1995 r. (Serafin i in., 2013).

Współpraca polsko-czeska na wodach granicznych jest umiejscowiona w planach pracy Grupy Roboczej HyP – ds. hydrologii oraz osłony przeciwpowodziowej na wodach granicznych między RP i ČR. W tym zakresie Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie podjął w 2003 r. działania zmierzające do włączenia przedmiotowego monitoringu do krajowej sieci monitoringu w strefie przygranicznej państwa. W tym celu opracowano projekt pt. „Organizacja sieci obserwacyjnej wód podziemnych w strefie granicznej państwa z Republiką Federalną Niemiec i Republiką Czeską w granicach województwa dolnośląskiego”. Projekt ten jest częścią zadania ogólnokrajowego realizowanego przez PIG-PIB w Warszawie pt. „Opracowanie koncepcji lokalizacji punktów obserwacyjnych i organizacja sieci obserwacyjnej wód podziemnych w strefie przygranicznej państwa z Niemcami, Czechami i Litwą”.

System monitoringu wód podziemnych obejmuje również monitoringi zadaniowe w wybranych rejonach wzdłuż granicy państwowej Polski z Republiką Czeską i Republiką Federalną Niemiec. Monitoringi te podlegają ogólnym wy-

which carry out measurements of groundwater table position and water temperature in the interval of one hour. The research implementation system and the results obtained are subject to regular checks and verification during measurement sessions. After processing, all data are transferred to the PGI-NRI in Warsaw (Korwin-Piotrowska, 2011). Some of the monitoring points have been included in the groundwater observation and research network (SOBWP) operated by the Polish Geological Institute – National Research Institute.

2.2. A FORMAL LEGAL BASIS FOR WATER MONITORING IN THE POLISH-CZECH TRANSBOUNDARY AREA

Monitoring of ground waters and surface waters in the Polish/Czech transboundary area is implemented by the Lower Silesian Branch of the Polish Geological Institute – National Research Institute within the framework of the Polish Hydrogeological Survey, as a groundwater monitoring system in the transboundary areas of Poland with particular emphasis on areas of intense anthropopression. The Water Act implements the provisions of EU directives regulating issues related to the water management and water protection against threats, including Directive 2000/60/WE establishing a framework for the Community to act in the field of water policy, Directive 2006/118/WE on the groundwater protection against pollution and deterioration, and on the basis of a bilateral agreement entitled „The terms of cooperation in the field of hydrogeology and flooding protection on transboundary waters between the Czech Republic and the Republic of Poland” approved during the 1st negotiations of Plenipotentiaries of the Polish Government and the Government of the Czech Republic for Water Management on the transboundary waters in 1995 (Serafin *et al.*, 2013).

The Polish-Czech cooperation on transboundary waters is included in the plans of the working group for hydrology and flooding protection on the transboundary waters of Poland and the Czech Republic, which is called the HyP Group. In this respect, the Polish Geological Institute – National Research Institute in Warsaw undertook actions, in 2003, to include this monitoring system into the national monitoring network in the transboundary area of Poland. For this purpose, a project was developed, titled „Organization of the groundwater observation network in the border area with the Federal Republic of Germany and the Czech Republic within the boundaries of the Lower Silesian Voivodeship”. The project is part of a nationwide undertaking carried out by the PGI-NRI in Warsaw, called “Development of the concept of the location of observation points and organization of the groundwater observation network in the border area with Germany, the Czech Republic and Lithuania”.

The monitoring system also includes groundwater monitoring systems in selected regions along the Polish state’s border with the Czech Republic and with the Federal Republic of Germany. These monitoring systems are subject to

mogom organizacyjnym i metodycznym ustalonym przez PIG-PIB dla monitoringu krajowego.

Bieżące, szczegółowe rozstrzygnięcia dotyczące monitoringu wód powierzchniowych i podziemnych są regulowane w protokołach z organizowanych cyklicznie (dwukrotnie w roku) narad roboczych wspólnej grupy ekspertów hydrologów i hydrogeologów Republiki Czeskiej i Rzeczypospolitej Polskiej. Odnoszą się one do prowadzenia monitoringu i analizy wyników badań wód powierzchniowych i podziemnych strefy przygranicznej w rejonach Police nad Metują-Kudowa-Zdrój (OPKu), Krzeszów-Adršpach (OKrA) oraz zlewni Ścinawki (OS).

Monitoring wód podziemnych i powierzchniowych niecki śródsudeckiej (wewnątrzsudeckiej) w strefie przygranicznej Polski i Czech spełnia kilka priorytetów międzynarodowych i ponadregionalnych, m.in.:

- mieści się w pakiecie bieżących zobowiązań międzynarodowych Ministra Środowiska oraz zadań państwowej służby hydrogeologicznej;
- spełnia wymagania strategii Ministerstwa Środowiska w zakresie ochrony przed zanieczyszczeniem wód podziemnych, a szczególnie głównych zbiorników tych wód;
- spełnia wymagania Konwencji o Ochronie Cieków i Jezior Międzynarodowych;
- mieści się w obszarze działania dwóch międzynarodowych komisji:
 - Międzynarodowej Komisji Ochrony Odry przed Zanieczyszczeniami (MKOOpZ),
 - Międzynarodowej Komisji Ochrony Łaby (MKL).

Przedstawione umocowanie formalnoprawne monitoringu wód na pograniczu polsko-czeskim stanowi podstawę do jego kontynuacji z zastosowaniem ustaleń z piątych rokowań Pełnomocników Rządu Rzeczypospolitej Polskiej i Rządu Republiki Czeskiej ds. Gospodarki Wodnej na Wodach Granicznych (Horní Bečva – 16–18.11. 2003), narad Grupy Roboczej HyP oraz narad Wspólnej Polsko-Czeskiej Grupy Ekspertów Hydrologów i Hydrogeologów ds. Problematyki Wód Podziemnych i Powierzchniowych Strefy Przygranicznej.

Zapisy umów dwustronnych są realizowane przez wspólne Komisje ds. Wód Granicznych, powołane przez Pełnomocników Rządów lub jednostki samorządowe (np. marszałków województw). Zazwyczaj przedmiotem działań wspólnych Komisji ds. Wód Granicznych jest ściśle określony i ograniczony terytorialnie obszar wspólnego zainteresowania.

2.3. WSPÓŁPRACA POLSKICH I CZESKICH HYDROLOGÓW I HYDROGEOLOGÓW W LATACH 2005–2012

Współpraca polsko-czeska na wodach granicznych na obszarze niecki śródsudeckiej składa się z dwóch grup zadań:

- podstawowych, w ramach bieżącej realizacji systemu obserwacji oraz pomiarów wód podziemnych i powierzchniowych (monitoring);

general organizational and methodical requirements established by the PGI-NRI for the national monitoring.

Current, detailed decisions on the monitoring system of surface waters and ground waters are regulated by the protocols of periodically organized (twice a year) workshops of the joint group of expert hydrologists and hydrogeologists from the Czech Republic and the Republic of Poland, concerning the monitoring and analysis of the results of research on surface and ground waters in the transboundary area in the regions of Police nad Metują-Kudowa-Zdrój (OPKu), Krzeszów-Adršpach (OKrA) and the Ścinawka drainage basin (OS).

Monitoring of ground waters and surface waters of the Intra-Sudetic Basin in the Polish/Czech transboundary area has several international and supra-regional priorities:

- is included in a package of current international obligations of the Minister of the Environment, and in the tasks of the Polish Hydrogeological Survey;
- meets the strategic requirements of the Ministry of the Environment for the groundwater protection against pollution, especially of major groundwater basins;
- meets the requirements of the Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes;
- falls within the area of the two international commissions:
 - International Commission for the Protection of the Odra River (MKOOpZ),
 - International Commission for the Protection of the Elbe River (MKL).

The formal and legal empowerment of groundwater monitoring at the Czech-Polish borderland is the basis for its continuation on the basis of findings of the fifth negotiations of Plenipotentiaries of the Government of the Polish Republic and the Government of the Czech Republic for Water Management on Transboundary Waters (Horní Bečva – November 16–18, 2003), workshops of the HyP Group and meetings of the Joint Polish-Czech Group of Expert Hydrologists and Hydrogeologists on Problems of Ground Waters and Surface Waters in the Border Zone.

The provisions of bilateral agreements are implemented by the joint Commissions on Transboundary Waters established by Plenipotentiaries of the Governments or local authorities (e.g. marshals of voivodeships). Typically, the subject of actions of the Commissions on Transboundary Waters is a strictly defined and territorially limited area of common interest.

2.3. COOPERATION OF POLISH AND CZECH HYDROLOGISTS AND HYDROGEOLOGISTS IN THE PERIOD 2005–2012

Polish-Czech cooperation on transboundary waters of the Intra-Sudetic Basin covers two groups of tasks:

- basic tasks, for the current activities within the system of observations and measurements of ground waters and surface waters (monitoring);

- uzupełniających, na które składają się opracowania rocznych raportów z bieżącego stanu prowadzonego rozpoznania na wybranych obszarach.

W analizowanym wieloleciu 2005–2012 po stronie czeskiej całość projektu była finansowana przez Ministerstwo Środowiska Republiki Czeskiej, a wszystkie prace były koordynowane przez Badawczy Instytut Wodnogospodarczy w Pradze (VÚV), który wspólnie z firmą hydrogeologiczną (Hydrogeologická Společnost s.r.o.) z Pragi prowadził przedmiotowy monitoring. Zagadnieniem modelu matematycznego zajmowała się firma PROGEO s.r.o. Roztoky w Pradze.

Po stronie polskiej od 2005 r. badania były prowadzone przez Przedsiębiorstwo Geologiczne PROXIMA SA we Wrocławiu na zlecenie PIG-PIB w Warszawie, który finansował i koordynował projekt (Nowacki i in., 2005; 2006). Od 2008 r. monitoring strefy przygranicznej Polski i Czech na obszarze niecki śródsudeckiej jest prowadzony przez Oddział Dolnośląski PIG-PIB we Wrocławiu.

W latach 2005–2012 w ramach monitoringu wód powierzchniowych i podziemnych strefy przygranicznej Polski i Czech wykonano następujące zadania:

- prace terenowe:
 - pomiary stacjonarne stanów wód podziemnych oraz ciśnień w wybranych punktach obserwacyjnych,
 - pomiary wydajności źródeł,
 - pomiary okresowe przepływów cieków powierzchniowych,
 - okresowa kontrola pracy urządzeń elektronicznych połączona ze odczytywaniem danych z urządzeń;
- wspólne polsko-czeskie pomiary wód podziemnych i powierzchniowych po obydwu stronach granicy państwowej (2 razy w roku – kwiecień i wrzesień);
- narady robocze grup zadaniowych ekspertów hydrologów i hydrogeologów (2 razy w roku – maj i październik);
- prace kameralne – opracowanie sprawozdania zawierającego wyniki prowadzonych prac, protokoły narad Grupy Roboczej HyP i Grupy Roboczej ds. Wód Granicznych;
- automatyzacja punktów obserwacyjnych po stronie polskiej.

Instalację elektronicznych urządzeń pomiarowych przeprowadzono w okresie od 30.03.2009 do 03.04.2009 r. W tym czasie zainstalowano 7 manometrów analogowych (ciśnieniomierzy elektronicznych KELLER) w miejsce starych manualnych ciśnieniomierzy, 17 Loggerów (czujników poziomu zwierciadła wody) oraz współpracujących z nimi kompensatorów ciśnienia (Baro-Loggerów). Wszystkie urządzenia wykonują pomiar stanu zwierciadła wód podziemnych z częstotliwością co godzinę. Rejestratory elektroniczne typu Thalimedes pozostawiono na pięciu przekrojach wodowskazowych. Po stronie czeskiej automatyzacja nastąpiła po zniszczeniach powodziowych w 1997 r.

W analizowanym okresie 2005–2012 wykonano 16 wspólnych polsko-czeskich serii pomiarowych i narad grup ekspertów obu stron – [tab. 1](#).

- supplementary tasks, which consist of annual reporting on the current state of research carried out in selected areas.

In the analysed multiannual period 2005–2012, all of the project on the Czech side was financed by the Ministry of Environment of the Czech Republic, and all work was coordinated by the Water Research Institute in Prague (VÚV) that run the monitoring program in association with a hydrogeological company (Hydrogeologická Společnost s.r.o.) from Prague. The mathematical model was developed by the PROGEO s.r.o. Roztoky company from Prague.

On the Polish side, the studies were conducted since 2005 by the Geological Company PROXIMA SA from Wrocław for the PGI-NRI in Warsaw, which financed and coordinated the project (Nowacki *et al.*, 2005; 2006). Since 2008, the water monitoring of the Polish/Czech border area in the Intra-Sudetic Basin has been run by the Lower Silesian Branch of PGI-NRI in Wrocław.

In the years 2005–2012, the following tasks were executed in the transboundary area within the framework of groundwater and surface water monitoring:

- field work:
 - stationary measurements of groundwater levels and pressures at selected survey points,
 - measurements of discharge rates of springs,
 - periodic measurements of flow rates in surface water-courses,
 - periodic inspection of electronic devices and read-outs of data from the devices;
- joint Polish-Czech measurements of ground waters and surface waters on both sides of the border (twice a year – in April and September);
- workshops of task groups of expert hydrologists and hydrogeologists (twice a year – in May and October);
- office work – development of the report containing the results of work, and the protocols from the meetings of the HyP Group and the Working Group on Transboundary Waters;
- automation of observation points on the Polish side.

Installation of digital measuring devices was carried out in the period from March 30, 2009, to April 03, 2009. During that period, 7 analog pressure gauges (digital KELLER pressure gauges, to replace the old manual pressure gauges) and 17 Loggers (water level sensors) coupled with pressure compensators (Baro-Loggers) were installed. All devices measure the groundwater table level at intervals of one hour. Thalimedes-type electronic recorders were installed at five gauge sections. On the Czech side, automation occurred after the flooding devastation of 1997.

In the period 2005–2012, 16 joint Polish-Czech measurement series and meetings of expert groups of both sides took place – [Tab. 1](#).

Tabela 1
Table

**Kalendarz roboczych spotkań i narad ekspertów hydrologów i hydrogeologów
Republiki Czeskiej oraz Rzeczypospolitej Polskiej**
**Calendar of workshops and meetings of expert hydrologists and hydrogeologists
of the Czech Republic and the Republic of Poland**

Narady <i>Meetings</i>			Wspólne pomiary <i>Joint measurements</i>
numer <i>number</i>	data <i>date</i>	miejsce obrad <i>locality</i>	data <i>date</i>
XXVI	18–20.05.2005	Hrubá Skála	27–28.04.2005
XXVII	16–18.11.2005	Polanica-Zdrój	12–13.09.2005
XXVIII	29–31.06.2006	Lądek-Zdrój	18–19.05.2006
XXIX	22–24.11.2006	Bechyně	18–19.09.2006
XXX	28–30.05.2007	Bechyně	16–17.04.2007
XXXI	20–21.11.2007	Polanica-Zdrój	10–11.09.2007
XXXII	11–13.06.2008	Kudowa-Zdrój	10–11.04.2008
XXXIII	15–17.10.2008	Deštné	17–18.09.2008
XXXIV	13–15.05.2009	Deštné	21–22.04.2009
XXXV	04–06.11.2009	Polanica-Zdrój	21–22.09.2009
XXXVI	12–14.05.2010	Lądek-Zdrój	12–13.04.2010
XXXVII	13–15.10.2010	Teplice nad Metují	21–22.09.2010
XXXVIII	11–13.05.2011	Hrubá Skála	12–13.04.2011
XXXIX	10–12.10.2011	Duszniki-Zdrój	21–22.09.2011
XXXX	28–30.05.2012	Duszniki-Zdrój	16–17.04.2012
XXXXI	03–05.10.2012	Náchodé	06–07.09.2012



3.

WARUNKI NATURALNE OBSZARU BADAŃ

NATURAL FEATURES OF THE STUDY AREA

3.1. CHARAKTERYSTYKA GEOGRAFICZNA

Omawiana strefa przygraniczna Polski i Czech jest położona na pograniczu województw dolnośląskiego i krakowskiego, w obrębie powiatów: Kamienna Góra, Nowa Ruda, Kłodzko, Trutnov, Náchod. Jej położenie określają współrzędne geograficzne: 16°00'–16°25' dł. geogr. E, 50°25'–50°45' szer. geogr. N.

Prace związane z monitoringiem wód podziemnych i powierzchniowych w strefie przygranicznej koncentrują się na powierzchni 680,5 km², w strefie wododziałowej zlewni Morza Bałtyckiego (Odra) i Morza Północnego (Łaba). W obrębie dorzecza Odry badaniami objęto zlewnie Zadrnej (Bóbr) oraz górnej i środkowej Ścinawki (Nysa Kłodzka), zajmujące obszar 330 km². W dorzeczu Łaby badaniami objęto górną i środkową część zlewni Metuji o powierzchni 350,5 km². Powierzchnia obszaru badań po stronie czeskiej wynosi 420,4 km² a po stronie polskiej – 260,1 km². Obszar bilansowania zasobów wód podziemnych dotyczy czterech podstawowych zlewni (Nowacki i in., 2005): Zadrnej do Krzeszowa (cała zlewnia po polskiej stronie), Ścinawki (Stenawy) od Tłumaczowa (zlewnia graniczna), Metuji do Hronowa (prawie cała zlewnia po stronie czeskiej), Szybkiej (Klikawy) i Brlenki (zlewnie graniczne).

Pod względem fizjograficznym obszar objęty badaniami należy do makroregionu Sudety Środkowe, podprovincji Sudety z Przedgórzem Sudeckim, prowincji Masyw Czeski (Kondracki, 2009).

W podziale wodnogospodarczym omawiany teren jest przyporządkowany następującym jednostkom administracji specjalnej:

- po stronie polskiej – region Wodny Środkowej Odry administrowany przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej we Wrocławiu,
- po stronie czeskiej – dorzecze Łaby administrowane przez Povodí Labe z siedzibą w Hradec Králové.

W używanej od 30 lat terminologii wspólnych polsko-czeskich badań hydrologicznych i hydrogeologicznych, obszar badań monitoringowych podzielono na trzy podobszary (fig. 1):

- rejon Krzeszów–Adršpach (OKrA),
- rejon Kudowa-Zdrój–Police nad Metują (OPKu),
- zlewnię Ścinawki (OS).

3.1. GEOGRAPHICAL SETTING

The study area is located at the borderland of the Lower Silesian and Hradec Králové voivodeships, within the districts of Kamienna Góra, Nowa Ruda, Kłodzko, Trutnov and Náchod. The geographical coordinates of the area are as follows: LON 16°00' – 16°25'E, LAT 50°25' – 50°45'N.

The ground water and surface water monitoring system in the borderland covers an area of 680.5 km² within a watershed zone of the Baltic Sea (Odra River) and North Sea (Elbe River) catchment areas. Within the Odra drainage basin, the research encompassed the Zadrna (Bóbr) drainage basin and the upper-middle Ścinawka (Nysa Kłodzka) drainage basin, covering an area of 330 km². In the Elbe (Labe) drainage basin, the research encompassed the upper-middle Metuje drainage basin covering an area of 350.5 km². On the Czech side, the acreage of the study area is 420.4 km², and on the Polish side – 260.1 km². The balance area of groundwater reserves falls within the four major drainage basins (Nowacki *et al.*, 2005): Zadrna down to Krzeszów (entire basin on the Polish side), Ścinawka (Stenava) from Tłumaczów (transboundary drainage basin), Metuje down to Hronov (nearly entire basin on the Czech side), Szybka (Klikawa) and Brlenka (transboundary drainage basins).

In terms of physiographic setting, the study area is included in the macroregion of Central Sudetes, with in the Sudetes and Sudetic Foothill subprovince of the Bohemian Massif province (Kondracki, 2009).

In terms of water management division, the study area is situated in the following special administrative units:

- On the Polish side – Middle Odra Water Region, administered by the Regional Board of Water Management in Wrocław,
- On the Czech side – Elbe (Labe) drainage basin, administered by Povodí Labe with the headquarters in Hradec Králové.

In the terminology of joint Polish-Czech hydrological and hydrogeological research, now used for over 30 years, the area of the monitoring studies has been subdivided into three sub-areas (Fig. 1):

- Krzeszów–Adršpach region (OKrA),
- Kudowa-Zdrój–Police nad Metują region (OPKu),
- Ścinawka drainage basin (OS).

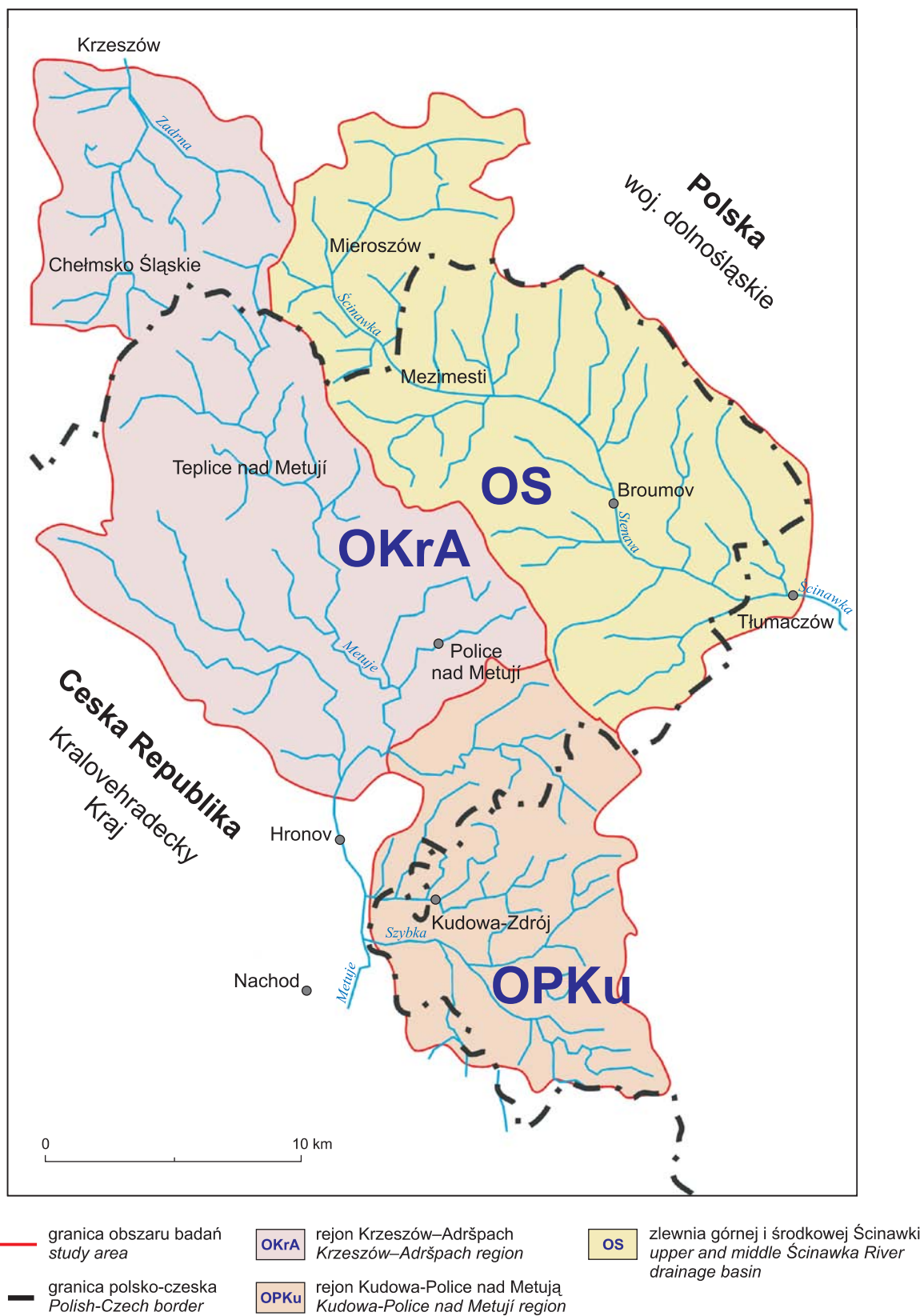


Fig. 1. Lokalizacja obszaru badań (Nowacki i in., 2006)

Study area location (Nowacki et al., 2006)

3.2. PRAWNIE CHRONIONE OBSZARY PRZYRODY

Na obszarze badań jest zlokalizowanych kilka wielkoobszarowych jednostek ochrony przyrody (fig. 2):

- Park Narodowy Gór Stołowych z otuliną (RP),
- Park Krajobrazowy Gór Sowich (RP),
- Park Krajobrazowy Sudetów Wałbrzyskich (RP),
- Obszar Chronionego Krajobrazu Broumovsko (ČR),
- Rezerwat Przyrody Adršpašsko-Teplické skály (ČR),
- Rezerwat Przyrody Broumovské stěny (ČR).

Park Narodowy Gór Stołowych (PNGS) utworzono 16.09.1993 r. Górąmi Stołowymi jest nazywana znajdująca się na terytorium południowo-zachodniej Polski część rozległej, piaskowcowej płyty wypełniającej nieckę śródsudecką, pomiędzy Karkonoszami a Górąmi Bystrzyckimi i Orlickimi. Jej czeski fragment nosi nazwę Broumovska Vrchovina i również jest objęty ochroną (CHKO Broumovsko). Góry Stołowe zamykają od północnego-zachodu Kotlinę Kłodzką. Ciągą się na długości 17 km w kierunku południowo-wschodnim od granicy polsko-czeskiej po przełomową dolinę Bystrzycy Dusznickiej w okolicy Polanicy-Zdroju. Park Narodowy Gór Stołowych przecina niezwykle malowniczo, o każdej porze roku, Szosa Stu Zakrętów, łącząca leżące po przeciwnych stronach masywu miasta Kudowę-Zdrój i Radków. PNGS zajmuje obszar około 63,4 km² wierzchowinowej partii Gór Stołowych z najwyższymi wzniesieniami Szczeliniec Wielki (919 m n.p.m.) i Skalniak (915 m n.p.m.). W otulinie Parku znajdują się popularne uzdrowiska: Polanica-Zdrój, Duszniki-Zdrój i Kudowa-Zdrój (www.pl.wikipedia.org/wiki/Park_Narodowy_G%C3%B3r_Sto%C5%82owych). Park Narodowy Gór Stołowych jest położony w obrębie zlewni I rzędu – Odry i Łaby, II rzędu – Nysy Kłodzkiej i Metuji oraz III rzędu – Ścinawki (Stěnavy), Żydowki (Židovky), Czermnicy, Klikawy (Bystra, Szybka, Střela) i Nysy Kłodzkiej do Ścinawki.

Park Krajobrazowy Gór Sowich, o powierzchni 81,4 km², jest położony w Sudetach Środkowych, w Górach Sowich. Rozciąga się na długości około 18 km, zgodnie z grzbieciem głównym, od Przełęczy Woliborskiej na południowym wschodzie, aż po okolice Jedliny-Zdroju na północnym zachodzie i obejmuje najwyższe wzniesienia: Wielką Sowę, Kalenicę oraz Słoneczną (www.pl.wikipedia.org/wiki/Park_Krajobrazowy_G%C3%B3r_Sowich). Park Krajobrazowy Gór Sowich znajduje się w obrębie zlewni I rzędu – Odry, II rzędu – Odry od Nysy Kłodzkiej do Baryczy i Nysy Kłodzkiej oraz III rzędu – Bystrzycy, Ścinawki (Stěnavy), Nysy Kłodzkiej od Ścinawki do zbiornika Otmuchów.

3.2. NATURAL AREAS PROTECTED BY LAW

Several large nature protection units are located within the study area (Fig. 2):

- Stołowe Mountains National Park and its buffer zone (RP),
- Sowie Mountains Landscape Park (RP),
- Sudety Wałbrzyskie Landscape Park (RP),
- Broumovsko Protected Landscape Area (ČR),
- Adršpašsko-Teplické Skály Nature Reserve (ČR),
- Broumovské Stěny Nature Reserve (ČR).

Stołowe Mountains National Park was established on September 16, 1993. The Stołowe Mountains form part of an extensive plate composed of sandstones, which fills the Intra-Sudetic Basin between the Karkonosze Mountains and Bystrzyckie and Orlickie Mountains in south-western Poland. The Czech part of the mountains, which is also a protected area, is called Broumov Vrchovina (CHKO Broumovsko). The Stołowe Mountains bound the Kłodzko Valley on the northwest, stretching towards the southeast over a distance of 17 km: from the Polish-Czech border to the Bystrzyca Dusznicka River gorge near Polanica-Zdrój. The Stołowe Mountains National Park is transected by the Highway of Hundred Turns, an extremely picturesque road at any time of the year, connecting the towns of Kudowa-Zdrój and Radków, which lie on opposite sides of the Stołowe massif. The Stołowe Mountains National Park covers an area of approximately 63.4 km² of the massif top with the highest elevations of Szczeliniec Wielki (919 m a.s.l.) and Skalniak (915 m a.s.l.). In the buffer zone of the national park, there are popular spa towns of Polanica-Zdrój, Duszniki-Zdrój and Kudowa-Zdrój (www.pl.wikipedia.org/wiki/Park_Narodowy_G%C3%B3r_Sto%C5%82owych). The Stołowe Mountains National Park is located within the first-order drainage basins of the Odra and Elbe rivers, second-order drainage basins of the Nysa Kłodzka and Metuje rivers, and third-order drainage basins of the rivers of Ścinawka (Stěnavy), Żydowka (Židovka), Czermnica, Klikawa (Bystra, Szybka, Střela) and Nysa Kłodzka down to the Ścinawka River.

Sowie Mountains Landscape Park covers an area of 81,4 km² and is located in the Central Sudetes, in the Sowie Mountains. It extends over a distance of approx. 18 km along the main mountain ridge from the Wolibórz Pass in the southeast to Jedlina-Zdrój in the northwest, and includes the highest peaks of Wielka Sowa, Kalenica and Słoneczna (www.pl.wikipedia.org/wiki/Park_Krajobrazowy_G%C3%B3r_Sowich). The Sowie Mountains Landscape Park is located within the first-order drainage basins of the Odra River, second-order drainage basins of the Odra River from the Nysa Kłodzka River to the Barycz River, and of the Nysa Kłodzka, as well as third-order drainage basins of the rivers of Bystrzyca, Ścinawka (Stěnavy), and Nysa Kłodzka from the Ścinawka River to Lake Otmuchów.

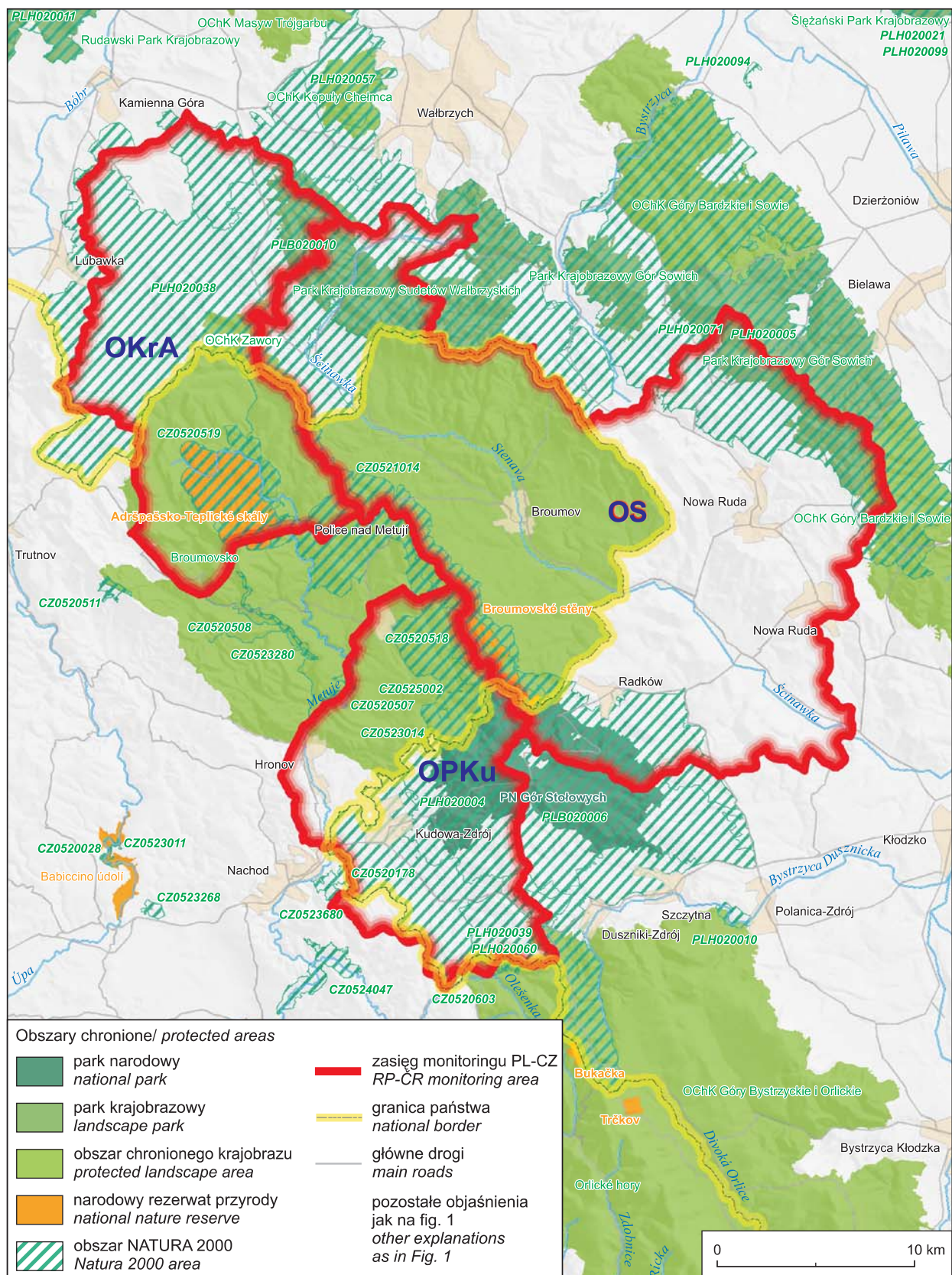


Fig. 2. Rejon badań na tle prawnie chronionych obszarów przyrody

Study area against the background of legally protected nature areas

Park Krajobrazowy Sudetów Wałbrzyskich o powierzchni 64,9 km², utworzono w 1998 r. Jest położony w Sudetach Środkowych. Obejmuje środkową, najwyższą część Gór Kamiennych – Pasma Lesistej (851 m n.p.m.), zachodnią część Gór Suchych z Waligórą (936 m n.p.m.) oraz wschodni fragment Gór Wałbrzyskich (masyw Borowej – Borowa (854 m n.p.m.)) i Rybnicki Grzbiet. Od południa graniczy z czeskim parkiem krajobrazowym Chráněná krajinná oblast (CHKO) Broumovsko (www.pl.wikipedia.org/wiki/Park_Krajobrazowy_Sudet%C3%B3w_Wa%C5%82brzyskich). Park Krajobrazowy Sudetów Wałbrzyskich znajduje się w obrębie zlewni I rzędu – Odry, II rzędu – Odry od Nysy Kłodzkiej do Baryczy, Nysy Kłodzkiej i Bobru oraz III rzędu – Bystrzycy, Ścinawki (Stěnavy) i Bobru do Kamiennicy.

Obszar Chronionego Krajobrazu Ziemia Broumowska – Chráněná krajinná oblast (CHKO) Broumovsko. Obejmuje teren Broumovskich Ścian, Adršpašsko-Teplických skal oraz innych pobliskich formacji skalnych o powierzchni 41 km² (www.pl.wikipedia.org/wiki/Obszar_Chronionego_Krajobrazu_Broumovsko).

Rezerwat Przyrody Adršpašsko-Teplické skály to największy narodowy rezerwat przyrody w Czechach o powierzchni 1772 ha, utworzony w 1933 r. w celu ochrony unikatowych zgrupowań form skalnych zwanych skalnymi miastami. Teplicka część rezerwatu ma bardziej dziki, górski charakter i jest nieco mniej uczęszczana od Adršpašskiej. Wielkie zgrupowania skalnych baszt, kolumn i kanionów o ścianach sięgających 50 m wysokości ukrywają się pośród gęstych lasów nad dolinami potoków (www.obiezyswiat.org/index.php?gallery=14471). Rezerwat Przyrody Adršpašsko-Teplické skály znajduje się w obrębie zlewni I rzędu – Odry i Łaby.

Rezerwat Przyrody Broumovské stěny (Broumowskie ściany) to długi system skalnych miast i wąwozów zbudowanych z piaskowca. Kroki turystów prowadzą tu najczęściej do kapliczki Hvězda, na Božanovský Špičák – najwyższy szczyt i do Kovářovy rokli (Kovářovy wąwóz) (www.pl.cyclopaedia.net/wiki/Broumovsk%C3%A9_st%C4%9Bny). Rezerwat Przyrody Broumovské stěny znajduje się w obrębie zlewni I rzędu – Odry i Łaby.

Na charakteryzowanym obszarze i w jego najbliższym sąsiedztwie (fig. 2) występują następujące obszary NATURA 2000 (www.obszary.natura2000.pl):

- Góry Kamiennie PLH020038,
- Góry Stołowe PLH020004,
- Grodziec i Homole koło Dusznik PLH020039,
- Góry Orlickie PLH020060,
- Ostroja Nietoperzy Gór Sowich PLH 020071,
- Góry Stołowe PLB020006,

Sudety Wałbrzyskie Landscape Park has an area of 64.9 km² and was established in 1998. It is situated in the Central Sudetes, covering the Lesista Range (851 m a.s.l.) i.e. the highest part of the Kamienne Mountains, western part of the Suche Mountains with the Waligóra peak (936 m a.s.l.), western part of the Wałbrzyskie Mountains (Borowa Massif – Borowa (854 m a.s.l.) and the Rybnicki Ridge. To the south, it borders the Broumovsko Chráněná Krajinná Oblast (CHKO) landscape park on the Czech side (www.pl.wikipedia.org/wiki/Park_Krajobrazowy_Sudet%C3%B3w_Wa%C5%82brzyskich). The Sudety Wałbrzyskie Landscape Park is located within the first-order drainage basin of the Odra River, second-order drainage basins of the Odra River from the Nysa Kłodzka River to the Barycz River, and of the Nysa Kłodzka and Bóbr rivers, as well as third-order drainage basins of the rivers of Bystrzyca, Ścinawka (Stěnavy), and Bóbr down to the Kamienna River.

Broumovsko Protected Landscape Area (Chráněná Krajinná Oblast (CHKO) Broumovsko) – protected landscape area in the Czech Republic. It covers an area of Broumovské Stěny, Adršpašsko-Teplické Skály and other nearby situated rocky formations with an acreage of 41 km² (www.pl.wikipedia.org/wiki/Obszar_Chronionego_Krajobrazu_Broumovsko).

Adršpašsko-Teplické Skály Nature Reserve is the largest national nature reserve in the Czech Republic, covering an area of 1,772 ha, and established in 1933 for the protection of unique complexes of rocky formations called the stone cities. The Teplice part of the nature reserve is wilder and more mountainous in nature, and is slightly less frequented by tourists than the Adršpaš part. Huge clusters of rocky towers, columns and canyons with walls up to 50 metres in height are hidden in dense forests upon stream valleys (www.obiezyswiat.org/index.php?gallery=14471). The Adršpašsko-Teplické Skály Nature Reserve is located within the first-order drainage basins of the Odra and Elbe rivers.

Broumovské Stěny Nature Reserve (Broumov Walls) covers a long ridge with the stone cities made of sandstone. The tourists usually visit the Hvězda chapel, Božanovský Špičák – the highest peak, and Kovářovy rokli (gorge) (www.pl.cyclopaedia.net/wiki/Broumovsk%C3%A9_st%C4%9Bny). The Broumovské Stěny Nature Reserve is located within the first-order drainage basins of the Odra and Elbe rivers.

In the study area and its nearest neighbourhood, there are the following areas of NATURA 2000 (www.obszary.natura2000.pl) (Fig. 2):

- Góry Kamiennie (Kamienne Mountains) PLH020038,
- Góry Stołowe (Stołowe Mountains) PLH020004,
- Grodziec and Homole near Duszniki PLH020039,
- Góry Orlickie (Orlickie Mountains) PLH020060,
- Ostroja Nietoperzy Gór Sowich (Bat Refuge of the Sowie Mountains) PLH 020071,
- Góry Stołowe (Stołowe Mountains) PLB020006,

- Sudety Wałbrzysko-Kamiennogórskie PLB020010,
- Kamionka PLH020005.

Góry Kamienne PLH020038, powierzchnia 24 098,9 ha. Obszar ten jest bardzo ważny dla ochrony rzadko występujących w Polsce podgórskich łąk Polygono-Trisetion. Zgodnie z podziałem fizjograficznym (Kondracki, 2009) ostoja Góry Kamienne znajduje się w trzech mezoregionach – niewielkie fragmenty tego terenu są położone w obrębie mezoregionów Gór Stołowych (Zawory) i Obniżenia Ścinawki, natomiast główna część znajduje się w obrębie mezoregionu Gór Kamiennych. Jest to przede wszystkim teren górzysty, w większości pokryty przez półnaturalne łąki oraz zbiorowiska leśne. Krajobraz jest tu silnie zróżnicowany, strome stożki gór oddzielają głębokie doliny potoków, a małowniczo położone w szerszych dolinach wsie okalają rozległe łąki kośne i pastwiska. Obszar ten jest bardzo ważny dla ochrony rzadko występujących w Polsce podgórskich łąk oraz naskalnych muraw nawapiennych w rezerwacie „Kruczy Kamień”. Na niewielkich powierzchniach występują suche murawy i ich stadia sukcesyjne (obejmujące m.in. bogate stanowiska storczyków), siedliska naskalne oraz jaskinie. Obszar ten jest ważny dla nietoperzy (podkowiec mały, mopek, trzy gatunkinocków) mających zimowiska w sztolniach koło Uniemyśla i na Dzikowcu. Bardzo często występuje tu wydra, rzadziej bóbr i traszka grzebieniasta. W potokach spotkać można piskorza i minoga strumieniowego. Bogaty jest świat owadów – w bardzo dużych populacjach występuje tu modraszek nausithous, rzadziej telejus, czerwonończyk nieparek i pachnica dębowa (www.obszary.natura2000.pl). Obszar NATURA 2000 – PLH020038 znajduje się w obrębie zlewni I rzędu – Odry i Łaby, II rzędu – Nysy Kłodzkiej, Bobru, Odry od Nysy Kłodzkiej do Baryczy (poza granicami monitoringu granicznego), Metuji, Úpy oraz III rzędu – Bystrzycy (poza granicami monitoringu granicznego), Bobru do Kamienniej, Metuji do Żydówki, Ličná.

Góry Stołowe PLH020004, powierzchnia 10 983,6 ha. Góry Stołowe są jedynymi w Polsce górami płytowymi z interesującymi formami rzeźby skalnej. Zbudowane są z najmłodszych w niecce śródsudeckiej, górnokredowych piaskowców ciosowych i margli. Skały zalegają bardzo płasko, tworząc dwupiętrową strukturę (górna płyta jest silnie spękana i zwiertrzała) o wierzchołkach przypominających z daleka stół. Najpiękniejsze piaskowcowe skałki są zgrupowane na północno-wschodniej krawędzi (Skalne Grzyby, Skłón Radkowa, Pasterska Góra) i na południowo-wschodniej krawędzi masywu (Skłón Batorowa, Skały Puchacza i in.), a także na najwyższych partiach gór (Szczelińcach Wielkim i Małym, Skalniaku, Błędnych Skałkach). Wartość przyrodniczą tego obszaru uznano już wcześniej, tworząc na jego terenie Park Narodowy, jednak obszar Natura wykracza daleko poza

- Sudety Wałbrzysko-Kamiennogórskie (Wałbrzych–Kamienna Góra Sudetes Mts.) PLB020010,
- Kamionka PLH020005.

Góry Kamienne (Kamienne Mountains) PLH020038, 24,098.9 ha in area. This is a very important area for the protection of Polygono-Trisetion mountain meadows, very rare in Poland. According to the physiographic division (Kondracki, 2009), the Kamienne Mts. refuge is located within the boundaries of three mesoregions: small parts of its area are situated within the mesoregions of Stołowe Mountains (Zawory) and Ścinawka Depression, whereas the main part is included in the Kamienne Mountains mesoregion. This is mainly a mountainous area, mostly covered by semi-natural grassland and forest communities. The landscape is highly diverse, steep mountain cones are separated by deep stream valleys, and villages picturesquely situated in wider valleys are surrounded by extensive hay meadows and pastures. The area is very important for the protection of mountain meadows and rocky calcareous grassland in the “Kruczy Kamień” (“Raven Stone”) nature reserve, which are rare in Poland. There are also small areas covered with dry grassland and its successional stages (including, among others, abundant orchid communities), rocky habitats and caves. This area is important for bats (Lesser Horseshoe Bat, Barbastelle, three species of mouse-eared bats) having their winter shelters in mine adits near Uniemyśl and on Dzikowiec. Otters are frequent here, whereas beavers and Great Crested Newt are rare. The streams are inhabited by Eel and Brook Lamprey. The world of insects is rich; there are very numerous populations of Dusky Large Blue, whereas Scarce Large Blue, Large Copper and Hermit Beetle are rarer (www.obszary.natura2000.pl). The area of NATURA 2000 PLH020038 is located within the first-order drainage basins of the Odra and Elbe rivers, second-order drainage basin of the rivers Nysa Kłodzka, Bóbr, Odra from the Nysa Kłodzka River to the Barycz River (beyond the limits of the transboundary monitoring), Metuje and Úpa, and third-order drainage basins of the rivers Bystrzyca (beyond the limits of the transboundary monitoring), Bóbr down to the Kamienna River, Metuje down to the Żydowka River, and Ličná.

Góry Stołowe (Stołowe Mountains) PLH020004, 10,983.6 ha in area. The Stołowe Mountains are the only table mountains in Poland, with interesting rocky formations. In the Intra-Sudetic Basin, they are composed of Upper Cretaceous “quader” sandstones and marls. The strata lie very flat, creating a two-level structure (the upper plate is heavily fractured and weathered) with plateaus resembling a table when viewed from a distance. The most beautiful sandstone rocks are clustered on the north-eastern edge (Skalne Grzyby (Rocky Mushrooms), Skłón Radkowa, Pasterska Góra (Mt.)), south-eastern edge of the massif (Skłón Batorowa, Skały Puchacza (Eagle Owl Rocks) and others), and at its top parts (Szczelińiec Wielki and Mały, Skalniak, Błędne Skałki (Errant Rocks)). The environmental value of the area was appreciated long ago by creating National Park on its territory, but the Na-

jego granice. Dlatego też do cennych siedlisk zalicza się tu także murawy kserotermiczne okolic Kudowy-Zdroju i Czermej oraz łąki zmiennowilgotne koło Szczytnej. Szata roślinna tych gór należy do piętra regła dolnego, lecz została silnie przekształcona przez człowieka i obecnie jest to głównie las świerkowy, wprowadzony w miejsce wyciętych lasów bukowo-jodłowych. Dobrze zachowały się dolneregłowe zbiorowiska lasów bukowych w rejonach Rogowej Kopy, Darnkowskiego Potoku i Pośny. Lokalnie można tu spotkać naturalne świerczyny i reliktowe stanowiska boru sosnowego. Występują tu łąkowe zbiorowiska o dużym stopniu naturalności, szczególnie cenne są skupione w okolicy Rogowej Kopy oraz wsi Czerмна. Na środkowym spłaszczeniu występują torfowiska wysokie i przejściowe (www.obszary.natura2000.pl). Obszar NATURA 2000 – PLH020004 znajduje się w obrębie zlewni I rzędu – Odry i Łaby, II rzędu – Nysy Kłodzkiej, Metuji oraz III rzędu – Żydówki (Židovky), Czermnicy, Klikawy (Bystra, Szybka, Střela).

Grodczyn i Homole koło Dusznik PLH020039, powierzchnia 287,9 ha. Obszar obejmuje południowo-wschodnią część Wzgórz Lewińskich w pobliżu przełęczy Polskie Wrota. Teren jest pokryty głównie przez bogate gatunkowo górskie łąki kośne, murawy kserotermiczne oraz ekstensywnie użytkowane pastwiska. Na wzgórzu Homole występują niewielkie, lecz dobrze zachowane płyty klonowo-lipowych lasów zboczowych *Aceri-Tilietum* oraz buczyn. Najistotniejsze z nich to priorytetowe murawy kserotermiczne *Brometalia erecti* (bardzo rzadko spotykane w Polsce) z licznymi zagrożonymi gatunkami roślin, m.in. storczykowatych i innymi. Istotne są również górskie łąki oraz wilgotne łąki i młaki (www.obszary.natura2000.pl). Obszar NATURA 2000 – PLH020039 znajduje się w obrębie zlewni I rzędu – Odry i Łaby, II rzędu – Nysy Kłodzkiej, Metuji oraz III rzędu – Nysy Kłodzkiej do Ścinawki, Żydówki (Židovky), Czermnicy, Klikawy (Bystra, Szybka, Střela).

Góry Orlickie PLH020060, powierzchnia 2798,1 ha. Góry Orlickie są południkowo rozciągniętym pasmem znajdującym się na terenie Republiki Czeskiej i tylko niewielki fragment głównego grzbietu leży w granicach Polski. Są to przede wszystkim zbocza o ekspozycji wschodniej i północno-wschodniej, co nadaje specyficzny surowy klimat i warunki wysokie sumy opadów oraz bardzo krótki sezon wegetacyjny. Rodzaj podłoża geologicznego (zwłaszcza obecność skał wapiennych) sprzyja występowaniu cennej mozaiki siedlisk leśnych, naskalnych i łąkowych. Na uwagę zasługują bardzo dobrze zachowane siedliska żywnych lasów bukowych i ziołoroślowych jaworzyn górskich oraz związane z nimi siedliska wapiennych ścian skalnych. Łącznie stwierdzono 14 rodzajów siedlisk z załącznika I Dyrektywy Siedliskowej (www.obszary.natura2000.pl). Obszar NATURA 2000 – PLH020060 znajduje się w obrębie zlewni I rzędu –

tura 2000 area goes far beyond its limits. Therefore, valuable habitats also include xerothermic grasslands near Kudowa-Zdrój and Czerмна, and wet meadows near Szczytna. The vegetation of these mountains represents the lower Subalpine forest, however heavily modified by humans to presently consist mostly of spruce forest introduced in place of the exploited beech-fir forests. Beech forest communities of the lower Subalpine zone are well preserved in the area of Rogowa Kopa, Darnkowski Stream and Pośna. Locally, there are natural spruce forests and relict pine communities. Meadow communities with a high degree of naturalness are also found in this region. Especially valuable ones are concentrated around Rogowa Kopa and the village of Czerмна. In the central plateau, there are raised and transitional peat bogs (www.obszary.natura2000.pl). The area of NATURA 2000 PLH020004 is located within the first-order drainage basins of the Odra and Elbe rivers, second-order drainage basins of the Nysa Kłodzka and Metuje rivers, and third-order drainage basins of the rivers Żydówka (Židovka), Czermnica and Klikawa (Bystra, Szybka, Střela).

Grodczyn and Homole near Duszniki PLH020039, 287.9 ha in area. The area encompasses the south-eastern part of the Lewin Hills near the Polskie Wrota (Polish Gate) Pass. It is covered mainly by species-rich mountain hay meadows, xerothermic grasslands and extensively used pastures. On the Homole Hill, there are small, but well-preserved patches of maple-linden *Aceri-Tilietum* slope forests and beech communities. The most significant are the priority xerothermic grasslands of *Brometalia erecti* (very rare in Poland) with a number of endangered plant species, including orchids and other rare or endangered species. Significant are also mountain meadows and wet meadows and marshes (www.obszary.natura2000.pl). The area of NATURA 2000 PLH020039 is located within the first-order drainage basins of the Odra and Elbe rivers, second-order drainage basins of the Nysa Kłodzka and Metuje rivers, and third-order drainage basins of the rivers Nysa Kłodzka down to the Ścinawka River, Żydówka (Židovka), Czermnica and Klikawa (Bystra, Szybka, Střela).

Góry Orlickie (Orlickie Mountains) PLH020060, 2,798.1 ha in area. The Orlickie Mountains are a longitudinally stretching range located in the Czech Republic, and only a small portion of the main ridge lies in Poland. These are mainly east- and northeast-exposed slopes, which determines the specific harsh climate and high rainfall rates with a very short growing season. The near-surface lithology (especially limestones) favours the occurrence of valuable mosaic of forest, rocky and meadow habitats. Noteworthy are very well-preserved habitats of fertile beech forests and mountain herb forests with sycamore, and associated habitats of carbonate rock walls. A total of 14 habitat types have been found among those listed in Annex I to the Habitats Directive (www.obszary.natura2000.pl). The area of NATURA 2000 PLH020060 is located within the first-order drainage basins of the Odra and Elbe rivers, second-order drainage

Odry i Łaby, II rzędu – Nysy Kłodzkiej, Metuji oraz III rzędu – Klikawy (Bystra, Szybka, Střela), Oleszanki (Olešenki, Oleśnicki Potok), Nysy Kłodzkiej do Ścinawki (poza granicami monitoringu granicznego), Orlicy do Cichej Orlicy (poza granicami monitoringu granicznego).

Ostoja Nietoperzy Gór Sowich PLH 020071, powierzchnia 21 324,9 ha. Na tym obszarze stwierdzono występowanie trzech gatunków nietoperzy oraz szesnastu cennych obiektów – miejsc zimowania nietoperzy w Górach Sowich. Znajdują się tu także siedliska przyrodnicze, m.in.: kompleks cennych łąk Glinno–Zagórze, wyspowe stanowisko boru górnoreglowego na Wielkiej Sowie i rozproszone płaty innych siedlisk. Wyznaczone granice obejmują również obszar żerowiskowy dla kolonii rozrodzkiej nietoperzy. Kolonia rozrodzka nocka dużego w Rościszowie to jedno z największych letnich, znanych zgrupowań tego gatunku w Polsce (www.obszary.natura2000.pl). Obszar NATURA 2000 – PLH 020071 znajduje się w obrębie zlewni I rzędu – Odry, II rzędu – Nysy Kłodzkiej, Odry od Nysy Kłodzkiej do Baryczy (poza granicami monitoringu granicznego) oraz III rzędu – Bystrzycy (poza granicami monitoringu granicznego), Ścinawki (Stěnavi), Nysy Kłodzkiej od Ścinawki do zbiornika Otmuchów (poza granicami monitoringu granicznego).

Góry Stołowe PLB020006, powierzchnia 19 816,7 ha. Stwierdzono tu występowanie 163 gatunków ptaków, z tego 115 lęgowych lub prawdopodobnie lęgowych. Wyjątkową cechą terenu jest jego duża mozaikowość. Przeplatają się tu przestrzenie otwarte w postaci łąk, ugorów i nielicznych pól uprawnych, silnie zalesione bory świerkowe i buczyny oraz lasy mieszane, środowiska synantropijne, ostańce, pionowe ściany skalne, itp. Szata roślinna należy do piętra regła dolnego, lecz została silnie przekształcona przez człowieka i obecnie jest to głównie las świerkowy wprowadzony w miejsce wyciętych lasów bukowo-jodłowych. Dobrze zachowały się dolnoreglowe zbiorowiska lasów bukowych w rejonach Rogowej Kopy, Darnkowskiego Potoku i Pośnej. Lokalnie można spotkać naturalne świerczyny i reliktowe stanowiska boru sosnowego. Występują tu łąkowe zbiorowiska o dużym stopniu naturalności. Na środkowym spłaszczeniu występują torfowiska wysokie. Zróżnicowanie siedliskowe dodatkowo potęguje wpływ klimatu działającego odmiennie zależnie od położenia nad poziom morza. Powoduje to, że sąsiadują tu ze sobą ptaki o różnych wymaganiach siedliskowych i klimatycznych (www.obszary.natura2000.pl). Obszar NATURA 2000 – PLB020006 znajduje się w obrębie zlewni I rzędu – Odry i Łaby, II rzędu – Nysy Kłodzkiej, Metuji oraz III rzędu – Czermnicy, Klikawy (Bystra, Szybka, Střela), Oleszanki (Olešenki, Oleśnicki Potok), Metuji od Klikawy do Olszanki, Ścinawki (Stěnavi), Żydowki (Židov -

basins of the Nysa Kłodzka and Metuje rivers, and third-order drainage basins of the rivers Klikawa (Bystra, Szybka, Střela), Oleszanka (Olešenka, Oleśnicki Stream), Nysa Kłodzka down to the Ścinawka River (beyond the limits of the transboundary monitoring), and Orlica down to the Cicha Orlica River (beyond the limits of the transboundary monitoring).

Ostoja Nietoperzy Gór Sowich (Bat Refuge of the Sowie Mountains) PLH 020071, 21,324.9 ha in area. This area is inhabited by three bat species. It consists of 16 objects of significant value representing sites of winter shelters for bats in the Sowie Mountains. The area also includes natural habitats, among others, a complex of the valuable Glinno–Zagórze meadows, an insular site of coniferous forest of the upper Subalpine level on the peak of Wielka Sowa Mt., and scattered patches of other habitats. There is also a breeding colony of bats within the limits of the area. The breeding colony of *Myotis myotis* at Rościszów is among the largest known summer colonies of this species in Poland (www.obszary.natura2000.pl). The area of NATURA 2000 PLH 020071 is located within the first-order drainage basin of the Odra River, second-order drainage basin of the rivers Nysa Kłodzka and Odra from the Nysa Kłodzka River down to the Barycz River (beyond the limits of the transboundary monitoring), and third-order drainage basins of the rivers Bystrzyca (beyond the limits of the transboundary monitoring), Ścinawka (Stěnavá), and Nysa Kłodzka from the Ścinawka River down to Lake Otmuchów (beyond the limits of the transboundary monitoring).

Góry Stołowe (Stołowe Mountains) PLB020006, 19,816.7 ha in area. In this area, 163 bird species have been encountered, of which 115 are breeding or probably breeding species. A unique feature of the area is its high environmental diversity. There is a mosaic of open space landscapes like meadows, fallow land and few arable fields, and dense coniferous forests of spruce and beech, mixed forests, synanthropic habitats, rock outliers, vertical rock walls, etc. The vegetation represents the lower Subalpine forest level, however heavily affected by humans and now mainly with spruce forests introduced in place of the exploited beech-fir forests. Well-preserved lower Subalpine communities of beech forests occur in the area of Rogowa Kopa, Darnkowski Stream and Pośna. Locally, natural spruce forests and relicts of pine forest can be found. There are also meadow communities with a high degree of naturalness. The central plateau is the area of raised peat bogs. The diversity of habitats is additionally enhanced by the effect of climatic factors acting differently depending on the elevation above sea level. The result is that birds of different habitat and climatic requirements can occur adjacent to each other (www.obszary.natura2000.pl). The area of NATURA 2000 PLB020006 is located within the first-order drainage basins of the Odra and Elbe rivers, second-order drainage basins of the Nysa Kłodzka and Metuje rivers, and third-order drainage basins of the rivers Czermnica, Klikawa (Bystra, Szybka, Střela), Oleszanka (Olešenka, Oleśnicki Stream), Metuje

ki), Nysy Kłodzkiej do Ścinawki (poza granicami monitoringu granicznego).

Sudety Wałbrzysko-Kamiennogórskie PLB020010, powierzchnia 31 574,1 ha. Góry Kamienne są zbudowane z permskich skał wulkanicznych: ryolitów, trachybazaltów i tufów wulkanicznych, leżących na podłożu plastycznych skał osadowych. Pomimo że są to góry stosunkowo niskie, to jednak dzięki specyficznej strukturze geologicznej charakteryzują się dużą stromością stoków i silnie zróżnicowanym profilem linii grzbietowej. Patrząc od zachodu Góry Kamienne dzielą się na: Góry Krucze, niewysokie Pasma Czarne Lasu, Wzgórza Krzeszowskie, następnie Masyw Dzikowca i Pasma Lesistej oraz najrozleglejsze Góry Suche. Od południa opadają w Kotlinę Krzeszowską, którą zamyka niewielkie, graniczne pasmo Zaworów zbudowane ze skał piaszczystych stanowiących fragment tarczy Basenu Czeskiego, przechodzący ze strony Czech. Uwzględniono również leżący pomiędzy Zaworami a Górami Suchymi fragment Obniżenia Ścinawki w okolicy Mioszowa. Leżące bardziej na północ Góry Wałbrzyskie tworzą izolowane, zalesione kopuły wzniesione do 400 m ponad poziom Pogórza Wałbrzyskiego. Pod względem rzeźby i budowy geologicznej nie różnią się one istotnie od Gór Kamiennych (www.obszary.natura2000.pl).

Na zachód od Gór Kamiennych, na linii północ-południe, rozciąga się wyseparowana w mało odpornych skałach karbońskich Kotlina Kamiennogórska rozdzielająca Sudety Środkowe od Sudetów Zachodnich. Stanowi ona najniższe obniżenie w granicznym paśmie Sudetów. Z jej płaskiego dna wznoszą się strome szczyty Wzgórz Bramy Lubawskiej. W krajobrazie tego obszaru przeważają rozległe tereny bardzo ekstensywnie użytkowanych łąk i pastwisk, przy mniejszym udziale gruntów ornych. W wyniku sąsiedztwa licznych ośrodków przemysłowych lasy zostały silnie zmienione w wyniku intensywnej eksploatacji, jednak na znacznych obszarach zachowały się cenne jaworzyny, kwaśne i żyzne buczyny górskie, podgórskie łągi olszowo-jesionowe oraz fragmenty borów bagiennych. Istotny jest również znaczny udział wychodni i osuwisk skalnych oraz licznych niewielkich zbiorników wodnych (*op. cit.*).

Występują tu rzadko spotykane gatunki ptaków, tj.: bocian czarny i biały, trzmielozjad, kania czarna, błotniak stawowy, sokół wędrowny, jarząbek itp. (*op. cit.*).

Obszar NATURA 2000 – PLH020010 znajduje się w obrębie zlewni I rzędu: Odry i Łaby, II rzędu: Nysy Kłodzkiej, Bobru, Odry od Nysy Kłodzkiej do Baryczy (poza granicami monitoringu granicznego), Metuji, Úpy oraz III rzędu: Bystrzycy (poza granicami monitoringu granicznego), Bobru do Kamiennej, Metuji do Żydówki, Ličnej.

from the Klikawa River down to the Olszanka River, Ścinawka (Stěnavá), Žydovka (Židovka), and Nysa Kłodzka down to the Ścinawka River (beyond the limits of the transboundary monitoring).

Sudety Wałbrzysko-Kamiennogórskie (Wałbrzych-Kamienna Góra Sudetes Mts.) PLB020010, 31,574.1 ha in area. The Kamienne Mountains are composed of Permian volcanites: rhyolites, trachybasalts and volcanic tuffs, overlying the basement of plastic sedimentary rocks. Although the mountains are relatively low, however, due to the unique geological structure, they are characterized by very steep slopes and highly diversified profile of the mountain ridge line. Looking from the west, the Kamienne Mountains are subdivided into the Krucze Mountains, relatively low Czarne Las Range, Krzeszów Hills, Dzikowiec Massif and Lesista Range, and the most extensive Suche Mountains. From the south, they descend towards the Krzeszów Valley that is bounded by the small border range of Zaworów extending from the Czech Republic and composed of sandstones being part of the Bohemian Basin. Included is also part of the Ścinawka Depression near Mioszów, situated between the Zawory range and the Suche Mountains. The Wałbrzyskie Mountains, located to the north, form an isolated, wooded dome raised to 400 m above the level of the Wałbrzych Foothills. In terms of topographic features and geological structure, they do not differ significantly from the Kamienne Mountains (www.obszary.natura2000.pl).

To the west of the Kamienne Mountains, there is the N-S-trending Kamienna Góra Valley eroded in poorly resistant Carboniferous rocks. The valley separates the Central Sudetes from the West Sudetes. This is the lowest point in the border range of the Sudetes. Its flat bottom sharply contrasts with the steep peaks of the Lubawska Brama (Lubawa Gate) Hills. The landscape of this region is dominated by large areas of very extensively used meadows and pastures, with a smaller proportion of arable land. Due to the proximity to many industrial centres, the forests have been heavily modified as a result of intense exploitation. However, valuable sycamore forests, acidic and fertile beech mountain forests, foothill alder-ash riparian forests and fragments of marshy coniferous forests have been preserved in this area. Also noticeable is the significant proportion of rocky outcrops and landslides, as well as numerous small water bodies (*op. cit.*).

There are a number of rare animal species here, such as: black stork, white stork, honey buzzard, black kite, marsh harrier, peregrine falcon, hazel grouse, etc. (*op. cit.*).

The area of NATURA 2000 PLH020010 is located within the first-order drainage basins of the Odra and Elbe rivers, second-order drainage basins of the rivers Nysa Kłodzka, Bóbr, Odra from the Nysa Kłodzka River down to the Barycz River (beyond the limits of the transboundary monitoring), Metuje, and Úpa, and third-order drainage basins of the rivers Bystrzyca (beyond the limits of the transboundary monitoring), Bóbr down to the Kamienna River, Metuje down to the Žydovka River, and Lična.

Kamionka PLH020005, powierzchnia 87,8 ha. Obszar ten obejmuje tereny leżące w bezpośrednim sąsiedztwie wsi Kamionka (na zachód od zabudowań). Są to północne stoki Gór Sowich, na których odsłonięte skały serpentynitowe są otoczone lasem (z przewagą sosny) użytkowanym gospodarczo. Okolicę stanowi kompleks łąk użytkowanych ekstensywnie. Na opisywanym terenie występują dwa siedliska – niżowe i górskie świeże łąki użytkowane ekstensywnie oraz ściany skalne i urwiska krzemianowe ze zbiorowiskami z *Androsacion vandellii*. Omawiany obszar jest jednym z kilku najbogatszych stanowisk zanokcicy serpentynowej (*Asplenium adulterinum*) w Polsce. Występuje tu 7–20% jej populacji. Ponadto około 30% polskiej populacji zanokcicy ciemnej oraz niewielka populacja zanokcicy klinowatej. Jest to jedno z niewielu jej stanowisk poza Masywem Ślęży (www.obszary.natura2000.pl). Obszar NATURA 2000 – PLH 020005 znajduje się w obrębie zlewni I rzędu – Odry, II rzędu – Odry od Nysy Kłodzkiej do Baryczy (poza granicami monitoringu granicznego) oraz III rzędu – Bystrzycy (poza granicami monitoringu granicznego).

3.3. SIEĆ RZECZNA OBSZARU BADAŃ

Obszar badań jest położony w strefie wododziałowej zlewisk Morza Bałtyckiego (dorzecze Odry) i Morza Północnego (dorzecze Łaby) – [fig. 3](#). Dział wodny przebiega przez Góry Stołowe, Mioszowskie Ściany i Zawory w kierunku Gór Kruczych. Po stronie polskiej sieć rzeczna jest przynależna do dwóch dużych zlewni – Bobru, do którego uchodzi Zadrna odwadniająca nieckę Krzeszowa oraz Nysy Kłodzkiej, do której uchodzi Ścinawka (Stěnavá). Sieć rzeczna omawianego terenu jest dobrze rozwinięta. W zlewni Zadrnej głównym dopływem jest Gorzeszowski Potok. Sieć rzeczna stanowi szereg potoków górskich spływających z Gór Suchych, Zaworów i Wzgórz Krzeszowskich. Zlewnia Ścinawki ma sieć rzeczna słabo rozwiniętą w górnej części – źródłkowej oraz w części przełomowej przez Góry Wałbrzyskie (głównym dopływem jest tu potok Sokołowice).

Zlewnia Ścinawki swoją sieć rzeczna rozwija w obrębie obniżenia Mioszowa (Czarci Potok, ciek rejonu Mioszowa, Nowego Siodła i Golińska). Również dobrze jest rozwinięta sieć rzeczna środkowej części zlewni Ścinawki po stronie czeskiej. Stěnavá płynąca w obniżeniu Broumova stanowi oś drenażu dla spływających cieków odwadniających skłony Gór Suchych (Jestřebí hory) oraz Gór Stołowych (Broumovské stěny).

Nieckę Policką po czeskiej stronie odwadnia rzeka Metuje wypływająca z Adršpašsko-Teplickich skál. W swym biegu przyjmuje Adršpašský potok, Zdoňovský potok, Vlasenku, Pěkovský potok, Ledhuję, Židovkę, Brlenkę i Dřevíč z Jivką. Rejon Kudowy-Zdroju i Gór Stołowych jest odwadniany przez Czermnicę z Kudowskim Potokiem (zlewnia Brlenki) oraz przez Szybką z Dańczówką. Północno-zachodni skłony Gór Stołowych jest odwadniany w kierunku

Kamionka PLH020005, 87.8 ha in area. This area encompasses the immediate environs of the village of Kamionka, west of it, on the northern slopes of the Sowie Mountains. This is a wooded hill with exposures of serpentinite rocks, surrounded by economically used forests dominated by pine. The surrounding area is a complex of extensively used meadows. There are two habitats in this area – extensively used lowland and mountain hay meadows as well as rock walls and silicate cliffs with communities containing *Androsacion vandellii*. This area is among the richest sites of *Asplenium adulterinum* in Poland. About 7–20% of its population in the territory of Poland is found here. In addition, there is about 30% of the population of black spleenwort and a small population of *Asplenium cuneifolium*. This is one of the few sites of its occurrence outside the Ślęża Massif (www.obszary.natura2000.pl/). The area of NATURA 2000 PLH 020005 is located within the first-order drainage basin of the Odra River, second-order drainage basin of the Odra River from the Nysa Kłodzka River down to the Barycz River (beyond the limits of the transboundary monitoring), and third-order drainage basin of the Bystrzyca River (beyond the limits of the transboundary monitoring).

3.3. RIVER SYSTEM OF THE STUDY AREA

The study area is located within the Baltic Sea (Odra drainage basin) and North Sea (Elbe drainage basin) catchment areas – [Fig. 3](#). The watershed runs along the Stołowe Mountains, Mioszowskie Ściany (rock walls) and Zawory towards the Krucze Mountains. On the Polish side, the river network represents two large drainage basins: of the Bóbr River with its tributary of the Zadrna River that drains the Krzeszów Trough, and of the Nysa Kłodzka River with its tributary of the Ścinawka (Stěnavá) River. The river system of this area is well developed. In the Zadrna drainage basin, the main tributary is the Gorzeszowski Stream. This river system consists of a series of mountain streams flowing from the Suche Mountains, Zawory and Krzeszów Hills. The river system of the Ścinawka drainage basin is poorly developed in its upstream area and in the river gorge through the Wałbrzyskie Mountains (Sokołowice Stream is the major tributary).

The river network in the Ścinawka drainage basin is best developed within the Mioszów Depression (Czarci Stream, watercourses in the Mioszów, Nowe Siodło and Golińsko regions). A well-developed river system is observed in the middle part of the Ścinawka drainage basin on the Czech side. The Stěnavá River that flows in the Broumov Depression is an axis of drainage for watercourses flowing on the slopes of the Suche Mountains (Jestřebí hory) and Stołowe Mountains (Broumovské stěny).

The Police Basin on the Czech side is drained by the Metuje River flowing from the Adršpašsko-Teplické Skály area. Its tributaries are the Adršpašský Stream, Zdoňovský Stream, Vlasenka, Pěkovský Stream, Ledhujka, Židovka, Brlenka, and Dřevíč with Jivka. The region of Kudowa and Stołowe Mountains is drained by the Czermnica River with the Ku-

terytorium Republiki Czeskiej przez ciekі źródliskowe Židovki (Rejsensky potok, Židovka, Stekelnice, Třeslice, Trnklava).

Cieki odwadniające polskie terytorium rejonu Kudowy uchodzą do Metuji – Brlenka (z Czermnicą) poniżej miejscowości Velké Poříčí, Szybka k. Náchode. Metuje uchodzi do Łaby k. Jaroměra (na północ od Hradec Králové).

3.4. STRUKTURA ZASILANIA METEORYCZNEGO

Analizę wielkości zasilania meteorologicznego obszaru bilansowania wykonano na podstawie danych z 18 stacji opadowych (tab. 2). Po stronie polskiej zlokalizowano 14 posterunków pomiarowych opadów, natomiast po stronie czeskiej – 4 (fig. 3). Po stronie polskiej, w ramach prowadzonego monitoringu, analizę wielkości opadów wykonuje się na podstawie wyników pomiarów ze stacji:

- Krzeszów, Chełmsko Śląskie (OKrA);
- Mieroszów, Unisław Śląski (OS);
- Kudowa-Zdrój, Lewin Kłodzki, Pasterka (OPKu);
- Kamienna Góra, Dworki, Nowa Ruda-Słupiec, Polanica-Zdrój, Zieleniec (obszar przyległy).

Po stronie czeskiej analizą objęto 4 punkty pomiarowe opadów w miejscowościach:

- Broumov (OS);
- Teplice nad Metują (OKrA);
- Hronov, Police nad Metują (OPKu).

Strukturę zasilania meteorologicznego w wieloletnim okresie 2005–2012 po stronie polskiej zaprezentowano w przedstawionym zestawieniu (tab. 2).

Cechą obszaru bilansowania ($A = 680,5 \text{ km}^2$) jest duże zróżnicowanie orograficzne, tymczasem większość posterunków opadowych jest zlokalizowana w dolinach rzek bądź na zboczach wzniesień. Brak jest stacji opadowych na obszarach grzbietów górskich i wysoczyzn, a stacja Dworki – 865 mm i stacja Zieleniec – 1206 mm są położone poza obszarem bilansowym. Punkty sieci obserwacyjno-pomiarowej w rejonach Kudowa-Zdrój–Police nad Metują (OPKu), Krzeszów-Adršpach (OKrA) oraz zlewni Ścinawki (OS) są rozmieszczone nierównomiernie. Liczba posterunków w obszarach elewowanych jest mniejsza, niż wynika to z potrzeb uwarunkowanych bardzo zróżnicowaną orografią terenu badań.

Przedstawione uwarunkowania nie dają podstaw do przeprowadzenia szczegółowej analizy zasilania meteorologicznego metodą izohiet bądź obszarów równomiernego zadeszczenia. Nie mniej z przedstawionej tabeli średnich rocznych sum opadów, na podstawie lokalizacji stacji opadowych, zaprezentowano próbę regionalizacji stref opadowych. W regionalizacji zasilania meteorologicznego można wyróżnić trzy strefy (fig. 4):

- obszar obniżenia Broumova, Polic i Teplic nad Metują, przełomu Nysy Kłodzkiej oraz obszar kotlin i obniżenia śródgórskich (niecka Krzeszowa, obniżenie Mieroszowa,

dowski Stream (Brlenka drainage basin) and by the Szybka River with the Dańczówka. The north-western slopes of the Stołowe Mountains are drained towards the territory of the Czech Republic by watercourses of the Židovka River system (Rejsensky Stream, Židovka, Stekelnice, Třeslice, Trnklava).

The watercourses that drain the area of Poland in the Kudowa region flow to the Metuje – Brlenka river system (with the Czermnica River) downstream of the village of Velké Poříčí; Szybka k. Náchode. The Metuje River flows to the Elbe River near Jaroměř (north of Hradec Králové).

3.4. METEORIC RECHARGE PATTERN

Analysis of the meteoric recharge rate in the balance area was performed based on data from 18 precipitation stations (Tab. 2). On the Polish side, there are 14 precipitation stations, and 4 stations are located in the Czech Republic (Fig. 3). Within the monitoring framework on the Polish side, the amount of precipitation is measured at the following stations:

- Krzeszów, Chełmsko Śląskie (OKrA);
- Mieroszów, Unisław Śląski (OS);
- Kudowa-Zdrój, Lewin Kłodzki, Pasterka (OPKu);
- Kamienna Góra, Dworki, Nowa Ruda-Słupiec, Polanica-Zdrój, Zieleniec (adjoining area).

On the Czech side, precipitation data are analysed at 4 stations from the following localities:

- Broumov (OS);
- Teplice nad Metują, (OKrA);
- Hronov, Police nad Metują (OPKu).

The meteoric recharge pattern for the Polish side from the period 2005–2012 is presented in Table below (Tab. 2).

The characteristic feature of the balance area ($A = 680.5 \text{ km}^2$) is its high orographic diversity, however most of the precipitation stations are located in river valleys or mountain slopes. There are no precipitation stations in mountain ranges and high plateaus, and the stations at Dworki (865 mm) and Zieleniec (1206 mm) are located outside the balance area. Survey points of the observation and measurement network in the regions of Kudowa-Zdrój–Police nad Metują (OPKu) and Krzeszów-Adršpach (OKrA) as well as in the Ścinawka drainage basin (OS) are unevenly distributed. The number of survey points at high elevations is too small for the needs of surveying in the very diverse topography of the study area.

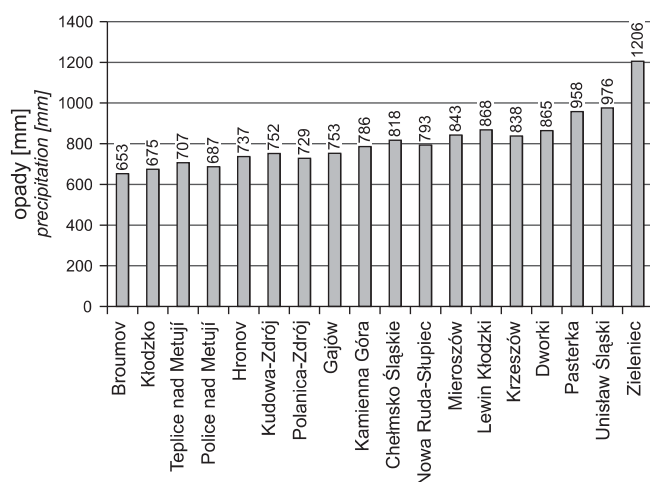
These conditions do not warrant a detailed analysis of meteoric recharge pattern using isohyets, nor of areas of equal rainfall rate. Nevertheless, data from the above-presented table of average annual sum of precipitation provides a basis for an attempt to present a regionalization of precipitation zones based on the location of rainfall stations. Three such zones can be distinguished in the meteoric recharge pattern (Fig. 4):

- Broumov, Police and Teplice nad Metują depressions, Nysa Kłodzka River gorge as well as valleys and intra-mountain depressions (Krzeszów Trough, Mieroszów

Średnie roczne sumy opadów atmosferycznych w wieloleciu 2005–2012
Average annual sum of precipitation in the period 2005–2012

Stacja opadowa <i>Precipitation station</i>	Zlewnia <i>River basin</i>	Rok hydrologiczny <i>Hydrological year</i>								Średnia z wielolecia 2005–2012 <i>Multiannual average of 2005–2012</i>
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
		[mm]								
Broumov	Ścinawka	698	564	676	578	708	707	623	669	653
Kłodzko	Nysa Kłodzka	–	–	–	–	675	–	–	–	675
Teplice nad Metují	Metuje	706	639	782	596	754	735	711	731	707
Police nad Metují	Metuje	825	634	710	517	846	700	608	654	687
Hronov	Metuje	–	–	–	652	718	849	700	767	737
Kudowa-Zdrój	Szybka	771	754	733	710	742	793	714	797	752
Polanica-Zdrój	Nysa Kłodzka	–	–	–	–	762	799	675	679	729
Gajów	Ścinawka	–	–	–	–	761	806	714	732	753
Kamienna Góra	Bóbr (Zadrna)	–	–	–	–	770	806	701	869	786
Chełmsko Śląskie	Bóbr (Zadrna)	812	687	905	781	824	867	750	915	818
Nowa Ruda-Ślupiec	Ścinawka	–	–	–	–	793	868	748	764	793
Mieroszów	Ścinawka	851	716	983	715	826	941	786	923	843
Lewin Kłodzki	Szybka	883	883	923	797	822	863	822	952	868
Krzeszów	Bóbr (Zadrna)	857	814	935	816	856	909	808	713	838
Dworki	Ścinawka	–	–	–	–	935	979	764	781	865
Pasterka	Židovka	943	898	1034	956	943	1019	947	922	958
Unisław Śląski	Ścinawka	1016	1016	1023	822	1040	1048	859	982	976
Zieleniec	Nysa Kłodzka	–	–	–	1249	1162	–	–	–	1206
Obszar badań (średnia) <i>Study area (average value)</i>		836	760	870	766	830	855	746	803	813

„–” brak danych/ lack of data

Fig. 4. Średnie roczne sumy opadów
w wieloleciu 2005–2012 na obszarze badańAverage annual sum of precipitation
in the study area in the period 2005–2012

- obniżenie Kudowy, obniżenie Hronova) o średniej z wielolecia 2005–2012 sumie opadu w przedziale 653–843 mm;
- obszar wysoczyzn o średniej z wielolecia 2005–2012 sumie opadu 868–1000 mm (Wysoczyzna Unisławska, Wzgórza Lewińskie, podnóże Gór Stołowych);
- obszar grzbietów górskich i ich skłónów; najslabiej rozpoznany (>1000 mm).

Najniższe roczne sumy opadów atmosferycznych w analizowanym wieloleciu 2005–2012 odnotowano w latach 2006 i 2008 na posterunkach: Kudowa-Zdrój (710 mm), Lewin Kłodzki (797 mm), Mieroszów (715 mm), Unisław Śląski (822 mm), Chełmsko Śląskie (687 mm), Pasterka (898 mm) oraz po stronie czeskiej na stacjach w Broumovie, Teplicach, Policach i Hronovie. Najwyższa średnia suma opadów dla całego analizowanego obszaru wystąpiła w 2007 r. i wyniosła 870 mm, a najniższa – w 2011 r. – 746 mm. Najwyższe roczne sumy opadów atmosferycznych wystąpiły w 2007 r. na posterunkach: Pasterka, Mieroszów, Krzeszów, Teplice nad Metują, a roczne sumy opadów na tych posterunkach mieściły się w przedziale od 1034 mm (Pasterka) do 782 mm (Teplice nad Metują). Średnia suma opadów dla całego analizowanego obszaru w 2007 r. wyniosła 870 mm. Miesiącem najbardziej obfitym w opady atmosferyczne był lipiec, natomiast najniższe opady miały miejsce głównie w październiku.

W lutym i marcu 2005 r. wystąpiły nienotowane od 20 lat obfite opady śniegu. Wpływ tego zjawiska na ewentualny przyrost retencji wód podziemnych był jednym z głównych wątków badań monitoringowych w 2005 r. (Nowacki *et al.*, 2006).

3.5. ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ NIECKI ŚRÓDSUDECKIEJ

Obszar badań jest położony w strefie przygranicznej Polski i Czech, między Kamienną Górą, Wałbrzychem i Szczytną po polskiej stronie a Trutnovem, Broumovem i Náchodem po stronie czeskiej (fig. 5).

Pod względem budowy geologicznej analizowany obszar znajduje się w centralnej części niecki śródsudeckiej. Jednostka ta położona w Sudetach Środkowych jest wypełniona w większości niezmetamorfizowanymi utworami osadowymi. Jest to duża struktura ograniczona uskoki i wydłużona w kierunku NW–SE, w której skład wchodzi niecka Krzeszowa i niecka Batorowa po stronie polskiej oraz Niecka Policka po stronie czeskiej. W środkowej części, od zachodniej strony jest oddzielona tektonicznie od młodszej struktury rowu Hronova, przechodzącego po stronie polskiej w zapadlisko Kudowy.

Wśród skał, z których jest zbudowana niecka, można wyróżnić cztery podstawowe piętra geologiczno-strukturalne (Serafin *et al.*, 2006):

- proterozoik i paleozoik dolny – słabo zmetamorfizowane osady i skały wulkanogeniczne;
- paleozoik górny – sedymenty i wulkanity karbonu górnego i permu (wraz z warstwami triasu). Miąższość sekwencji sedymentów dochodzi w obszarze badań do 3000 m;

Depression, Kudowa Trough, Hronov Depression) with an average multiannual (2005–2012) sum of precipitation ranging from 653 to 843 mm;

- areas of uplands with an average multiannual (2005–2012) precipitation of 868–1000 mm (Unisław Plateau, Lewin Hills, Stołowe Mountains foothill);
- mountain ranges and slopes; the least recognized areas (>1000 mm).

The lowest values of annual sum of precipitation for the period 2005–2012 were recorded in 2006 and 2008 at the following survey points: Kudowa-Zdrój (710 mm), Lewin Kłodzki (797 mm), Mieroszów (715 mm), Unisław Śląski (822 mm), Chełmsko Śląskie (687 mm) and Pasterka (898 mm), and at the following survey points on the Czech side: Broumov, Teplice, Police and Hronov. The highest value of annual sum of precipitation (870 mm) for the entire study area was recorded in 2007; the lowest value (746 mm) – in 2011. The highest values of annual sum of precipitation were recorded in 2007 at the following survey points: Pasterka, Mieroszów, Krzeszów and Teplice nad Metują, ranging from 1034 mm (Pasterka) to 782 mm (Teplice nad Metują). The average sum of precipitation for the study area in 2007 was 870 mm. Typically, the most rainy month is July, while October has usually the lowest amount of precipitation.

In February and March, 2005, abnormally heavy snowfall was recorded in the period of 20 years. The impact of this phenomenon on a possible increase in retention of groundwater was among the main aims of research monitoring in 2005 (Nowacki *et al.*, 2006).

3.5. GEOLOGICAL SETTING OF THE INTRA-SUDETIC BASIN

The study area is located in the Polish/Czech border area between Kamienna Góra, Wałbrzych and Szczytna on the Polish side, and Trutnov, Broumov and Náchod on the Czech side (Fig. 5).

In terms of geological structure, the analysed area is located in the central part of the Intra-Sudetic Basin. This unit is situated in the Central Sudetes and is filled mostly with unmetamorphosed sedimentary rocks. This is a large fault-bounded structure elongated in the NW-SE direction, which consists of the Krzeszów Trough and Batorów Trough on the Polish side and the Police Basin on the Czech side. In the central part, it is separated on the west along a tectonic line from a younger tectonic structure of the Hronov Trough that continues on the Polish side into the Kudowa Trough.

Four basic geological and structural levels compose the Intra-Sudetic Basin (Serafin *et al.*, 2006):

- Proterozoic and Lower Paleozoic – weakly metamorphosed rocks and volcanogenic rocks;
- Upper Paleozoic – Upper Carboniferous and Permian (including Triassic strata) sedimentary rocks and volcanites. The thickness of this sedimentary sequence is up to 3,000 m;

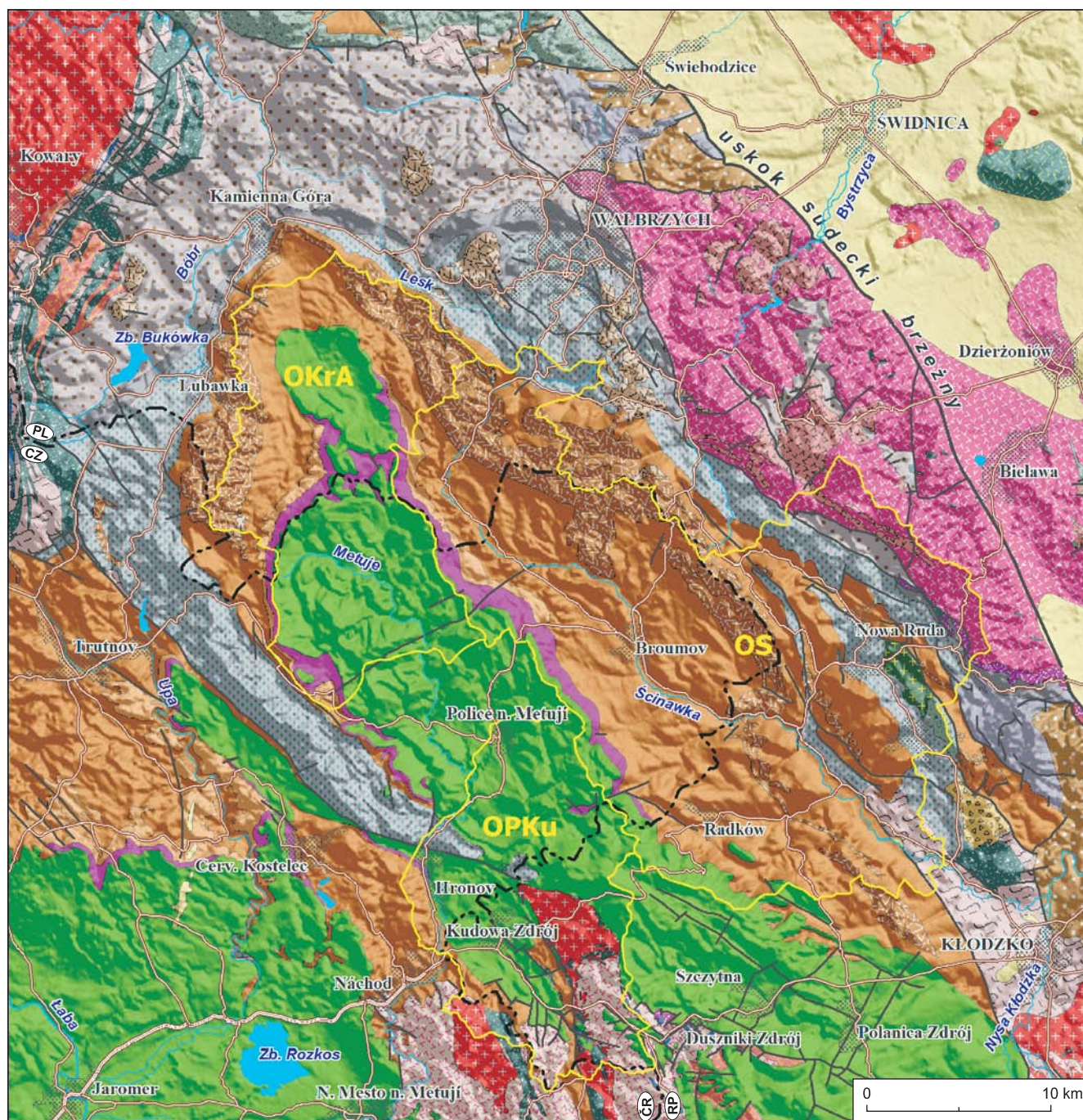
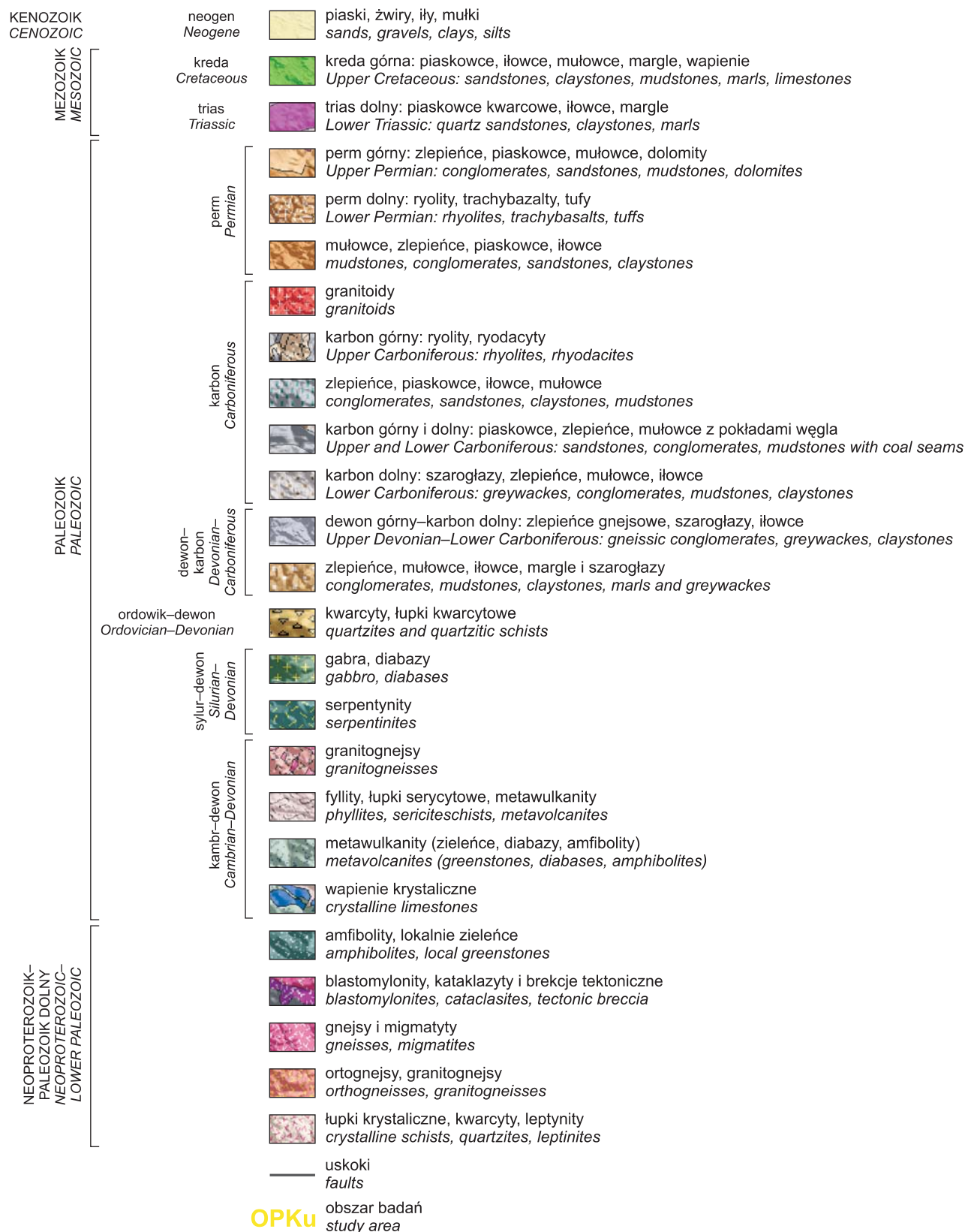


Fig. 5. Fragment *Mapy Geologicznej Polski 1:200 000* (bez utworów czwartorzędowych), ark. Jelenia Góra (Milewicz i in., 1989), Wałbrzych (Bossowski i in., 1981), Kłodzko (Sawicki, 1988) oraz *Mapa Geologiczna CSRS 1:200 000* (bez utworów czwartorzędowych), ark. Hradec Králové (Čepek i in., 1964), Náchod (Svoboda i in., 1962)

Part of Geological Map of Poland, 1:200,000 (without Quaternary deposits), Jelenia Góra (Milewicz et al., 1989), Wałbrzych (Bossowski et al., 1981) and Kłodzko (Sawicki, 1988) sheets, and Geological Map of CSSR 1:200 000 (without Quaternary deposits), Hradec Králové sheet (Čepek et al., 1964), Náchod (Svoboda et al., 1962)

OBJAŚNIENIA DO FIGURY 3
EXPLANATION TO FIGURE 3



- kreda górna – piaskowce kwarcowe z glaukonitem i margle;
- czwartorzęd – osady o zwykle kilkumetrowej miąższości i różnej genezie.

Typowymi skałami wypełniającymi nieckę śródsudecką są utwory od karbonu dolnego przez karbon górny, perm, część triasu po kredę górną. Utwory te można podzielić na trzy facje w zależności od warunków w jakich powstały:

- morskie utwory karbonu dolnego, synorogeniczne względem wczesnych faz orogenezy waryscyjskiej;
- lądowe utwory karbonu górnego i permu dolnego, powstałe w czasie późnych faz orogenezy waryscyjskiej, którym towarzyszyły również intruze magmowe;
- epikontynentalne osady morskie lub lądowe permu górnego, triasu dolnego oraz kredy górnej.

Największe rozprzestrzenienie mają utwory karbonu górnego i permu dolnego. Morskie, dolnokarbońskie sedymenty (wizen) są znane jedynie z obszaru Polski w NW części niecki w okolicy Okrzeszyna. Osady karbonu górnego i permu dolnego reprezentują różne odmiany zlepieńców i piaskowców o miąższości dochodzącej nawet do 400–450 m, przechodzące w utwory sedymentacji jeziornej – mułowce i iłowce (Grocholski, 1971, 1973; Bossowski i in., 1990, 1995). Opisane utwory powstały w warunkach lądowych w okresie aktywnej działalności późnych faz orogenezy waryscyjskiej, przejawiającej się ruchami synsedymantacyjnymi i procesami magmowymi. W obrębie serii permskiej obok piaskowców i zlepieńców występują również trachybasalty. Wiążą się one z dużą aktywnością wulkaniczną, która miała miejsce na terenie całej Europy Środkowej w okresie orogenezy waryscyjskiej. Wschodnie tych skał układają się linearnie wzdłuż uskoku o kierunkach WNW–ESE, równoległych do skrzydeł niecki.

W zlewni górnej Ścinawki między miejscowościami Chełmsko Śląskie i Mieroszów występują utwory triasu – wschodnie piaskowców (słabo zwięzłe, grubo- i średnioziarniste) i mułowców o miąższości do kilkudziesięciu metrów. W piaskowcach marglistych i ciosowych można napotkać pojedyncze otoczaki skał metamorficznych i wulkanicznych.

3.5.1. Niecka Krzeszowa

Niecka Krzeszowa, położona w zachodniej części niecki śródsudeckiej, jest znacznie płytszą strukturą o charakterze brachysynkliny. Obszar ten jest zbudowany z utworów kredy górnej zalegających niezgodnie na utworach triasu dolnego. Trias dolny jest reprezentowany przez jednorodnie wykształcony kompleks drobno- i średnioziarnistych piaskowców kwarcowo-skaliowych, przechodzących w części stropowej w piaskowce kaolinowe. Są to skały słabo zwięzłe. Spąg formacji kredowej tworzą osady cenomanu górnego, wykształcone jako piaskowce i zlepieńce o miąższości do kilkudziesięciu metrów. W centralnej części niecki występują ponadto gezy krzemionkowe oraz piaskowce wieku turońskiego. Są to skały słabo zwięzłe.

- Upper Cretaceous – quartz sandstones with glauconite, and marls;
- Quaternary – typically several-metre thick deposits of different origins.

The Intra-Sudetic Basin is filled mostly with Lower and Upper Carboniferous, Permian, Triassic (part) and Upper Cretaceous deposits that can be divided into three facies types, depending on the sedimentary conditions:

- Lower Carboniferous marine deposits, synorogenic in relation to the early phases of the Variscan orogeny;
- Upper Carboniferous and Lower Permian continental deposits, accumulated during the late phases of the Variscan orogeny, accompanied by igneous intrusions;
- epicontinental marine or continental deposits of the Upper Permian, Lower Triassic and Upper Cretaceous.

The most widespread deposits are those of the Upper Carboniferous and Lower Permian. Lower Carboniferous (Visean) marine deposits are known only from the territory of Poland in the NW part of the basin near Okrzeszyn. The Upper Carboniferous and Lower Permian deposits are represented by different varieties of conglomerates and sandstones attaining a thickness of 400–450 m, passing into lacustrine sediments: siltstones and claystones (Grocholski, 1971, 1973; Bossowski *et al.*, 1990, 1995). The deposits were formed under subaerial conditions during a period of intense activity of late phases of the Variscan orogeny manifested by synsedimentary movements and magmatic processes. In addition to sandstones and conglomerates, the Permian series is also composed of trachybasalts. They are associated with considerable volcanic activity that took place throughout Central Europe during the Variscan orogeny. Outcrops of these rocks are arranged linearly along WNW–ESE-trending faults parallel to the flanks of the basin.

In the upper Ścinawka drainage basin, between Chełmsko Śląskie and Mieroszów, there are Triassic deposits: outcrops of sandstones (coarse to medium-grained and poorly coherent rocks) and siltstones attaining a thickness of a few tens of metres. The marly and „quader” sandstones occasionally contain single pebbles of metamorphic and volcanic rocks.

3.5.1. Krzeszów Trough

The Krzeszów Trough is located in the western part of the Intra-Sudetic Basin. This is a much shallower brachysynclinal geological feature. Its area is composed of Upper Cretaceous deposits unconformably overlying the Lower Triassic represented by a uniform complex fine-grained quartz-feldspar sandstones passing at the top into poorly coherent kaolin sandstones. The basal part of the Cretaceous is represented by upper Cenomanian sandstones and conglomerates, up to several tens of metres in thickness. In the central part of the basin, there are also siliceous gizzes and sandstones of Turonian age. These rocks are poorly coherent.

3.5.2. Niecka Policka (Polická pánev)

Niecka Policka jest wykształcona w postaci synkliny o przebiegu NW–SE. Pod względem stratygraficznym Nieckę Policką tworzą osady morskie cenomanu, turonu środkowego, koniak. Morskie osady cenomanu są szeroko rozprzestrzenione i wykształcone w postaci różnego typu piaskowców o miąższości do 50 m. Osady turonu dolnego są zróżnicowane i dwudzielne. Osady starsze – węglanowe – są szeroko rozprzestrzenione, natomiast młodsze są wykształcone jako szare margle i spongiolity z glaukonitem. Osady turonu środkowego, wykształcone jako średnioziarniste piaskowce, tworzą Broumovské stěny. Najwyższe piętro osadów kredowych w Niecce Polickiej tworzą średnioziarniste piaskowce ciosowe Adršpašsko-Teplické skály, Ostaša, Hejdy i Hejšoviny, zaliczane do turonu górnego lub koniak.

3.5.3. Niecka Batorowa

Niecka Batorowa jest zlokalizowana w południowej części obszaru badań. Jest ograniczona intruzją karbońskich granitoidów Kudowy oraz proterozoiczno-paleozoicznymi utworami metamorfiku orlicko-bystrzyckiego. Osady wypełniające nieckę Batorowa to zalegające transgresywnie utwory kredy górnej. Ich sedymentacja rozpoczęła się w cenomanie środkowym (Radwański, 1975) lub górnym (Wojewoda, 1986, 1987) i trwała do turonu włącznie, a maksimum transgresji przypało na turon dolny (Cymerman, 1996).

Osady cenomanu w obrębie niecki Batorowa są wykształcone jako piaskowce, lokalnie z cienkimi warstwami zlepieńców w spągu. Ze względu na sieć spękań utwory te są nazywane „dolnymi piaskowcami ciosowymi”. Ich miąższość wynosi średnio 20–30 m. Główną litofacją turonu dolnego są margle ilasto-krzemionkowe. Turon środkowy jest reprezentowany przez dwa poziomy piaskowców kwarcowo-skalieniowych (Cymerman, 1992). Miąższość utworów piaszczystych jest największa w centralnej części niecki Batorowa i wynosi ponad 170 m w rejonie Karłowa (Grzegorzczak i in., 1993). Osady turonu górnego występują wyłącznie w centralnej części niecki Batorowa. Są one wykształcone jako margle ilaste i ilowce wapieniste oraz piaskowce kwarcowe – tzw. „górne piaskowce ciosowe”. Miąższość osadów turonu górnego w niecce Batorowa wynosi do 150 m.

3.6. ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ ZAPADLIKA KUDOWY I ROWU HRONOVA

Rów Hronova ma kształt trójkąta równobocznego, a jego granice mają charakter tektoniczny. Jest wypełniony kontynentalnymi osadami kredy o miąższości do 600 m. Są one wykształcone w postaci drobnoziarnistych piaskowców marglistych (kredy górnej – cenomanu, turonu i prawdopodobnie koniak). Obszar kredy hronovskiej pod względem budowy geologicznej, tektoniki i stratygrafii jest zbliżony do

3.5.2. Police Basin (Polická pánev)

The Police Basin forms a NW–SE-trending syncline. Its stratigraphic section comprises Cenomanian, middle Turonian and Coniacian marine sediments. The marine Cenomanian deposits are widespread and represented by various types of sandstones reaching a thickness of 50 m. The lower Turonian section is lithologically varied and bipartite. Older deposits, widespread in this area, are composed of carbonates, whereas younger rocks are represented by grey marls and spongiolites with glauconite. The middle Turonian deposits are composed of medium-grained sandstones forming the walls of Broumovské stěny. The upper part of the Cretaceous section in the Police Basin is composed of medium-grained “quader” sandstones found in the areas of Adršpašsko-Teplické Skály, Ostaša, Hejdy and Hejšoviny, and assigned to the upper Turonian or Coniacian.

3.5.3. Batorów Trough

The Batorów Trough is located in the southern part of the study area. It is bounded by an intrusion of the Carboniferous Kudowa granitoids and by the Proterozoic-Paleozoic Orlica-Bystrzyca Metamorphic Complex. Sediments filling the Batorów Trough are represented by an Upper Cretaceous transgressive sequence. The sedimentation commenced in mid-Cenomanian (Radwanski, 1975) or late Cenomanian (Voivod, 1986, 1987) times and continued through the Turonian, with the transgression peak in the early Turonian (Cymerman, 1996).

Cenomanian deposits of the Batorów Trough are represented by sandstones, locally with thin conglomerate layers at the base. Due to the network of cracks, these rocks are called “lower quader sandstones”. Their average thickness is 20–30 m. The main lower Turonian lithofacies is clay-siliceous marl. The middle Turonian is represented by two series of quartz-feldspar sandstones (Cymerman, 1992). The thickness of the sandstones is greatest in the central part of the Batorów Trough, exceeding 170 m in the Karłów region (Grzegorzczak *et al.*, 1993). Upper Turonian deposits are found only in the central part of the Batorów Trough. They are composed of clayey marls, calcareous claystones and quartz sandstones – the so-called “upper quader sandstones”. The thickness of upper Turonian deposits in the Batorów Trough is up to 150 m.

3.6. GEOLOGICAL SETTING OF THE KUDOWA TROUGH AND THE HRONOV TROUGH

The Hronov Trough has the shape of an equilateral triangle with tectonic boundaries. It is filled with Cretaceous continental sediments attaining a thickness of 600 m and represented by fine-grained marly sandstones (Cenomanian, Turonian and possibly Coniacian). With respect to the geological structure, tectonics and stratigraphy, the Cretaceous Hronov region

zapadliska Kudowy i stanowi przedłużenie tej struktury na stronę Czech.

Osady wypełniające zapadlisko Kudowy to zalegające transgresywnie utwory kredy górnej, odpowiadające litostratygraficznie osadom wypełniającym nieckę Batorowa, ze znacznie mniejszym udziałem frakcji piaszczystych w osadach turońskich. W odróżnieniu od utworów wypełniających rów Hronova w profilu pionowym nie występują utwory koniaku.

3.7. WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Obszar badań charakteryzuje się złożoną budową geologiczną i silnym zaangażowaniem tektonicznym. W nawiązaniu do budowy geologicznej i uwarunkowań tektonicznych wyróżniono:

- na obszarze OKrA – Nieckę Policką (część północna) i nieckę Krzeszowa. Obydwie niecki wypełniają warstwy wodonośne kredy górnej, triasu i permokarbonu; drogami intensywnych przepływów wód są strefy dyslokacyjne;
- na obszarze OPKu – Nieckę Policką (część południowa) charakteryzującą się korzystnymi warunkami hydrogeologicznymi, a następnie przechodzącą w rów Hronova i zapadlisko Kudowy, których wyróżniającą cechą jest występowanie wód mineralnych typu szczaw; w nieckach hronovskiej, kudowskiej oraz w południowej części Niecki Polickiej (zagłębienie policko-batorowskie) przeważa artezyjski typ wód, przy czym głównym kolektorem są formacje kredowe, a szczególnie warstwy cenomanu i turonu dolnego.

Wody podziemne na obszarze badań występują w piętrach wodonośnych: czwartorzędowym (lokalnie czwartorzędowo-kredowym), kredowo-triasowym, permskim, permokarbońskim i krystalicznym. Główne znaczenie użytkowe mają poziomy wodonośne w kompleksie osadów kredy górnej i triasu oraz permu.

3.7.1. Czwartorzędowe i czwartorzędowo-kredowe piętra wodonośne

Piętro czwartorzędowe ma niewielkie rozprzestrzenienie i jest najczęściej związane z osadami współczesnych dolin rzecznych (Ścinawki, Zadrnej, Metuji) i dolin potoków będących ich dopływami. Stanowi je pierwszy poziom wodonośny plejstocentrycznych żwirów i piasków tarasów, zalegający na głębokości 4–6 m oraz osadów deluwialnych i rumoszu skalnego na głębokości 1–3 m. Charakteryzuje go brak izolacji, swobodny charakter zwierciadła wód, lokalnie naporowy. Współczynnik filtracji, uzależniony od wykształcenia litologicznego ujętej w Krzeszowie warstwy wodonośnej, wynosi średnio 10,4 m/d przy jej przewodności hydraulicznej 76 m²/d (Wojtkowiak, 2002).

Wody pierwszego poziomu wodonośnego, pozostające w kontakcie hydraulicznym z wodami powierzchniowymi, są zasilane poprzez infiltrację wód opadowych (Borowiec, 1986).

is similar to the Kudowa Trough, being an extension of the depression on the Czech side.

Sediments filling the Kudowa Trough are represented by an Upper Cretaceous transgressive sequence, lithostratigraphically corresponding to the deposits filling the Batorów Trough, with a much smaller proportion of sand fraction in the Turonian deposits. In contrast to the sediments filling the Hronov Trough, no Coniacian deposits have been found here.

3.7. HYDROGEOLOGICAL SETTING

The study area is characterized by a complex geological structure and a high degree of tectonic deformation. With respect to the geological structure and tectonic setting, the following units have been distinguished:

- in the OKrA area – Police Basin (north part) and Krzeszów Trough. Both troughs are filled with Upper Cretaceous, Triassic and Permo-Carboniferous water-bearing deposits. Fault zones are the pathways for intensive groundwater flows;
- in the OPKu area – Police Basin (south part), characterized by favourable hydrogeological conditions, passing into the Hronov Trough and Kudowa Trough that are conspicuous by the occurrence of carbonated mineral waters; in the Hronov and Kudowa regions and in the southern part of the Police Basin (Police-Batorów Basin), artesian waters predominate, and the main aquifer is represented by Cretaceous rocks, especially Cenomanian and lower Turonian strata.

Groundwater of the study area represents aquifers of the following formations: Quaternary (locally Quaternary-Cretaceous), Cretaceous-Triassic, Permian, Permo-Carboniferous and crystalline. The main usable aquifers are those occurring in the Upper Cretaceous, Triassic and Permian deposits.

3.7.1. Quaternary and Quaternary-Cretaceous aquifers

The Quaternary aquifer occurs over a small area and is most commonly associated with sediments of the recent river valleys (Ścinawka, Zadrna, Metuje) and the valleys of tributary streams. It is represented by the first (near-surface) aquifer of Pleistocene terrace gravels and sands, lying at a depth of 4–6 m, as well as deluvial sediments and rock debris found at a depth of 1–3 m. This aquifer is unconfined or locally confined and not isolated from the surface. The average value of permeability coefficient, which depends on the lithology of the water-bearing strata screened in Krzeszów, is 10.4 m/d, and the hydraulic conductivity is 76 m²/d (Wojtkowiak, 2002).

Groundwater of the first aquifer is in the hydraulic contact with surface waters and is recharged by percolation of rain water (Borowiec, 1986).

W południowej części omawianego obszaru występuje czwartorzędowo-kredowe piętro wodonośne. Znajduje się ono w rejonie zapadliska Kudowy i rowu Hronowa, głównie w osadach rzecznych – żwirach i piaskach terasów Klikawy (Szybkiej), osadzonych na podłożu kredowym lub krystalicznym. Lokalnie, np. w rejonie Jeleniowa i Słonego, utwory czwartorzędu zalegają na zawodnionych, silnie zwietrzałych i spękanych marglach turonu górnego (Sadowska, 1989). Wody podziemne w wymienionych marglach występują w warunkach reżimu naporowego, a ich zwierciadło stabilizuje się na poziomie zbliżonym do głębokości zalegania zwierciadła wód podziemnych w utworach czwartorzędowych. Czwartorzędowy poziom wodonośny, jak stwierdzono na podstawie analizy profili wiertniczych, jest oddzielony od utworów mezozoicznych warstwą półprzepuszczalnych glin i zwietrzelin o maksymalnej miąższości do 3 m i pozostaje w kontakcie z piętrzem kredowym. O więzi hydraulicznej i zasilaniu piętra czwartorzędowego przez wody piętra kredowego może świadczyć zwiększona mineralizacja wód z utworów czwartorzędowych oraz fakt współwystępowania w opisywanym rejonie wód zwykłych i leczniczych. Wydajności z pojedynczych otworów tego poziomu, zafiltrowanych głównie w osadach kredy, wahają się od około jednego do kilku m³/h, przy depresjach sięgających do kilku metrów (Kłonowski, Wojtkowiak, 2000a, b).

3.7.2. Mezozoiczne piętro wodonośne

Największym kolektorem wód podziemnych w rejonie niecki śródsudeckiej są utwory piętra kredowo-triasowego, które tworzą trzy jednostki hydrogeologiczne: rejon Krzeszowa (z niecką Krzeszowa po polskiej stronie), Nieckę Policką i nieckę Batorowa oraz zapadlisko Kudowy wraz z rowem Hronowa. Warstwy wodonośne są związane głównie z piaskowcami i spękanymi marglami.

W nawiązaniu do budowy geologicznej poziom wodonośny kredy górnej traktuje się jako połączony system hydrauliczny utworów wodonośnych; cenomanu, turonu dolnego, środkowego i górnego, aż do koniak po stronie Czech. W zależności od wykształcenia litologicznego prowadzą one wody typu szczelinowego (mułowce) lub szczelinowo-porowego (piaskowce), a w każdym przypadku głównymi kolektorami wód są szczeliny i spękania skalne związane z zaburzeniami tektonicznymi. Poziomy wodonośny kompleks mezozoicznego stanowią jeden kompleks wodonośny połączony na skutek skomplikowanej tektoniki uskokuwej (Różycki, Milewicz, 1975).

Jak wykazały badania, najbardziej zawodnione są osady cenomanu oraz turonu dolnego (Krawczyk *et al.*, 2011). Reżim wód jest naporowy, przy czym w zapadlisku Kudowy i rowie Hronowa dominują warunki artezyjskie o ciśnieniu od 0,4 do 1,5 bara (Czermna P-4), a na obszarze pozostałych jednostek strukturalnych (niecek: Batorowa, Polickiej i Krzeszowa) – subartezyjskim, przy bardzo zróżnicowanej głębokości zalegania zwierciadła wód od 2 do 160 m poniżej terenu (otwór P-3 Bukowina, niecka Batorowa). Wydatki otworów eksploatacyjnych są bardzo zmienne – od kilku do blisko

In the southern part of the study area, there is the Quaternary-Cretaceous aquifer. It occurs in the Kudowa Trough and Hronov Trough, mainly in fluvial sediments represented by gravels and sands of the Klikawa (Szybka) River terraces, deposited upon the Cretaceous or crystalline basement. Locally, e.g. in the area of Jeleniów and Słone, the Quaternary deposits are underlain by upper Turonian water-bearing, highly weathered and fractured marls (Sadowska, 1989). This is a confined aquifer and the groundwater table stabilizes at a level close to the depth of the groundwater table in the Quaternary aquifer. The Quaternary aquifer, as evidenced by analysis of borehole sections, is separated from the Mesozoic strata by a semi-permeable layer of tills and weathering mantles attaining a maximum thickness of 3 m, and remains in contact with the Cretaceous aquifer. Increased mineralization of the Quaternary groundwater and the fact that fresh water coexists with therapeutic water in this region prove that there is a hydraulic connection between the Cretaceous and Quaternary aquifer and the Quaternary aquifer is recharged by the Cretaceous groundwater. The discharge rates from this aquifer in individual wells, screened mainly within the Cretaceous interval, range from about 1 to several m³/h, and the drawdown is of up to several metres (Kłonowski, Wojtkowiak, 2000a, b).

3.7.2. Mesozoic aquifer

The largest groundwater reservoir in the Intra-Sudetic Basin is the Cretaceous-Triassic aquifer that consists of three hydrogeological units: the Krzeszów region (with the Krzeszów Trough on the Polish side), the Police Basin with the Batorów Trough, and the Kudowa Trough with the Hronov Trough. The aquifers occur mainly in sandstones and fractured marls.

The Cretaceous aquifer is treated as a hydraulic system of connected Cenomanian, lower, middle and upper Turonian and Coniacian aquifers on the Czech side. Depending on the lithology, they conduct fracture water (in mudstones/siltstones) or fracture-pore water (in sandstones), and in any case the main water reservoirs are fractures and cracks in the rock, associated with tectonic disturbances. The Mesozoic aquifers are connected due to the complex tectonic system of faults (Różycki, Milewicz, 1975).

The research has shown that the greatest groundwater reserves are stored in the Cenomanian and lower Turonian deposits (Krawczyk *et al.*, 2011). The groundwater table is confined, with artesian conditions found in the Kudowa Trough and Hronov Trough, and the pressures ranging from 0.4 to 1.5 bar (Czermna P-4). In the remaining area (Batorów, Police and Krzeszów troughs), subartesian conditions prevail and the groundwater table is found at different depths varying between 2 and 160 m b.g.l. (P-3 Bukowina well, Batorów Trough). Discharge rates from the production wells are highly variable and range from several to nearly 100 m³/h. They depend mainly on the tectonic setting and the degree of fracturing (Nowacki *et al.*, 2006).

100 m³/h. Zależą głównie od tektoniki i intensywności spękań (Nowacki i in., 2006).

W utworach kompleksu kredowo-triasowego można wydzielić trzy poziomy wodonośne: górny poziom związany z piaskowcami turonu i koniak dolnego, środkowy poziom wykształcony w postaci piaskowców i spękanych margli turonu środkowego oraz poziom dolny (dolnocenomański połączony w części północno-zachodniej z piaskowcami triasowymi).

Niecka Krzeszowa

Górnokredowo-triasowe piętro wodonośne wydzielono w zasięgu występowania utworów kredy górnej i triasu, wypełniających nieckę Krzeszowa – obniżenie pomiędzy wychodniami permu, w pasie od granicy z Czechami do Krzeszowa (Szafranek i in., 1982). Kolektorem wód podziemnych w ośrodku szczelinowo-porowym są piaskowce i zlepienie (Wojtkowiak i in., 2012). Wzdłuż stref rozluźnień tektonicznych zbiornik ten jest zasilany na drodze przesączania z utworów czwartorzędowych oraz wulkanicznych i osadowych skał permu, przez zasilanie boczne i ascensyjny dopływ z permiego poziomu wodonośnego, który w rejonie centralnej części niecki Krzeszowa wykazuje ciśnienia o charakterze artezyjskim, tworząc z nimi niekiedy wspólny horyzont wodonośny. Poziomy wodonośne kredy górnej i triasu są zasilane również przez infiltrację opadów atmosferycznych w rejonach wychodni. Głębokość występowania kredowo-triasowego zbiornika wód podziemnych jest bardzo zróżnicowana – od 20 m w Krzeszowie do około 100 m w Gorzeszowie. Natomiast miąższość użytkowych stref wodonośnych należy przyjmować w granicach od 10 do ponad 40 m w zależności od charakteru ośrodka szczelinowo-porowego. Zwierciadło wody ma charakter napięty (Wojtkowiak, 2002a).

Niecka Policka

Niecka Policka reprezentuje centralną część niecki śródsudeckiej po stronie czeskiej. Składa się z dwóch odrębnych zbiorników, wydzielonych na podstawie różnych parametrów hydrogeologicznych. Granicą rozdzielającą oba zbiorniki (części północną i południową) jest strefa uskoków Skalskiego (Skalský fault zone). Pomimo braku dowodów hydrogeologicznych, nie wyklucza się możliwości przepływu wód pomiędzy obiema częściami niecki (Kašpárek i in., 2006).

W obrębie zasięgu utworów kredy górnej wyróżnia się dwa poziomy wodonośne – górny, występujący w marglach i piaskowcach turonu górnego i środkowego, oraz dolny, związany z piaskowcami cenomanu i marglami turonu dolnego. Poziomy te są rozdzielone kompleksem słabo przepuszczalnych osadów ilasto-marglistych, o zmiennej lecz znacznej miąższości, charakteryzujących się niskim współczynnikiem filtracji, poniżej 0,0001 m/d (Grzegorzczak i in., 1993; Grzegorzczak, 2002). Lokalnie, w stropowej części osadów kredy górnej występuje zawieszony poziom płytkich wód podziemnych. Jest on drenowany przez liczne źródła o wydajnościach do 48 m³/d oraz jest eksploatowany ujęciami drenażowymi. Poniżej, w silnie spękanych piaskowcach i marglach turonu

The Cretaceous-Triassic complex consists of three aquifers. The upper aquifer is associated with the lower Turonian and Coniacian sandstones. The middle aquifer is represented by the middle Turonian sandstones and fractured marls. The lower aquifer is associated with the lower Cenomanian deposits (in the north-west, it is connected with the Triassic sandstones).

Krzeszów Trough

The Upper Cretaceous-Triassic aquifer has been distinguished within the area of Upper Cretaceous and Triassic deposits filling the Krzeszów Trough – a depression between the Permian outcrops, in a belt extending from the Czech border to Krzeszów (Szafranek *et al.*, 1982). The groundwater is stored in the fracture-pore rock medium composed of sandstones and conglomerates (Wojtkowiak *et al.*, 2012). Along loosened zones, this aquifer is recharged through percolation from Quaternary deposits and Permian volcanic and sedimentary rocks, through side recharge, and as a result of ascending flow from the Permian aquifer which shows an artesian nature in the central part of the Krzeszów Trough. Both aquifers locally form a common water-bearing level. The Cretaceous and Triassic aquifers are recharged also by infiltration of atmospheric precipitation in areas of outcrops. The depth of occurrence of the Cretaceous-Triassic aquifer varies widely from 20 m in Krzeszów to about 100 m in Gorzeszów, while the thickness of the usable aquifers are estimated between 10 m to over 40 m, depending on the nature of the fracture-pore medium. The groundwater table is confined (Wojtkowiak, 2002a).

Police Basin

The Police Basin represents the central part of the Intra-Sudetic Basin on the Czech side. It encompasses two separate groundwater reservoirs identified based on various hydrogeological parameters. The two reservoirs (northern and southern) are separated by a boundary referred to as the Skalský fault zone. Despite the lack of hydrogeological evidence, we cannot preclude the possibility of groundwater interflow between the two parts of the basin (Kašpárek *et al.*, 2006).

Generally, within the range of the Upper Cretaceous deposits, there are two aquifers: the upper one that occurs in the upper and middle Turonian marls and sandstones, and the lower one associated with the Cenomanian sandstones and lower Turonian marls. These aquifers are separated by a low-permeability clay-marly sediments (aquitard) of considerable thickness, characterized by a low permeability coefficient of below 0.0001 m/d (Grzegorzczak *et al.*, 1993; Grzegorzczak, 2002). Locally, at the top of the Upper Cretaceous section, there is a perched aquifer of near-surface groundwater. It is drained by numerous springs with the discharge rates of up to 48 m³/d, and the water is captured by drains. Beneath, in a highly fractured middle Turonian sandstones and

środkowego występuje górny poziom wodonośny. Ze względu na urozmaiconą morfologię terenu jego zwierciadło, swobodne lub lekko napięte, nawiercono na różnych głębokościach, od 8,0 do 102,8 m (Wojtkowiak, 2000).

Rów Hronova i zapadlisko Kudowy

Odrębną strukturę tektoniczną stanowi zapadlisko Kudowy wraz z rowem Hronova, w którym wydzieli się dwa poziomy wodonośne – górny, występujący w marglach i piaskowcach turonu górnego i środkowego, oraz dolny, związany z piaskowcami cenomanu i marglami turonu dolnego. Warunki hydrogeologiczne są skomplikowane ze względu na wyraźny związek zawodnienia ze strefami tektonicznymi i obecność złoża wód mineralnych. W dolnym poziomie nawiercono wody mineralne, silnie nasycone dwutlenkiem węgla (Kłównowski, Wojtkowiak, 2000a, b). Poziomy te są rozdzielone kompleksem słabo przepuszczalnych osadów ilasto-marglistych, o zmiennej lecz znacznej miąższości. Charakteryzują się one niskim współczynnikiem filtracji ($<7,46$ m/d). Na obszarach o niewielkim zaangażowaniu tektonicznym oba poziomy są dobrze izolowane, natomiast w miejscach o silnie rozwiniętej tektonice i drożnych szczelinach zaobserwowano istnienie ścisłej więzi hydraulicznej (Grzegorzczak *et al.*, 1993).

Utwory kredy górnej w rejonie zapadliska Kudowy i rowu Hronova zalegają niezgodnie, bezpośrednio na podłożu krystalicznym bądź utworach permskich. Stwierdzono, że wody mineralne rejonu Hronova i Kudowy nie tworzą odrębnego, samodzielnego zbiornika, lecz są częścią składową górnokredowego systemu hydrodynamicznego. W rejonie Kudowy stwierdzono istnienie zróżnicowania przestrzennego warunków hydrogeologicznych przełomu kudowskiego. Mniej korzystne warunki hydrogeologiczne występują na krawędzi kredy Hronowskiej. Dział wód podziemnych między niecką Kudowy i Niecką Policką przebiega wzdłuż elewacji karbonu górnego na linii od Darnkowa, przez Pstrążną, Sedmákovice i Zlíčko–Zálesí (Nowacki *et al.*, 2006).

W zależności od wykształcenia litologicznego prowadzą one wody typu szczelinowego (mułowce) lub szczelinowo-porowego (piaskowce), a w każdym przypadku głównymi kolektorami wód są szczeliny i spękania skalne związane z zaburzeniami tektonicznymi.

3.7.3. Paleozoiczne piętro wodonośne

Permskie piętro wodonośne jest związane z występowaniem utworów permu dolnego (czerwony spagowiec), w którym wyróżniono dwa poziomy wodonośne (Wojtkowiak, 2002).

Pierwszy poziom wodonośny jest związany ze spękaniem piaskowcami, mułowcami i zlepieńcami podścielającymi utwory piętra kredowo-triasowego. Ich wychodnie wyznaczają granicę osadowej niecki Krzeszowa od zachodu, północy i wschodu. Wody z utworów permu, z reguły o znacznie mniejszej wodonośności, pozostają niekiedy w kontakcie hydraulicznym z wodami w utworach kredy górnej i triasu. Odmienność warunków hydrogeologicznych podkreślają zwłaszcza inne (wyższe) rzędne ustabilizowanego

marls, there is the upper aquifer. Due to the varied topography, the unconfined or slightly confined groundwater table was drilled at different depths ranging from 8.0 to 102.8 m (Wojtkowiak, 2000).

Hronov Trough and Kudowa Trough

A separate tectonic structure is the Kudowa Trough along with the Hronov Trough, where two aquifers have been identified: the upper one that occurs in the upper and middle Turonian marls and sandstones, and the lower one associated with the Cenomanian sandstones and lower Turonian marls. The hydrogeological conditions are complicated because of the clear relationship between the water inflow and the tectonic zones, and the presence of mineral water deposits. The lower aquifer contains heavily carbonated mineral water (Kłównowski, Wojtkowiak, 2000a, b). These aquifers are separated by a low-permeability clay-marly sediments (aquitards) of variable but substantial thicknesses, which are characterized by a low permeability coefficient (<7.46 m/d). In the areas of low degree of tectonic deformation, both aquifers are well isolated, whereas in the areas of high degree of tectonic deformation and permeable fractures, close hydraulic connections are observed (Grzegorzczak *et al.*, 1993).

Upper Cretaceous deposits of the Kudowa Trough and Hronov Trough unconformably overlie the crystalline basement or the Permian formations. Mineral waters of the Hronov and Kudowa region do not form a separate, independent reservoir, but are part of the Upper Cretaceous hydrodynamic system. In the Kudowa region, spatial hydrogeological conditions of the Kudowa Trough are variable. Less favourable hydrogeological conditions have been found at the edge of the Hronov area of Cretaceous deposits. The groundwater divide between the Kudowa Trough and the Police Basin runs along an elevation of Upper Carboniferous deposits, along the Darnków – Pstrążna – Sedmákovice – Zlíčko–Zálesí line (Nowacki *et al.*, 2006).

Depending on the lithology, there is fracture water (siltstones) or fracture-pore water (sandstones), and in any case the groundwater is stored mainly in fractures and cracks in rocks, which developed as a result of tectonic deformation.

3.7.3. Paleozoic aquifer

The Permian aquifer occurs in the Lower Permian deposits (Rotliegend) and consists of two aquifers (Wojtkowiak, 2002).

One of them is associated with fractured sandstones, siltstones and conglomerates underlying the Cretaceous-Triassic formations. Their outcrops mark the boundary of the Krzeszów sedimentary trough from the west, north and east. Groundwater from the Permian aquifer, commonly of smaller reserves, is locally in a hydraulic contact with the groundwater from the Upper Cretaceous and Triassic deposits. The different hydrogeological conditions are manifested especially by different (higher) elevations of the stabilized

zwierciadła wód, znacznie niższe współczynniki filtracji wodonośnych utworów permu kształtujące się najczęściej w zakresie od 0,41 do 0,8 m/d oraz osiągane niewielkie wydajności potencjalne i rzeczywiste studzien – nieprzekraczające 240 m³/d, przy znacznych depresjach nawet powyżej 100 m. Poziom ten nie odgrywa jednak obecnie istotnej roli w zaopatrzeniu ludności w wodę. Powodem tego jest głębokie zaleganie wód podziemnych, wysoka mineralizacja jego głębszych warstw oraz stosunkowo łatwy dostęp do zasobów piętra kredowego.

Drugi poziom wodonośny występujący w osadowych utworach wodonośnych permu w okolicach Unisławia–Boguszowa jest zasilany wodami z utworów krystalicznych – wulkanitów permskich Gór Kamiennych. Stanowią go wody szczelinowe i szczelinowo-porowe występujące na niewielkich (5–50 m) głębokościach, cechujące się zwierciadłem swobodnym, głębiej napiętym. Wydajności potencjalnych studzien mogą się wahać w granicach od kilku do kilkudziesięciu m³/h, przy depresjach rzędu kilku do kilkudziesięciu metrów. Obszar występowania skał wulkanicznych to strefa infiltracji wód opadowych w głąb górotworu. Cechą wyróżniającą ten poziom wodonośny jest występowanie stref o stwierdzonych znacznych zasobach wód podziemnych, na których bazują ujęcia otworowe w Unisławiu Śląskim oraz w rejonie Boguszów–Czarny Bór. Dość wysoką wodonośnością charakteryzuje się strefa przypowierzchniowa, w obrębie zwietrzeliny skalnej, sięgająca do głębokości około 15 m. Jest ona także drenowana przez źródła, których wydajności mieszczą się najczęściej w przedziale od 0,36 do 36 m³/h (0,01–10 l/s), a także niewielkie gospodarskie ujęcia drenażowe (poniemieckie, nadal wykorzystywane przez pojedyncze gospodarstwa). W związku z powyższym można przyjąć, że zwierciadło wody ma tu charakter swobodny – w obrębie zwietrzeliny skalnej, natomiast głębiej (w utworach szczelinowych) znajduje się pod ciśnieniem. Współczynnik filtracji oscyluje w granicach od 0,01 do 11,8 m/d, a wydajność potencjalna studni wierconej osiąga w tym rejonie 1440 m³/d, przy depresjach rzędu kilkudziesięciu metrów (Wojtkowiak, 2001).

Piętro permokarbońskie tworzą osadowe utwory karbonu górnego – piaskowce, zlepieńce, mułowce, węgle formacji z Żaclerza i Wałbrzycha oraz wulkanity permokarbońskie (porfiry, ryolity). Są to utwory słaboprzepuszczalne, o niskiej porowatości i niewielkim zawodnieniu. Wody w tej jednostce występują w kilku strefach, w warunkach przepływu szczelinowego, na głębokościach 50 m i poniżej, pozostając pod ciśnieniem do powyżej 1000 kPa, tj. 101,97 m słupa wody (Wojtkowiak, 2000b). Wydajności rzeczywiste studzien, równe potencjalnym, nie przekraczają 10 m³/h, przy depresji przekraczającej 50 m. Moduł zasobów odnawialnych o wartości 106 m³/d·km² oszacowano na podstawie średnich z minimalnych przepływów rocznych (SNrQ) dla zlewni bilansowych (Bielecka i in., 1992), a moduł zasobów dyspozycyjnych, po uwzględnieniu zasobów nienaruszalnych i warunków techniczno-ekonomicznych eksploatacji ujęć, w tym wpływu odwodnienia prowadzonego do niedaw-

water table, much lower values of permeability coefficients of the Permian water-bearing deposits, ranging usually from 0.41 to 0.8 m/d, and by low potential and actual discharge rates of wells, not exceeding 240 m³/d, at a significant drawdown even exceeding 100 m. This aquifer, however, currently does not play an important role in supplying the population with water. The reason for this is a relatively considerable depth to the groundwater, high mineralization of its deeper parts and relatively easy access to the water resources of the Cretaceous aquifer.

The other aquifer occurs in the Permian sedimentary formations in the Unisław – Boguszów region. It is recharged by the waters from crystalline rocks – Permian volcanites of the Kamienne Mountains. These are fracture and fracture-pore waters occurring at small (5–50 m) depths and characterized by the unconfined groundwater table, or confined at greater depths. Potential discharge rates of the wells can vary from a few to several m³/h, and the drawdown ranges between a few to tens of metres. The area of volcanic rocks is a zone of rainwater infiltration into the rock massif. The distinguishing feature of this aquifer is the occurrence of zones of identified significant groundwater resources extracted by the wells at Unisław Śląski and Boguszów–Czarny Bór. The near-surface zone within the weathering mantle, reaching a depth of approx. 15 m, is characterized by relatively considerable groundwater reserves. It is drained also by springs whose discharge rates are usually in the range from 0.36 to 36 m³/h (0.01–10 l/s), and by small household drain catchments (constructed by the Germans, but still used by some households). Therefore, we can assume that the groundwater table is unconfined within the weathering mantle in this area, but at deeper levels (in fractured rocks), the groundwater remains under pressure. The permeability coefficient oscillates in the range of 0.01 to 11.8 m/d, and the potential discharge rate of the drilled well attains 1,440 m³/d in this area, at a drawdown reaching several tens of metres (Wojtkowiak, 2001).

The Permo-Carboniferous aquifer is represented by Upper Carboniferous sedimentary rocks – sandstones, siltstones, conglomerates and coals of the Żaclěř and Wałbrzych formations, as well as Permo-Carboniferous volcanites (porphyry and rhyolites). These rocks are poorly permeable and their groundwater reserves are low.

The waters in this unit are available in several zones under fracture flow conditions, at depths below 50 m, remaining under pressure exceeding 1,000 kPa, i.e. 101.97 m of water column (Wojtkowiak, 2000b). Actual discharge rates of the wells are equal to potential discharge rates and do not exceed 10 m³/h, at a drawdown above 50 m. The renewable groundwater resources coefficient is 106 m³/d·km². It has been estimated based on average values calculated from the minimum annual flows (SNrQ) for groundwater balance areas (Bielecka *et al.*, 1992). The available resources coefficient, taking into account the inviolable resources and technical and economic exploitation conditions of groundwater catchments, and including the effect of dewatering carried out

na w rejonie Wałbrzycha i Nowej Rudy oszacowano na $51 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$.

3.7.4. Hydrogeologia krystaliniku

Na badanym obszarze brak otworów wiertniczych sięgających krystaliniku, co głównie związane jest z ich głębokim zaleganiem (od kilkuset metrów do 2 km). W świetle dostępnych materiałów brak jest rozpoznania hydrogeologicznego zarówno wgłębnego, jak i naturalnych wypływów w formie źródeł (Kłonowski, Wojtkowiak, 2000a, b).

3.8. CHARAKTERYSTYKA GZWP I JCWPD

Na terenie badań po stronie polskiej (fig. 6) występują dwa nieudokumentowane Główne Zbiorniki Wód Podziemnych GZWP (Kleczkowski, 1990; Skrzypczyk i in., 2013):

- GZWP nr 341 – niecka wewnątrzsudecka – Kudowa-Zdrój-Bystrzyca Kłodzka,
- GZWP nr 342 – niecka wewnątrzsudecka – Krzeszów.

Oba te zbiorniki będą przedmiotem dokumentowania przez pracowników PIG-PIB Oddział Dolnośląski w latach 2014–2015. Ponadto po stronie polskiej wyznaczono modele koncepcyjne Jednolitych Części Wód Podziemnych pod redakcją PIG-PIB, tj.: JCWPD nr 107, 122, 123, 124, 125, 137.

Po stronie czeskiej wyróżnia się trzy regiony:

- Region hydrogeologiczny 4110 Niecka Policka,
- Region hydrogeologiczny 4210 kreda Hronov-Poříčí,
- Region hydrogeologiczny 5162 niecka wewnątrzsudecka.

JCWPD nr 137

Obszar JCWPD nr 137 stanowi polską część monitorowanego obszaru Kudowa-Zdrój-Police nad Metują. W całości znajduje się on w obrębie zlewiska Morza Północnego i jest drenowany przez Klikawę (Szybka), stanowiącą lewobrzeżny dopływ Metuji oraz Czermnicę i jej dopływ – Kudowski Potok.

JCWPD nr 137 obejmuje fragmenty jednostek geologiczno-tektonicznych niecki śródsudeckiej w północno-wschodniej części oraz granitoidu Kudowy (masyw Kudowy), krystaliniku orlicko-bystrzyckiego i zapadliska Kudowy w części centralnej. Hydrostrukturalnie tworzą go jednostki zapadliska Kudowy, fragmenty niecki Batorowa oraz krystaliniku Gór Orlickich i Bystrzyckich. Występują w nich trzy poziomy wodonośne: czwartorzędowo-kredowy, kredowy i paleozoiczno-proterozoiczny.

Poziom czwartorzędowo-kredowy występuje głównie w dolinach rzecznych, w ośrodku porowym (Q) i porowo-szczelinowym (turon górny). Jest zasilany bezpośrednio w wyniku infiltracji opadów atmosferycznych. Zwierciadło wód podziemnych ma charakter swobodny, miejscowo napięty. Lokalnie poziom ten pozostaje w więzi hydraulicznej z górną strefą spękanych i zerodowanych skał paleozoiczno-proterozoicznych krystaliniku Gór Orlickich i Bystrzyckich, granitoidu Kudowy oraz strefą wychodni permu.

until recently in the Wałbrzych and Nowa Ruda region, is estimated at $51 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$.

3.7.4. Hydrogeology of the crystalline basement

In the study area, there are no boreholes reaching the crystalline basement, mainly because of the great depth (from a few hundred metres to 2 km). The degree of hydrogeological exploration is poor due to the lack of available materials. There are no natural outflows in the form of springs, either (Kłonowski, Wojtkowiak, 2000a, b).

3.8. THE CHARACTERISTICS OF MGRs AND GWBs

On the Polish side of the study area (Fig. 6), there are two undocumented Main Groundwater Reservoirs (MGR) (Kleczkowski, 1990; Skrzypczyk *et al.*, 2013):

- MGR No. 341 – Intra-Sudetic Basin – Kudowa-Zdrój-Bystrzyca Kłodzka,
- MGR No. 342 – Intra-Sudetic Basin – Krzeszów.

Both will be the subject of documentation work of PGI-NRI specialists from the Lower Silesian Branch in 2014–2015. In addition, conceptual models of Groundwater Bodies have been developed on the Polish side by the PGI-NRI, i.e.: GWBs Nos. 107, 122, 123, 124, 125, 137.

On the Czech side, three regions have been identified:

- Hydrogeological region 4110 Police Basin,
- Hydrogeological region 4210 Hronov-Poříčí Cretaceous,
- Hydrogeological region 5162 Intra-Sudetic Basin.

GWB No. 137

The area of GWB No. 137 is the Polish part of the Kudowa-Zdrój-Police nad Metuje area. It is entirely included in the North Sea catchment area and is drained by the Klikawa (Szybka) River which is a left tributary of the Metuje River and the Czermnica River with its tributary – the Kudowski Stream.

GWB No. 137 encompasses parts of geological-tectonic units of the Intra-Sudetic Basin in its north-eastern part, and the Kudowa (Kudowa Massif) granitoid, Orlice-Bystrzyca crystalline rocks and the Kudowa Trough in its central part. In terms of regional hydrogeology, it consists of units of the Kudowa Trough, parts of the Batorów Trough and crystalline rocks of the Orlickie and Bystrzyckie Mountains. There are three aquifers in this area: Quaternary-Cretaceous, Cretaceous and Paleozoic-Proterozoic.

The Quaternary-Cretaceous aquifer occurs mainly in river valleys; this is a pore (Q) and fracture-pore (upper Turonian) aquifer. It is recharged directly by rainfall infiltration. The groundwater table is unconfined, locally confined. In some areas, this aquifer is in a hydraulic connection with the upper zone of fractured and eroded Paleozoic and Proterozoic crystalline rocks of the Orlickie and Bystrzyckie Mountains, Kudowa granitoids and the zone of Permian outcrops.

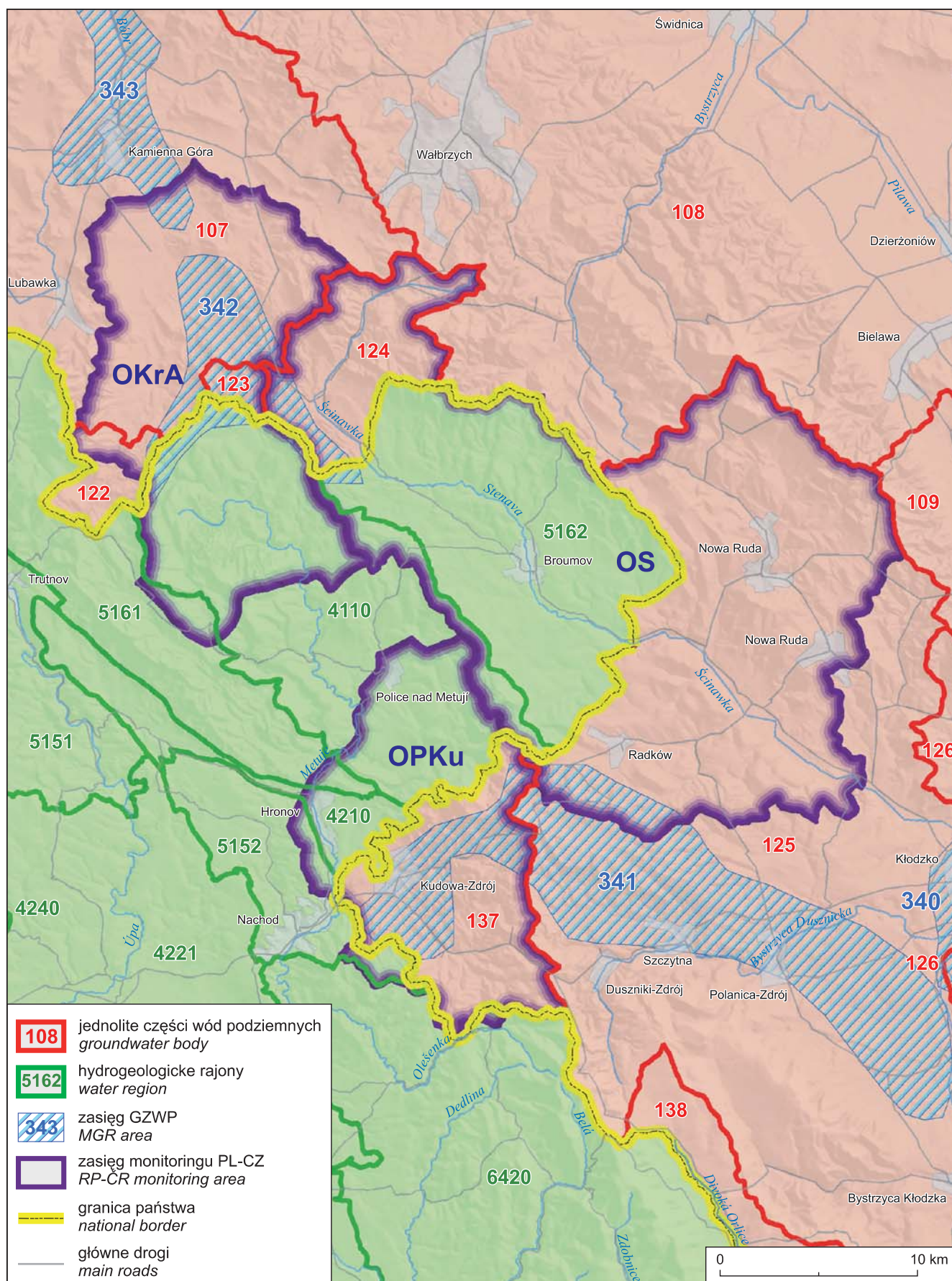


Fig. 6. Położenie GZWP i JCWPd na obszarze badań

Location of MGRs and GWBs in the study area

Region 4110 – Polická pánev, Region 4210 – Hronovsko-poříčská křída, Region 4221 – Podorlická křída v povodí Úpy a Metuje, Region 4240 – Královédvorská synklina, Region 5151 – Podkrkonošský permokarbon, Region 5152 – Náchodský perm, Region 5161 – Dolnoslezská pánev – západní část, Region 5162 – Dolnoslezská pánev – východní část, Region 6420 – Krystalinikum Orlických hor, GZWP 343 – Dolina rzeki Bóbr (Marciszów), GZWP 340 – Dolina kopalna rzeki Nysa Kłodzka, GZWP 341 – Niecka wewnątrzsudecka Kudowa-Zdrój– Bystrzyca Kłodzka, GZWP 342 – Niecka wewnątrzsudecka Krzeszów

Region 4110 – Polická pánev, Region 4210 – Hronovsko-poříčská křída, Region 4221 – Podorlická křída v povodí Úpy a Metuje, Region 4240 – Královédvorská synklina, Region 5151 – Podkrkonošský permokarbon, Region 5152 – Náchodský perm, Region 5161 – Dolnoslezská pánev – západní část, Region 5162 – Dolnoslezská pánev – východní část, Region 6420 – Krystalinikum Orlických hor, MGR 343 – Bóbr River valley (Marciszów), MGR 340 – Fossil valley of the Nysa Kłodzka River, MGR 341 – Intra-Sudetic Basin Kudowa-Zdrój– Bystrzyca Kłodzka, MGR 342 – Intra-Sudetic Basin Krzeszów

Piętro kredowe stanowią dwa poziomy wodonośne związane z piaskowcami cenomanu oraz marglami i piaskowcami turonu dolnego, rozdzielone kompleksem osadów marglisto-ilastych. Wody podziemne są związane z ośrodkiem porowo-szczelinowym o silnym zaangażowaniu procesów tektonicznych. Współwystępują tu wody słodkie i mineralne.

Wody piętra paleozoiczno-proterozoicznego są związane z ośrodkiem szczelinowo-porowym krystaliniku Gór Bystrzyckich i Orlickich, a także strefą szczelinowych granitoidów Kudowy i permu dolnego.

W zapadlisku Kudowy i w rejonie krystaliniku orlicko-bystrzyckiego hydroizohipsy poziomów wodonośnych wskazują na południowo-zachodni kierunek przepływu wód podziemnych. Bazą drenażu jest tu dolina rzeki Bystra. Rzędna powierzchni piezometrycznej kształtuje się w przedziale od 360 do 440 m n.p.m. Występowanie działu wód podziemnych w rejonie niecki Batorowa wymusza przepływ wód podziemnych w kierunku północno-zachodnim i południowo-wschodnim. Rzędna powierzchni piezometrycznej kształtuje się tu w przedziale od 700 do 560 m n.p.m.

Istotnym zagadnieniem gospodarki wodnej analizowanego terenu jest wykorzystanie wód mineralnych i leczniczych. Występowanie szczaw w rejonie Kudowy-Zdroju jest związane z systemem dyslokacji tektonicznych wieku neogénskiego, w utworach kredy górnej zapadliska Kudowy. Głównym kolektorem wód podziemnych, w tym również leczniczych, są utwory turonu górnego i cenomanu. W strefach silnie zaangażowanych tektonicznie stwierdzono występowanie brekcji ilastych o miąższości do kilkudziesięciu metrów, umożliwiających przepływ wód z głębszych horyzontów. Wykazano również przesiąkanie wód zmineralizowanych z utworów kredy górnej w osady czwartorzędu. Należy dodać, że podobne wystąpienia wód leczniczych w utworach kredy górnej rozpoznano w czeskiej części zapadliska Kudowy.

W obrębie JCWPd nr 137 udokumentowane zasoby wód podziemnych piętra kredowego niecki Batorowa wynoszą 1300 m³/d (Grzegorzczak i in., 1993). Dla pozostałej części obejmującej obszar zapadliska Kudowy, fragment granitoidu Kudowy i krystaliniku orlicko-bystrzyckiego o nieudokumentowanych zasobach dyspozycyjnych określone zasoby perspektywiczne szacuje się na 8763 m³/d.

The Cretaceous aquifer consists of two aquifers in Cenomanian sandstones and lower Turonian marls and sandstones, separated by a series of marly-clayey deposits. The groundwater is associated with a fracture-pore rock medium of high degree of tectonic deformation. Fresh and mineral waters co-occur in this area.

Groundwater of the Paleozoic-Proterozoic aquifer is associated with a fracture-pore rock medium of crystalline rocks of the Orlickie and Bystrzyckie Mountains, and with a zone of Kudowa and Lower Permian fractured granitoids.

In the Kudowa Trough and in the area of crystalline rocks of the Orlickie and Bystrzyckie Mountains, the groundwater contours of individual aquifers indicate a south-western direction of groundwater flow. The base level of groundwater drainage is the Bystra River valley. The elevations of piezometric surface vary from 360 to 440 m a.s.l. The occurrence of groundwater divide in the region of Batorów Trough constrains the groundwater flow towards the northeast and southeast. The elevations of piezometric surface are expected to vary from 700 to 560 m a.s.l.

An important issue of water management of the study area is the use of mineral and medicinal waters. The occurrence of carbonated mineral water in the Kudowa-Zdrój region is associated with a system of tectonic discontinuities, Neogene in age, in the Upper Cretaceous rocks of the Kudowa Trough. The main groundwater aquifer, storing also medicinal water, is represented by upper Turonian and Cenomanian deposits. In highly tectonized areas, clay breccias have been found, up to several tens of metres in thickness. They allow the flow of water from deeper horizons. There is also percolation of mineralized groundwater from the Upper Cretaceous to the Quaternary deposits. It should be noted that similar occurrences of therapeutic waters in Upper Cretaceous sediments have been found in the Czech part of the Kudowa Trough.

Within GWB No. 137, proven groundwater reserves in the Cretaceous aquifer of the Batorów Trough are estimated at 1,300 m³/d (Grzegorzczak *et al.*, 1993). In the remaining area, including the Kudowa Trough, part of the Kudowa granitoid and the area of crystalline rocks of the Orlickie and Bystrzyckie Mountains, available resources have not been estimated and the prospective resources of these units are thought to be 8,763 m³/d.

JCWPd nr 124

Północną część monitorowanego obszaru zlewni Ścinawki po stronie polskiej stanowi wydzielona JCWPd nr 124. Główną jej rzeką jest Ścinawka – lewobrzeżny dopływ Nysy Kłodzkiej – która stanowi podstawową bazę drenażu wód podziemnych.

Obszar JCWPd wydzielono w obrębie niecki śródsudeckiej, będącej śródgórskim zapadliskiem tektonicznym na północno-wschodnich peryferiach masywu czeskiego. Niecka jest wypełniona utworami od karbonu dolnego, przez karbon górny, perm, część triasu po kredę górną. Natomiast na terenie JCWPd nr 124 największe rozprzestrzenienie mają utwory karbonu górnego i permu dolnego, reprezentowane przez różne odmiany zlepieńców i piaskowców, przechodzące w utwory sedymentacji jeziornej (mułowce i iłowce). W obrębie serii permskiej obok piaskowców i zlepieńców występują również trachybasalty, związane z dużą aktywnością wulkaniczną na terenie całej Europy Środkowej. W zachodniej części JCWPd występują fragmentarycznie utwory triasu dolnego (drobno- i średnioziarniste piaskowce kwarcowo-skalieniowe i kaolinowe), nad którymi zalegają utwory kredy górnej (piaskowce i mułowce). Utwory czwartorzędowe występują lokalnie w dolinach rzek i potoków oraz jako rumosze skalne i gliny deluwialne na stokach.

W przedmiotowej JCWPd występują trzy piętra wodonośne w utworach czwartorzędowych, kredowo-triasowych i permokarbońskich, pozostające w kontaktach hydraulicznych.

Piętro czwartorzędowe ma charakter lokalny i jest związane z rzecznyymi osadami dolin. Prowadzi wody płytko zalegające o reżimie swobodnym.

Wody piętra kredowo-triasowego są związane z ośrodkiem szczelinowo-porowym (piaskowce i zlepieńce) brzeżnych partii Gór Stołowych. Charakteryzują się naporowymi warunkami i dużą zmiennością parametrów hydrogeologicznych.

Permo-karbońskie piętro wodonośne cechuje największe rozprzestrzenienie na obszarze JCWPd nr 124. Wody podziemne występują w porowato-szczelinowym ośrodku związanym ze zlepieńcami, wapieniami i piaskowcami. Cechują się swobodnym, a w leżących głębiej strefach tektonicznych naporowym, ciśnieniem, odpowiadającym poziomowi zwierciadła swobodnego. Źródłem zasilania jest infiltracja wód opadowych, przesączanie z poziomu czwartorzędowego oraz zasilanie z głębszego podłoża wodami krążenia regionalnego. Główną rolę w krążeniu wód podziemnych odgrywa regionalny poziom wód głębszego krążenia związany z wodami szczelinowo-porowymi ze swobodnym zwierciadłem wody w strefach zasilania oraz ciśnieniami subartezyjskimi i artezyjskimi w strefie dolinnej Ścinawki.

Na obszarze JCWPd nr 124 nie udokumentowano zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych, natomiast obliczone analitycznie (Poprawski i in., 1996) dla zlewni górnej Ścinawki wynoszą 17 320 m³/d, co daje wielkość modułu w wysokości 292,5 m³/d·km².

JCWPd nr 125

Południową część monitorowanego obszaru zlewni Ścinawki po stronie polskiej stanowi północny fragment

GWB No. 124

North part of the monitoring area of the Ścinawka drainage basin on the Polish side is represented by GWB No. 124. The major river is Ścinawka – a left tributary of the Nysa Kłodzka River which is the main base level of groundwater drainage.

The GWB area has been established within the Intra-Sudetic Basin which is an intramontane tectonic depression in the NE periphery of the Bohemian Massif. It is filled with Lower Carboniferous, Upper Carboniferous, Permian, part of Triassic and Upper Cretaceous deposits. As regards GWB No. 124, the most common are Upper Carboniferous and Lower Permian deposits represented by different varieties of conglomerates and sandstones, passing into lacustrine siltstones and claystones. Within the Permian succession, sandstones and conglomerates are accompanied by trachybasalts related to high volcanic activity throughout Central Europe. In the western part of the GWB, there are patches of Lower Triassic deposits (fine- to medium grained quartz-feldspar and kaolin sandstones) overlain by Upper Cretaceous rocks (sandstones and mudstones). Quaternary deposits occur locally in river and stream valleys, and as rock debris and deluvial clays on slopes.

This GWB consists of three aquifer in the Quaternary, Cretaceous-Triassic and Permo-Carboniferous rocks, remaining in a hydraulic contact.

The Quaternary aquifer is local and associated with river valley deposits. The groundwater occurs at shallow depths and is unconfined.

Groundwater of the Cretaceous-Triassic aquifer are associated with a fracture-pore rock medium (sandstones and conglomerates) of the peripheral part of the Stołowe Mountains. The groundwater is confined and shows highly variable hydrogeological parameters.

The Permo-Carboniferous aquifer occupies the largest area of GWB No. 124. This is a fracture-pore reservoir in conglomerates, limestones and sandstones. The groundwater table is either unconfined or, in deeper tectonic formations, confined. The groundwater is recharged by infiltration of rainwater, percolation from the Quaternary aquifer, and water inflow from deeper zones by regional groundwater circulation. Essential role in the groundwater circulation plays a regional deeper water circulation system associated with an unconfined fracture-pore groundwater reservoir in recharge zones, and with artesian and subartesian pressures in the Ścinawka River valley.

Available groundwater resources have not been estimated for the area of GWB No. 124, while the resources analytically calculated (Poprawski *et al.*, 1996) for the upper Ścinawka drainage basin are 17,320 m³/d, with the groundwater resources coefficient of 292.5 m³/d·km².

GWB No. 125

Southern part of the monitoring area of the Ścinawka drainage basin on the Polish side is represented by the nor-

JCWPD nr 125. Omawiana jednostka obejmuje znaczną część zlewni Ścinawki. Pod względem geologicznym stanowi głównie fragment niecki śródsudeckiej. W części północno-wschodniej występuje fragment bloku sowiogórskiego, we wschodnio-środkowej części – metamorfik kłodzki. Nieckę śródsudecką wypełniają osadowe skały karbonu dolnego i górnego oraz permu – przeławicające się zlepieńce, piaskowce, mułowce i ilowce oraz permskie skały wulkaniczne – ryolity, trachybasalty i tufy. Skały osadowe występują głównie w części centralnej omawianego obszaru, skały wulkaniczne – w północnej. Blok sowiogórski (północno-wschodnia część analizowanego JCWPd) jest zbudowana głównie z proterozoicznych gnejsów z wkładkami amfibolitów, granulitów, a lokalnie – kwarcytów i wapieni krystalicznych. Metamorfik kłodzki (w środkowowschodniej części JCWPd) jest reprezentowany przez amfibolity i gabra starszego paleozoiku. Na badanym obszarze utwory czwartorzędowe tworzą głównie osady dolin rzecznych i stożków napływowych – piaski, żwiry, muły oraz gliny deluwialne z rumoszem skalnym. W północnej części rozpatrywanego JCWPd, pokrywającej się z obszarem monitoringu granicznego, występują poziomy wodonośne w utworach czwartorzędowych, permskich i paleozoiczno-proterozoicznych.

Piętro czwartorzędowe o znaczeniu lokalnym jest związane z piaszczystymi osadami dolin rzecznych i pokryw rumoszowych. Wody podziemne charakteryzują się zwierciadłem swobodnym, występującym przeważnie na głębokości 1–2 m. Zasilanie tego poziomu odbywa się bezpośrednio poprzez infiltrację opadów atmosferycznych.

Permskie piętro wodonośne – o słabym rozpoznaniu hydrogeologicznym – jest związane z występowaniem utworów permu dolnego (głównie piaskowców, zlepieńców i mułowców). Występowanie wód podziemnych wiąże się z obecnością szczelin, spękań i rozluźnień skalnych, znajdujących się zazwyczaj w sąsiedztwie stref tektonicznych. Większym zawodnieniem charakteryzuje się przypowierzchniowa strefa rozluźnionych i zwietrzałych skał, maksymalnie do głębokości około 200 m.

Paleozoiczno-proterozoiczne piętro wodonośne na omawianym obszarze jest związane z występowaniem spękanej i zwietrzałej, wierzchniej strefy skał metamorficznych (gnejsów i łupków) oraz ich rumoszy.

Północna część analizowanego obszaru JCWPd znajduje się w rejonie Nowej Rudy, a jej udokumentowane zasoby odnawialne określono na podstawie bilansu hydrologicznego. Dla poziomu permskiego przy module $68 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$ zasoby wynoszą $9316 \text{ m}^3/\text{d}$ i dla piętra paleozoiczno-proterozoicznego przy module $56 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$, zasoby wynoszą $5924 \text{ m}^3/\text{d}$.

JCWPD nr 122

Północna część charakteryzowanego JCWPd jest położona w południowo-zachodnim fragmencie monitorowanego obszaru Krzeszów–Adrspach. Omawiana jednostka należy w całości do zlewni Łaby, a główną rzeką przepływającą przez jej teren jest Ostrożnica. Obszar JCWPd znajduje się w obrębie niecki śródsudeckiej, na jej południowo-zachodnim skrzydle. Wypełniające ją serie osadowe zapadają

thern portion of GWB No. 125. This unit encompasses much of the Ścinawka drainage basin. Geologically, this is mainly a part of the Intra-Sudetic Basin. In the northeast, there is a part of the Sowie Mountains Block, in the east-central part – the Kłodzko metamorphic complex. The Intra-Sudetic Basin is filled with Lower and Upper Carboniferous and Permian rocks represented by interbedding conglomerates, sandstones, mudstones and claystones, as well as by Permian volcanite rocks – rhyolites, trachybasalts and tuffs. Sedimentary rocks occur mainly in the central part of the area, whereas volcanic rocks in the northern part of the GWB. The Sowie Mountains Block (north-eastern part of the GWB) consists largely of Proterozoic gneisses with interbeds of amphibolites, granulites, and locally quartzites and crystalline limestones. The Kłodzko metamorphic complex (in the east-central part of the GWB) is represented by lower Paleozoic amphibolites and gabbros. In the study area, the Quaternary succession consists mainly of river valley and alluvial fan deposits – sands, gravels, silts and deluvial clays with rock debris. In the northern part of the GWB, coinciding with the area of transboundary monitoring, there are Quaternary, Permian and Paleozoic-Proterozoic aquifers.

The Quaternary aquifer is of local significance and is associated with sandy sediments of river valleys and rock debris covers. The groundwater table is unconfined and occurs mostly at a depth of 1–2 m. The groundwater is recharged directly by infiltration of rainwater.

The Permian aquifer is poorly explored and represented by Lower Permian rocks (mainly sandstones, conglomerates and siltstones). The occurrence of groundwater in this area is associated with numerous fractures, cracks and loosened zones in the rocks, located predominantly near tectonic zones. Greater groundwater reserves are found in the near-surface loosened zone of weathered rocks, down to a maximum depth of about 200 m.

The Paleozoic-Proterozoic aquifer of the area is associated with the occurrence of the near-surface fractured and weathered zone of metamorphic rocks (gneisses and schists) and rock debris.

Northern part of the GWB is situated in the Nowa Ruda region, and the documented renewable resources have been determined based on the hydrological balance. For the Permian aquifer with the groundwater resources coefficient of $68 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$, they are estimated at $9,316 \text{ m}^3/\text{d}$, and for the Paleozoic-Proterozoic aquifer with the groundwater resources coefficient of $56 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$, they are $5,924 \text{ m}^3/\text{d}$.

GWB No. 122

Northern part of this GWB is located in the south-western portion of the Krzeszów–Adrspach monitoring area. The whole unit is included in the Elbe River drainage basin, and the major river is Ostrożnica. The GWB is located within the Intra-Sudetic Basin, in its south-western flank. Sedimentary series of this area dip monoclinally towards the northeast. The oldest deposits are Carboniferous sandstones,

monoklinalnie w kierunku północno-wschodnim. Najstarszymi utworami na tym obszarze są piaskowce, piaskowce arkozowe i łupki karbonu, na których w kierunku północnym zalegają zlepieńce i piaskowce, lokalnie przeławiczone czerwono-brunatnymi mułowcami i iłowcami czerwonego spagowca.

Czwartorzędowe osady piaszczysto-żwirowe występują w dolinach rzek i potoków, a na stokach jako rumosze skalne i gliny deluwialne. Czwartorzędowe piętro wodonośne występuje lokalnie, w osadach rzecznych dolin oraz w utworach zwietrzelinowych starszych skał podłoża. Cechuje się niewielką, kilkumetrową miąższością i płytkim zaleganiem (1–5 m) swobodnego zwierciadła wody. Największe rozprzestrzenienie ma permsko-karbońskie piętro wodonośne. Wody podziemne występują w ośrodku szczelinowo-porowym. Zwierciadło wód wykazuje charakter swobodny, natomiast w leżących głębiej strefach tektonicznych wody są pod ciśnieniem, odpowiadającym poziomowi zwierciadła swobodnego. Zalega ono na głębokości od kilku do kilkudziesięciu metrów. Zasilanie wód piętra permsko-karbońskiego odbywa się na drodze bezpośredniej infiltracji wód opadowych poprzez systemy spękań oraz strefy złuźnień tektonicznych.

Na obszarze JCWPd nr 122 nie udokumentowano zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych.

JCWPd nr 123

Cała jednostka jest położona w południowej części monitorowanego obszaru Krzeszów–Adrśpach, w zlewni Łaby. Stanowi fragment osiowej części depresji śródsudeckiej z synkinalnym układem warstw o osi przebiegającej z północnego zachodu na południowy wschód. Najstarszymi utworami występującymi w głębokim podłożu są zlepieńce i piaskowce karbonu i wyżej leżącego permu. Ponad nimi występują utwory triasu (piaskowce z przewarstwieniami mułowców), na których zalegają niezgodnie utwory kredy górnej (glaukonitowe piaskowce kwarcowe, z warstwami mułowców i zlepieńców). Utwory czwartorzędowe tworzą lokalnie cienkie pokrywy piaszczysto-żwirowe z rumoszem, głównie w dolinie Czarciemu Potoku.

W obrębie utworów geologicznych występujących na omawianym obszarze wyróżnia się piętra wodonośne: czwartorzędowe, kredowo-triasowe, permskie i karbońskie.

Czwartorzędowe piętro wodonośne występuje w dolinach potoków, w obrębie piasków i żwirów o miąższości do 1 m. Zwierciadło wód ma charakter swobodny.

Kredowo-triasowe piętro wodonośne jest związane z kompleksem piaskowców ciosowych cenomanu i piaskowców pstręgo piaskowca, rozdzielonych serią mułowców. Zwierciadło wody ma charakter napięty, lokalnie swobodny.

W obrębie piętra permskiego występują utwory cechsztynu i czerwonego spagowca. Wodonośność tych pierwszych jest znikoma. Bardziej zasobne są utwory czerwonego spagowca. Występują tu głównie wody szczelinowe i w mniejszym stopniu porowe. Zwierciadło wody ma charakter napięty. Brak danych na temat piętra karbońskiego.

Na obszarze JCWPd nr 123 nie udokumentowano zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych.

arkosic sandstones and shales, overlain towards the north by conglomerates and sandstones, locally interbedded with Rotliegend red-brownish siltstones and claystones.

Quaternary sandy and gravelly sediments are found in river and stream valleys, and on the slopes as rock debris and deluvial clays. The Quaternary aquifer occurs locally in river valley sediments and weathering mantles of older deposits. It is characterized by a small thickness of a few metres, and its unconfined groundwater table occurs at shallow depths (1–5 m). Of the greatest extent is the Permian-Carboniferous aquifer. The groundwater represents a fracture-pore reservoir, and the groundwater table is unconfined. In deeper-lying tectonic zones, it is under pressure, corresponding to the level of the unconfined table. It lies at a depth of several to tens of metres. The Permian-Carboniferous aquifer is recharged by direct rainwater infiltration through systems of cracks and loosened zones.

Available groundwater resources have not been estimated in the area of GWB No. 122.

GWB No. 123

The entire unit is situated within the southern part of the Krzeszów–Adrśpach monitoring area, being included in the Elbe River drainage basin. It is part of the axial zone of the Intra-Sudetic Basin, with synclinally arranged strata and the axis stretching from northwest to southeast. The oldest rocks in the deep basement are Carboniferous conglomerates and sandstones overlain by Permian deposits. They are covered with Triassic deposits (sandstones with siltstone interbeds) unconformably overlain by Upper Cretaceous rocks (glauconitic quartz sandstones with mudstone and conglomeratic interbeds). Quaternary deposits are locally found mainly in the Czarci Stream valley and form thin sand-gravelly covers with rock debris.

Quaternary, Cretaceous-Triassic, Permian and Carboniferous aquifers have been distinguished in the discussed area.

The Quaternary aquifer occurs in stream valleys, in sand and gravel deposits attaining a thickness of 1 m. The groundwater table is unconfined.

The Cretaceous-Triassic aquifer is associated with a complex of Cenomanian “quader” sandstones and Buntsandstein sandstones, separated by a series of mudstones. The groundwater table is confined, locally unconfined.

The Permian aquifer is represented by Zechstein and Rotliegend rocks. Groundwater reserves in the Zechstein rocks are negligible. Greater water quantities are stored in the Rotliegend rocks. Fracture waters are the main type in this area; pore waters are subordinate. The groundwater table is confined. There is no data on the Carboniferous aquifer.

Available groundwater resources have not been estimated in the area of GWB No. 123.

JCWPd nr 107

Wschodnia część omawianej jednostki w dużej mierze odpowiada monitorowanemu obszarowi Krzeszów–Adršpach. Hydrograficznie jest położona w zlewni Bobru i jego dopływu Zadrnej.

JCWPd nr 107 obejmuje obszar niecki Krzeszowa, utożsamianej z północnym fragmentem niecki śródsudeckiej. Jej podłoże jest zbudowane z utworów kambru (spility) i dewonu (zlepieńce, szarogłazy, mułowce). Powyżej zalega kompleks skał karbonu (zlepieńce, piaskowce, mułowce, łupki i iłowce z pokładami węgla kamiennego) i permu (zlepieńce, piaskowce, mułowce, iłowce, brekcje). W część południowo-wschodniej występują słabozwięzłe, grubo- i średnioziarniste piaskowce triasu oraz zalegające na nich niezgodnie piaskowce, mułowce i wapienie kredy górnej. Utwory czwartorzędowe tworzą lokalnie zwarte pokrywy żwirów i mułków głównie w dolinie Zadrnej oraz cienkie pokrywy glin zwałowych.

W obrębie niecki śródsudeckiej wydzielono piętra wodonośne w utworach: czwartorzędowych, kredowo-triasowych, permskich i dolnokarbońskich.

Poziomy wodonośne piętra czwartorzędowe są związane z osadami doliny rzecznej Zadrnej oraz rumoszy piedmontowych, piasków i żwirów wodnolodowcowych w obrębie stożków wodnolodowcowych plejstocenu. Prowadzą wody swobodne, zalegające na głębokości do kilku metrów.

Kredowo-triasowe piętro wodonośne wydzielono w zasięgu występowania utworów kredy górnej i triasu, wypełniających nieckę Krzeszowa – obniżenie pomiędzy wychodniami permu, w pasie od granicy z Czechami do Krzeszowa. Kolektorem wód podziemnych w ośrodku szczelinowo-porowym są piaskowce i zlepieńce. Zasilanie zachodzi wzdłuż stref rozluźnień tektonicznych przez wody z utworów czwartorzędowych oraz wychodni wulkanicznych i osadowych skał permu, tworząc z nimi niekiedy wspólny horyzont wodonośny. Głębokość występowania kredowo-triasowego zbiornika wód podziemnych jest bardzo zróżnicowana – od 20 do około 100 m, natomiast miąższość stref wodonośnych waha się w granicach od 10 do ponad 40 m. Zwierciadło wody ma charakter napięty i stabilizuje się na głębokości od kilku do kilkudziesięciu metrów poniżej terenu.

W obrębie paleozoicznego, permskiego piętra wodonośnego wyróżnia się dwa poziomy wodonośne. Pierwszy związany z wodonośnymi utworami osadowymi permu – spękanymi piaskowcami, mułowcami i zlepieńcami podścielającymi skały piętra kredowo-triasowego. Drugi występuje w osadowych, szczelinowatych zbiornikach wodonośnych permu, zasilanych przez wody z utworów krystalicznych – wulkanitów permskich. Na niewielkich głębokościach (5–15 m, lokalnie 50 m) występują tu wody szczelinowe i szczelinowo-porowe, cechujące się zwierciadłem swobodnym, głębiej napiętym.

Na obszarze JCWPd nr 107 nie udokumentowano zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych.

GWB No. 107

Eastern part of this unit mostly corresponds to the Krzeszów–Adršpach monitoring area. It is situated within the drainage basin of the Bóbr River and its tributary – the Zadrna River.

It encompasses the Krzeszów Trough area that corresponds to the northern part of the Intra-Sudetic Basin. The basement is composed of Cambrian rocks (spilites) and Devonian rocks (conglomerates, greywackes, siltstones). They are overlain by a complex of Carboniferous rocks (conglomerates, sandstones, siltstones, shales and claystones with coal seams) and Permian deposits (conglomerates, sandstones, siltstones, claystones and breccias). In the southeast, there are Triassic poorly cohesive, coarse- to medium-grained sandstones and unconformably overlying Upper Cretaceous sandstones, mudstones and limestones. The Quaternary deposits locally form gravel and silt covers, mainly in the Zadrna River valley, and thin till layers.

Within the Intra-Sudetic Basin, the Quaternary, Cretaceous-Triassic, Permian and Lower Carboniferous aquifers have been distinguished.

The Quaternary aquifers are associated with sediments of the Zadrna River valley and glaciofluvial foothill debris, sands and gravels of Pleistocene glaciofluvial fans. The groundwater table is unconfined and lies at a depth of a few metres.

The Cretaceous-Triassic aquifer has been distinguished within the extent of Upper Cretaceous and Triassic deposits that fill the Krzeszów Trough – a depression between Permian outcrops, in a belt extending from the Czech border to Krzeszów. The groundwater is stored in a fracture-pore reservoir composed of sandstones and conglomerates. Groundwater recharge occurs along loosened zones through Quaternary deposits and outcrops of Permian volcanic and sedimentary rocks, locally forming a common aquifer. The depth to the Cretaceous-Triassic reservoir varies from 20 to about 100 m, and the thickness of water-bearing zones ranges from 10 m to over 40 m. The groundwater table is confined and stabilizes at a depth of several to tens of metres below the ground level.

Two aquifers have been distinguished within the Permian aquifer. One of them is related to the Permian water-bearing sedimentary rocks – fractured sandstones, siltstones and conglomerates underlying the Cretaceous-Triassic deposits. The other is represented by the Permian fractured sediments recharged by water from crystalline rocks – Permian volcanites. In this area, there are fracture-pore waters occurring at small depths (5–15 m, locally 50 m), with unconfined groundwater table, or confined at greater depths.

Available groundwater resources have not been estimated in the area of GWB No. 107.

GZWP nr 341 – Niecka wewnątrzsudecka Kudowa-Zdrój-Bystrzyca Kłodzka

Według indywidualnych kryteriów wydzielono zbiornik kredowy w niecce wewnętrznej NW nr 341 (Kleczkowski, 1990). W obrębie tego zbiornika kolektorem wód podziemnych (w ośrodku szczelinowo-porowym) są piaskowce i margle turonu górnego i środkowego oraz piaskowce cenomanu i margle turonu dolnego.

W obrębie kredy górnej piaskowce i margle turonu górnego i środkowego tworzą górny poziom wodonośny, natomiast piaskowce cenomanu i margle turonu dolnego – dolny poziom wodonośny. Poziomy te są rozdzielone słabo przepuszczalnym kompleksem osadów ilasto-marglistych. Na obszarach o niewielkim zaangażowaniu tektonicznym oba poziomy wodonośne są dobrze izolowane, natomiast w miejscach o silnie rozwiniętej tektonice i drożnych szczelinach zaobserwowano istnienie silnej więzi hydraulicznej.

Górny poziom wodonośny charakteryzuje się swobodnym lub słabo napiętym zwierciadłem, stabilizującym się na głębokościach od kilku do ponad 100 m. Miąższość poziomu jest zmienna, średnio wynosi 60–80 m. Wody tego poziomu, w korzystnych warunkach silnych zaburzeń tektonicznych, mogą zasilać dolny poziom wodonośny. Wydajności maksymalne z pojedynczych otworów są małe, od kilku do kilkunastu m³/h, przy depresjach maksymalnych równych kilkunastu metrom. Wartości współczynnika filtracji zarówno dla margli, jak i piaskowców sięgają maksymalnie 0,3 m/h.

Głębokość występowania dolnego poziomu wodonośnego sięga do około 100 m. Wody tego poziomu charakteryzują się zwierciadłem napiętym i warunkami artezyjskimi. Zwierciadło swobodne występuje jedynie w strefie brzeżnej niecki. Miąższość tego poziomu wynosi 30–40 m, maksymalnie do 50 m i maleje w peryferyjnych częściach niecki. Parametry hydrogeologiczne dolnej warstwy wodonośnej, choć korzystniejsze niż warstwy górnej, również charakteryzują się dużą zmiennością. Wydajności pojedynczych otworów wahają się od kilku do ponad 100 m³/h, a wartości współczynnika filtracji wynoszą 0,1–0,3 m/h (Grzegorzczak i in., 1993).

Jakość wód w obrębie tego zbiornika zaliczono do klas Ib, Ic (Macioszczyk, 1987).

Według Kleczkowskiego (1990) zbiornik ten zajmuje powierzchnię $A = 168 \text{ km}^2$, a szacunkowe zasoby dyspozycyjne wynoszą $50\,000 \text{ m}^3/\text{d}$.

GZWP nr 342 – Niecka wewnątrzsudecka – Krzeszów

Niecka wewnątrzsudecka Krzeszów (K/T/P) znajduje się w strefie osiowej niecki śródsudeckiej, tworząc odrębną jednostkę strukturalną o powierzchni 55 km^2 . Wodonośny charakter wypełniających ją osadów jest związany z kompleksem piaskowców i zlepieńców permu, triasu i kredy. Osady te tworzą zbiornik wód podziemnych o charakterze szczelinowo-porowym. Najkorzystniejszymi warunkami charakteryzują się utwory kredowe – piaskowce cenomanu i turonu. Ich miąższość sięga maksymalnie 300 m. W centralnej i południowej części niecki utwory kredowe zalegają na piaskowcach pstręgo piaskowca, natomiast w północnej części – na zlepieńcach czerwonego spągowca. Brak warstw izolujących

MGR No. 341 – Intra-Sudetic Basin Kudowa-Zdrój-Bystrzyca Kłodzka

Using individual criteria, a Cretaceous aquifer in the NW Intra-Sudetic Basin No. 341 (Kleczkowski, 1990) have been distinguished. The groundwater occurs in the upper and middle Turonian sandstones and marls (fracture-pore reservoir) and in the Cenomanian sandstones and lower Turonian marls.

The upper and middle Turonian sandstones and marls form the upper aquifer, whereas the Cenomanian sandstones and lower Turonian marls – the lower aquifer. These aquifers are separated by a poorly permeable complex of clay-marly deposits. In areas of low degree of tectonic deformation, both aquifers are well isolated, whereas in areas of high tectonic deformation and well-permeable fractures, there is a strong hydraulic connection.

The upper aquifer is characterized by unconfined or slightly confined groundwater table, stabilized at depths ranging from several to over 100 m. Its thickness is variable, with the average of 60–80 m. Groundwater of this aquifer, in favourable conditions of strong tectonic deformation, can recharge the lower aquifer. The maximum recharge rates in the individual wells are low, from a few to several m³/h, at the maximum drawdowns of several metres. The permeability coefficient values for both marls and sandstones reach a maximum of 0.3 m/h.

The depth to the groundwater level of the lower aquifer reaches *ca.* 100 m. The groundwater table is confined under artesian conditions. Unconfined groundwater table is found only in the marginal zone of the basin. The thickness of this aquifer is 30–40 m, locally up to 50 m, and decreases in peripheral areas of the basin. Hydrogeological parameters of the lower aquifer, although better than of the upper one, are also characterized by high variability.

The discharge rates in the individual wells range from several to more than 100 m³/h, and the permeability coefficients vary from 0.1 to 0.3 m/h (Grzegorzczak *et al.*, 1993).

Groundwater of this aquifer has been classified into quality classes Ib and Ic (Macioszczyk, 1987).

According to Kleczkowski (1990), this aquifer occupies an area of $A = 168 \text{ km}^2$, and the estimated available resources are $50,000 \text{ m}^3/\text{d}$.

MGR No. 342 – Intra-Sudetic Basin – Krzeszów

The Intra-Sudetic Basin Krzeszów (K/T/P) is situated in the axial zone of the Intra-Sudetic Basin, forming a separate structural unit with an area of 55 km^2 . The aquifer is represented by a complex of Permian, Triassic and Cretaceous sandstones and conglomerates (fracture-pore reservoir). The most favourable hydraulic conditions are observed in the Cretaceous rocks – Cenomanian and Turonian sandstones, up to 300 m in thickness. In the central and southern part of the basin, the Cretaceous deposits overlie Buntsandstein sandstones, whereas in the northern part – the Rotliegend conglomerates. Due to the lack of sealing layers and the considerable degree of tectonic deformation of these rocks, they form a single aquifer of confined gro-

oraz zaangażowanie tektoniczne utworów powoduje, że tworzą one jeden poziom wodonośny o charakterze naporowym, a w centralnej części niecki – artezyjskim (+30 m). Wodonośiec kredowy charakteryzuje się dobrymi parametrami hydrogeologicznymi: współczynnik filtracji $k = 38,4$ m/d, wydatek jednostkowy $q = 7,2\text{--}184,8$ m³/d/1mS, przewodność hydrauliczna $T = 4,8\text{--}732$ m²/d.

Niżej zalegające utwory pstrego piaskowca, którego wychodnie wąskim pasem otaczają w południowej części niecki utwory górnokredowe, nie stanowią zasobnego zbiornika wód podziemnych, jednak mają duże znaczenie w procesie zasilania wodonośca kredowego.

Utwory czerwonego spągowca tworzące obrzeżenie niecki śródsudeckiej, cechuje znaczne zróżnicowanie zawodnienia, które w dużej mierze jest związane ze strefami nieciągłości. Brak warstw izolujących, korzystne wykształcenie poszczególnych poziomów wodonośnych oraz występowanie nieciągłości tektonicznych stwarzają dogodne warunki bezpośredniego kontaktu tych poziomów i powstanie jednego połączanego poziomu o wspólnej powierzchni piezometrycznej (Nowacki i in. 2006).

Szacunkowe zasoby dyspozycyjne niecki wewnątrzsudeckiej Krzeszów wynoszą 10 000 m³/d (Kleczkowski, 1990).

undwater table, with artesian conditions in the central part of the basin (+30 m). The Cretaceous aquifer has good hydrogeological parameters: permeability coefficient $k = 38.4$ m/d, specific discharge $q = 7.2\text{--}184.8$ m³/d/1mS, hydraulic conductivity $T = 4.8\text{--}732$ m²/d.

The underlying Buntsandstein deposits, whose narrow belt of outcrops surrounds the Upper Cretaceous deposits in the southern part of the basin, do not form an aquifer abundant in groundwater resources, however, they are of great importance in recharging the Cretaceous aquifer.

The Rotliegend deposits forming the margin of the Intra-Sudetic Basin are characterized by considerable variations in groundwater reserves, which is largely associated with zones of tectonic discontinuity. The lack of isolation layers, favourable lithologies of the individual aquifers and the presence of tectonic discontinuities create good conditions for direct contact between these aquifers to form a combined aquifer of common piezometric surface (Nowacki *et al.*, 2006).

The estimated available groundwater resources of the Intra-Sudetic Basin Krzeszów are 10,000 m³/d (Kleczkowski, 1990).



4.

SIEĆ MONITORINGU WÓD PODZIEMNYCH I POWIERZCHNIOWYCH

THE GROUND WATER AND SURFACE WATER MONITORING NETWORK

Struktura sieci monitoringu granicznego, na przestrzeni wieloletniego okresu prowadzonych obserwacji, ulegała modyfikacjom i modernizacji. Specyfikację punktów pomiarowych sieci monitoringu po stronie polskiej i czeskiej z podziałem na obszary zadaniowe: Kudowa-Zdrój–Police nad Metują (OPKu), Krzeszów–Adršpach (OKrA) i zlewnia górnej Ścinawki (OS), przedstawia [tabela 3](#) i [figura 7](#). Na koniec analizowanego okresu obserwacje wód podziemnych prowadzono w 91 punktach, w tym w 79 otworach i 12 źródłach. Obserwacje stanów wód powierzchniowych i wielkości przepływów prowadzono w 18 punktach.

Pomiary stanów zwierciadła wód podziemnych wykonywano automatycznie, z częstotliwością raz na godzinę, przy zastosowaniu rejestratorów elektronicznych (logger Keller DCX-22). Dodatkowo raz w miesiącu przeprowadzano pomiary kontrolne połączone ze czytaniem danych pomiarowych. Natomiast w otworach niewyposażonych w aparaturę pomiarową, pomiary manualne robiono raz w miesiącu. Pomiary wydajności źródeł wykonywano metodą naczynia podstawianego raz w miesiącu (zainstalowano przelewy trójkątne, prostokątne i mieszane).

Pomiar przepływu wód powierzchniowych wykonywano raz na kwartał za pomocą młynka hydrometrycznego w obserwowanych przekrojach wodowskazowych. Dodatkowo raz w miesiącu czytano dane z automatycznych urządzeń pomiarowych typu Thalimedes, mierzących stany wód powierzchniowych w cyklu raz na godzinę, oraz przeprowadzano pomiar kontrolny w odniesieniu do zainstalowanej łaty wodowskazowej wraz z kalibracją urządzenia.

The structure of the transboundary monitoring network has undergone modifications and modernization over the long period of research. Specification of survey points of the monitoring network on the Polish and Czech side, with division into task areas of Kudowa-Zdrój–Police nad Metují (OPKu), Krzeszów–Adršpach (OKrA) and the upper Ścinawka River drainage basin (OS), is presented in [Tab. 3](#) and [Fig. 7](#). At the end of research period, groundwater observations were conducted at 91 survey points, including 79 wells and 12 springs. Observations of groundwater levels and flow rates were conducted at 18 survey points.

Measurements of the groundwater table were carried out automatically with a frequency of once per hour, using electronic recorders (Keller DCX-22 loggers). In addition, control measurements were carried out on a monthly basis, along with reading out the results of measurements. In wells that do not have measuring equipment, manual measurements were performed once a month. Measurements of discharge rates of springs were carried out once a month by using a vessel (triangular, rectangular and mixed weirs were installed).

Measurements of surface water flow were carried out on a quarterly basis by using a current meter in the monitored gauging stations. In addition, results of measurements were read out on a monthly basis from Thalimedes-type automatic measuring equipment that measures surface water levels once per hour. Control measurements were also carried out using calibrated stream gauges.

K₂ – kreda górna, T – trias, T₁ – trias dolny, P – perm, P₁ – perm dolny, P₃ – perm górny, C – karbon, Pz – paleozoik

* – punkty monitoringu przeniesione do sieci podstawowej w 2009 r.

MWP – Monitoring Wód Podziemnych

„–” nie dotyczy

K₂ – Upper Cretaceous, T – Triassic, T₁ – Lower Triassic, P – Permian, P₁ – Lower Permian, P₃ – Upper Permian, C – Carboniferous, Pz – Paleozoic

* – monitoring survey points transferred to the primary network in 2009

GWM – Groundwater Monitoring

“–” not applicable

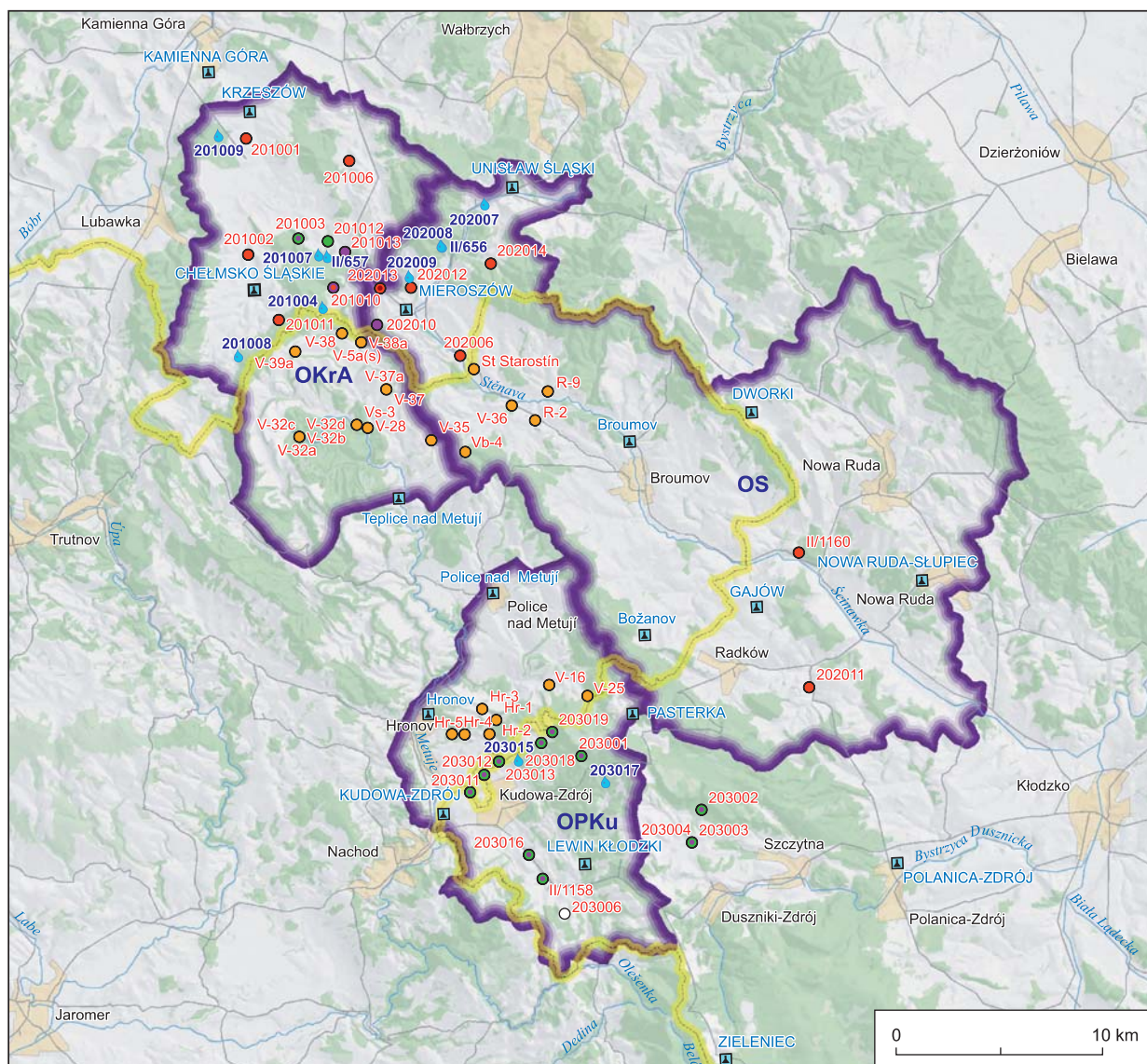
Tabela 3
Table

Wykaz punktów pomiarowych w rejonach granicznych
Survey points in the transboundary regions

Kraj <i>Country</i>	Numer punktu pomiarowego <i>Survey point number</i>		Rodzaj punktu pomiarowego <i>Survey point type</i>	Miejscowość/ rzeka <i>Locality/ river</i>	Dane dotyczące <i>Well data</i>	
	nr MWP <i>No. within GWM</i>	nr stary <i>previous No.</i>			głębokość <i>depth</i> [m]	stratygrafia ujętego poziomu <i>stratigraphy of screened interval</i>
1	2	3	4	5	6	7
Rejon graniczny Kudowa-Zdrój–Police nad Metują (OPKu)/ Kudowa-Zdrój–Police nad Metují (OPKu) transboundary region						
Sieć podstawowa/ <i>primary network</i>						
Wody podziemne/ <i>groundwater</i>						
Polska <i>Poland</i>	203012	P-4	piezometr/ <i>piezometer</i>	Czermna	355,0	K ₂
	203018	P-2	piezometr/ <i>piezometer</i>	Pstrązna	231,0	K ₂
	SOH 1158	11	studnia/ <i>well</i>	Jeleniów*	300,0	Pz
	203016	P-5	piezometr/ <i>piezometer</i>	Jeleniów*	133,0	K ₂
	203011	P-6"	piezometr/ <i>piezometer</i>	Kudowa-Zdrój*	375,0	K ₂ +P
	203013	P-1	piezometr/ <i>piezometer</i>	Czermna*	600,0	K ₂
	203001	Lelkowa Góra	piezometr/ <i>piezometer</i>	Lelkowa Góra*		K ₂
	203003	7	piezometr/ <i>piezometer</i>	Łężyce*	196,0	K ₂
	203004	7a	piezometr/ <i>piezometer</i>	Łężyce (shallow)*		K ₂
	203019	P-3	piezometr/ <i>piezometer</i>	Bukowina	256,0	K ₂
Czechy <i>Czech Republic</i>	–	V-25	piezometr/ <i>piezometer</i>	Machovská Lhota	60,0	Pz
	–	Hr-3	piezometr/ <i>piezometer</i>	Vysoká Srbská	95,0	P
	–	Hr-5	piezometr/ <i>piezometer</i>	Zálesí	470,0	Pz
	–	V-16	piezometr/ <i>piezometer</i>	Machov	95,0	K ₂ +P
Wody powierzchniowe/ <i>surface waters</i>						
Polska <i>Poland</i>	203P01	C-3	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Czermna/ rzeka Czermnica <i>Czermna/ Czermnica River</i>	–	–
	203P03	Ku-6	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Kudowa-Zdrój/ rzeka Kudowski Potok <i>Kudowa-Zdrój/ Kudowski Potok Stream</i>	–	–
	203P02	C-7	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Kudowa-Zdrój/ rzeka Czermnica <i>Kudowa-Zdrój/ Czermnica River</i>	–	–
	203P05	Sz-9	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Kudowa-Słone/ rzeka Szybka <i>Kudowa-Słone/ Szybka River</i>	–	–
	203P06	–	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Szczytna/ rzeka Kamienny Potok <i>Szczytna/ Kamienny Potok Stream</i>	–	–
	–	–	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Ratno/ rzeka Pośna <i>Ratno/ Pośna River</i>	–	–
Czechy <i>Czech Republic</i>	–	Ž-7	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Bezděkov (nad Metują)/ rzeka Židovka <i>Bezděkov (nad Metují)/ Židovka River</i>	–	–
	–	Br-8	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Velké Poříčí/ rzeka Brlenka <i>Velké Poříčí/ Brlenka River</i>	–	–

1	2	3	4	5	6	7
Sieć uzupełniająca/ <i>supplementary network</i>						
Wody podziemne/ <i>groundwater</i>						
Polska <i>Poland</i>	203002	3	piezometr/ <i>piezometer</i>	PNGS	256,0	K ₂
	203006	Krzyżanów	piezometr/ <i>piezometer</i>	Krzyżanów	300,0	Pz
	203015	Z-3	źródło/ <i>spring</i>	Czermna	–	K ₂
	203017	Z-1	źródło/ <i>spring</i>	Darnków	–	K ₂
Czechy <i>Czech Republic</i>	–	Hr-1	piezometr/ <i>piezometer</i>	Sedmákovice	150,0	P+C
	–	Hr-2	piezometr/ <i>piezometer</i>	Ďdárky	150,0	Pz
	–	Hr-3a	piezometr/ <i>piezometer</i>	Vysoká Srbská	50,0	K ₂
Rejon graniczny Krzeszów–Adršpach (OKrA)/ <i>Krzeszów–Adršpach (OKrA) transboundary region</i>						
Sieć podstawowa/ <i>primary network</i>						
Wody podziemne/ <i>groundwater</i>						
Polska <i>Poland</i>	201010	P-2	piezometr/ <i>piezometer</i>	Łączna	80,0	T ₁ +P ₃
	201011	P-3	piezometr/ <i>piezometer</i>	Chełmsko Śląskie	126,5	P ₁
	201003	P-1	piezometr/ <i>piezometer</i>	Gorzeszów*	113,0	K ₂
	201013	5B	piezometr/ <i>piezometer</i>	Dobromyśl*	171,0	T ₁
	201002	1p	piezometr/ <i>piezometer</i>	Olszyny*	364,0	P ₁
	201006	3p	piezometr/ <i>piezometer</i>	Grzędy*	303,0	P
	201012	1B	piezometr/ <i>piezometer</i>	Dobromyśl	90,0	K ₂ +T ₁
Czechy <i>Czech Republic</i>	–	V-32a	piezometr/ <i>piezometer</i>	Vlčí rokle	331,0	T+K ₂
	–	V-32b	piezometr/ <i>piezometer</i>	Vlčí rokle	275,0	K ₂
	–	V-32c	piezometr/ <i>piezometer</i>	Vlčí rokle	198,0	K ₂
	–	V-32d	piezometr/ <i>piezometer</i>	Vlčí rokle	50,0	K ₂
	–	Vs-3	piezometr/ <i>piezometer</i>	Bučnice (D. Adršpach)	305,0	T
	–	V-28	piezometr/ <i>piezometer</i>	Bučnice (H. Teplice)	280,0	T
	–	V-35	piezometr/ <i>piezometer</i>	Nový Dvůr	89,0	T
	–	V-38	piezometr/ <i>piezometer</i>	Zdoňov	52,0	T+K
	–	V-38a	piezometr/ <i>piezometer</i>	Zdoňov	25,0	K
	–	V-39a	piezometr/ <i>piezometer</i>	H. Adršpach (Libna)	55,0	K
Wody powierzchniowe/ <i>surface waters</i>						
Polska <i>Poland</i>	201P01	G-4	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Krzeszówek/ rzeka Gorzeszowski Potok <i>Krzeszówek/ Gorzeszowski Potok Stream</i>	–	–
	201P02	Z-4	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Jawiszów/ rzeka Zadrna <i>Jawiszów/ Zadrna River</i>	–	–
	201P03	Z-6	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Krzeszów/ rzeka Zadrna <i>Krzeszów/ Zadrna River</i>	–	–
Czechy <i>Czech Republic</i>	–	A-VI	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Adršpach/ rzeka Adršpašský potok <i>Adršpach/ Adršpašský potok Stream</i>	–	–
	–	Z-II	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Libná/ rzeka Zdoňovský potok <i>Libná/ Zdoňovský potok Stream</i>	–	–
	–	M-XII	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Teplice nad Metují/ rzeka Metuje <i>Teplice nad Metují/ Metuje River</i>	–	–

1	2	3	4	5	6	7
Sieć uzupełniająca/ <i>supplementary network</i>						
Wody podziemne/ <i>groundwater</i>						
Polska <i>Poland</i>	201001	2p	piezometr/ <i>piezometer</i>	Krzeszów	250,0	P
	SOH	G-2a	źródło/ <i>spring</i>	Dobromyśl	–	K ₂
	201007	G-2	źródło/ <i>spring</i>	Dobromyśl	–	K ₂
	201004	L-1a	źródło/ <i>spring</i>	Łączna	–	K ₂ +T ₁
	201008	U-1	źródło/ <i>spring</i>	Uniemyśl	–	T ₁ +P ₃
	201009	Betlejem	źródło/ <i>spring</i>	Betlejem	–	P
Czechy <i>Czech Republic</i>	–	V-37	piezometr/ <i>piezometer</i>	Zdoňov	127,0	T
	–	V-37 a	piezometr/ <i>piezometer</i>	Zdoňov	35,0	K ₂
	–	V-5a (s)	piezometr/ <i>piezometer</i>	Libná	5,0	K ₂
Rejon graniczny zlewni Ścinawki (OS)/ <i>Ścinawka River drainage basin (OS) transboundary region</i>						
Sieć podstawowa/ <i>primary network</i>						
Wody podziemne/ <i>groundwater</i>						
Polska <i>Poland</i>	202006	Golińsk	piezometr/ <i>piezometer</i>	Golińsk*	59,0	P ₁
	202010	P-1	piezometr/ <i>piezometer</i>	Mieroszów, ul. Kwiatowa* Mieroszów, Kwiatowa Street*	55,0	T ₁
	201005	P-1	piezometr/ <i>piezometer</i>	Różana*	40,0	P ₁ +P ₃
	202011	Wambierzyce	piezometr/ <i>piezometer</i>	Wambierzyce*	500,0	P
	SOH 1160	Thumaczów	piezometr/ <i>piezometer</i>	Thumaczów*	226,0	P ₁
	SOH 1162	5P	piezometr/ <i>piezometer</i>	Sokołowsko	350,0	P ₁
	202012	P-2	piezometr/ <i>piezometer</i>	Mieroszów 2	120,0	P
Czechy <i>Czech Republic</i>	–	Vb-4	piezometr/ <i>piezometer</i>	Bohdašín	60,0	T
	–	V-36	piezometr/ <i>piezometer</i>	Meziměstí	80,0	P+C
Wody powierzchniowe/ <i>surface waters</i>						
Polska <i>Poland</i>	202P02	S-2	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Unisław/ rzeka Ścinawka Unisław/ Ścinawka River	–	–
	203P04	S-4	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Golińsk/ rzeka Ścinawka Golińsk/ Ścinawka River	–	–
Czechy <i>Czech Republic</i>	–	St-1	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Starostín/ rzeka Ścinawka Starostín/ Ścinawka River	–	–
	–	St-4	przekrój wodowskazowy <i>gauging station</i>	Hynčice/ rzeka Ścinawka Hynčice/ Ścinawka River	–	–
Sieć uzupełniająca/ <i>supplementary network</i>						
Wody podziemne/ <i>groundwater</i>						
Polska <i>Poland</i>	202007	Z-1a	źródło/ <i>spring</i>	Unisław Śląski	–	P
	SOH 656	Z-2a	źródło/ <i>spring</i>	Kowalowa	0,1	P
	202008	Z-2b	źródło/ <i>spring</i>	Kowalowa	0,1	P
	202009	S-3a	źródło/ <i>spring</i>	Mieroszów	0,1	P
Czechy <i>Czech Republic</i>	–	St-borehole	piezometr/ <i>piezometer</i>	Starostín	101,3	P
	–	R-2	piezometr/ <i>piezometer</i>	Jetřichov	10,0	P
	–	R-9	piezometr/ <i>piezometer</i>	Ruprechtice	10,0	P



Stratygrafia poziomu wodonośnego
Aquifer stratigraphy

- $K_2 + T_1$ (kreda górna + trias dolny)
(Upper Cretaceous + Lower Triassic)
- K_2 (kreda górna)
(Upper Cretaceous)
- T_1 (trias dolny)
(Lower Triassic)
- $T_1 + P_3$ (trias dolny + perm górny)
(Lower Triassic + Upper Permian)
- P (perm)
(Permian)
- $P_1 + P_3$ (perm dolny + perm górny)
(Lower Permian + Upper Permian)
- P_1 (perm dolny)
(Lower Permian)
- Pz (paleozoik)
(Paleozoic)

- GAJÓW stacje opadowe
water rainfall stations
- 201009 źródła
springs
- 201001 polskie punkty pomiarowe wód podziemnych
Polish groundwater measurement points
- V-39a czeskie punkty pomiarowe
Czech measurement points
- zasięg monitoringu PL-CZ
RP-ČR monitoring area
- granica państwa
national border
- główne drogi
main roads

Fig. 7. Rejon obszaru badań wraz z siecią punktów obserwacyjno-pomiarowych

The study area and the network of observation-measurement points

4.1. MONITORING WÓD PODZIEMNYCH

Niecka śródsudecka pod względem hydrogeologicznym stanowi połączony system wodonośny wód podziemnych znajdujących się w utworach karbonu, permu, triasu i kredy. Jej środkowa część jest zlokalizowana na terenie Czech, natomiast jej północno-zachodni i południowo-wschodni fragment znajduje się na terytorium Polski. Główne znaczenie użytkowe i zarazem najbardziej zasobny obszar stanowi strefa przygraniczna, w której obrębie znajdują się dwa GZWP nr 342 i 341 w utworach kredy górnej oraz piętro permskie ujmowane ujęciami wód podziemnych z licznymi i bardzo wydajnymi źródłami.

W wieloleciu 2005–2012 prowadzono pomiary w 32 punktach pomiarowych w rejonie OKrA, 39 – w rejonie OPKu i w 20 – w rejonie OS. Obejmowały one wszystkie poziomy wodonośne o znaczeniu użytkowym.

W poszczególnych obszarach zadaniowych obserwowano wody podziemne w rejonach:

- Krzeszowa (OKrA) – poziomy wodonośne piętra kredy górnej, triasu i permu;
- zlewni Ścinawki (OS) – poziomy wodonośne piętra triasu i permu;
- Kudowy (OPKu) – poziomy wodonośne kredy górnej i lokalnie, w obrębie metamorficznych skał osłony w strefie wodonośnej, w utworach paleozoicznych.

Granice obszarów zadaniowych mają charakter głównie zlewniowy (zlewnie bilansowe). Wyznaczono je na podstawie kryteriów hydrologicznych. W związku z tym w znacznym stopniu nie odzwierciedlają one granic hydrodynamicznych zbiorników wód podziemnych. Przedstawioną charakterystykę opisującą stan wód podziemnych podzielono na poziomy wodonośne zafiltrowane na poszczególnych punktach monitoringowych i zagregowane w dwóch rejonach zadaniowych:

- obszar Krzeszowa – obejmujący OKrA + północna część OS (rejon Krzeszowa);
- obszar Kudowy – obejmujący południową część OS wraz z OPKu (rejon Kudowy) (Serafin i in., 2012).

Na podstawie badań prowadzonych w wieloleciu 2005–2012 stwierdzono cykliczne wahania poziomu wód podziemnych związane z sezonowością roku (porami roku). Cały ten proces zachodzi we wszystkich obserwowanych punktach z różną dynamiką oraz w zróżnicowanych interwałach czasowych (przesunięciach) w zależności od typu wodonośca, głębokości jego zalegania, wykształcenia litologicznego nadkładu i odległości do stref drenażu. Wyniki obserwacji wód podziemnych dowodzą istnienia wyraźnego wpływu zasilania meteorycznego w retencji wód podziemnych. Retencja śnieżna na tym terenie jest podstawą odnawialności wód podziemnych.

Najliczniejszą grupę wśród punktów monitoringu stanowią otwory zafiltrowane w piętrze kredowym, zlokalizowane w rejonie OPKu oraz rejonie OKrA.

Piętro wodonośne kredy górnej (K_2) w rejonie Kudowy jest obecnie obserwowane w 10 otworach badawczych (zafiltrowane utwory turonu i cenomanu) po stronie polskiej i 2 otworach po stronie czeskiej (Hr–3a, V–16), przy czym otwór

4.1. GROUNDWATER MONITORING

In terms of hydraulic conditions, the Intra-Sudetic Basin is a system of connected aquifers in Carboniferous, Permian, Triassic and Cretaceous deposits. Its central part is located in the Czech Republic, whereas its north-western and south-eastern parts lie within the territory of Poland. The transboundary area, with the two MGRs Nos. 342 and 341 in the Upper Cretaceous deposits, and the Lower Permian aquifer exploited by numerous and efficient groundwater catchments, has the greatest utilitarian value and highest groundwater reserves.

In the multiannual period of 2005–2012, the measurements were carried out at 32 survey points in the OKrA region, 39 survey points in the OPKu region, and 20 survey points in the OS region, measuring all usable aquifers.

In the individual task areas, the groundwater monitoring covered the following:

- Krzeszów region (OKrA) – aquifers of the Upper Cretaceous, Triassic and Permian aquifer;
- Ścinawka River drainage basin region (OS) – aquifers of the Triassic and Permian aquifer;
- Kudowa region (OPKu) – aquifers of the Upper Cretaceous and locally Paleozoic (within the aureole of metamorphic rocks in the water-bearing zone) aquifer.

The drawn boundaries of task areas correspond mainly to drainage basins (groundwater balance areas). They were established based mainly on hydrological criteria, and therefore they usually do not reflect the hydrodynamic boundaries of groundwater basins. Hence, the below-presented characteristics of the groundwater is provided in a subdivision into aquifers screened at individual monitoring points and aggregated in task areas:

- Krzeszów area – encompassing OKrA + northern part of OS (Krzeszów region);
- Kudowa area – encompassing the southern part of OS, and OPKu (Kudowa region) (Serafin *et al.*, 2012).

Research carried out in the multiannual period of 2005–2012 shows cyclic seasonal fluctuations of groundwater level (during the year). The entire process occurs with varying dynamics and in different time intervals in all observed survey points, depending on the aquifer type, depth to the groundwater table, caprock lithology and distance to drainage zones. The results of groundwater observation prove the existence of a clear effect of meteoric discharge for the groundwater retention. Snow retention in this area is the basis for groundwater renewal.

The most numerous group of monitoring points are the wells screened in the Cretaceous aquifer, located in the OPKu and OKrA regions.

The Upper Cretaceous aquifer (K_2) in the Kudowa region currently includes 10 survey points (screened in the Cenomanian and Turonian intervals) on the Polish side and 2 survey points on the Czech side (Hr–3a, V–16). The well located at Machów is screened in the Upper Cretaceous and Permian sections. In the Kudowa-Zdrój region, there are two water-bearing structures: the Kudowa Trough with the Hronov Trough, and the Intra-Sudetic Basin. The Kudowa

w Machowie jest zafiltrowany w utworach kredy górnej i permu. W rejonie Kudowy-Zdroju występują dwie struktury wodonośne – zapadlisko Kudowy z rowem Hronova i niecka śródsudecka. Zapadlisko Kudowy stanowi strukturę tektoniczną rozdzieloną od niecki śródsudeckiej intruzją waryscyjskich granitoidów wraz ze skałami metamorficznymi osłony (amfibolity, łupki łyszczykowe i amfibolitowe). Kontakt hydrauliczny między zapadliskiem Kudowy a niecką śródsudecką (niecka Polic) odbywa się jedynie przez wąską strukturę rowu Hronova na terenie Czech.

Poziom wodonośny kredy górnej (K_2) w rejonie OKrA jest obserwowany po stronie polskiej w 2 otworach hydrogeologicznych w Gorzeszowie i Dobromyślu (201003, 201012). W tym drugim (201012) zafiltrowano osady ujmujące połączony poziom wodonośny kredy górnej (cenoman) i triasu dolnego (pstry piaskowiec) (tab. 3). Po stronie czeskiej jest obserwowanych 9 otworów, cztery w miejscowości Vlčí rok (V–32a, V–32b, V–32c, V–32d); trzy w m. Zdoňov (V–37a, V–38, V–38a) i dwa w m. Libná (V–39a, V5a (s)). Otwory V–32a i V–38 zafiltrowano w utworach triasu i kredy górnej.

Poziom kredowy w rejonie OKrA i OPKu wykazuje sezonowe zmiany wahań zwierciadła wód podziemnych (fig. 8). Amplituda tych wahań w wieloleciu 2005–2012 mieści się w przedziale od kilku (3,3 m – otwór V–5a (s)) do kilkunastu metrów (10,1 m – otwór V–32c). We wszystkich punktach obserwujemy wahania zwierciadła wody w przedziale 2,4–13,1 m.

Wykresy wahań zwierciadła wody poziomu kredowego bardzo wyraźnie obrazują zjawisko zależności zmiany położenia stanu zwierciadła wód podziemnych od opadu atmosferycznego. Na początku roku hydrologicznego (XI–II) mamy do czynienia z brakiem opadów, co uwidacznia także stabilny stan zwierciadła wód podziemnych oraz stała temperatura wody. Wraz z odwilżą i pierwszymi roztopami jest widoczny powolny wzrost zwierciadła wód podziemnych (z najwyższymi stanami zwierciadła wody w kwietniu 2005 i marcu 2007 r.) i spadek temperatury wody o około 0,5°C. Stan ten utrzymuje się do czerwca. Od czerwca do sierpnia zwierciadło wód obniża się, a następnie do końca danego roku hydrologicznego (VII–X) jest widoczny ponowny wzrost poziomu zwierciadła wody (Nowacki i in., 2005, 2006; Krawczyk i in., 2009).

Od opisanego schematu odbiegają wahania zwierciadła wód podziemnych w otworze Lelkowa Góra (203001) w rejonie OPKu, gdzie wraz z pojawieniem się obfitych opadów lub topnieniem pokrywy śnieżnej zwierciadło wód podziemnych natychmiast reaguje, a wraz z tym jest widoczna gwałtowna zmiana temperatury wody. Otwór ten włączono do sieci monitoringu w 2009 r. w celu lepszego rozpoznania poziomu wodonośnego w strefie zasilania w rejonie Kudowy. Jest on zlokalizowany w obrębie Parku Narodowego Gór Stołowych na północnym zboczu Lelkowej Góry (736,4 m n.p.m.), poza zasięgiem oddziaływania istniejących ujęć. Dla otworu Lelkowa Góra wykres wahań zwierciadła wód podziemnych jest bardzo zróżnicowany. Stwierdzono tu kilkanaście wysokich i niskich stanów wód

Trough is a tectonic structure separated from the Intra-Sudetic Basin by a Variscan granitoid intrusion and an aureole of metamorphic rocks (amphibolites, and mica and amphibolitic schists). Hydraulic connection between the Kudowa Trough and the Intra-Sudetic Basin (Police Basin) occurs through the narrow tectonic structure of Hronov Trough in the territory of Czech Republic.

On the Polish side, the **Upper Cretaceous aquifer (K_2) in the OKrA region** includes 2 hydrogeological wells at Gorzeszów and Dobromyśl (201003, 201012). In the latter (201012), the combined Upper Cretaceous (Cenomanian) and Lower Triassic (Buntsandstein) aquifer has been screened (Tab. 3). On the Czech side, there are nine survey points: four of them at Vlčí rok (V–32a, V–32b, V–32c, V–32d); three survey points at Zdoňov (V–37a, V–38, V–38a) and two at Libná (V–39a, V5a (s)). The V–32a and V–38 wells are screened in the Triassic and Upper Cretaceous intervals.

The Cretaceous aquifer in the OKrA and OPKu regions shows seasonal fluctuations of groundwater table (Fig. 8). Their amplitude in the multiannual period of 2005–2012 ranges from a few (3.3 m – V–5a (s) well) to several metres (10.1 m – V–32c well). At all survey points, we observe groundwater table fluctuations within an interval of 2.4–13.1 m.

The graphs of groundwater table fluctuations of the Cretaceous aquifer very clearly illustrate the phenomenon of the relationship between the groundwater level and the amount of rain precipitation. At the beginning of the hydrological year (November–February), there is no precipitation and hence the groundwater level and water temperature are stable. During the thaw, the groundwater table slowly rises (with the highest groundwater levels in April 2005 and March 2007) and the water temperature decreases by about 0.5°C. These conditions persist until June, and then, towards August, the groundwater table drops. Another slow rise is observed towards the end of the hydrological year (July–October) (Nowacki *et al.*, 2005, 2006; Krawczyk *et al.*, 2009).

However, there are groundwater level fluctuations in the Lelkowa Góra borehole (203001), in the OPKu region, which differ from the described pattern. Along with the first heavy rains or melting snow covers, the groundwater table immediately responds, which is accompanied by a rapid change in the water temperature. This well was included into the monitoring network in 2009 to better understand the aquifer in the recharge zone of the Kudowa region. It is located within the Stołowe Mountains National Park on the northern slope of Lelkowa Góra (Mt.) (736.4 m a.s.l.), beyond the reach of the impact of existing wells. For the Lelkowa Góra well, the graph of groundwater level fluctuation is very diverse. It shows several peaks of high and low groundwater levels. Such a variable amplitude of groundwater table position may be the result of direct recharge by precipitation or by melting snow covers, as well as of the location of the well in the recharge zone. An important role is played by the fact that the groundwater table is unconfined and the water flows through a fracture-pore system of the "quader" sandstones. These observations are reflected in the graph of temperature variations: the groundwater is recharged by low-temperature waters

podziemnych. Tak zróżnicowana amplituda położenia zwierciadła wód podziemnych może być wynikiem bezpośredniego zasilania opadami atmosferycznymi lub topnieniem pokrywy śnieżnej, a także położeniem otworu w strefie zasilania. Istotną rolę odgrywa fakt, że jest to poziom o charakterze swobodnym, a wody podziemne przepływają tu przez system szczelinowo-porowy w piaskowcach ciosowych. Powyższe obserwacje znajdują swoje odzwierciedlenie na wykresie zmienności temperatury. W czasie topnienia pokrywy śnieżnej wody podziemne są zasilane wodami o niskiej temperaturze. W okresie tym wzrasta stan zwierciadła wód podziemnych towarzyszy natychmiastowy spadek temperatury. Od-

during the period of recharge from melting snow covers. In this period, the rise in groundwater level is accompanied by an immediate drop in temperature. The situation is reversed in the summer period, when the increase in recharge rate parallels the increase in water temperature.

In the OKrA region, the exception is the V-38 borehole in Zdoňov, which is characterized by the amplitude of groundwater table fluctuations of up to 17.5 m in the multiannual period. However, in July 2010, the groundwater table was found at a shallow depth (1.2 m). Normally, the water in the well stabilizes at a depth of 16 to 27 m. That situation was probably due to the flooding event in the Czech Republic at that time.

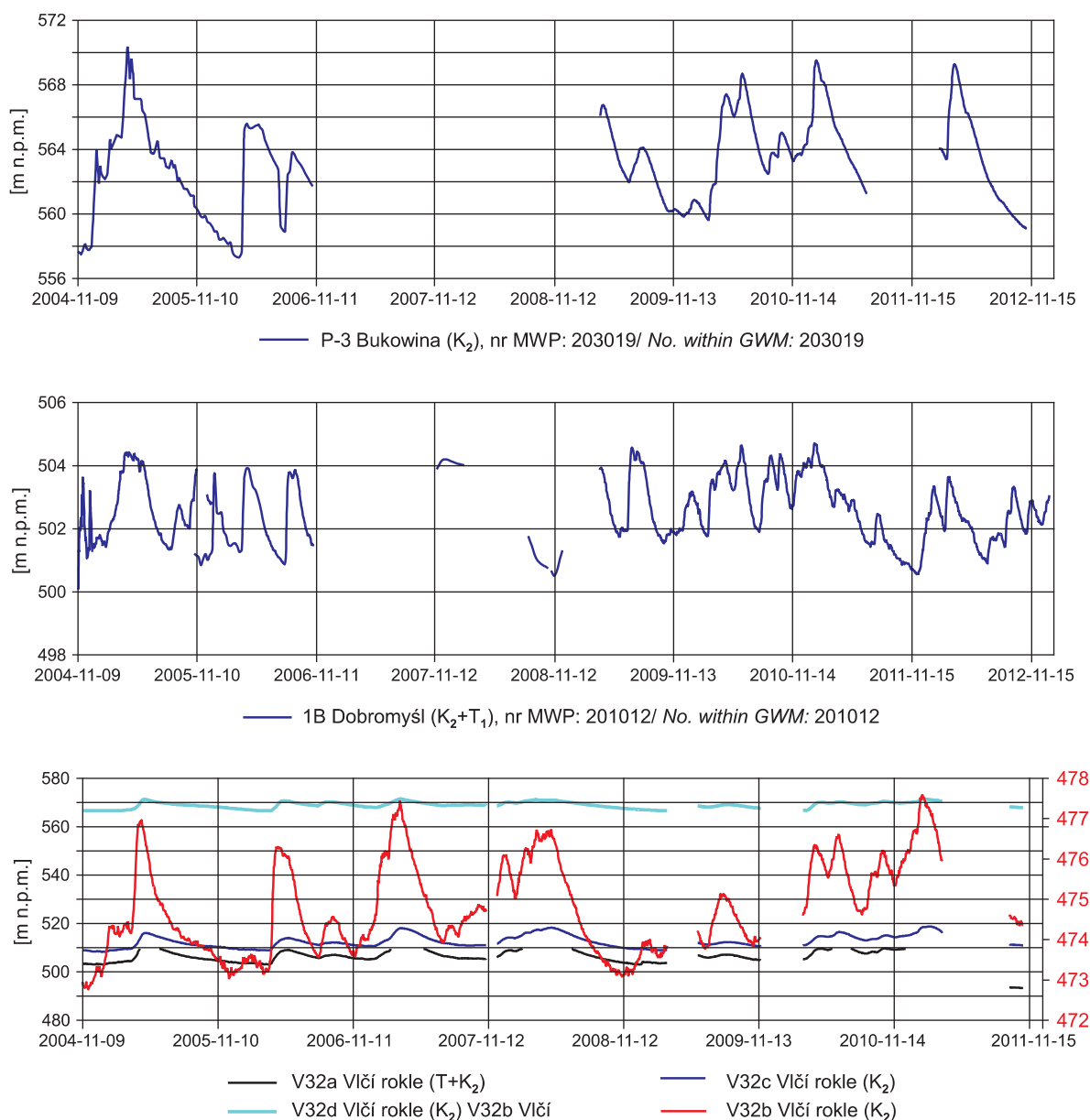


Fig. 8. Przykład zmiany stanów wód podziemnych poziomu kredowego (K_2) w wieloletniu 2005–2012 (stacje pomiarowe: Bukowina, Dobromyśl i Vičí rok)

Examples of changes in the groundwater table levels of the Cretaceous (K_2) aquifer in the multiannual period of 2005–2012 (measurement stations: Bukowina, Dobromyśl and Vičí rok)

wrotna sytuacja ma miejsce w lecie, kiedy wraz ze wzrostem zasilania następuje podwyższenie temperatury wód.

W rejonie OKrA wyjątek stanowi otwór V38 w m. Zdoňov, który charakteryzuje się amplitudą wahań zwierciadła wody w analizowanym wieloleciu sięgającą 17,5 m. W lipcu 2010 r. odnotowano bardzo płytkie zaleganie zwierciadła wody (1,2 m). Normalnie woda znajduje się w otworze na głębokości od 16 do 27 m. Stan taki można wiązać z powodzią, która wystąpiła w tym czasie na terenie Czech.

Poziom wodonośny triasu dolnego (pstry piaskowiec) w rejonie Krzeszowa po stronie polskiej jest obserwowany w 3 otworach hydrogeologicznych (201013, 202010, 201010), przy czym otwór nr 201010 ujmuje połączony poziom triasu i permu. Po stronie czeskiej poziom ten jest obserwowany w 5 otworach (Vs-3, V-28, V-35, V-37, Vb-4).

The Lower Triassic (Buntsandstein) aquifer in the Krzeszów region on the Polish side is monitored at 3 hydrogeological wells (201013, 202010, 201010), with well No. 201010 draining the combined Triassic and Permian aquifers. On the Czech side, this aquifer is monitored at 5 wells (Vs-3, V-28, V-35, V-37, Vb-4).

Also in this area, we can distinguish two periods of shallow groundwater levels. The first one in autumn (October and November) after persistent and intense rainfall in late summer and early autumn (end of July, August and September). The maximum monthly rainfall in the multiannual period occurred each year in August or July. The second period of high groundwater level occurred in spring (March–April), after the spring thaw.

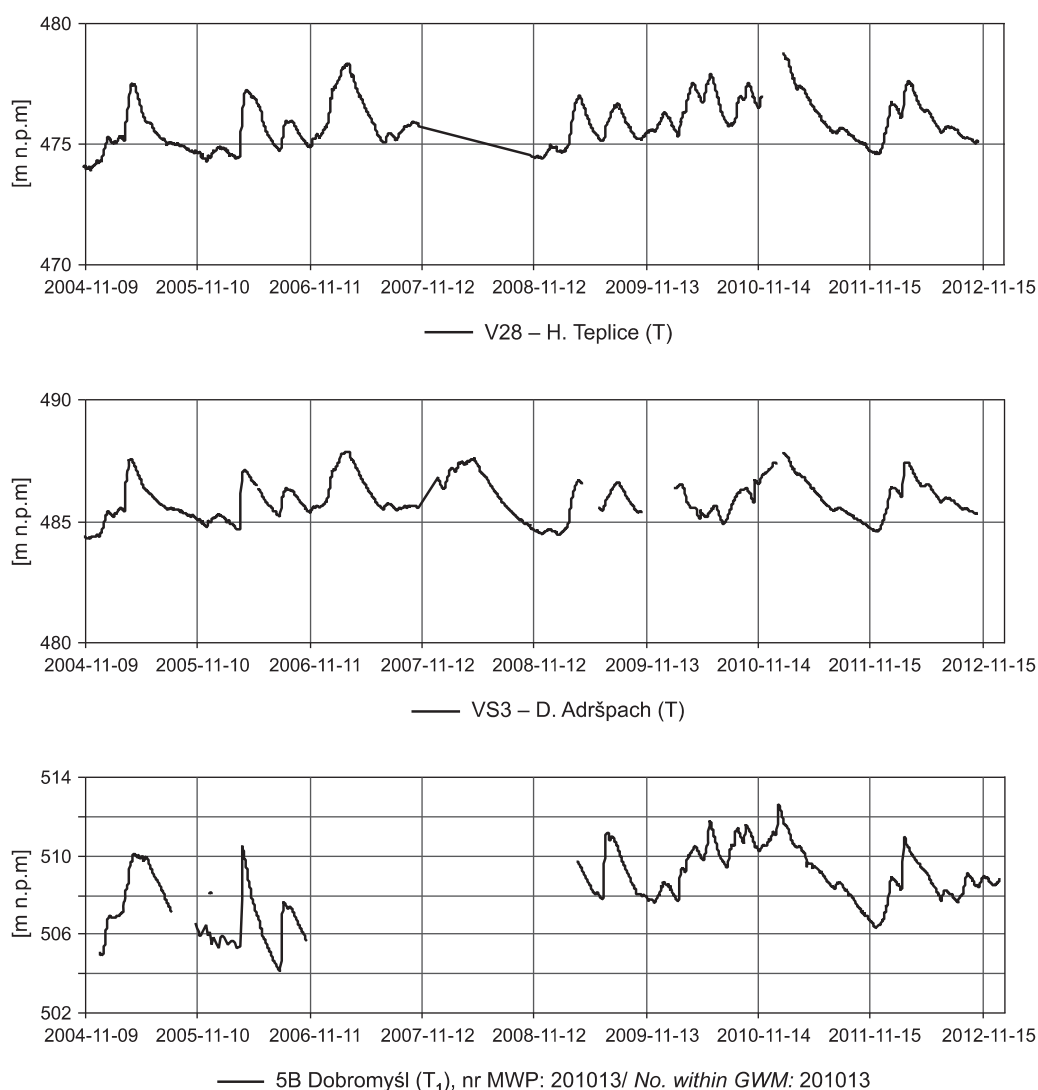


Fig. 9. Przykład zmiany stanów wód podziemnych poziomu triasowego (T) w wieloleciu 2005–2012 (stacje pomiarowe: Teplice, Adršpach, Dobromyśl)

Examples of changes in the groundwater table levels of the Triassic (T) aquifer in the multiannual period of 2005–2012 (measurement stations: Teplice, Adršpach, Dobromyśl)

Również tutaj można wyodrębnić dwa okresy płytkiego zalegania zwierciadła wód podziemnych. Pierwszy – jesienią (X, XI) po ciągłych i intensywnych opadach pod koniec lata i na początku jesieni (koniec VII, VIII, IX). Maksymalny opad miesięczny w każdym roku w wieloleciu występował w sierpniu lub lipcu. Drugi okres z wysokim stanem zwierciadła wód wystąpił wiosną (III–IV), po wiosennych roztopach.

Najniższe stany zwierciadła wód przypadają na styczeń i luty. Jest to związane z bardzo małymi opadami, głównie śniegu, już od października do lutego. Drugi okres z niskim stanem zalegania wód podziemnych zaznaczył się w lipcu

The lowest groundwater table levels are observed in January and February. This is due to very low precipitation, mostly snow, from October to February. The second period of low groundwater level was recorded in July and August. It can be associated with a period of very low rainfall, lasting from June to July. At all survey points, we observe groundwater table fluctuations in the range from 3.6 m (VS3 – D. Adršpach) to 7.6 m (Dobromyśl 5B) (Fig. 9).

Very similar seasonal variations are also observed in the Permian aquifer. However, due to the thick zone of overlying impermeable rocks (120–500 m), most of the wells show

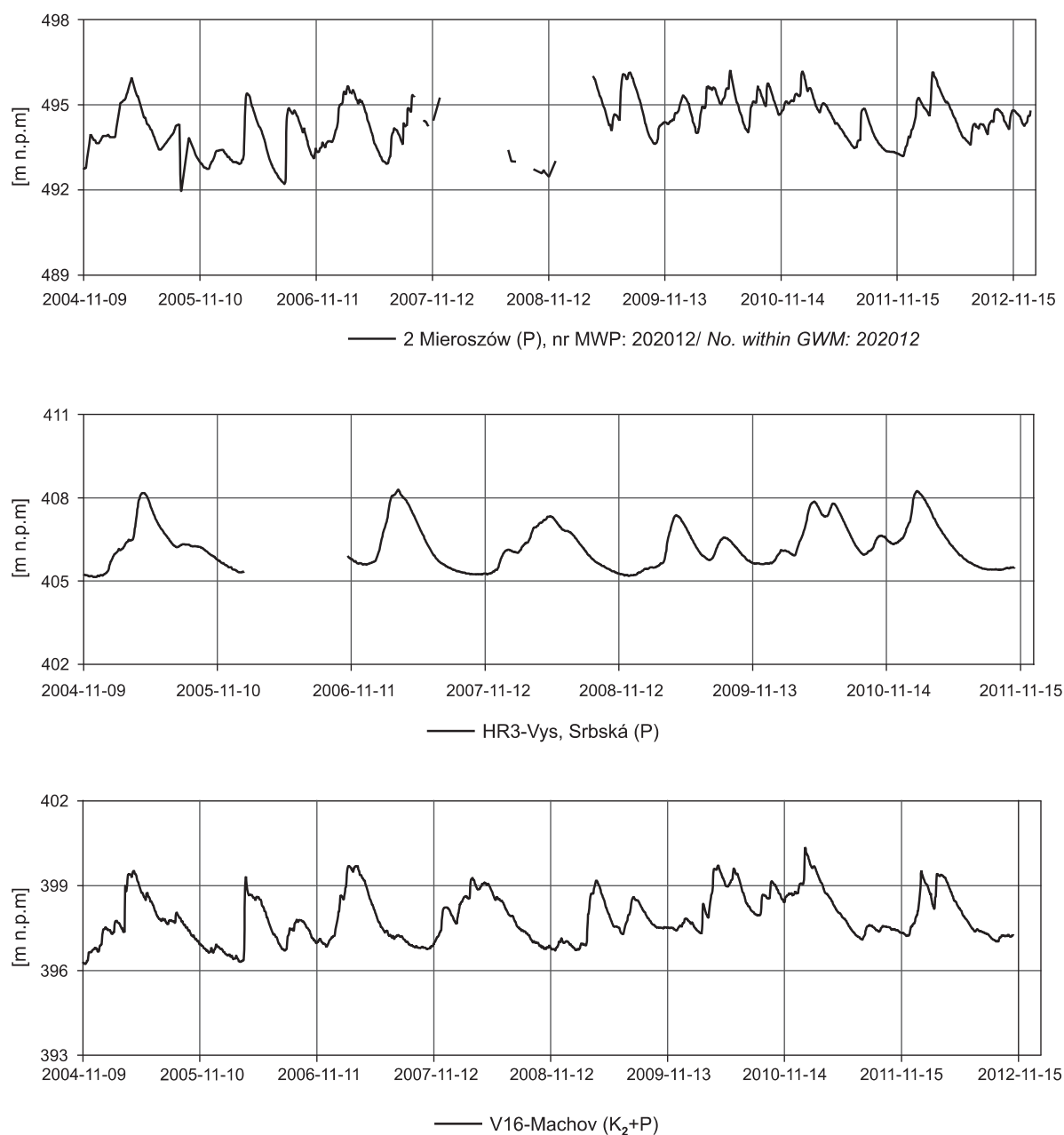


Fig. 10. Przykład zmiany stanów wód podziemnych poziomu permskiego (P) w wieloleciu 2005–2012 (stacje pomiarowe: w Mioszów, Vys. Sarbská, Machov)

Examples of changes in the groundwater table levels of the Permian (P) aquifer in the multiannual period of 2005–2012 (measurement stations at Mioszów, Vys. Sarbská and Machov)

i sierpniu. Wiązać go można z bardzo niskimi opadami trwającymi od czerwca do lipca. We wszystkich obiektach obserwuje się wahania zwierciadła wody od 3,6 m (VS3 – D. Adrŕpach) do 7,6 m (5B Dobromyŕl) (fig. 9).

Bardzo podobne sezonowe wahania wykazują również wody piętra permiego. Jednak ze wzgłędu na ich mięŕszą strefę izolacji (120–500 m) w większoŕci otworów zaznacza się bardzo niewielka roczna amplituda wahań zwierciadła wód podziemnych (fig. 10). Znacznie większe wahania rejestruje się w strefie wychodni utworów permiejskich – Róŕana P-1 (8,23 m), Golińsk (6,96 m).

Permiejskie piętro wodonoŕne w rejonie Kudowy po stronie polskiej jest obserwowane w 2 otworach badawczych w zlewni dolnej Œcinawki (OS). Ujmują one głęboki, porowo-szczelinowy poziom wodonoŕny – otwór nr 202011 o głębokoŕci 500 m z nawierconą strefą wodonoŕną na głębokoŕci 312 m i otwór nr 1160 odwiercony do głębokoŕci 226 m, ostatecznie ujęty na głębokoŕci 96–64 m. Po stronie czeskiej sà obserwowane 2 otwory HR-3 – Vys. Srbská oraz HR-1 – Sedmákovice, przy czym HR-1 ujmuje poziom wodonoŕny w utworach permiejskich i karbońskich.

Wahania zwierciadła wody wynoszą od 0,1 m (HR-3 – Vys. Srbská) do 3,5 m (V16 – Machov).

a very small annual amplitude of groundwater table fluctuations (Fig. 10). Much greater fluctuations are recorded in the area of outcrops of Permian deposits (Róŕana P-1 well (8.23 m), Golińsk (6.96 m).

The Permian aquifer in the Kudowa region on the Polish side is monitored at 2 survey points in the lower Œcinawka drainage basin (OS). The wells drain a deep fracture-pore aquifer: well No. 202011, 500 m deep with the water-bearing zone drilled at a depth of 312 m, and well No. 1160, drilled down to a depth of 226 m, ultimately screened at 96–64 m depth. On the Czech side, the aquifer is monitored at 2 wells: HR-3 – Vys. Srbská and HR-1 – Sedmákovice, with the HR-1 well draining groundwater from the Permian and Carboniferous aquifer.

The groundwater table fluctuations vary from 0.1 m (HR-3 – Vys. Srbská) to 3.5 m (V16 – Machov).

The Permian aquifer in the Krzeszów region is monitored on the Polish side by 8 wells draining groundwater with confined or artesian table. On the Czech side, there are 4 wells monitored, including one (V-36) that drains the combined Permo-Carboniferous aquifer.

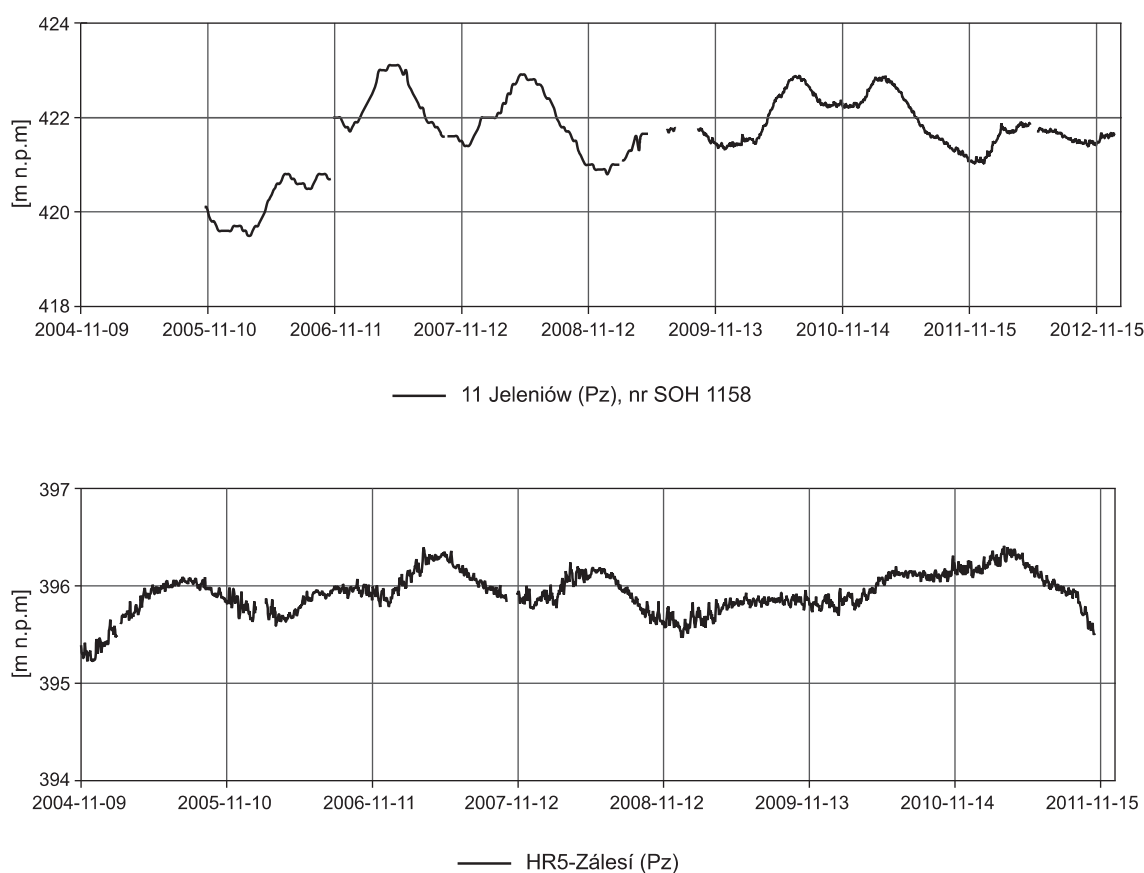


Fig. 11. Przykład zmiany stanów wód podziemnych poziomu paleozoicznego (Pz) w wieloletniu 2005–2012 (stacje pomiarowe Jeleniów i Zálesi)

Examples of changes in the groundwater table levels of the Paleozoic (Pz) aquifer in the multiannual period of 2005–2012 (measurement stations Jeleniów and Zálesi)

Permskie piętro wodonośne w rejonie Krzeszowa, po stronie polskiej, jest obserwowane w 8 otworach ujmujących wody podziemne o zwierciadle naporowym lub artezyjskim. Po stronie czeskiej są obserwowane 4 otwory, w tym jeden (V-36) ujmując połączony poziom permo-karboński.

W przypadku otworów ujmujących wody o warunkach artezyjskich, zależności wielkości opadu i ciśnienia mają charakter złożony i występują w dłuższym, wielomiesięcznym interwale czasowym. Wahania zwierciadła wody wynoszą od 1,1 (Grzędy 3p) do 9,6 m w otworze (Różana P-1).

Paleozoiczne piętro wodonośne w rejonie Kudowy-Zdroju jest związane z obecnością stref nieciągłości w obrębie skał metamorficznych (fyllity). Obserwacja poziomu wodonośnego w dwóch otworach nr 203006 w rejonie Krzyżanowa i nr 1158 w Jeleniowie ma na celu określenie możliwości ascensyjnego zasilania wód podziemnych piętra kredowego. Po stronie czeskiej poziom wód jest monitorowany w 2 otworach – pierwszym o głębokości 470 m w miejscowości Zálesí oraz drugim o głębokości 150 m w m. Ždárky.

Ze względu na głębokość zalegania i sposób zasilania poprzez rozległy system spękań i szczelin w większości otworów ujmujących wody piętra paleozoicznego stwierdzono niewielką roczną amplitudę wahań zwierciadła wód podziemnych od 0,2 m (HR-5 – Zálesí) do 3,6 m (11 Jeleniów) (fig. 11).

4.2. MONITORING WÓD POWIERZCHNIOWYCH

4.2.1. Sieć obserwacyjno-pomiarowa wód powierzchniowych

Sieć obserwacyjno-pomiarowa wód powierzchniowych obejmowała wody płynące rzek i potoków górskich. Rozważania bilansowe przeprowadzono na podstawie punktów pomiarowych monitoringu, bazujących na przekrojach pomiarowych uruchomionych w latach 1976–1980. Punkty te doskonalono technicznie, przechodząc u schyłku lat dziewięćdziesiątych na rejestrację stacjonarną (limnigrafy), jak też wprowadzając korekty techniczne (stabilizację przekrojów pomiarowych oraz wykorzystanie istniejących progów korekcyjnych i stopni wodnych).

Według stanu na koniec 2012 r. pomiary przepływu (obserwacje) są wykonywane w (fig. 12):

- 11 punktach pomiarowych położonych na terytorium Polski;
- 7 punktach pomiarowych położonych na terytorium Czech, w tym:
 - 9 punktów pomiarowych obsługuje PIG-PIB Wrocław (dodatkowo są wykonywane pomiary przepływów od 2009 r. na Kamiennym Potoku w Szczytnej i Pośnej w Ratnie Dolnym),
 - 2 punkty pomiarowe obsługuje IMGW Wrocław,
 - 7 punktów pomiarowych obsługuje ČHMÚ Hradec Kralove lub/i VÚV TGM Praha.

Wyszczególnienie punktów sieci obserwacyjno-pomiarowej wód powierzchniowych przedstawiono w tabeli 3 (rozdz. 4). Po stronie polskiej codzienne pomiary stanów

In the case of wells draining artesian waters, the relationships between the precipitation rates and pressure are complex and observed over longer intervals of several months. The groundwater table fluctuations vary from 1.1 (3p Grzędy well) to 9.6 m in the P1 Różana well.

The Paleozoic aquifer in the Kudowa-Zdrój region is associated with the presence of discontinuity zones in metamorphic rocks (phyllites). This aquifer is monitored at 2 wells No. 203006 near Krzyżanów, and well No. 1158 in Jeleniów, to determine the possibility of ascending recharge of the Cretaceous aquifer. On the Czech side, there are 2 wells, one of them (470 m deep) in Zálesí and the other (150 m deep) in Ždárky.

Due to the considerable depth to the water-bearing zone and the mode of recharging through a vast system of cracks and fractures, most of the wells show a small annual amplitude of groundwater table fluctuations from 0.2 m (HR-5 – Zálesí) to 3.6 m (11 Jeleniów) (Fig. 11).

4.2. SURFACE WATER MONITORING

4.2.1. The observation and measuring network of surface waters

The observation and measuring network of surface waters was developed on rivers and mountain streams. Considerations on the water balance are based on data from measurement monitoring points of gauging stations established in the period 1976–1980. These points were technically modified, introducing a stationary recording (limnigraphs) in the late 1990s, and other technical adjustments (stabilization of gauging stations, use of existing headworks and barges) were applied. As of the end of 2012, flow measurements (observations) were carried out on (Fig. 12):

- 11 survey points located in the territory of Poland;
- 7 survey points located in the territory of Czech Republic, including:
 - 9 survey points operated by the PGI-NRI Wrocław (additional flow measurements have been made since 2009 on the Kamienny Stream in Szczytna and on the Pośna River in Ratno Dolne),
 - 2 survey points operated by the IMGW Wrocław,
 - 7 survey points operated by the ČHMÚ Hradec Kralove or/and VÚV TGM Praha.

Specification of survey points of the observation and measuring network of surface waters is shown in Tab. 3 (Chapter 4). On the Polish side, daily measurements of the groundwater table level are recorded automatically along 5 gauging stations of the PGI-NRI and along 2 gauging stations of the IMGW.

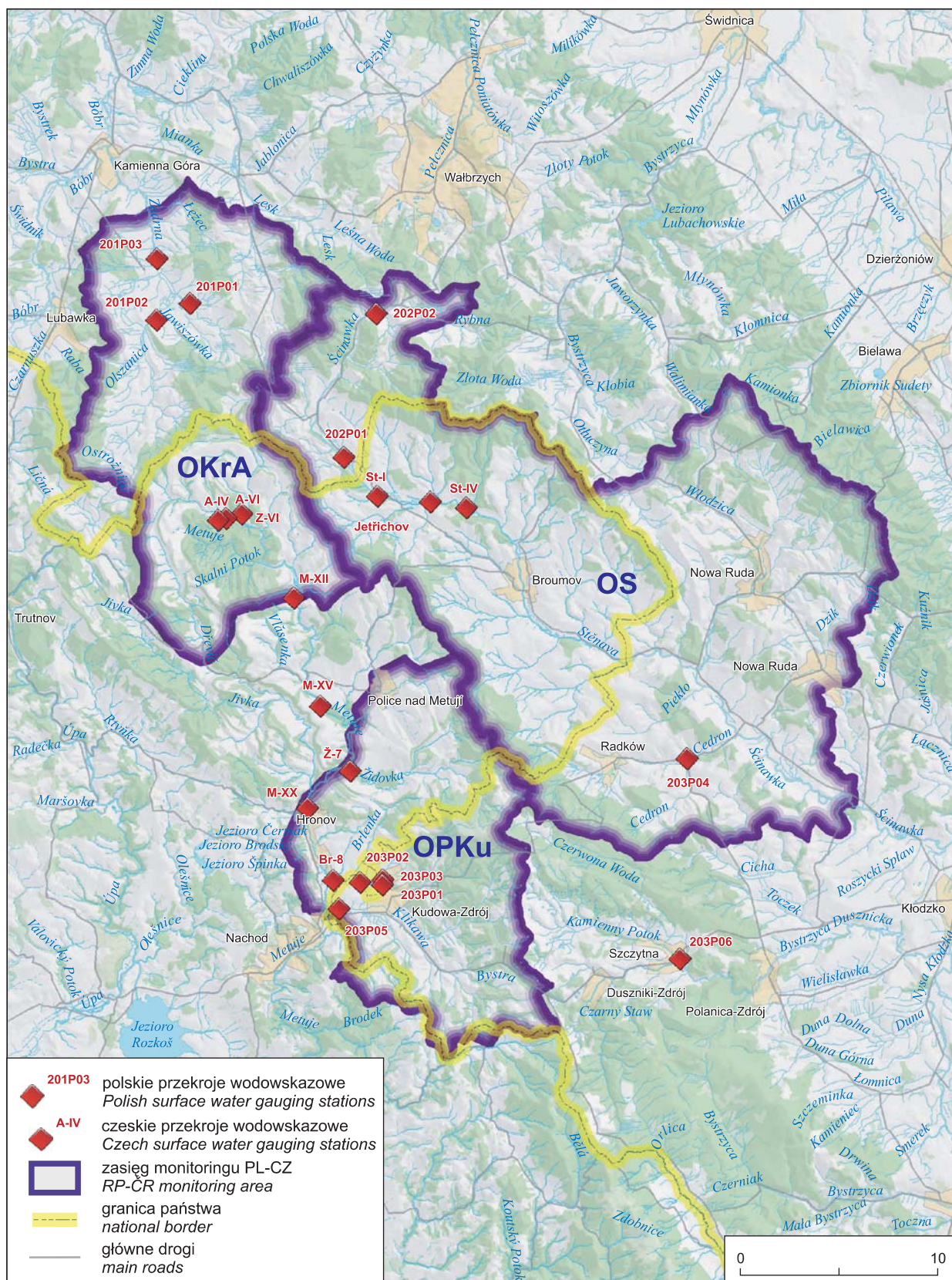
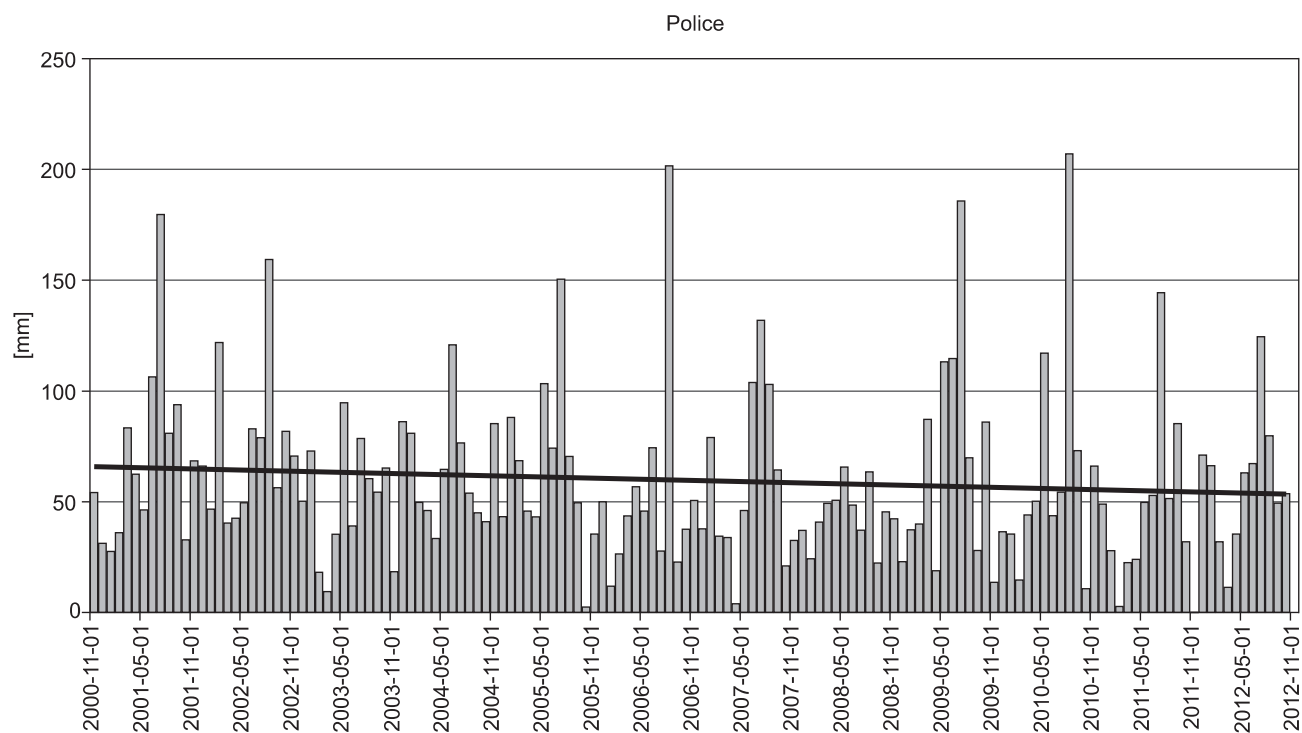
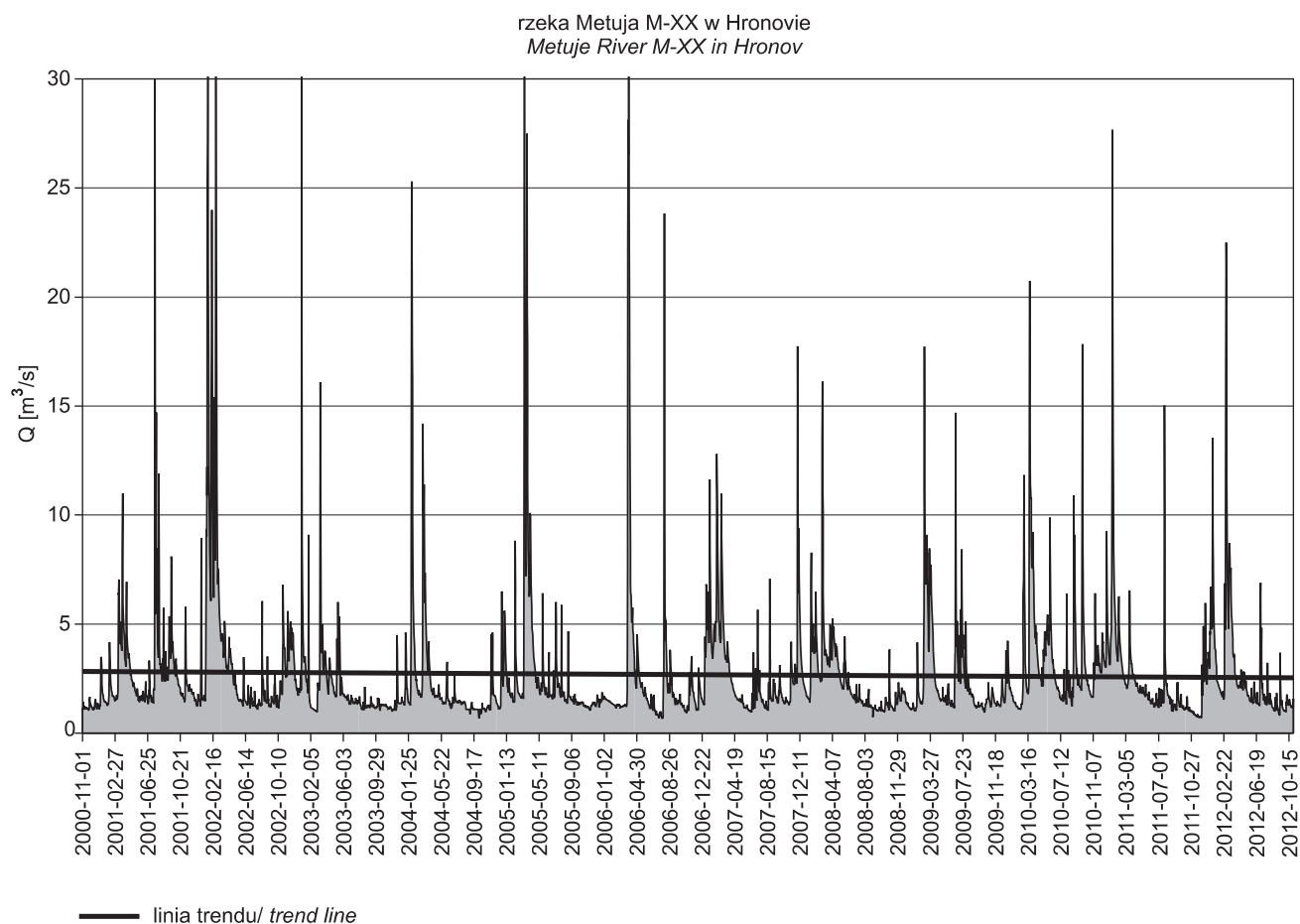


Fig. 12. Lokalizacja punktów wodowskazowych na ciekach wodnych obszaru badań

Location of water metering points on watercourses in the study area



**Fig. 13. Dobowe przepływy rzeki Metuji w m. Hronov w latach 2001–2012
oraz miesięczne sumy opadów na stacji Police w latach 2001–2012**

*Daily flow rates of the Metuje River in Hronov in 2001–2012,
and monthly sums of precipitation at the Police station in 2001–2012*

wód rejestrowane automatycznie są prowadzone na pięciu przekrojach pomiarowych PIG-PIB i dwóch – IMiGW.

Analiza wielkości i rozkładu codziennych przepływów cieków z badanego obszaru w wieloleciu 2001–2012 wykazuje niewielki trend spadkowy wielkości przepływów. Potwierdza to porównanie częstotliwości i wielkości występowania przepływów ekstremalnych niskich, których liczebność

Analysis of the amount and distribution of daily flows in watercourses of the study area in the multiannual period 2001–2012 shows a slight downward trend in the flow rates. This is supported by a comparison of the frequency and occurrence of extremely low flow rates, whose number of occurrences is slightly greater in the 5-year period 2006–2010. On the other hand, the frequency and occurrence of

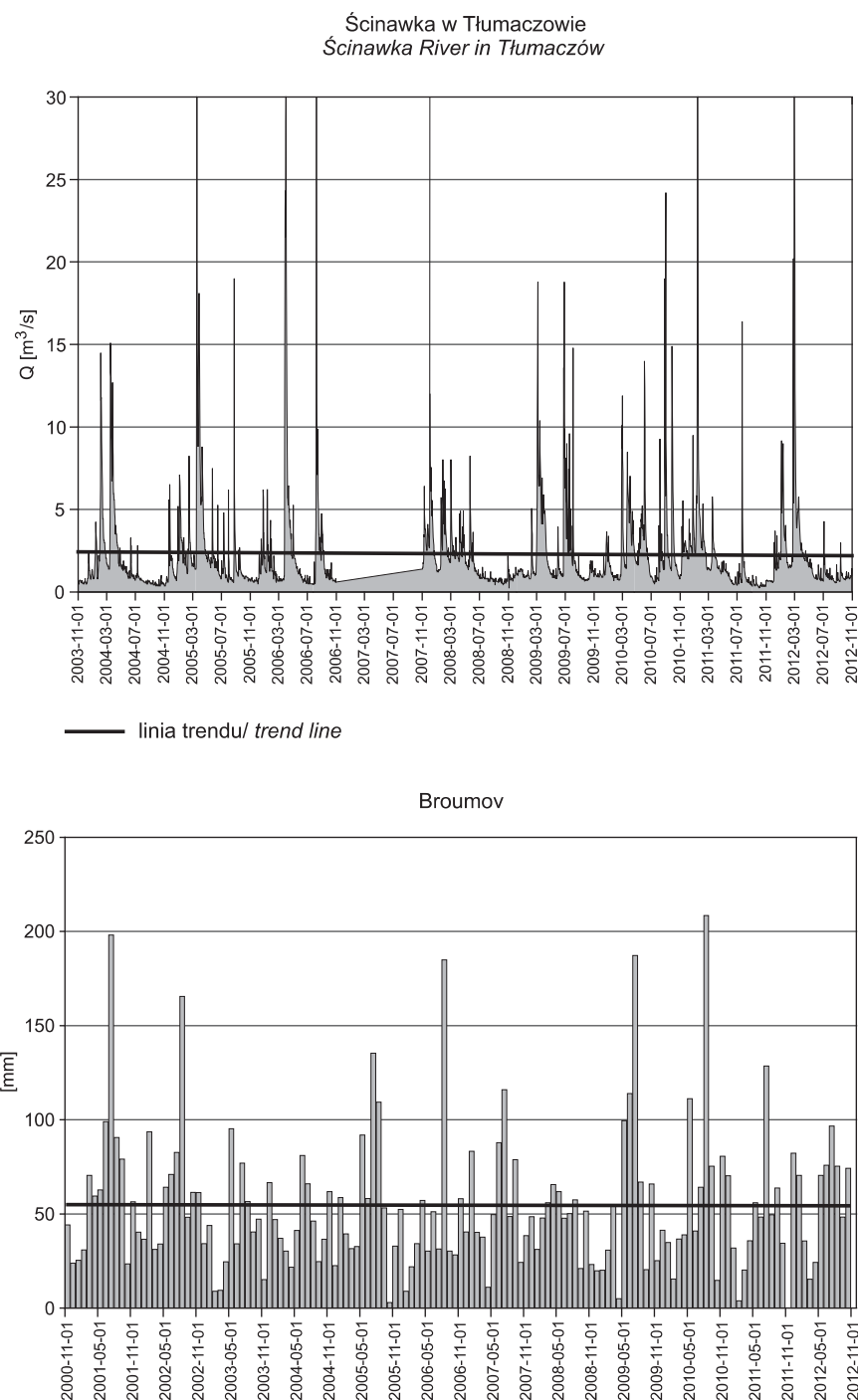


Fig. 14. Dobowe przepływy rzeki Ścinawki w Tłumaczowie w latach 2003–2012 oraz miesięczne sumy opadów na stacji w Broumov w latach 2001–2012

Daily flow rates of the Ścinawka River in Tłumaczów in 2003–2012, and monthly sums of precipitation at the Broumov station in 2001–2012

występowania jest nieco wyższa w 5-leciu 2006–2010. Z kolei, częstotliwości i wielkości występowania przepływów ekstremalnych wysokich są nieco wyższe w latach 2001–2005 – patrz [fig. 13](#). Niewielki trend spadkowy przepływów w latach 2001–2012 koreluje się z równie niewielkim, lecz wyraźniej zaznaczającym się trendem spadkowym wielkości zasilania w rozważanym okresie ([fig. 13, 14](#)).

4.2.2. Metodyka wydzielenia odpływu podziemnego

Stosownie do metodyki przyjętej w opracowaniu czeskim (Kašpárek, Buchtela, 2004), w procesie określenia wielkości odpływu podziemnego zastosowano metodę Wundta, w której średni odpływ podziemny jest utożsamiany z wartością średnią z minimalnych przepływów miesięcznych z wielolecia (SNQm). Do obliczeń stosowano również metodę Killego, w której z kolei przyjęto założenie, że w okresach podwyższonych odpływów minima miesięczne zawierają pewną ilość wód pochodzących z drenowania strefy aeracji (spływ podpowierzchniowy i powierzchniowy). Obydwie metody bazują na wielkościach przepływów najniższych miesięcznych, operując wartościami średnimi (SNQm) oraz medialnymi (MeNQm) przepływów w wybranych przekrojach pomiarowych.

Na podstawie badań (Jokiel, Bartnik, 2000) stwierdzono, że na badanym terenie wybór metody zastosowanej w analizie (Wundta bądź Killego) nie ma większego znaczenia. Istotne było przyjęcie tej samej metodyki obliczeń po stronie polskiej i czeskiej. Znalazło to potwierdzenie również w obliczeniach czeskich do bilansu (Kašpárek, Buchtela, 2004). Podstawową zasadą przyjętą w opracowaniu była interpretacja i porównywanie wyników uzyskanych na podstawie tej samej metodyki obliczeń.

W analizie wartości modułów jednostkowych odpływu podziemnego z poszczególnych zlewni cząstkowych istotną rolę odgrywa przestrzenna zmienność warunków fizyczno-geograficznych i hydrogeologicznych.

Z całego obszaru badań podzielonego na 26 zlewni cząstkowych (różnicowych), w tym 11 zlokalizowanych na terytorium Polski, do rozważań bilansowych wybrano 5 przekrojów pomiarowych zamykających zlewnie:

- Zadrnej do Krzeszowa,
- Ścinawki (Stenavy) do Tłumaczowa,
- Metuji do Hronova,
- Szybkiej do Kudowy Słone,
- Brlenki do Velké Poříčí.

4.2.3. Bilans hydrologiczny w latach 2001–2012

Potrzebę opracowania bilansu hydrologicznego strefy przygranicznej na obszarach Krzeszów–Adršpach (OKrA), Police nad Metují–Kudowa-Zdrój (OPKu) oraz zlewnia Ścinawki (OS) zapisano w protokołach ustaleń XI Narady Wspólnej Grupy Ekspertów Hydrogeologów i Hydrologów Polski i Czech w Polanicy-Zdroju (27–29.10.1997 r.) oraz XII Narady w Ústí nad Orlicí (5–7.05.1998 r.). Na tej podstawie opracowa-

extremely high flow rates are slightly higher in the period 2001–2005 – see [Fig. 13](#). A slight downward trend in the flow rates in the period 2001–2012 correlates with an equally small, but more clearly marked, downward trend in the recharge rate during the period considered ([Figs. 13, 14](#)).

4.2.2. Methods of underground runoff separation

According to the methodology adopted in the Czech report (Kašpárek, Buchtela, 2004), the volume of groundwater runoff was determined using the Wundt method that is based on the assumption that the average groundwater runoff is identified with the average value of minimal monthly flows in a multiannual period (SNQm). The calculations were also made using the Kille method, which is in turn based on the assumption that during periods of increased runoff, the monthly minima include a certain volume of water originating from the drainage of the vadose zone (subsurface and surface runoff). Both methods are based on the lowest monthly flow rates expressed in mean values (SNQm) and medial values (MeNQm) of flow rates at selected gauging stations.

The research (Jokiel, Bartnik, 2000) shows that any of the method (either Wundt or Kille method) can be used for the analysis in the study area. It was important to adopt the same methodology of calculation on the Polish side and on the Czech side. Such a procedure was also supported by the Czech calculations made for the groundwater balance (Kašpárek, Buchtela, 2004). The basic principle adopted in the study was the interpretation and comparison of results obtained on the basis of the same calculation methodology.

In the analysis of the values of specific underground runoff from the individual groundwater drainage sub-basins, an important role is played by a spatial variation of physico-geographical and hydrogeological conditions.

Throughout the whole study area that is subdivided into 26 groundwater drainage sub-basins, of which 11 is located in the territory of Poland, 5 gauging stations, bordering the following drainage basins, have been selected for groundwater balance considerations:

- Zadrna River down to Krzeszów,
- Ścinawka (Stenava) River down to Tłumaczów,
- Metuje River down to Hronov,
- Szybka River down to Kudowa Słone,
- Brlenka River down to Velké Poříčí.

4.2.3. Hydrological balance of 2001–2012

The need of developing the water balance report for the transboundary area in the regions of Krzeszów–Adršpach (OKrA), Police nad Metují–Kudowa-Zdrój (OPKu) and Ścinawka drainage basin (OS) has been written in the protocols from the 11th Meeting of the Joint Group of Polish and Czech Expert Hydrogeologists and Hydrologists held in Polanica-Zdrój (October 27–29, 1997) and from the 13th Meeting in

Tabela 4
Table

Średnie roczne sumy opadów atmosferycznych dla poszczególnych stacji opadowych i podobszarów bilansowych w okresie 2001–2012

Average annual total precipitation for individual rainfall stations and balance sub-areas in the period 2001–2012

Podobszar bilansowy <i>Balance area</i>	Stacja opadowa <i>Precipitation station</i>	Średnie opady z okresu 2001–2012 <i>Average precipitation in 2001–2012</i> P [mm]
A Zlewnia Zadrnej <i>Zadrna drainage basin</i>	Krzeszów	798,7
	Chełmsko Śląskie	700,9
	Podobszar A/ <i>Sub-area A</i>	749,8
B Zlewnia Ścinawki <i>Ścinawka River drainage basin</i>	Mieroszów	817,5
	Broumov	655,1
	Podobszar B/ <i>Sub-area B</i>	736,3
C Zlewnia Metují <i>Metuje River drainage basin</i>	Teplice nad Metují	740,4
	Police nad Metují	715,8
	Podobszar C/ <i>Sub-area C</i>	728,1
D Zlewnia Szybkiej i Brlenki <i>Szybka and Brlenka rivers drainage basin</i>	Kudowa-Zdrój	769,6
	Pasterka	755,3
	Lewin Kłodzki	682,5
	Podobszar D/ <i>Sub-area D</i>	735,8

no bilanse wód po stronie czeskiej (Kašpárek, Buchtela, 2004) i polskiej (Nowacki, Kašpárek, 2001).

W toku kolejnych narad grupy ekspertów postanowiono, że bilanse hydrologiczne strefy przygranicznej Polski i Czech będą opracowywane cyklicznie dla każdego następnego 5-lecia. Strona czeska opracowała bilans krążenia wód za okres 2001–2004 z odniesieniem do wielolecia 1976–2004 (Kašpárek i in., 2006).

W latach 2007 i 2008 strona polska opracowała bilans obejmujący 5-lecie 2001–2005 z odniesieniem do wielolecia 1980–2005. Zgodnie z ustaleniami z narad roboczych grup ekspertów hydrologów i hydrogeologów Polski i Czech podstawowy okres bilansowania obejmuje lata hydrologiczne 2001–2012 (12 lat) i 2003–2012 (9 lat). Wyniki obliczeń hydrologicznych odniesiono do 20-lecia 1980–2000 oraz do długich ciągów obserwacji (tylko po stronie czeskiej) sięgających roku 1911 (M–XIV, M–XX).

Bilans zrealizowano za lata 2001–2012, wybierając z sieci obserwacyjno–pomiarowej OKrA, OS, OPKu 23 przekroje pomiarowe oraz dzieląc obszar bilansowy (680,5 km²) na cztery podobszary (tab. 4). Dla przekrojów pomiarowych określono charakterystyki hydrologiczne z uwzględnieniem odpływu podziemnego, całkowitego. Dla podobszarów bilansowych (A, B, C, D – tab. 4) istnieją podobne dane z uwzględnieniem wielkości zasilania meteorycznego oraz strat. W rozkładzie opadów jest widoczne wyraźne zróżnicowanie wielkości zasilania poszczególnych obszarów bilansowych (OPKu, OKrA i OS).

Ústí nad Orlicí (May 5–7, 1998). These were the basis for developing the water balance reports on the Czech side (Kašpárek, Buchtela, 2004) and the Polish side (Nowacki, Kašpárek, 2001).

In the course of the subsequent meetings of the expert group, it was decided that the water balance reports for the Polish/Czech transboundary area will be developed cyclically for each five-year period. The Czech side has developed a water circulation balance for the period 2001–2004 with reference to the multiannual period 1976–2004 (Kašpárek *et al.*, 2006).

In 2007 and 2008, the Polish side developed a water balance report for the five-year period 2001–2005 with reference to the multiannual period 1980–2005. According to the findings of the meetings of the Polish and Czech expert hydrologist and hydrogeologist group, the basic period for the water balance report encompasses the hydrological years of 2001–2012 (12 years) and 2003–2012 (9 years). The results of hydrological calculations were referred to the 20-year period 1980–2000 and to long-term observations (on the Czech side only) dating back to 1911 (M–XIV, M–XX).

The water balance was prepared for the period 2001–2012 by selecting 23 gauging stations from the OKrA, OS and OPKu observation and measuring network, and dividing the balance area (680.5 km²) into 4 sub-areas (Tab. 4). For the gauging stations, the hydrological characteristics were determined taking into account the volume of total ground-water runoff. For the balance sub-areas (A, B, C, D – Tab. 4), there are similar data that take into account the volumes of

Prezentowany bilans nie nawiązuje w pełni do opracowania przedstawionego przez stronę czeską. Wynika to z różnic w funkcjonowaniu systemu obserwacji monitoringowych. Posiadane dane z wieloletnich obserwacji umożliwiły stronie czeskiej opracowanie szczegółowego bilansu hydrologicznego z zastosowaniem rozwiązania modelowego BILAN. Brak takich danych po stronie polskiej pozwala na zastosowanie klasycznych obliczeń bilansowych Pencka-Brücknera. Dane ze stacji klimatycznych IMGW nie odzwierciedlają w pełni zasilania wód podziemnych omawianego obszaru.

Podstawową zasadą metodyczną opracowania bilansu hydrologicznego odzwierciedlającego system krążenia wód strefy przygranicznej Polski i Czech w rejonach OPKu OKrA i OS były: zestawienie, analiza i następnie synteza danych zgromadzonych w raportach z badań monitoringowych z lat 2001–2012 dotyczących:

- dobowych sum opadów atmosferycznych;
- miesięcznych, półrocznych i rocznych opadów atmosferycznych;
- codziennych przepływów w przekrojach IMiGW;
- codziennych stanów i przepływów w przekrojach monitoringowych;
- codziennych i okresowych pomiarów stanów wód w piezometrach i otworach studziennych;
- okresowych pomiarów stanów wód w studniach eksploatowanych;
- wielkości poboru wód podziemnych przez poszczególne studnie i ujęcia;
- wydajności źródeł;
- analizy sytuacji hydrometeorologicznej w danym roku hydrologicznym;
- analizy wielkości odpływu wody z rejonu bilansowego, w tym odpływu podziemnego;
- analizy trendów zmian zwierciadła wód podziemnych;
- wielkości poboru wód podziemnych przez ujęcia rejonów: Gorzeszowa, Unisławia, Mieroszowa i Kudowy-Zdroju;
- stanów wód podziemnych w otworach monitoringowych zlokalizowanych poza rejonami bezpośredniego oddziaływania ujęć;
- stanów wód podziemnych w studniach eksploatowanych, oddających układ hydroizohips lejów depresji.

Specyfikę hydrograficzną terenu badań podkreśla jego położenie po obydwu stronach głównego działu wodnego zlewni Morza Bałtyckiego (Odra) oraz Morza Północnego (Łaba). Omawiana strefa przygraniczna Polski i Czech jest położona na pograniczu dwóch województw – dolnośląskiego i kralovéhradeckého, w obrębie powiatów: Kamienna Góra, Nowa Ruda, Kłodzko, Trutnov i Náchod. Analiza układu hydrostrukturalnego i hydrodynamicznego, wykazała, że jest to jedna wspólna polsko-czeska transgraniczna jednostka hydrogeologiczna rozdzielona granicą państwową (Kašpárek i in., 2006).

Obszar bilansowania zasobów obejmuje pięć podstawowych zlewni (tab. 5):

- Zadrnej do Krzeszowa (cała po stronie polskiej),
- Metuji do Hronova (prawie cała po stronie czeskiej),
- Brlenki (zlewnia transgraniczna),

meteoric recharge and losses. The precipitation distribution shows a clear variability in the amount of recharge of the individual balance areas (OPKu, OKrA and OS).

The water balance report does not correspond fully to the report presented by the Czech side. This is due to some differences in the functioning of the monitoring systems. Data available from many-year observations have allowed the Czech side to develop a detailed hydrological balance report using the BILAN model. The lack of such data on the Polish side allows only the use of classical water balance calculations of Penck-Brückner. Data from the IMGW climate stations do not fully reflect the groundwater recharge pattern of this area.

The basic methodological principle for developing the hydrological balance report, reflecting the water circulation system of the Polish/Czech border area in the OPKu OKrA and OS areas, was a compilation, analysis, and then a synthesis of data collected in the reports from monitoring studies carried out in the years 2001–2012, concerning:

- daily sums of atmospheric precipitation;
- monthly, semi-annual and annual atmospheric precipitation;
- daily flow rates in the IMGW gauging stations;
- daily levels and flow rates in the monitoring gauging stations;
- daily and periodic measurements of water levels in piezometers and wells;
- periodic measurements of water levels in production wells;
- volume of groundwater abstraction in individual wells and catchments;
- discharge rates of springs;
- analysis of hydrometeorological situation in the given hydrological year;
- analysis of runoff volume from the balance area, including groundwater runoff;
- analysis of trends in groundwater table level changes;
- volume of groundwater abstraction by the groundwater intakes in the Gorzeszów, Unisław, Mieroszów and Kudowa-Zdrój region;
- groundwater table levels in monitoring wells located outside the areas of direct impact of the intakes;
- groundwater table levels in production wells, showing the pattern of water head contours in cones of depression.

The hydrographic specificity of the study area is underlined by its position on both sides of the main watershed of the Baltic Sea (Odra River) and North Sea (Elbe River) catchment areas. The Polish/Czech transboundary area, discussed in this report, is located on the border between the Lower Silesian and Hradec Kralove voivodeships, within the following districts: Kamienna Góra, Nowa Ruda, Kłodzko, Trutnov and Náchod. Analysis of the hydrostructural and hydrodynamic pattern shows that there is a common Polish-Czech transboundary hydrogeological unit separated by the state border (Kašpárek *et al.*, 2006).

The water resources balance area includes five main drain-age basins (Tab. 5):

- Zadrna River down to Krzeszów (on the Polish side),
- Metuje River down to Hronov (nearly whole on the Czech side),

Tabela 5
Table 5

Wyszczególnienie powierzchni i przynależności terytorialnej badanych zlewni

Specification of the surface area and territorial affiliation of the drainage basins

Podobszar bilansowy <i>Balance sub-area</i>	Zlewnia <i>Drainage basin</i>	Przekrój zamykający <i>Gauging station</i>	Powierzchnia zlewni A [km ²] <i>Area of drainage basin A [km²]</i>		
			CZ	PL	razem/ total
A	Zadrna	Krzeszów	0,0	74,0	74,0
C	Metuje	Hronov	232,5	15,5	248,0
D	Brlenka	Velke Pořici	11,3	21,2	32,5
D	Szybka	Kudowa Słone	7,6	62,4	70,0
B	Ścinawka	Tłumaczów	169,0	87,0	256,0
	Razem/ Total		420,4	260,1	680,5

- Szybkiej (zlewnia transgraniczna),
- Ścinawki (Stěnavy) do Tłumaczowa (zlewnia transgraniczna).

Cały obszar bilansowy zajmuje powierzchnię 680,5 km² z czego 420,4 km² na terytorium Czech a 260,1 km² na terytorium Polski.

- Brlenka River (transboundary drainage basin),
- Szybka River (transboundary drainage basin),
- Ścinawka (Stěnavy) River down to Tłumaczów (transboundary drainage basin).

The whole balance area covers 680.5 km² in size, of which 420.4 km² is situated in the Czech Republic, and 260.1 km² in Poland.

4.2.4. Podstawowe równanie bilansowe

Jednym z podstawowych, chociaż nie najłatwiejszym, sposobem ilościowego opisu cyklu hydrologicznego jest metoda bilansowania, wynikająca z fizycznej zasady zachowania masy. Ilość wody dopływającej do określonej zlewni w określonym przedziale czasu równa się ilości wody odpływającej, powiększonej o wielkość wody zużywanej oraz ilość wody infiltrującej do głębszych poziomów wodonośnych. W wieloletnich analizach bilansowych pomija się element zmian retencji. Bilans wodny teoretycznie można opracować dla dowolnej zlewni i przedziału czasu. W praktyce proces obliczeń bilansowych jest determinowany przez posiadane dane obserwacyjno-pomiarowe. Do obliczenia bilansu hydrologicznego wykorzystano dane z dziesięciolecia obserwacyjnego 2001–2012.

Zastosowane równanie bilansowe przyjmuje postać:

$$P = (Hg + Hp) + S$$

gdzie:

- P – średnia wieloletnia wartość opadu [mm],
 Hg – średnia wieloletnia wielkość odpływu podziemnego [mm],
 Hp – średnia wieloletnia wielkość odpływu powierzchniowego [mm],
 S – straty [mm].

4.2.4. Basic water balance equation

One of the primary, although not the easiest way to quantitatively describe the hydrological cycle, is the balancing method resulting from the physical principle of conservation of mass. The amount of water flowing into a particular catchment area during a certain period of time is equal to the amount of water flowing out of the area, plus the volume of consumed water and the amount of water infiltrating into deeper aquifers. In long-term water balance analyses, the effect of retention changes is omitted. The water balance can be theoretically developed for any catchment area and time interval. In practice, the water balance calculation process is determined by the available observation and measurement data. To calculate the hydrological balance, observations from the decade of 2001–2012 have been utilized.

The water balance equation is as follows:

$$P = (Hg + Hp) + S$$

where:

- P – average multiannual precipitation [mm],
 Hg – average multiannual groundwater runoff volume [mm],
 Hp – average multiannual surface runoff volume [mm],
 S – losses [mm].

Obliczony bilans hydrologiczny dla poszczególnych zlewni bilansowych ilustruje [tabela 6](#).

Przyjęty obszar bilansowy można określić jako hydrologicznie zamknięty. Z uwagi na położenie w strefie wododziałowej obszar bilansowy składa się z trzech podobszarów bilansowych (Zadrnej, Ścinawki i Metuji z Brlenką oraz Szybka). Analiza warunków hydrogeologicznych obszaru badawczego pozwoliła na przyjęcie założenia zgodności zlewni wód powierzchniowych i zlewni wód podziemnych. Ostatecznych rozstrzygnięć w tym zakresie oczekuje się od wyników hydrogeologicznego modelowania matematycznego.

The hydrological balance calculated for the individual drainage basins is presented in the [Table 6](#).

The balance area can be defined as hydrologically completed. Due to its location in a watershed zone, the balance area consists of three balance sub-areas (Zadrna, Ścinawka, and Metuje with Brlenka and Szybka). Analysis of the hydrogeological conditions in the study area allows for the assumption of the conformity between the surface water drainage basins and the groundwater drainage basins. Definitive answers in this regard are expected from the results of hydrogeological mathematical modelling.

Tabela 6
Table 6

**Bilans hydrologiczny wybranych zlewni w obszarze OPKu, OKrA i OS
polsko-czeskiego monitoringu wód podziemnych za lata 2001–2012**

**Water balance sheet of some drainage basins in the OPKu, OKrA and OS
areas of the Polish-Czech groundwater monitoring in 2001–2012**

Zlewnia <i>Drainage basin</i>	Miano <i>Unit of measurement</i>	Średnia wieloletnia wartość opadu <i>Average multiannual precipitation</i>	Średni wieloletni odpływ podziemny <i>Aaverage multiannual groundwater runoff volume</i>	Średni wieloletni odpływ powierzchniowy <i>Average multiannual surface runoff volume</i>	Straty <i>Losses</i>	Średni wieloletni odpływ całkowity <i>Total average multiannual runoff volume</i>
Zadrna	mm	749,8	151,3	195,4	403,1	346,7
Z-6	l/s·km ²	23,78	4,80	6,20	12,78	10,99
A = 74 km ²	m ³ /s	1,76	0,36	0,46	0,95	0,81
Ścinawka	mm	800,8	196,6	118,9	485,3	315,5
Tłumaczów	l/s·km ²	25,39	6,24	3,77	15,39	10,00
A = 256 km ²	m ³ /s	6,50	1,60	0,97	3,94	2,56
Metuje	mm	738,5	194,2	144,9	399,4	339,1
M-XX	l/s·km ²	23,42	6,16	4,60	12,66	10,75
A = 248 km ²	m ³ /s	5,81	1,53	1,14	3,14	2,67
Szybka	mm	735,8	206,0	154,8	375,0	360,8
Sz-9	l/s·km ²	23,33	6,53	4,91	11,89	11,44
A = 70 km ²	m ³ /s	1,63	0,46	0,34	0,39	0,37
Brlenka*	mm	735,8	164,2	170,8	400,9	334,9
Br-8	l/s·km ²	23,33	5,21	5,41	12,71	10,62
A = 32,5 km ²	m ³ /s	0,76	0,17	0,18	0,41	0,35

* – bilans za lata 2001–2010

* – water balance for the period 2001–2010

4.3. CHARAKTERYSTYKA CHEMIZMU WÓD POWIERZCHNIOWYCH I PODZIEMNYCH

W latach hydrologicznych 2006–2007 przeprowadzono analizę chemiczną wód powierzchniowych i podziemnych po stronie polskiej w ramach monitoringu polsko-czeskiego.

Próbki wód powierzchniowych w rejonie Kudowy-Zdroju pobrano z trzech rzek (Szybkiej, Kudowskiego Potoku i Czermnicy), w czterech miejscach. Wody powierzchniowe rzek rejonu Kudowy-Zdroju są wodami słabo zmineralizowanymi (sucha pozostałość od 203 do 408 mg/dm³), pozbawionymi zanieczyszczeń organicznych (fosforany 0,11–3,20 mg PO₄/dm³; azotany 4,43–7,08 mg NO₃/dm³), z niską zawartością manganu (<0,05 mg Mn/dm³) i żelaza ogólnego (<0,01–0,021 mg/dm³). W badanych wodach nie stwierdzono zanieczyszczeń metalami ciężkimi (Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Se, V, Zn). Stężenia większości badanych pierwiastków kształtowały się poniżej granicy wykrywalności metodą ICP (Nowacki i in., 2006).

W rejonie niecki Krzeszowa i zlewni Górnej Ścinawki pobrano pięć próbek do badań fizykochemicznych z bilansem jonowym oraz na zawartość metali. Probki pobrano z trzech rzek: Ścinawki (2 próbki), Zadrnej (2 próbki), oraz Gorzeszowskiego Potoku (1 próbka). Wody rzek rejonu Krzeszowa, podobnie jak w rejonie Kudowy-Zdroju są słabo zmineralizowanymi (sucha pozostałość 173–258 mg/dm³), pozbawionymi zanieczyszczeń organicznych (fosforany 0,28–0,47 mg PO₄/dm³; azotany 10,62–11,95 mg NO₃/dm³), z niską zawartością żelaza ogólnego (<0,01–0,07 mg Fe/dm³) i manganu (<0,05 mg Mn/dm³). W badanych wodach nie stwierdzono zanieczyszczeń metalami ciężkimi. Stężenia większości oznaczanych metali kształtowały się poniżej granicy wykrywalności metodą ICP.

Podobnie kształtuje się chemizm wody rzeki Ścinawki (sucha pozostałość 247–267 mg/dm³; fosforany 0,64 PO₄/dm³; azotany 7,08–11,51 mg NO₃/dm³; żelazo ogólne <0,01–0,12 mg Fe/dm³; mangan <0,05 mg Mn/dm³).

W ramach monitoringu jakości wód powierzchniowych prowadzonego przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu, w celu oceny stanu wód, są wykonywane badania w punktach kontrolno-pomiarowych (Raport o stanie..., 2012). Na omawianym obszarze prowadzonego monitoringu granicznego badaniami objęto rzekę Ścinawkę. Badania jakości wykazały dobry stan chemiczny, ale słaby stan/ potencjał ekologiczny (niskie wartości indeksu okrzemkowego) i poniżej stanu/ potencjału dobrego klasy elementów fizykochemicznych (głównie stężenia WWA). W górnym odcinku, powyżej Golińska, z uwagi na przekroczenia fosforu ogólnego, rzeka nie spełnia wymagań przydatności wód do bytowania ryb.

Próbki do badań laboratoryjnych wód podziemnych z oznaczeniem bilansu jonowego oraz na zawartość metali pobrano z pięciu otworów studziennych w rejonie Kudowy-Zdroju (OPKu) – otwory nr 11, 5, 4, P-6 bis, K-200 – ujmujących wody zmineralizowane lub mineralne. W odniesieniu do badań z lat poprzednich nie obserwuje się znaczących zmian mine-

4.3. THE CHEMICAL CHARACTERISTICS OF GROUNDWATER AND SURFACE WATERS

In the hydrological years 2006–2007, chemical analysis of surface and ground waters was carried out on the Polish side within the framework of Polish-Czech monitoring.

Surface water samples were collected from 3 rivers in the Kudowa-Zdrój region (Szybka, Kudowski Stream and Czermnica) at four sites. Surface waters of the rivers in the Kudowa-Zdrój region are poorly mineralized (total solids from 203 to 408 mg/dm³), lacking in organic contaminants (phosphates 0.11–3.20 mg PO₄/dm³; nitrates 4.43–7.08 mg NO₃/dm³), and have low concentrations of Mn (<0.05 mg Mn/dm³) and total iron (<0.01–0.021 mg Fe/dm³). There is no heavy metal pollution in these waters (Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Se, V, Zn). The concentrations of most elements were below the limits of determination of the ICP method (Nowacki *et. al.*, 2006).

In the area of the Krzeszów Trough and upper Ścinawka drainage basin, 5 samples were collected for physicochemical and ion balance analyses and for the content of metals. The samples were taken from 3 rivers – Ścinawka (2 samples), Zadrna (2 samples), and Gorzeszowski Stream (one sample). The waters of the Krzeszów region, like those of the Kudowa-Zdrój region, are poorly mineralized (total solids 173–258 mg/dm³), lacking in organic contaminants (phosphates 0.28–0.47 mg PO₄/dm³; nitrates 10.62–11.95 mg NO₃/dm³), and have low concentrations of total iron (<0.01–0.07 mg Fe/dm³) and manganese (<0.05 mg Mn/dm³). There is no heavy metal pollution in these waters. The concentrations of most elements were below the limits of determination of the ICP method.

The chemistry of the Ścinawka River water is similar (total solids 247–267 mg/dm³; phosphates 0.64 PO₄/dm³; nitrates 7.08–11.51 mg NO₃/dm³; total iron <0.01–0.12 mg Fe/dm³; manganese <0.05 mg Mn/dm³).

Within the framework of quality monitoring of surface waters, conducted by the Regional Inspectorate for Environmental Protection in Wrocław, research is carried out at measurement and control points to assess the condition of water (Raport o stanie..., 2012). In this area of transboundary monitoring, the research is conducted in the Ścinawka River. Quality tests show good chemical condition but poor ecological condition/ potential (low diatom index values), and the values below good condition/ potential of physico-chemical parameters (mostly PAH concentrations). In the upper section, upstream of Golińsk, the river water does not meet the requirements with respect to suitability for fish habitats due to the exceeding total phosphorus content.

Groundwater samples for laboratory tests, including ion balance analysis and determination of metals concentrations, were taken from 5 wells in the Kudowa-Zdrój region (OPKu) – wells Nos. 11, 5, 4, P-6 bis and K-200 – draining mineralized or mineral waters. Compared to the previous years, no significant changes in mineralization are observed. The waters do not contain heavy metal concentrations exceeding the natural background value (Nowacki *et. al.*, 2006).

ralizacji. W badanych wodach nie wykryto stężeń metali ciężkich odbiegających od tła naturalnego (Nowacki i in., 2006).

Badania chemizmu wód podziemnych w rejonie Kudowy-Zdroju (OPKu), Krzeszowa (OKrA) i zlewni Ścinawki (OS) rozszerzono o analizy wód ze źródeł. Próbkę wody do badań laboratoryjnych na zawartość metali i badań bilansu jonowego pobrano z sześciu źródeł w rejonie Kudowy (OPKu) oraz Krzeszowa (OKrA). Badane wody podziemne wypływające w monitorowanych źródłach są słabo zmineralizowane (sucha pozostałość 110–278 mg/dm³), pozbawione zanieczyszczeń organicznych (fosforany 0,03–0,10 mg/dm³; azotany 2,66–11,07 mg/dm³), z niską zawartością żelaza (<0,01 mg/dm³) i manganu (<0,05 mg/dm³). W wodach tych nie stwierdzono zanieczyszczeń metalami ciężkimi. Stężenia większości badanych pierwiastków kształtowały się poniżej granicy wykrywalności metodą ICP (Nowacki i in., 2006).

Na podstawie analizy wyników badań chemizmu wód powierzchniowych i podziemnych niecki śródsudeckiej należy stwierdzić, że badane wody są pozbawione zanieczyszczeń antropogenicznych. Analiza wyników badań z wieloletnia wskazuje, że stan jakościowy wód powierzchniowych i podziemnych jest dobry.

Przyczyn tego faktu należy upatrywać w sposobie zagospodarowania terenu (duży areał zalesienia, łąk i ugorowania większości pól uprawnych, znaczny udział obszarów chronionych, słabo rozwinięta infrastruktura przemysłowa, budowa oczyszczalni ścieków i systemów kanalizacji). Istotnym zjawiskiem jest zmiana formy gospodarowania, szczególnie mieszkańców wsi, gdzie obserwuje się odejście od tradycyjnego rolnictwa na rzecz usług i agroturystyki.

Analizowany obszar badań uznano za perspektywiczny pod względem występowania wód termalnych. W Jeleniowie koło Kudowy-Zdroju w 1982 r. w otworze P-5 o głębokości 133 m nawiercono wody o mineralizacji 2,3 g/dm³, typie HCO₃-Ca-Na, Fe, H₂S oraz temperaturze 20,2°C. Wydajność otworu określono na 7,5 m³/h (Fistek i in., 1987). Wody ujęto w spękanych mułowcach turonu dolnego, w rejonie krzyżowania się dyslokacji w osiowej części synkliny Kudowy. Uzyskane rezultaty wraz z wynikami badań w pobliskich Dusznikach-Zdroju pozwoliły na wysunięcie sugestii o istnieniu anomalii geotermicznej na tym obszarze (Dowgiałło, 1987). Niektóre wody mogą zawierać zwiększone stężenie izotopów promieniotwórczych. Rozpoznanie wód termalnych w regionie sudeckim ma charakter punktowy, który nie pozwala na dokładniejsze oszacowanie ich zasobów, a tym samym utrudnia ich wykorzystanie (Ciężkowski i in., 2011).

Również pracownicy PIG-PIB, w 2012 roku, przeprowadzili badania temperatury wody w otworach w rejonie OS w Wambierzycach (203005), w rejonie OKrA w Grzędach (201006) oraz nieopodal rejonu OPKu w Łęzycach (203003). Pomiaru wykonano na różnych głębokościach specjalistycznym, skalibrowanym, automatycznym urządzeniem (HOB0). Powyższe prace miały na celu skontrolowanie automatycznych urządzeń pomiarowych zainstalowanych w otworach, które oprócz pomiaru zwierciadła wody mierzyły jej temperaturę. W otworze 203005, ujmującym poziom permski, pod-

Research on the chemical condition of groundwater in the regions of Kudowa-Zdrój (OPKu), Krzeszów (OKrA) and Ścinawka River drainage basin (OS) was extended by analyses of water from the springs. Water samples for laboratory tests for the concentrations of metals and ion balance were collected from 6 springs in the Kudowa (OPKu) and Krzeszów (OKrA) regions. The groundwater seeping from the monitored springs is poorly mineralized (total solids 110–278 mg/dm³), devoid of organic contamination (phosphates 0.03–0.10 mg/dm³; nitrates 2.66–11.07 mg/dm³), and have low concentrations of iron (<0.01 mg/dm³) and manganese (<0.05 mg/dm³). No pollution with heavy metals have been found. The concentrations of most elements were below the limit of determination of the ICP method (Nowacki *et al.*, 2006).

The analysis of chemistry of surface and ground waters in the Intra-Sudetic Basin shows that the waters do not contain anthropogenic contamination. Results of multiannual investigations indicate good quality of the surface and ground waters.

The reasons for this fact should be seen in the land use mode (large forest areas, grasslands, and fallowing of most arable fields, significant proportion of protected areas, underdeveloped industrial infrastructure, presence of sewage treatment plants and sewage systems). An important phenomenon is the change in land use and economy, especially within the rural population, with the observed shift from traditional agriculture towards the services and tourism.

The study area is considered prospective for the occurrence of thermal waters. In Jeleniowo near Kudowa-Zdrój, mineralized water have been drilled in 1982 in the 133-m deep P-5 borehole. Its mineralization is 2.3 g/dm³, the type is HCO₃-Ca-Na, and it contains Fe and H₂S. Its temperature is 20.2°C. The discharge rate of the well is 7.5 m³/h (Fistek *et al.*, 1987). The groundwater is abstracted from lower Turonian fractured mudstones, near the crossing of faults in the axial zone of the Kudowa Syncline. These results, along with the results of research in the nearby Duszniki-Zdrój, allowed putting forward suggestions about the existence of geothermal anomalies in this area (Dowgiałło, 1987). Some waters may show elevated concentrations of radioactive isotopes. Thermal waters in the Sudetic region have been recognized only at single points, not allowing for more accurate estimates of their resources, thus hindering their use (Ciężkowski *et al.*, 2011).

Water temperature measurements were also carried out in 2012 by the PGI-NRI specialists in the wells of the OS region at Wambierzyce (203005), in the OKrA region at Grzędy (201006) and near the OPKu region at Łęzycach (203003). The measurements were made at different depths using a special, calibrated and automated device (HOB0). These measurements were aimed at controlling automated measuring devices installed in the wells, which measured both temperature and groundwater table levels. In well 203005, draining the Permian aquifer, the temperature at a depth of 25 m was 9.9°C (Fig. 15). The temperature was increasing with depth up to 20.8°C at a depth of 450 m.

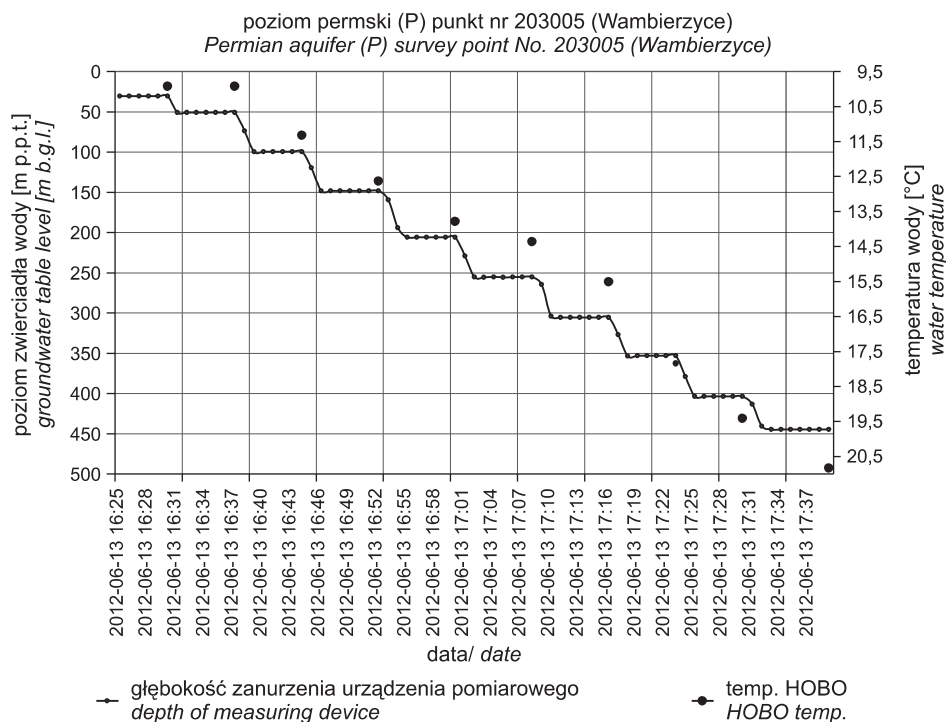


Fig. 15. Zmiany temperatury w profilu pionowym w stosunku do głębokości poziomu permskiego (P) w punkcie nr 203005 (Wambierzyce)

Temperature changes in the vertical section with respect to the depth to the Permian aquifer (P), well No. 203005 (Wambierzyce)

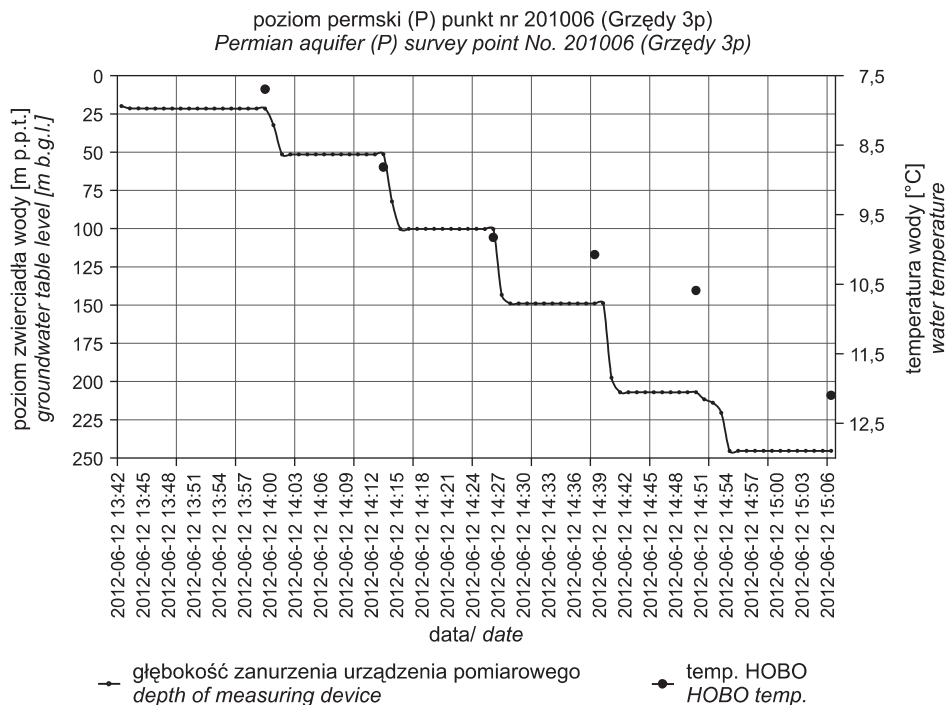


Fig. 16. Zmiany temperatury w profilu pionowym w stosunku do głębokości poziomu permskiego (P) w punkcie nr 201006 (Grzędy 3p)

Temperature changes in the vertical section with respect to the depth to the Permian aquifer (P), well No. 201006 (Grzędy 3p)

czas rozpoczęcia pomiaru (fig. 15), na głębokości 25 m odnotowano temperaturę 9,9°C. Wraz z głębokością temperatura wzrastała i na głębokości 450 m zarejestrowano 20,8°C.

W otworze 201006, ujmującym poziom permski, podczas rozpoczęcia pomiaru temperatury (fig. 16), na głębokości 25 m, odnotowano 7,7°C. Wraz z głębokością temperatura wzrastała i na głębokości 250 m uzyskano 12,1°C.

W otworze 203003, ujmującym poziom kredowy, podczas rozpoczęcia pomiaru temperatury (fig. 17), na głębokości 50 m, odnotowano 7,8°C. Wraz z głębokością temperatura wzrastała i na głębokości 165 m uzyskano 10,6°C.

W rejonie badań występują wody mineralne ujmowane na potrzeby rozlewni wód („Staropolanka” w Jeleniowie). Ponadto w rejonie Kudowy-Zdroju, na potrzeby lecznictwa uzdrowskiego, są ujmowane wody mineralne o cechach leczniczych.

In well No. 201006, monitoring the Permian aquifer, the water temperature at the beginning of measurement was 7.7°C at a depth of 25m (Fig. 16). The temperature was increasing with depth up to 12.1°C at 250 m depth.

In well No. 203003, draining the Cretaceous aquifer, the water temperature at the beginning of measurement was 7.8°C at a depth of 50 m (Fig. 17). The temperature was increasing with depth up to 10.6°C at a depth of 65 m.

It should be borne in mind that there are mineral waters in the research area, extracted by wells for a water bottling plant (“Staropolanka” in Jeleniowo). In addition, in the Kudowa-Zdrój region, medicinal mineral waters are exploited for spa cures.

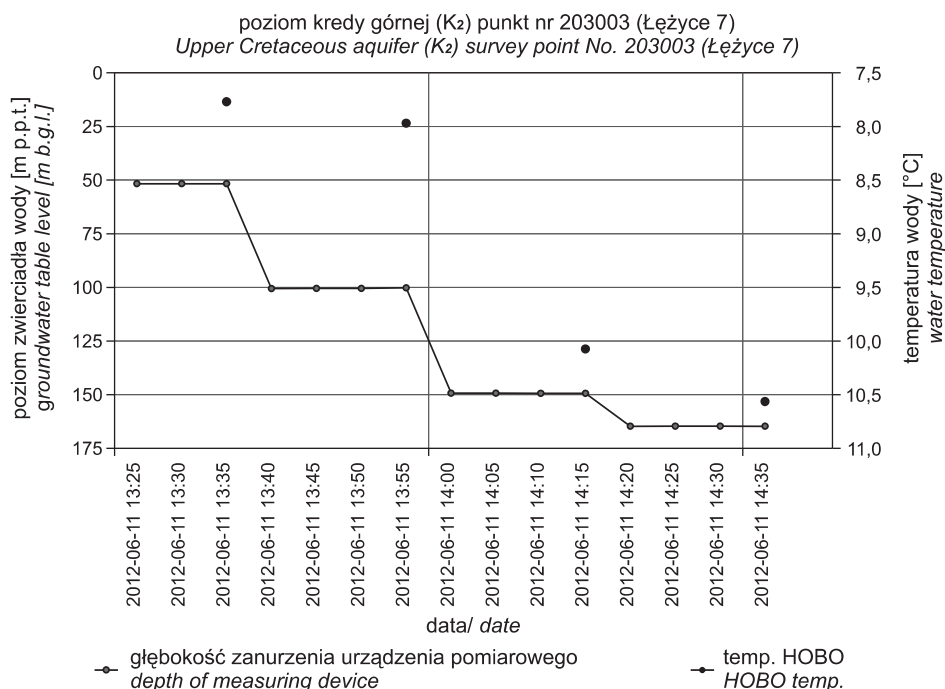


Fig. 17. Zmiany temperatury w profilu pionowym w stosunku do głębokości poziomu kredy górnej (K₂) w punkcie nr 203003 (Łężyce 7)

Temperature changes in the vertical section with respect to the depth to the Upper Cretaceous aquifer (K₂), well No. 203003 (Łężyce 7)



5.

KONCEPCYJNY MODEL PRZEPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH

CONCEPTUAL MODEL OF GROUNDWATER FLOW

5.1. HISTORIA BADAŃ MODELOWYCH

Pierwsze badania modelowe na omawianym obszarze, w rejonie Niecki Polickiej, realizowała strona czeska (PROGEO s.r.o.), w projekcie optymalizacji użytkowania i ochrony wód podziemnych rejonu Niecki Polickiej (Krásný, 1995, 1996). Następnie zaktualizowano je w roku 1997 (Čurda, 1997).

Początkowy etap zastosowania modelu numerycznego do określenia warunków przepływu wód podziemnych w strefie transgranicznej pomiędzy Polską a Czechami zakończono w 1999 r. (Milický, 1999). Obejmował on obszar Niecki Polickiej do granicy państwa po czeskiej stronie.

Niecka śródsudecka zajmuje znacznie większy obszar w stosunku do rejonów zadaniowych OKrA, OPKu i OS, stąd obszar badań modelowych rozszerzono na obszar Polski. W procesie prac numerycznych uszczegółowiono warunki i parametry hydrogeologiczne w centralnej części niecki śródsudeckiej w utworach kredy górnej. Wyniki kompleksowych prac numerycznych przepływu wód podziemnych po raz pierwszy opublikowano w 2001 r. (Milický, Kryza, 2001). Model numeryczny niecki śródsudeckiej opracowano z uwzględnieniem warunków strukturalnych w utworach wodonośnych piętra kredowego, triasowego, permskiego i karbońskiego. Od 2001 r. model numeryczny był regularnie weryfikowany i aktualizowany (Uhlík, 2002–2010) z uwzględnieniem zmian zasilania infiltracyjnego i struktury poboru wód podziemnych z poszczególnych poziomów wodonośnych (Kašpárek i in., 2006).

Pierwsze całościowe badania modelowe opracowane przez stronę polską w rejonie zadaniowym zrealizowano w PIG-PIB w ramach zadań państwowej służby hydrogeologicznej 2009 r. (Krawczyk i in., 2009). Obejmowały one opracowanie modelu numerycznego przepływu ustalonego, w celu określenia warunków przepływu wód podziemnych w strefach intensywnej antropopresji w rejonie polskiej części niecki śródsudeckiej w obszarach zadaniowych OKrA, OS i fragmentarycznie OPKu (rejon niecki Polic i niecki Batorowa). W kolejnych latach (2011–2012) w rejonie przedmiotowym prowadzono badania numeryczne realizowane w ramach zadań państwowej służby hydrogeologicznej pt. „Opracowanie modeli numerycznych dla JCWPd o stanie słabym oraz JCWPd proponowanych jako transgraniczne”. Efektem pracy było wykonanie modelu numerycznego JCWPd nr 137 wraz z oszacowaniem wielkości i kierunku przepływu wód podziemnych wzdłuż granicy państwa z Czechami (Serafin, Czerski, 2012).

5.1. HISTORY OF MODELLING RESEARCH

First modelling studies were carried out by the Czech side (PROGEO s.r.o.) in the Police Basin region within the framework of a project of optimization of groundwater use and protection (Krásný, 1995, Krásný, 1996), which was later updated in 1997 (Čurda, 1997).

The initial phase of numerical model application to determine the groundwater flow conditions in the border areas between Poland and the Czech Republic was completed in 1999 (Milický, 1999). It covered the Police Basin area on the Czech side.

The Intra-Sudetic Basin occupies a much larger area than the task areas of OKrA, OPKu and OS, hence the modelling research area was extended onto the territory of Poland. The process of numerical work resulted in providing more detailed conditions and hydrogeological parameters of the Upper Cretaceous deposits in the central part of the Intra-Sudetic Basin. Results of the complex numerical modelling of groundwater flow were first published in 2001 (Milický, Kryza, 2001). Numerical model of the Intra-Sudetic Basin was developed taking into account the geological structural conditions of the Cretaceous, Triassic, Permian and Carboniferous aquifers. Since 2001, the numerical model has been regularly verified and updated (Uhlík, 2002–2010), taking into account the changes in recharging infiltration and groundwater abstraction pattern in the particular aquifers (Kašpárek *et al.*, 2006).

The first Polish comprehensive modelling research in the task area was carried out by the Polish Geological Institute – National Research Institute (PGI-NRI) within the tasks of the Polish Hydrogeological Survey (PHS) 2009 (Krawczyk *et al.*, 2009). It included the development of a numerical model of steady flow in order to determine the groundwater flow conditions in areas of intense human impact in the Polish part of the Intra-Sudetic Basin in the task areas of OKrA, OS and part of OPKu (Police Basin and Batorów Trough). In subsequent years (2011–2012), numerical studies were carried out in this area within the tasks of the Polish Hydrogeological Survey, entitled: “The development of numerical models for GWBs of poor quantitative and qualitative conditions and GWBs proposed as transboundary groundwater bodies”. The effect of the study was a numerical model of GWB No. 137 with an estimate of the size and groundwater flow direction along the state border with the Czech Republic (Serafin, Czerski, 2012).

5.2. WARUNKI HYDROSTRUKTURALNE PRZYJĘTEGO ROZWIĄZANIA NUMERYCZNEGO

Analiza układu hydrostrukturalnego systemu krążenia wód podziemnych w utworach wodonośnych pięter: czwartorzędowego, kredowo-triasowego, permskiego i permokarbońskiego (fig. 18) w obszarze badań pozwoliła na opracowanie modelu koncepcyjnego, w którym wyznaczono siedem warstw numerycznych w sześciu poziomach wodonośnych (tab. 7).

Pierwszy poziom wodonośny o lokalnym rozprzestrzenieniu jest związany z czwartorzędowymi, wodonośnymi utworami dolin rzecznych. Trzy kolejne odwzorowują kredowo-triasowy kompleks utworów wodonośnych (górny, środkowy i dolny) oraz dwa poziomy wodonośne dla piętra permskiego. Poziom górny jest związany z wodonośnymi utworami czerwonego spągowca, natomiast dolny – o znacznie gorszych parametrach filtracyjnych – przechodzi stopniowo w podłoże w obrębie utworów karbońskich.

5.2. HYDROSTRUCTURAL CONDITIONS FOR THE ADOPTED NUMERICAL APPROACH

Analysis of the groundwater circulation system in the Quaternary, Cretaceous-Triassic, Permian and Permo-Carboniferous aquifers (Fig. 18) of the study area has allowed the development of a conceptual model with seven numerical layers in six aquifers (Tab. 7).

The first aquifer of local range is related to the Quaternary water-bearing deposits of river valleys. Another three correspond to the Cretaceous-Triassic aquifer (upper, middle and lower aquifers) and two aquifers of the Permian aquifer. The upper aquifer is related to the water-bearing Rotliegend deposits, while the lower one – of much lower permeability – passes gradually into the substrate layer represented by Carboniferous deposits.

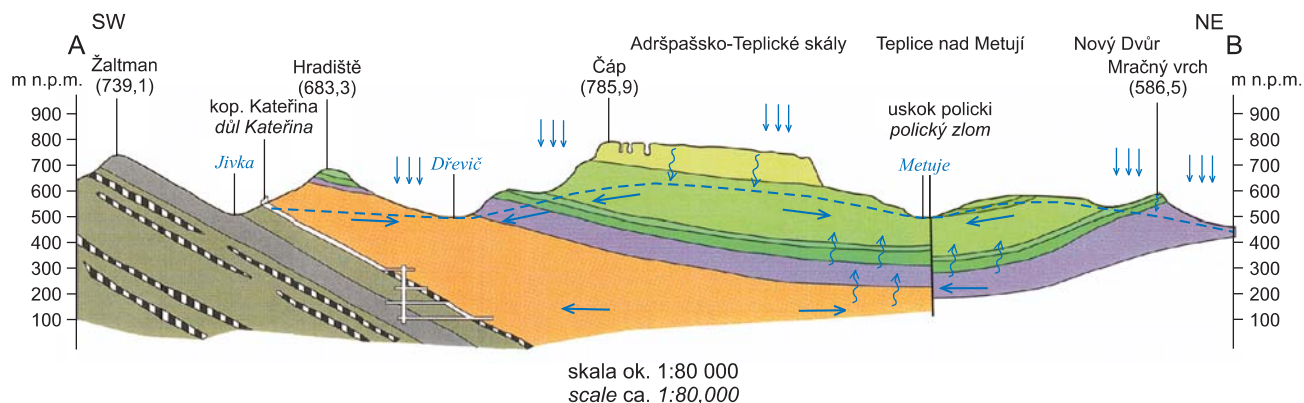
In order to reconstruct accurately the aquifer system determining the percolation conditions between the individual

Tabela 7
Table 7

Schemat stratygraficzny struktury modelu numerycznego
Stratigraphic structure of the numerical model

Stratygrafia <i>Stratigraphy</i>	Nazwa stratygraficzna warstwy po stronie czeskiej <i>Stratigraphic names of layers on the Czech side</i>		Symbole warstw (strona czeska) <i>Symbols of layers (Czech side)</i>			Warstwa na modelu <i>Layer in the model</i>	
						model czeski <i>Czech model</i>	model polski <i>Polish model</i>
Czwartorzęd <i>Quaternary</i>	—		Q			1	I
Koniak <i>Coniacian</i>	teplické		D				II
turon górny <i>Upper Turonian</i>			C/D				
Turon środkowy <i>Middle Turonian</i>	jizerské		Cd	piaskowce/ <i>sandstones</i>	C2		
			Cv/Cd	margle/ <i>marls</i>	C1/C2		
Turon dolny <i>Lower Turonian</i>	bělohorské		Cv	piaskowce/ <i>sandstones</i>	C1		
			A/C				
	perucko korycanské	rohovcové	A2			2	III
Cenoman <i>Cenomanian</i>		prachovcové	A1/A2			3	IV
		psamitické	A1				
Trias <i>Triassic</i>	bohdašínské		T				
Perm <i>Permian</i>	bohuslavické trutnovské broumovské chvalečské		BHS TRT			4	V
			BRM			5	VI
			CHVL ODL ZCL BLZ			6	VII
odolovské							
žacléřské							
Karbon <i>Carboniferous</i>	blažkovské						

Przekrój geologiczny A-B
Geological cross-section A-B



Przekrój geologiczny C-D
Geological cross-section C-D

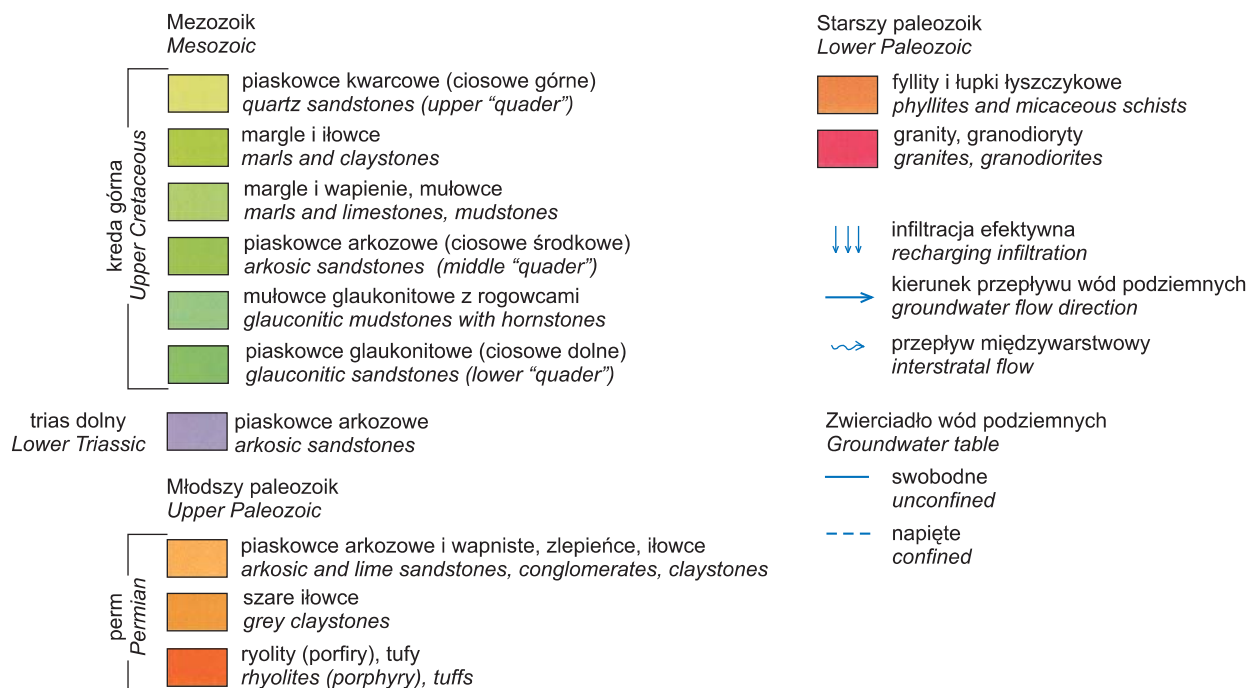
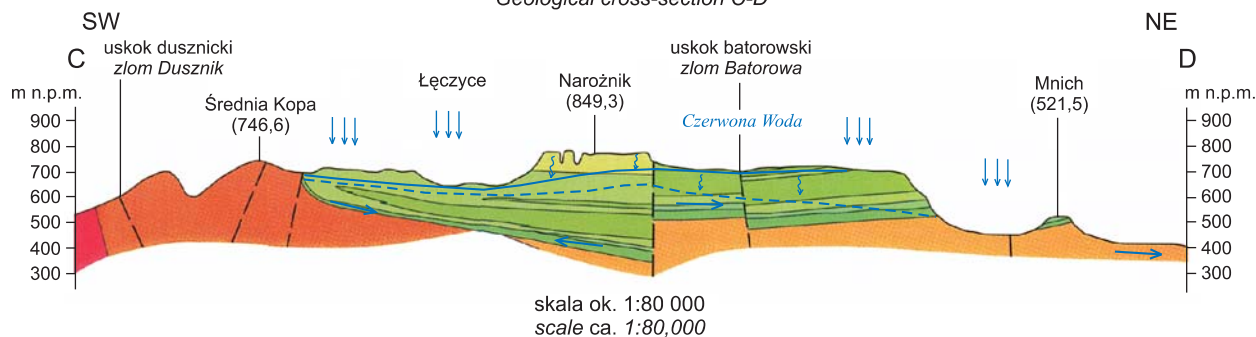


Fig. 18. Schemat koncepcyjny przepływu wód podziemnych (na podstawie *Mapy geologiczno-turystycznej Gór Stołowych* (Čech, Gawlikowska, 1999)

Conceptual model of groundwater flow (based on Geological-tourist map of the Stołowe Mountains (Čech, Gawlikowska, 1999)

W celu dokładnego odzwierciedlenia systemu wodonośnego determinującego warunki przesiąkania między poszczególnymi warstwami wodonośnymi przygotowano założenia do modelu numerycznego quasi-przestrzennego. W nawiązaniu do przyjętego modelu hydrogeologicznego jako podstawę warunków krążenia wód podziemnych przyjęto przypowierzchniowy poziom wodonośny – warstwa I w utworach czwartorzędowych o miąższości od 15 do 60 m. Poziom ten pozostaje w więzi z wodami powierzchniowymi i w kontakcie hydraulicznym z kompleksem utworów kredowo-triasowych. Warstwa II jest wykształcona w postaci utworów kredy górnej (turon i koniak dolny); warstwa III – jako margle, iłowce, piaskowce arkozowe turonu dolnego; warstwa IV – połączony kompleks osadów kredy i triasu wykształconych w postaci cenomańskich piaskowców glaukonitowych i triasowych piaskowców arkozowych. Warstwa V jest reprezentowana przez permskie utwory wodonośne: szczelinowate piaskowce, zlepienie i iłowce. Warstwa VI to zespół osadów i skał wulkanicznych (ryolity, melafiry, trachybasalty, tufy) oraz piaskowce i zlepienie permskie. Warstwę VII stanowią utwory o bardzo niskiej porowatości i o słabych parametrach filtracyjnych. Tworzą ją klastyczne utwory karbonu o miąższości do 4000 m.

Przyjęte założenia strukturalne modelu koncepcyjnego nawiązują do modelu opracowanego przez stronę czeską. Pomimo rozbieżności w podejściu do rozwiązania postawionego zadania, uzyskane wyniki są porównywalne z wcześniejszymi otrzymanymi (Milický, Kryza, 2001; Uhlík, 2002–2010).

aquifers, assumptions for a quasi-spatial numerical model were prepared. In reference to the adopted hydrogeological model, the near-surface aquifer – layer I in the Quaternary deposits with a thickness of 15 to 60 m – was adopted as the basis for the conditions of groundwater circulation. This aquifer remains in connection with surface waters and in hydraulic contact with the Cretaceous-Triassic aquifer. Layer II is represented by Upper Cretaceous (Turonian and lower Coniacian) deposits. Layer III – is composed of lower Turonian marls, claystones and arkosic sandstones. Layer IV – is a complex of Cretaceous and Triassic deposits represented by Cenomanian glauconitic sandstones and Triassic arkosic sandstones. Layer V is represented by the Permian aquifer: fractured sandstones, conglomerates and claystones. Layer VI is a set of sedimentary and volcanic rocks (rhyolites, melaphyres, trachybasalts, tuffs) and Permian sandstones and conglomerates. Layer VII consists of poorly permeable and very low-porosity deposits represented by Carboniferous clastics, up to 4,000 m in thickness.

The structural assumptions for the conceptual model refer to the model developed by the Czech side. Despite the differences in the approach to the task, the results obtained are comparable to the previous ones (Milický, Kryza, 2001; Uhlík, 2002–2010).



6.

MODEL NUMERYCZNY PRZEPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH

NUMERICAL MODEL OF GROUNDWATER FLOW

Obszarem odniesienia, dla którego wykonano model numeryczny, jest kompleks utworów czwartorzędowo-mezozoiczno-młodopaleozoicznych, związanych ze strukturą niecki śródsudeckiej o przebiegu NW–SE. Rozciąga się ona od Kamiennej Góry, Lubawki w części północno-zachodniej, poprzez Krzeszów, Mieroszów, następnie na terytorium Czech – Žacléř, Teplice nad Metují, Broumov, Police nad Metují i dalej w kierunku południowo-wschodnim na terytorium Polski – Tłumaczów, Radków, Szczytna, Polanica-Zdrój (fig. 19).

Dyskretyzacja

Obszar objęty modelem, tożsamy z obszarem rozpoznania – cała siatka dyskretyzacyjna wraz z nieaktywnymi blokami – zajmuje powierzchnię powyżej 3000 km². Rejon badań odwzorowano z zastosowaniem siatki prostokątnej o wymiarach pojedynczego bloku obliczeniowego 200 × 200 m. Całkowita liczba bloków obliczeniowych w siedmiu warstwach numerycznych wynosi 612 969 cel, podzielonych na 289 wiersze i 303 kolumny. Natomiast wyznaczona powierzchnia bilansowa (aktywna część modelu numerycznego) jest znacznie mniejsza i wynosi 1138 km², składa się z 199 318 cel obliczeniowych, podzielonych na 240 wierszy i 242 kolumny. Model numeryczny obejmuje terytorium Polski – 608 km² oraz Czech – 530 km².

W wyniku szczegółowej analizy wykształcenia powierzchni granicznych kolejnych warstw w procesie dyskretyzacji, dokładnie odwzorowano zmienność numerycznych warstw ujętych w schemacie hydrogeologicznym na potrzeby modelu (fig. 20–22). Uzyskano w ten sposób optymalnie dużą gęstość bloków obliczeniowych, co rzutuje na jakość i wiarygodność przeprowadzonych obliczeń.

Warunki brzegowe

Najważniejszymi informacjami określanymi w węzłach obliczeniowych są zewnętrzne i wewnętrzne warunki brzegowe modelowanego obszaru. Zgodnie z definicją warunku brzegowego powinien on działać bez sprzężeń zwrotnych z otaczającymi go systemami. Warunki początkowe wysokości hydraulicznej zadano zgodnie z zanotowanymi pomiarami w otworach hydrogeologicznych monitoringu wód podziemnych po obydwu stronach granicy państwa oraz w innych punktach obserwacyjnych. Określono warunki brzegowe I, II i III rodzaju.

Granicę zewnętrzną modelu numerycznego w większości wyznaczono w strefie wododziału wód podziemnych,

The reference area for the numerical model is a complex of Quaternary – Mesozoic – upper Paleozoic rocks associated with the NW-SE-stretching Intra-Sudetic Basin extending from the Kamienne Mountains and Lubawka in the north-west, through Krzeszów and Mieroszów, towards the territory of Czech Republic: Žacléř, Teplice nad Metují, Broumov, Police nad Metují, and farther to the southeast again into the territory of Poland: Tłumaczów, Radków, Szczytna and Polanica-Zdrój (Fig. 19).

Discretization

The area of the model, the same as the study area – the entire discretisation grid with inactive blocks – is over 3,000 km² in size. The study area was mapped using a rectangular grid with the dimensions of a single computational block 200 × 200 m. The total number of computational blocks in the seven numerical layers is 612,969 cells divided into 289 rows and 303 columns. In contrast, the defined balance area (active part of the numerical model) is much smaller and covers 1,138 km². It is divided into 199,318 computational cells subdivided into 240 rows and 242 columns. The numerical model includes the territory of Poland with an area of 608 km², and 530 km² on the Czech side.

The thorough analysis of the geometry of boundary surfaces of successive layers, performed within the process of discretization, enabled to accurately project the variability of the numerical layers included in the hydrogeological scheme for the needs of the model (Figs. 20–22). In this way, optimally high density of the computational blocks have been obtained, which affects the quality and reliability of the calculations undertaken.

Boundary conditions

The most important information to be determined in the computational nodes are external and internal boundary conditions of the modelled area. According to the definition, the boundary condition should operate without feedback from the surrounding systems. Initial conditions of the hydraulic head were fixed in accordance with the measurements performed in hydrogeological wells of the groundwater monitoring on both sides of the state border, and in other observation points. The first-, second- and third-type boundary conditions have been determined.

The outer boundary of the numerical model is determined mostly in the groundwater divide zone in the area of out-

w obszarze wychodni utworów karbońskich i starszego podłoża, które charakteryzują się bardzo słabymi parametrami filtracyjnymi (współczynnikiem filtracji k_{xy}), jako warunek brzegowy II rodzaju (Neumana), typu $Q = 0$. W pozostałej części wprowadzono warunek brzegowy trzeciego rodzaju $Q = f(H)$ na rzekach: Bystrzyca, Czerwonka, Ścinawka, Nysa Kłodzka, Bystrzyca Dusznicka i Lesk.

Granice wewnętrzne odwzorowano warunkiem brzegowym III rodzaju (sieć rzeczna) i II rodzaju $Q = \text{const.}$ w postaci stałego zasilania powierzchniowego wyrażonego obliczoną wartością infiltracji efektywnej (będącej wypadkową wartości zasilania meteorycznego, pomniejszonej o wartość ewapotranspiracji i spływ powierzchniowy). Dotyczyło to wszystkich aktywnych bloków obliczeniowych. W programie wykorzystano możliwość wprowadzenia zasilania do najwyższej aktywnej warstwy modelu z uwagi na to, że pierwsza warstwa ma ograniczone rozprzestrzenienie i na znacznych obszarach przyjmuje postać suchej warstwy. W obszarach, gdzie nie występuje I warstwa wodonośna, za-

crots of Carboniferous and older basement deposits that are characterized by very poor permeability parameters (permeability coefficient k_{xy}), as the second-type boundary condition (Neuman), with $Q = 0$. For the remaining part, the third-type boundary condition has been introduced, with $Q = f(H)$, in the Bystrzyca, Czerwonka, Ścinawka, Nysa Kłodzka, Bystrzyca Dusznicka and Lesk rivers.

The inner boundaries were modelled by the third-type (river system) and second-type boundary conditions with $Q = \text{const.}$ in the form of constant surficial recharge expressed by the calculated value of recharging infiltration (which is the resultant of the value of meteoric recharge minus the value of evapotranspiration and surface runoff). This was the case of all active computational blocks. The software uses the possibility to input recharge rate values to the highest active layer of the model due to the fact that the first layer has a limited extent and, over large areas, takes the form of a dry layer. Thus, in areas where there is no aquifer I, the recharge rate was attributed directly to aquifer II. Recharging infiltra-

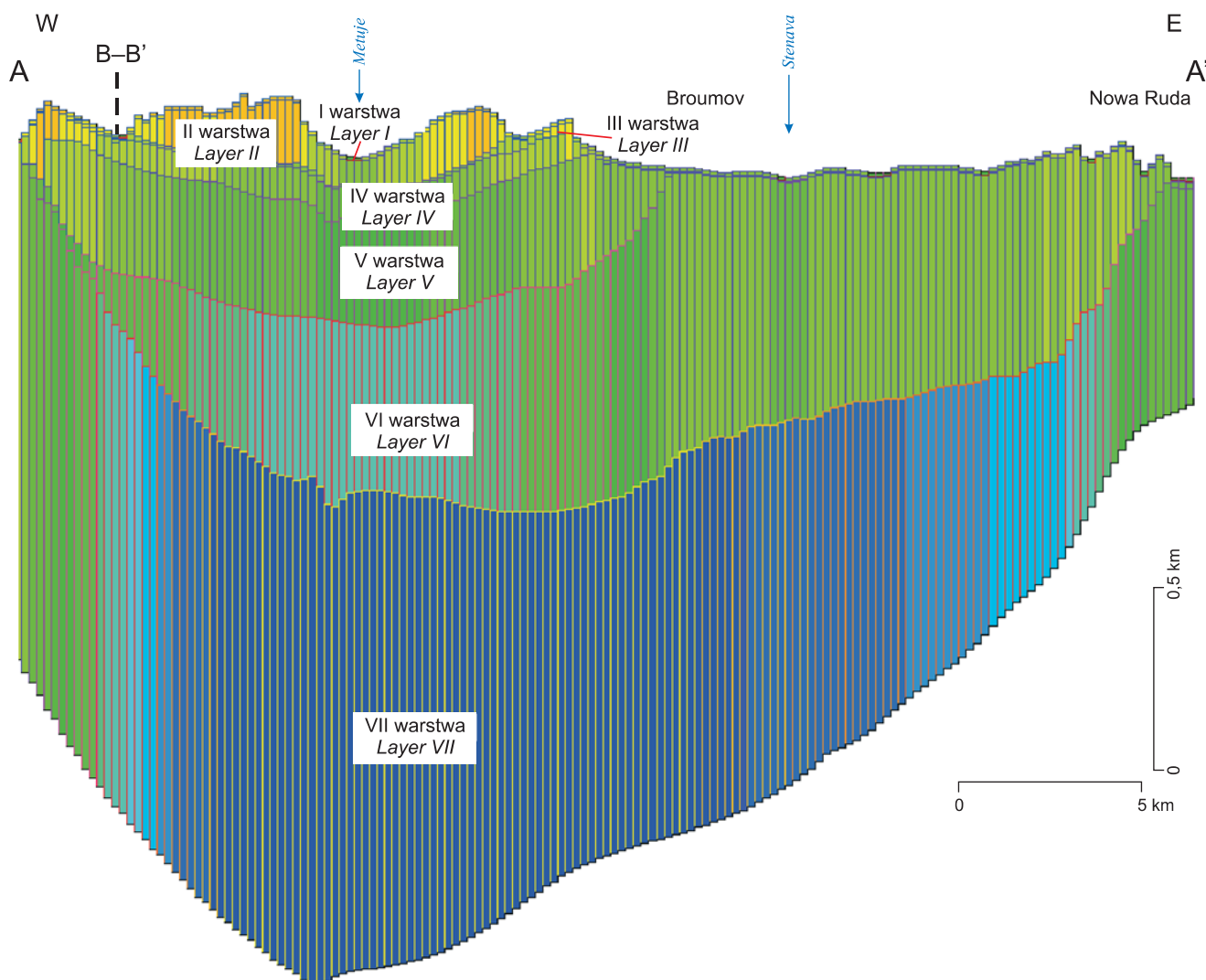


Fig. 20. Schematyczny przekrój przez strukturę modelu numerycznego (przekrój A–A')

Schematic cross-section through the numerical model structure (cross-section A–A')

silanie zadano bezpośrednio do warstwy II, wykorzystując dane o średnich wartościach opadów z wielolecia z uwzględnieniem charakterystyki morfologicznej obszarów oraz rodzaju utworów powierzchniowych. Warunkiem brzegowym II rodzaju $Q = \text{const.}$ odwzorowano również drenaż ujęć wód podziemnych, wyrażony średnią wartością poboru w roku 2008 w m^3/h .

tion values were determined using data on average annual precipitation for a multiannual period, taking into account the morphological characteristics of the areas and the type of surface deposits. The second-type boundary condition $Q = \text{const.}$ was used to model also the drainage of groundwater intakes, with the average water withdrawal rate expressed in m^3/h for the year 2008.

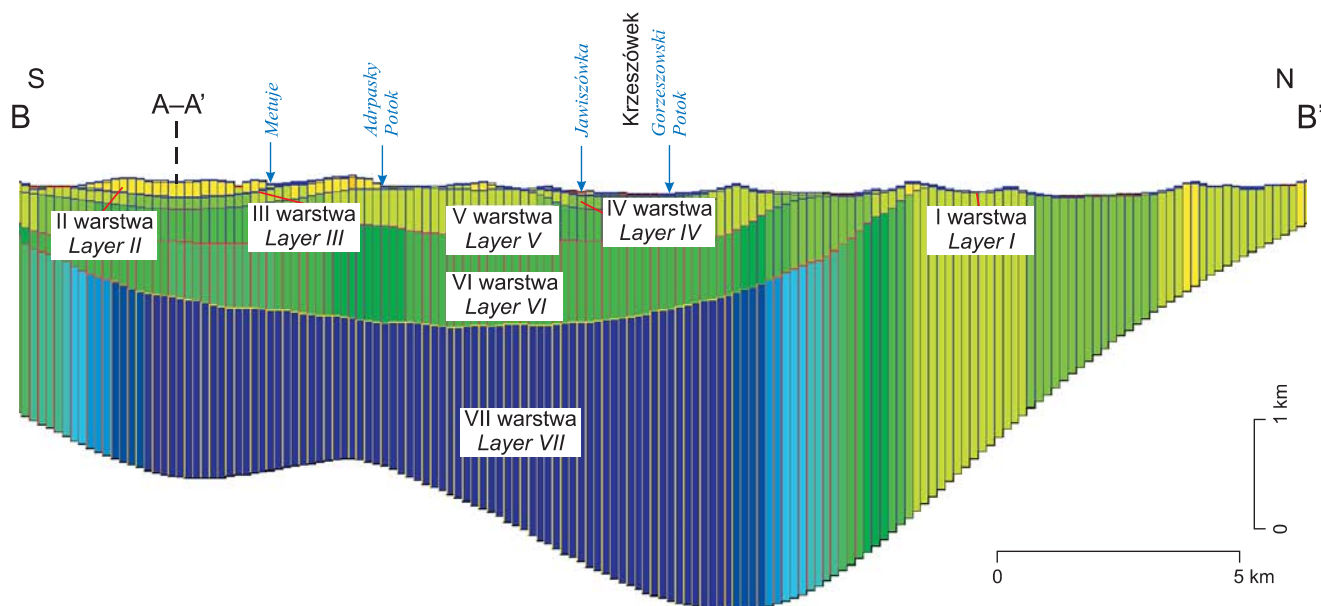


Fig. 21. Schematyczny przekrój przez strukturę modelu numerycznego (przekrój B–B')

Schematic cross-section through the numerical model structure (cross-section B–B')

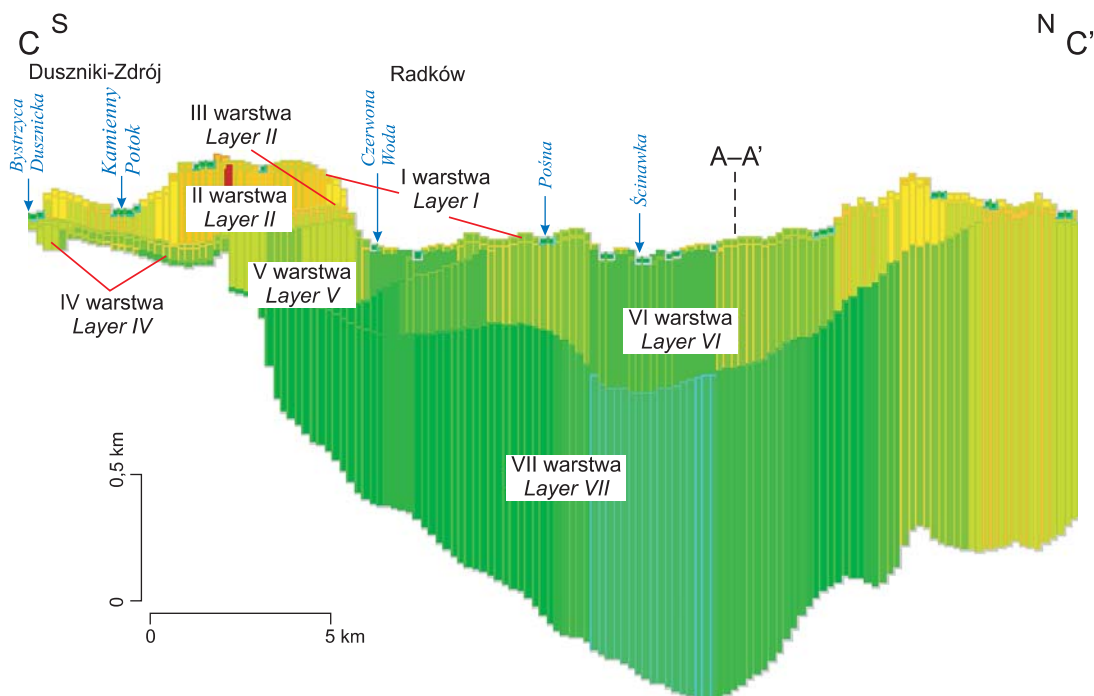


Fig. 22. Schematyczny przekrój przez strukturę modelu numerycznego (przekrój C–C')

Schematic cross-section through the numerical model structure (cross-section C–C')

Wprowadzając warunki brzegowe, zwrócono uwagę, żeby wymuszenia powodowane przez ujęcia wód podziemnych i ciekę objęto jak najmniejszą liczbą bloków obliczeniowych.

Symulacja stanu hydrodynamicznego

Obliczone na modelu numerycznym wysokości hydrauliczne dla pozostałych warstw we wszystkich węzłach siatki, pozwoliły na zobrazowanie sytuacji hydrodynamicznej dla kredowo-triasowego i permskiego piętra wodonośnego (fig. 23, 24).

Hydroizohipsy kredowo-triasowego piętra wodonośnego (warstwa II, III, IV) w znacznym stopniu naśladują powierzchnię terenu. Przepływ następuje w kierunku głównych osi drenażu, którą stanowi w części północnej (niecka Krzeszowa) rzeka Zadrna. Zwierciadło wód podziemnych występuje w przedziale od 560 m n.p.m. w strefie przebiegu europejskiego działu wód podziemnych, rozdzielającego zlewiska mórz Północnego i Bałtyckiego do rzędnej 470 m n.p.m. w osi drenażu rzeki Zadrnej. Na południe od linii działu wód podziemnych w Niece polickiej i fragmencie niecki Batorowa wody podziemne są drenowane przez rzekę Metuje. Zwierciadło wód podziemnych ma charakter naporowy, lokalnie swobodny i stabilizuje się na rzędnej od 560 do 420 m n.p.m.

W rejonie zapadliska Kudowy i rowu Hronowa regionalną bazą drenażu jest rzeka Metuja wraz z prawobrzeżnym dopływem rzeką Szybka, drenującą wody podziemne z polskiej części rejonu OPKu (zapadlisko Kudowy). Zwierciadło wody ma charakter naporowy, w rejonie wychodni swobodny, a w osi drenażu – artezyjski.

W części południowo-wschodniej niecki Batorowa wyznaczonej wododziałem wód podziemnych zlewisk mórz Północnego i Bałtyckiego odpływ następuje zbieżnie w kierunku Nysy Kłodzkiej stanowiącej regionalną bazę drenażu. Zwierciadło wód podziemnych ma charakter głównie naporowy, a w brzeżnej części rejonu Dusznik i Szczytnej artezyjski.

Permskie piętro wodonośne w północnej części obszaru badań jest drenowane przez rzekę Zadrną. Zwierciadło charakteryzuje się reżimem naporowym, w strefie wychodni swobodnym, a w osi drenażu – artezyjskim (rejon Dobromyśla). W części południowo-zachodniej bazę drenażu stanowi Metuja, wyznaczająca granicę europejskiego działu wodnego pomiędzy niecką Krzeszowa i zlewnią Ścinawki. Zwierciadło wód podziemnych ma charakter naporowy i często znajduje się w kontakcie hydraulicznym z kredowo-triasowym piętrzem wodonośnym. Pozostała część permskiego piętra wodonośnego jest drenowana przez rzekę Ścinawkę. Na znacznej części obszaru, w rejonie wychodni, charakteryzuje się swobodnym zwierciadłem wód, w głębszych partiach zwierciadłem naporowym, a lokalnie – zwierciadłem artezyjskim (rejon Golińska).

While introducing the boundary conditions, it was ensured that the constraints caused by the groundwater intakes and watercourses were covered with the smallest number of computational blocks.

Simulation of hydrodynamic conditions

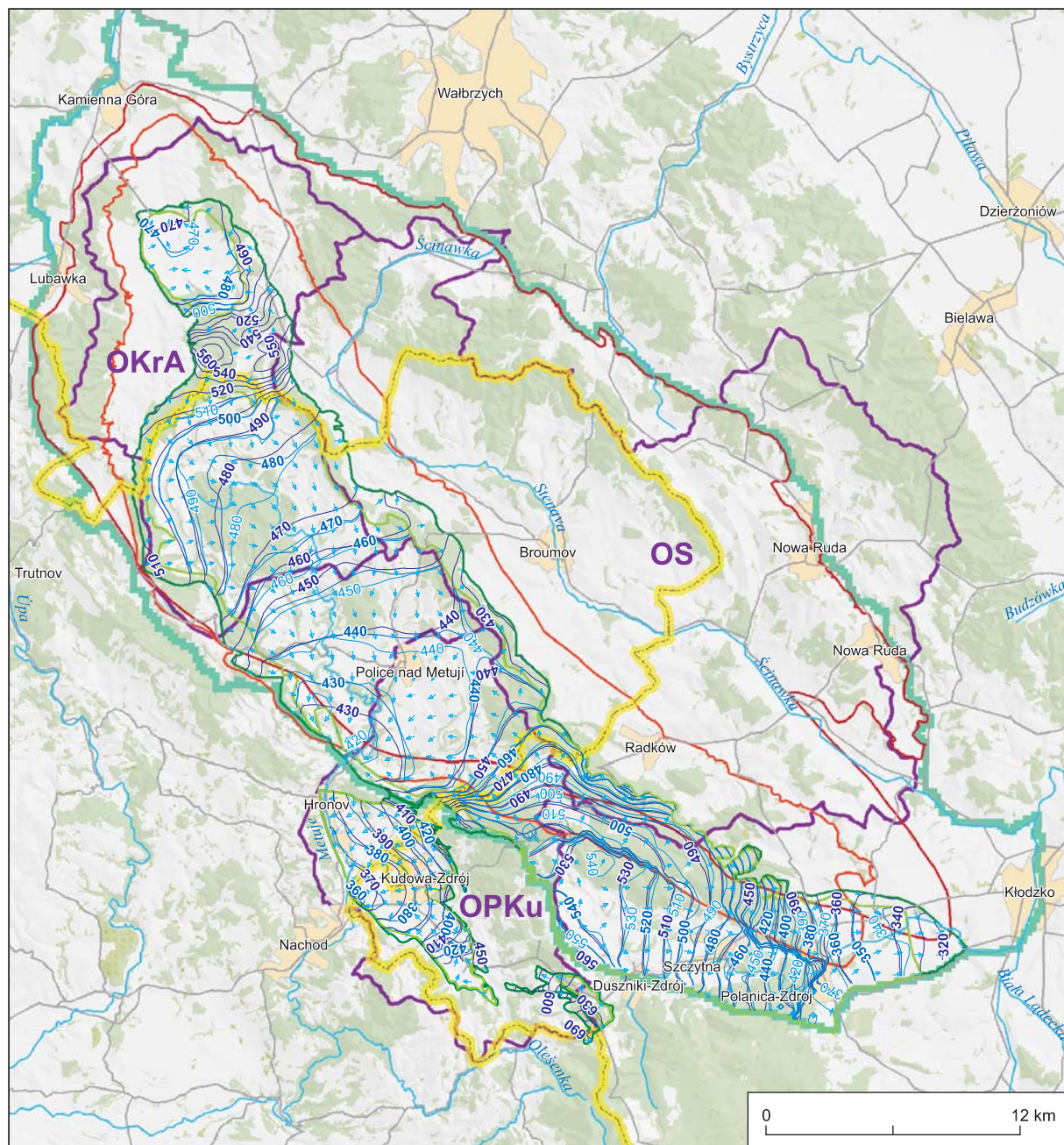
The hydraulic head values, calculated in the numerical model for the other layers at all grid nodes, allowed for imaging the hydrodynamic situation in the Cretaceous-Triassic and Permian aquifers (Figs. 23, 24).

Groundwater head contours of the Cretaceous-Triassic aquifer (layers II, III, IV) largely follow the ground surface morphology. The flow is towards the main drainage axis represented in the northern part (Krzeszów Trough) by the Zadrna River. The groundwater table occurs at elevations between 560 m a.s.l. within the area of European groundwater divide, separating the North Sea catchment area from the Baltic Sea catchment area, and 470 m above sea level in the drainage axis of the Zadrna River. To the south of the groundwater divide in the Police Basin and part of the Batorów Trough, the groundwater is drained by the Metuje River. The groundwater table is confined, locally unconfined, and stabilizes at an elevation from 560 to 420 m a.s.l.

In the Kudowa Trough and Hronov Trough, the regional drainage base level is the Metuje River with its right tributary – the Szybka River that drains groundwater in the Polish part of the OPKu region (Kudowa Trough). The groundwater table is confined, or unconfined in the area of outcrops, with artesian conditions in the drainage axis.

In the south-western part of the Batorów Trough, delimited by the groundwater divide between the North Sea and Baltic Sea catchment areas, groundwater runoff occurs concordantly towards the Nysa Kłodzka River which is the regional drainage base level. The groundwater table is mainly confined, or artesian in the marginal part of the Duszniki and Szczytna region.

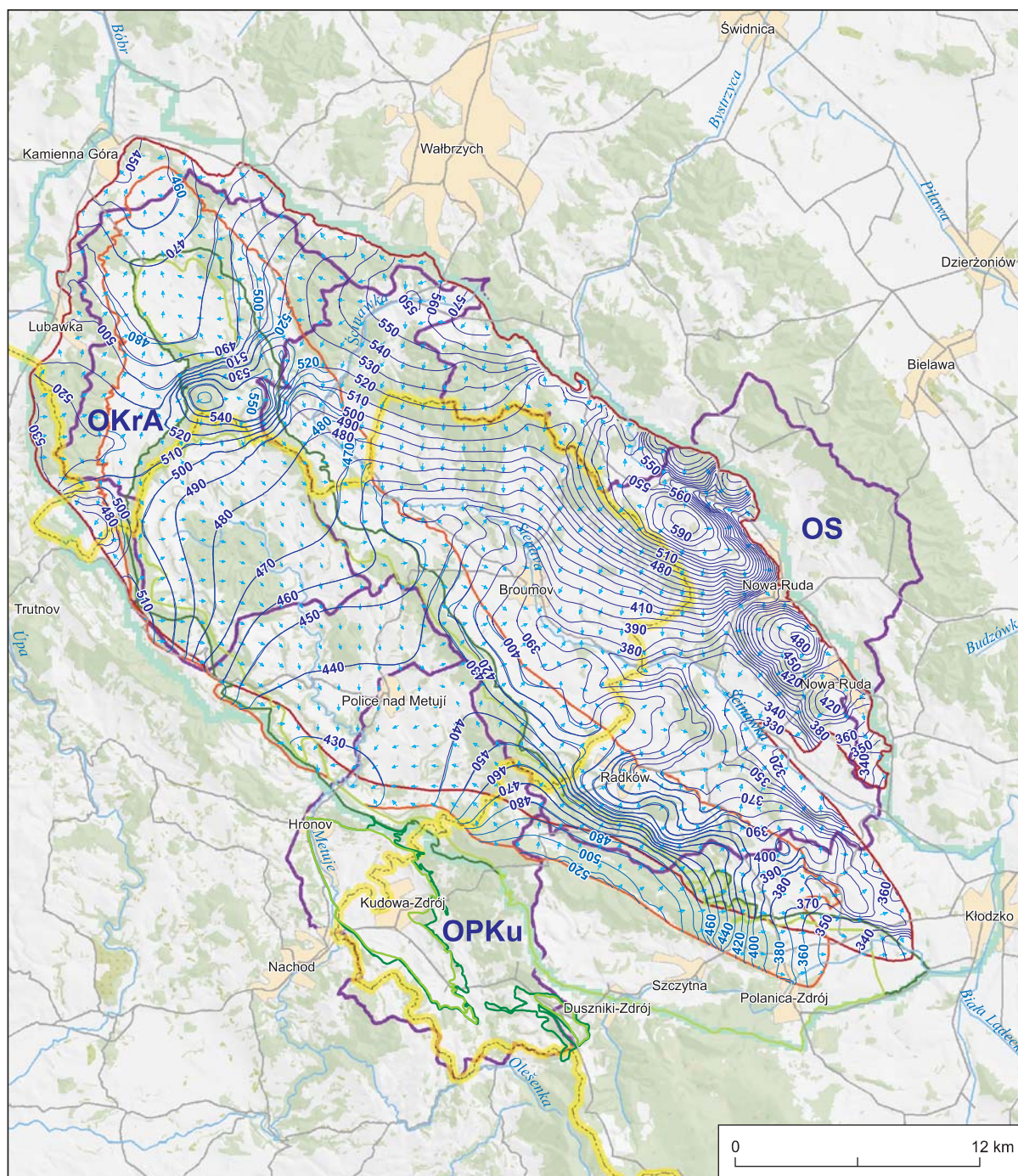
The Permian aquifer in the north of the study area is drained by the Zadrna River. The groundwater table is confined, or unconfined in the area of outcrops, with artesian conditions in the drainage axis (Dobromyśl region). In the south-western part, the regional drainage base level is the Metuje River which represents the European drainage divide between the Krzeszów Trough and the Ścinawka River drainage basin. The groundwater table is confined and often in the hydraulic contact with the Cretaceous-Triassic aquifer. The remaining part of the Permian aquifer is drained by the Ścinawka River. Over much of the area of outcrops, the groundwater table is unconfined, being confined in deeper zones, with local artesian conditions (Golińsk region).



- | | | | |
|--|--|--|---|
| | kierunek przepływu wód podziemnych
groundwater direction flow | | zasięg poziomu górnego – perm (czerwony spagowiec)
range of the upper aquifer – Permian (Rotliegend) |
| | –450– hydroizohipsa poziomu górnego [m n.p.m.]
groundwater level contours of the upper aquifer [m a.s.l.] | | zasięg poziomu dolnego – perm
range of the lower aquifer – Permian |
| | –460– hydroizohipsa poziomu środkowego [m n.p.m.]
groundwater level contours of the middle aquifer [m a.s.l.] | | zasięg opracowanego modelu numerycznego
numerical model range |
| | –470– hydroizohipsa poziomu dolnego [m n.p.m.]
groundwater level contours of the lower aquifer [m a.s.l.] | | zasięg monitoringu PL-CR
PL-CR monitoring area |
| | zasięg poziomu górnego i środkowego – kreda górna
range of the upper and middle aquifers – Upper Cretaceous | | granica państwa
national border |
| | zasięg poziomu dolnego – kreda górna i trias
range of the lower aquifer – Upper Cretaceous and Triassic | | |

Fig. 23. Mapa hydroizohips kredowo-triasowego piętra wodonośnego

Groundwater head contours of the Cretaceous-Triassic aquifer



-  kierunek przepływu wód podziemnych
groundwater direction flow
-  -410- hydroizohipsa poziomu górnego [m n.p.m.]
groundwater level contours of the upper aquifer [m a.s.l.]
-  -420- hydroizohipsa poziomu dolnego [m n.p.m.]
groundwater level contours of the lower aquifer [m a.s.l.]
-  zasięg poziomu górnego i środkowego – kreda górna
range of the upper and middle aquifers – Upper Cretaceous
-  zasięg poziomu dolnego – kreda górna i trias
range of the lower aquifer – Upper Cretaceous and Triassic
-  zasięg poziomu górnego – perm (czerwony spagowiec)
range of the upper aquifer – Permian (Rotliegend)
-  zasięg poziomu dolnego – perm
range of the lower aquifer – Permian
-  zasięg opracowanego modelu numerycznego
numerical model range
-  zasięg monitoringu PL-CR
PL-CR monitoring area
-  granica państwa
national border

Fig. 24. Mapa hydroizohips permskiego piętra wodonośnego

Groundwater head contours of the Permian aquifer

Bilans wód podziemnych według rozwiązania numerycznego

Badania modelowe wykonano w celu wyjaśnienia warunków przepływu i krążenia wód podziemnych w wielowarstwowym systemie wodonośnym niecki śródsudeckiej w strefie granicy państwa. Symulacje bilansowe przeprowadzono w warunkach ustalonych na stan średni z 2008 r.

Metoda modelowania numerycznego umożliwiła odwzorowanie rozkładu strumieni wód podziemnych w przestrzeni dla zadanych warunków zasilania i drenażu, pozwalając w rezultacie na zbilansowanie wartości dopływów i odpływów.

Obliczenia bilansowe przeprowadzono dla całego obszaru zadaniowego (OKrA, OPKu, OS) oraz dla poszczególnych zlewni bilansowych (tab. 8, 9). Z uwagi na zasięg obszaru badań numerycznych, nieuwzględniający w pełni obszaru OPKu w rejonie zapadliska Kudowy i rowu Hronowa, w obliczeniach bilansowych wykorzystano model numeryczny opracowany dla JCWPd nr 137 (Serafin, Czerski, 2012).

Odnawialność systemu wodonośnego obliczono dla kredowo-triasowo-permskiego systemu wodonośnego jako sumę dopływów do przedmiotowego kompleksu wodonoś-

The groundwater balance according to the numerical model

The modelling studies were performed in order to determine the groundwater flow and circulation conditions in a multi-layered aquifer of the Intra-Sudetic Basin in the state border area. The groundwater balance simulations were carried out under the average groundwater conditions as of 2008.

The method of numerical modelling has allowed the reconstruction of groundwater flow distribution in space for the assumed recharge and drainage conditions, to balance the amounts of recharge and discharge.

Balance calculations were performed for the entire task area (OKrA, OPKu and OS) and for each balance catchment area (Tabs. 8, 9). Due to the extent of the numerical modelling area, not taking into account the entire OPKu region in the Kudowa and Hronov troughs, the balance calculations were based on the numerical model developed for GWB No. 137 (Serafin, Czerski, 2012).

Renewability of the groundwater system was calculated for the Cretaceous-Triassic-Permian aquifer, as the sum of recharges to the groundwater system, which included side

Tabela 8
Table 8

Zasoby odnawialne wód podziemnych w poszczególnych obszarach zadaniowych *Renewable groundwater resources in the individual task areas*

Obszar <i>Area</i>	Powierzchnia <i>Area size</i>	Zasoby odnawialne <i>Renewable resources</i>				
	[km ²]	[m ³ /d]	[m ³ /d·km ²]	[m ³ /s]	[l/s·km ²]	[mm/rok] [mm/year]
OKrA	218,84	59 590,13	272,3	0,69	3,15	99,39
OKrA PI ¹	130,64	26 747,97	204,75	0,31	2,37	74,73
OS	438,12	106 962,16	244,14	1,24	2,83	89,11
OS N PI ²	61,84	18 033,53	291,62	0,21	3,38	106,44
OS SE PI ³	188,48	67 701,40	359,20	0,78	4,16	131,11
OPKu ⁴	35,47	28 559,34	805,17	0,33	9,32	293,89
OPKu PI ⁵	22,85	25 036,61	1 095,57	0,29	12,68	399,88
OPKu Niecka śródsudecka <i>Intra-Sudetic Trough</i>	69,32	36 419,30	523,12	0,42	6,05	191,76

¹ Obszar bilansowy OKrA, po polskiej stronie granicy państwa
Balance area OKrA, on the Polish side

² Obszar bilansowy OS w północnym fragmencie, po polskiej stronie granicy państwa
Balance area OS in the north part, on the Polish side

³ Obszar bilansowy OS w południowo-wschodnim fragmencie, po polskiej stronie granicy państwa
Balance area OS in the southeast part, on the Polish side

⁴ Obszar bilansowy OPKu w obrębie wodonośnych utworów kredy górnej (zapadlisko Kudowy, rów Hronowa)
Balance area OPKu within the Upper Cretaceous aquifer (Kudowa Trough, Hronov Trough)

⁵ Obszar bilansowy OPKu w obrębie wodonośnych utworów kredy górnej w rejonie zapadliska Kudowy, po polskiej stronie granicy państwa
Balance area OPKu within the Upper Cretaceous aquifer in the Kudowa Trough, on the Polish side

nego, w których skład wchodzi dopływy boczne wraz z przesączaniem z nadległego poziomu czwartorzędowego i strefy rumoszowej oraz wartości infiltracji efektywnej (tab. 8).

inflows along with percolation from the overlying Quaternary aquifer and the rock debris zone, plus the values of recharging infiltration (Tab. 8).

Tabela 9
Table

Odnawialność systemu wodonośnego w poszczególnych zlewniach bilansowych
Renewability of the groundwater system in the individual balance catchment areas

Obszar <i>Area</i>	Powierzchnia <i>Area size</i>	Zasoby odnawialne <i>Renewable resources</i>				
	[km ²]	[m ³ /d]	[m ³ /d·km ²]	[m ³ /s]	[l/s·km ²]	[mm/rok] [mm/year]
Zadrna Krzeszów	74	39 180,79	529,47	0,45	6,13	193,26
Ścinawka Tłumaczów	256	101 334,6	395,84	1,17	4,58	142,26
Metuje M-XX Hronov	248	81 185,58	327,36	0,94	3,79	119,49
Szybka Sz-9 Kudowa Słone	70	50 908,76	727,27	0,59	8,42	265,45
Brlenka Br-8	32,5	20 209,03	621,82	0,23	7,20	226,96



7.

ZASOBY I STRUKTURA POBORU WÓD PODZIEMNYCH

GROUNDWATER RESOURCES AND USE

Na rozpatrywanym obszarze niecki śródsudeckiej istnieją duże ujęcia komunalne:

- „Gorzeszów”, „Adršpach”, „Teplice” w rejonie OKrA;
- „Machov”, „Petrovičky”, „Dřevíček”, „Nízká Srbská” w rejonie OPKu;
- „Unisław”, „Nowe Siodło” w zlewni górnej Ścinawki (RP); oraz szereg mniejszych ujęć: Lubawka, Karów, Błazejów, Dědov, Hlavňov itp.

Szczególnym elementem korzystania z zasobów wód podziemnych jest eksploatacja na potrzeby butelkowania (rozlewnia wody TOMA w Teplicach nad Metują) oraz do produkcji piwa (pivovar Broumov-Olivětín). Ponadto w rejonie Kudowy są pobierane wody mineralne o właściwościach leczniczych na potrzeby lecznictwa uzdrowiskowego oraz wody mineralne na potrzeby rozlewni wód („Staropolanka” w Jeleniowie).

Całkowity pobór wód z bilansowanego obszaru w latach 2005–2012 wyniósł 87 202 530 m³, z czego 50 465 290 m³ eksploatowano po stronie czeskiej, a 36 737 240 m³ po polskiej – [tab. 10](#).

Największy pobór wód w latach 2005–2012 odnotowano w rejonie Krzeszów–Adršpach – 36 980 200 m³. Po stronie polskiej największym ujęciem jest „Gorzeszów”. Składa się ono z czterech studni – 2b, 3b, 4b i 7b ([fig. 25](#)) zlokalizowanych w Gorzeszowie i Jawiszowie. Po stronie czeskiej ujęciem o podobnych wielkościach poboru wody jest ujęcie w mieście Teplice nad Metują ([fig. 25](#)).

W rejonie OPKu ([fig. 26](#)) sumaryczna wielkość eksploatacji ujęć sięga 31 276 320 m³. Po stronie polskiej pobór ze wszystkich ujęć wyniósł 3 978 570 m³, natomiast po stronie czeskiej – 27 297 750 m³. Największy pobór odnotowano w miastach: Machov (11 528 390 m³), Petrovičky (6 040 800 m³), Dřevíček (2 989 460 m³) i Nízká Srbská (3 139 780 m³).

Ostatni z analizowanych rejonów (OS) charakteryzuje się poborem wód podziemnych rzędu 18 946 010 m³, przy czym większa część to pobory z polskich ujęć – w sumie 13 532 980 m³ i tylko 5 413 020 m³ z ujęć czeskich – [fig. 27](#). Największymi poborami w tym obszarze charakteryzuje się ujęcie „Unisław” (10 503 350 m³), składające się z ośmiu studni: st. 1, st. 2, st. 3, st. 4, st. 5, st. 6, st. 7, st. 8.

Cechą charakterystyczną omawianych rejonów bilansowania są tranzyty wód:

- międzyzlewniowe, w obrębie obszaru bilansowego;
- transzlewniowe, poza obszar bilansowania.

In the study area of the Intra-Sudetic Basin, there are the following large municipal groundwater intakes:

- “Gorzeszów”, “Adršpach”, “Teplice” in the OKrA region;
- “Machov”, “Petrovičky”, “Dřevíček”, “Nízká Srbská” in the OPKu region;
- “Unisław”, “Nowe Siodło” in the upper Ścinawka River drainage basin (RP);

and a number of smaller intakes, e.g.: Lubawka, Karów, Błazejów, Dědov, Hlavňov etc.

A special way of the use of groundwater resources is their exploitation for the purpose of bottling (TOMA water bottling plant in Teplice nad Metują) and for the production of beer (Pivovar Broumov-Olivětín). In the Kudowa region, there are also wells producing mineral water with healing properties for the spa treatment, and mineral water for water bottling plants (“Staropolanka” in Jeleniowo).

The total groundwater withdrawal rate in the balance area during the period 2005–2012 was 87,202,530 m³, including 50,465,290 m³ extracted on the Czech side, and 36,737,240 m³ on the Polish side – [Tab. 10](#).

The highest groundwater withdrawal volume in 2005–2012 were recorded in the Krzeszów–Adršpach region – 36,980,200 m³. On the Polish side, the largest groundwater intake is the „Gorzeszów” intake that consists of 4 wells: 2b, 3b, 4b and 7b ([Fig. 25](#)) located in Gorzeszów and Jawiszów. On the Czech side, a groundwater intake of similar water production rate is the intake located in the town of Teplice nad Metują ([Fig. 25](#)).

In the OPKu region ([Fig. 26](#)), the total groundwater withdrawal rate was 31,276,320 m³. On the Polish side, the withdrawal volume from all groundwater intakes was 3,978,570 m³, whereas on the Czech side – 27,297,750 m³. The highest groundwater withdrawal volumes were recorded in Machov (11,528,390 m³), Petrovičky (6,040,800 m³), Dřevíček (2,989,460 m³) and Nízká Srbská (3,139,780 m³).

The last of the analysed areas (OS) is characterized by the groundwater withdrawal rate of 18,946,010 m³, however most of the volume was extracted by the Polish wells – 13,532,980 m³ and only 5,413,020 m³ by the Czech wells – [Fig. 27](#). The highest groundwater withdrawal volume was recorded in the “Unisław” intake – 10,503,350 m³, which consists of eight wells: well 1, well 2, well 3, well 4, well 5, well 6, well 7 and well 8.

A characteristic feature of these balance areas are water transfers:

Całkowity pobór wód przez ujęcia obszaru bilansowego OKrA, OS i OPKu w latach 2005–2012
Total groundwater withdrawal rates by the intakes in the OKrA, OS and OPKu balance areas in 2005–2012

Nazwa ujęcia w rejonie OS <i>Intake name in the OS region</i>	Wielkość poboru za okres 2005–2012 [tys. m ³] <i>Withdrawal rate for period 2005–2012 [1 000 m³]</i>	Nazwa ujęcia w rejonie OPKu <i>Intake name in the OPK uregion</i>	Wielkość poboru za okres 2005–2012 [tys. m ³] <i>Withdrawal rate for period 2005–2012 [1 000 m³]</i>	Nazwa ujęcia w rejonie OKrA <i>Intake name in the OKrA region</i>	Wielkość poboru za okres 2005–2012 [tys. m ³] <i>Withdrawal rate for period 2005–2012 [1 000 m³]</i>
Mioszów	804,11	Dańczówka (ZUW)	1 341,54	Gorzeszów	17 148,26
Golińsk	503,40	Kudowa-Zdrój (IMKA)	644,22	Lubawka	2 077,43
Nowe Siodło	1 275,70	Błazejów	47,94		
Radków-Leśna	446,42	Karlów	1 944,86		
Unisław	10 503,35				
Polska/ Poland	13 532,98		3 978,57		19 225,69
Stárvov, VS 22	195,88	Machov	11 528,39	Teplice nad Metují	17 352,21
Martínkovice, zářezy	320,73	Plachty	1 949,23	Adršpach, Zdoňov	402,30
Křínice, zářezy	291,68	Petrovičky	6 040,80		
Křínice, Myslivecká	242,13	Dřevíček	2 989,46		
Křínice, artéská	1 168,13	Nížká Srbská	3 139,78		
OÚ Bernartice	546,94	Dědov	325,54		
Přední hory-Štejdla	262,66	Hlavňov	352,44		
Pivovar Broumov	215,39	Jímací zářezy Bor	972,11		
Velké Svatoňovice	754,17				
Inne/ Others	1 415,31				
Czechy/ Czech Republic	5 413,02		27 297,75		17 754,52
Razem/ Total	18 946,01		31 276,32		36 980,20
Polska/ Poland			36 737,24		
Czechy/ Czech Republic			50 465,29		
Razem/ Total			87 202,53		

Problem dotyczy zarówno polskiej, jak i czeskiej części obszaru bilansowego. Główna część eksploatacji wód podziemnych ujęć „Gorzeszów” i „Unisław” jest przerzucana poza obszar bilansowy, na rzecz zaopatrzenia aglomeracji Wałbrzycha. W rejonie Kudowy istnieją tylko tranzyty międzyzlewniowe (Szybka–Kudowski Potok) mieszczące się w obrębie obszaru.

Po stronie czeskiej przeważająca część eksploatowanych wód podziemnych jest przerzucana poza obszar bilansowy (Nachod, Hradec Králové). Znaczące są również przerzuty międzyzlewniowe, w obrębie obszaru bilansowania (przerzut z ujęcia Teplice I przez Jetřichov do Meziměstí oraz przerzut wody z ujęcia Teplice II do Broumova).

Główny system poboru i dystrybucji wód podziemnych na obszarze OKrA, OPKu i OS przedstawiono na [fig. 28](#).

- between drainage basins within the balance area,
- to the outside of the balance area.

The problem concerns both the Polish and the Czech part of the balance area. The major volume of water extracted by the “Gorzeszów” and “Unisław” intakes is transferred out of the balance area to supply the Wałbrzych agglomeration with water. In the Kudowa region, there are only transfers between the drainage basins (Szybka–Kudowski Potok) within the balance area..

On the Czech side, most of groundwater is transferred out of the balance area (Náchod, Hradec Králové). There are also significant transfers between the drainage basins, within the balance area (groundwater transfer from the Teplice I through Jetřichov to Meziměstí and groundwater transfer from the Teplice II intake to Broumov).

Obszar prowadzonego monitoringu granicznego całościowo nie był dotąd przedmiotem dokumentowania zasobów dyspozycyjnych po stronie polskiej. Realizowane pojedyncze zadania w jednostkach zlewniowych bądź hydrostrukturalnych, w różnym obszarowo zakresie pokrywały się z omawianymi rejonami monitoringu granicznego. Dotyczyły one poziomu kredowego niecki śródsudeckiej (Kleczkowski, 1990) i rowu Nysy Kłodzkiej (Grzegorzczak i in., 1993) oraz poziomu permianu zlewni Ścinawki (Poprawski i in., 1996). Dla poziomów wodonośnych w utworach kredy stanowiących kolektory wód podziemnych niecki śródsudeckiej GZWP nr 341 i 342 (Kleczkowski, 1990), oszacowane analitycznie zasoby dyspozycyjne wynoszą kolejno 50

The main groundwater withdrawal and distribution system in the areas of OKrA, OPKu and OS is presented in Fig. 28.

The transboundary monitoring area, as a whole, has not been so far the subject of documenting the available water resources on the Polish side. The areas of drainage basins or hydrostructural units, for which single tasks were implemented, did not exactly overlap the regions of the transboundary monitoring. Those tasks were focused on the Cretaceous aquifer of the Intra-Sudetic Basin (Kleczkowski, 1990) and the Nysa Kłodzka Graben (Grzegorzczak *et al.*, 1993), and the Permian aquifer of the Ścinawka River drainage basin (Poprawski *et al.*, 1996). The analytically estimated available resources in the Cretaceous deposits, which are the ground-

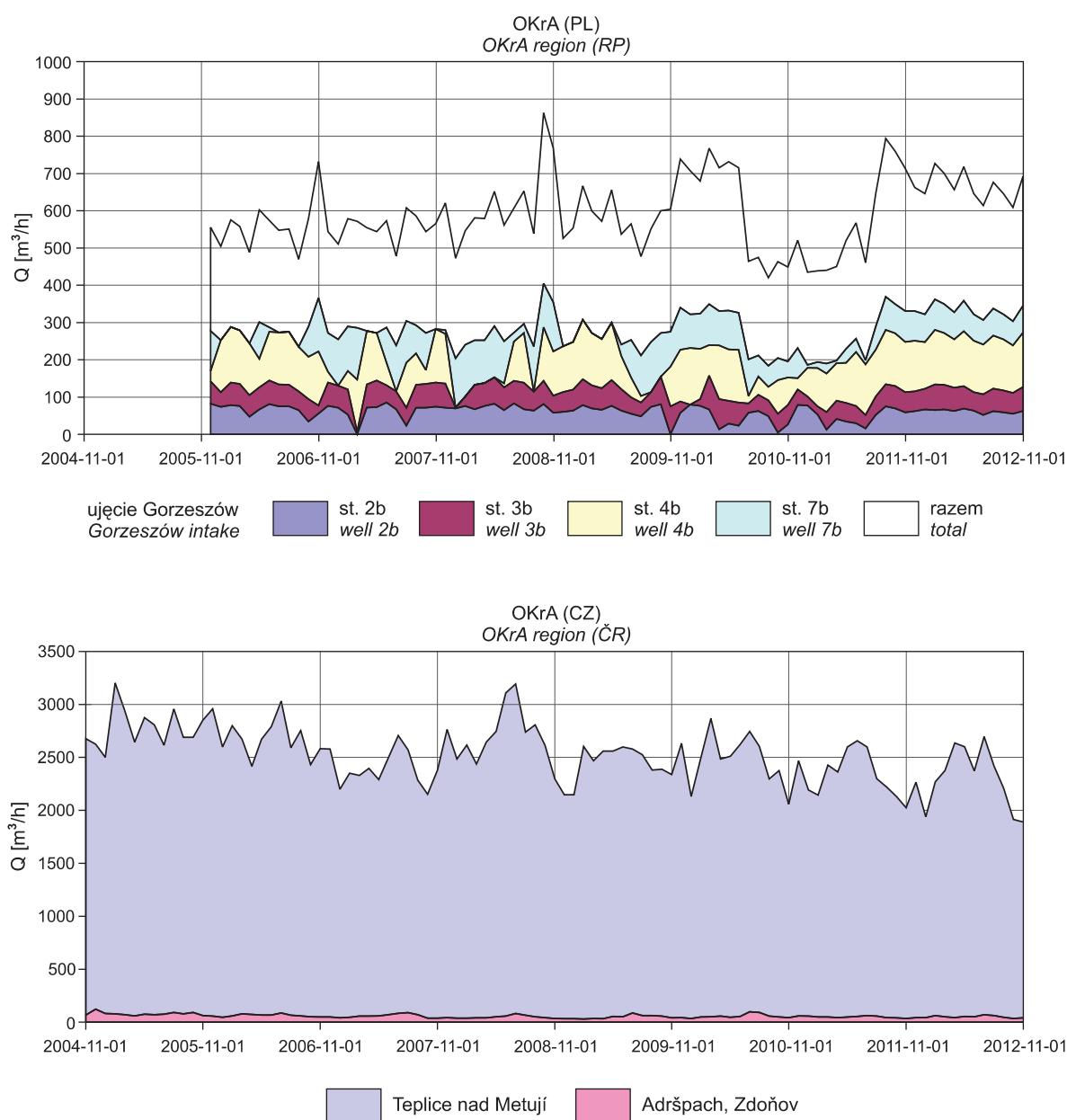


Fig. 25. Pobór wód podziemnych z obszaru OKrA w latach hydrologicznych 2005–2012

Graph of groundwater withdrawal rates in the OKrA region in the hydrological years 2005–2012

i 10 000 m³/d (3,44 i 2,10 l/s·km²). Zasięgi obu zbiorników stanowią tylko część przedmiotowego obszaru monitoringu OKrA i OPKu (fig. 6). W bilansie wodno-gospodarczym zlewni Ścinawki (Poprawski i in., 1996), określonym na podstawie bilansu hydrologicznego wielkość zasobów odnawialnych dla zlewni górnej Ścinawki (część obszaru OS) wynosi 28 800 m³/d (3,38 l/s·km²). Natomiast dla utworów kredowych rowu Nysy Kłodzkiej (Grzegorzczak i in., 1993), stanowiącej fragment rejonów OPKu i OS, odnawialność określona na

water reservoir of MGR Nos. 341 and 342 in the Intra-Sudetic Basin (Kleczkowski, 1990), are 50,000 and 10,000 m³/d (3.44 and 2.10 L/s·km²), respectively. Both these groundwater basins account for only a part of the monitoring area of OKrA and OPKu (Fig. 6). In the water balance sheet of the Ścinawka river drainage basin (Poprawski *et al.*, 1996), the amount of renewable resources determined for the upper Ścinawka drainage basin (part of the OS area) was 28,800 m³/d (3.38 L/s·km²), based on the hydrological balance. Whereas for the Cretaceous deposits of the Nysa Kłodzka Graben (Grzegorzczak *et al.*, 1993), being a part of the OPKu and OS

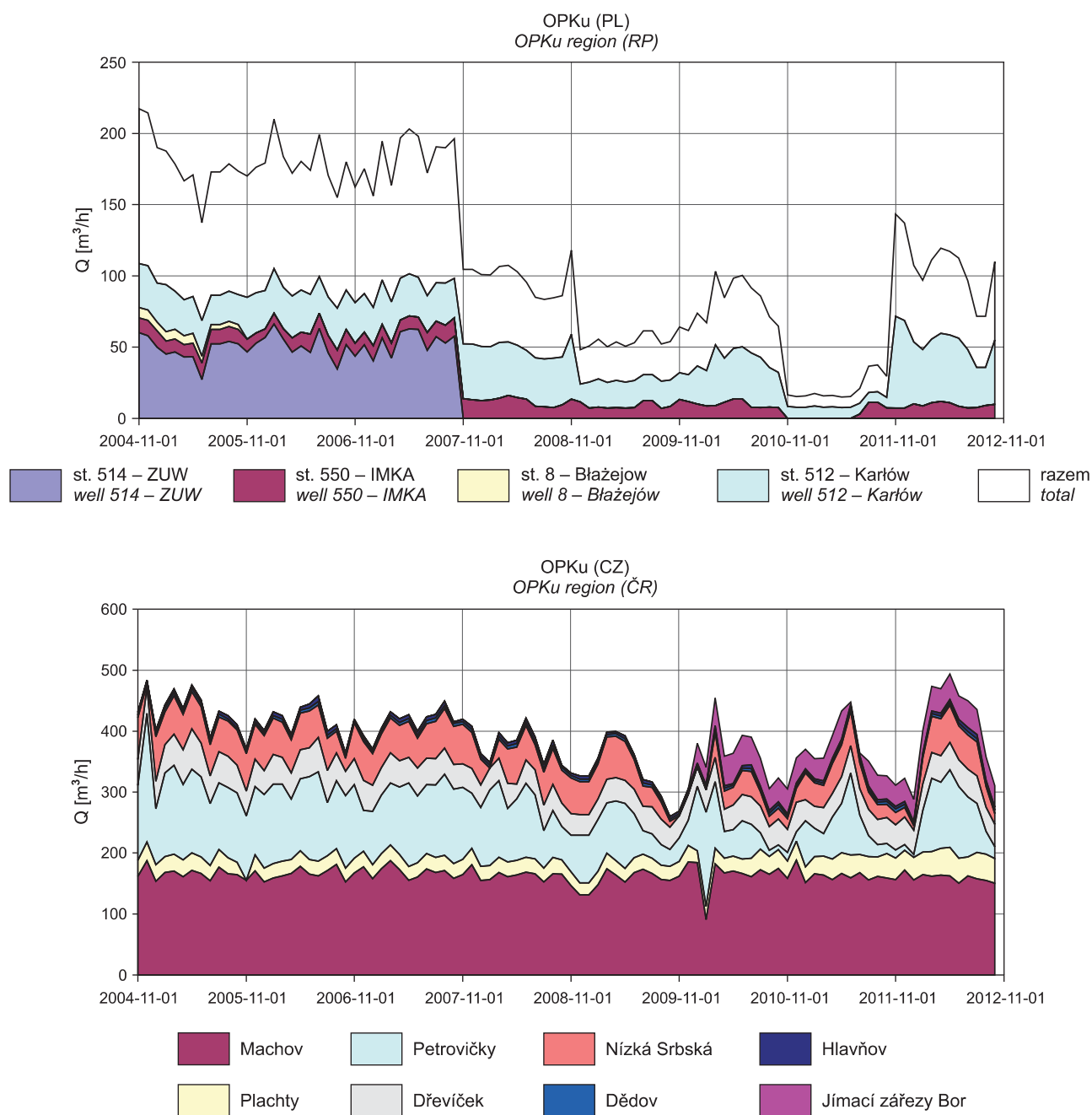


Fig. 26. Pobór wód podziemnych z obszaru OPKu w latach hydrologicznych 2005–2012

Graph of groundwater withdrawal rates in the OPKu region in the hydrological years 2005–2012

Tabela 11
Table

Odnawialność obszarów bilansowych w obrębie rejonów monitoringu granicznego
Groundwater renewability of the balance areas within the transboundary monitoring regions

Nazwa obszaru <i>Area</i>	Zasoby odnawialne/ <i>Renewable resources</i>		
	Powierzchnia obszaru bilansowego <i>Balance area size</i>	Moduł zasobowy/ <i>Resources coefficient</i>	
	[km ²]	[m ³ /d·km ²]	[l/s·km ²]
OKrA	218,8	272,30	3,15
Część polska/ <i>Polish part</i>	130,6	204,75	2,37
OPKu	104,8	620,00	7,18
Część polska, zapadlisko Kudowy <i>Polish part, Kudowa Trough</i>	22,9	1 095,6	12,68
Część polska, niecka śródsudecka <i>Polish part, Intra-Sudetic Trough</i>	18,7	552,46	6,39
OS	438,1	244,14	2,83
Część polska, N <i>Polish part, N</i>	61,8	291,62	3,38
Część polska, S <i>Polish part, S</i>	188,5	359,20	4,16

podstawie modelu matematycznego wynosi 46 900 m³/d (1,23 l/s·km²).

W opracowanym przez stronę polską modelu numerycznym, obejmującym obszar prowadzonego monitoringu granicznego w trzech rejonach OKrA, OPKu i OS, określono odnawialność systemów wodonośnych. W rejonie Krzeszów–Adrspach (OKrA) jest ona związana z utworami kredowo-triasowo-permskimi, w rejonie Police–Kudowa (OPKu) – z utworami kredowo-permskimi, a w zlewni Ścinawki (OS) – z permskimi, podrzędnie kredowymi.

Odnawialność zasobów wód systemów wodonośnych w poszczególnych rejonach jest mocno zróżnicowana, szczególnie dotyczy to rejonu Police–Kudowa – [tab. 11](#). Wynika to z położenia obszaru bilansowego w strefie drenażu i przylegającego bezpośrednio obszaru alimentacji oraz wodochłonności utworów kredowych (zaangażowanie tektoniczne, struktura ośrodka, duża miąższość wodonośca). Średnia wielkość eksploatacji z obszaru bilansowego z wielolecia 2005–2012 w wysokości $QE = 1272,5$ m³/h stanowi 13% oszacowanych zasobów odnawialnych $QO = 9645$ m³/h.

Wyniki badań modelowych przepływu wód podziemnych wskazują głównie na drenujący charakter rzek. Wyjątkiem są odcinki Gorzeszowskiego Potoku, Ścinawki i Židovki, gdzie zaznacza się ich charakter infiltrujący.

regions, renewability determined based on a mathematical model is 46,900 m³/d (1.23 L/s·km²).

In the numerical model, developed by the Polish side and covering the transboundary monitoring area of the three regions of OKrA, OPKu and OS, renewability of groundwater system resources was determined. In the Krzeszów–Adrspach region (OKrA), it is associated with the Cretaceous-Triassic-Permian rocks, in the Police-Kudowa region (OPKu) with the Cretaceous-Permian rocks, and in the Ścinawka River drainage basin (OS) with the Permian rocks, locally Cretaceous deposits.

Renewability of the groundwater system resources within the individual regions is highly variable, in particular in the Police–Kudowa region – [Tab. 11](#). It is due to the location of the balance area in the drainage zone, and the adjacent source area, and due to the water storage capacity of the Cretaceous deposits (tectonic deformations, geological structure, considerable thickness of the aquifer). The average groundwater withdrawal in the balance area during the multiannual period of 2005–2012 is $QE = 1,272,5$ m³/h and accounts for 13% of the estimated renewable resources $QO = 9,645$ m³/h.

The results of modelling studies of groundwater flow generally indicate a draining nature of the rivers. The exceptions are some river sections of the Gorzeszowski Potok Stream, Ścinawka River and Židovka River, where infiltration is dominant.

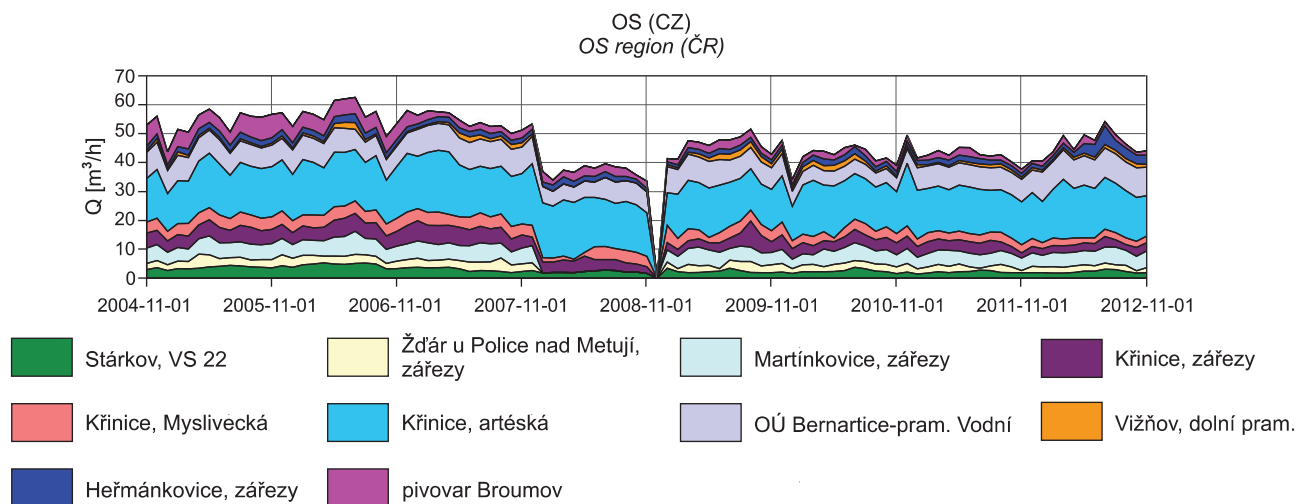
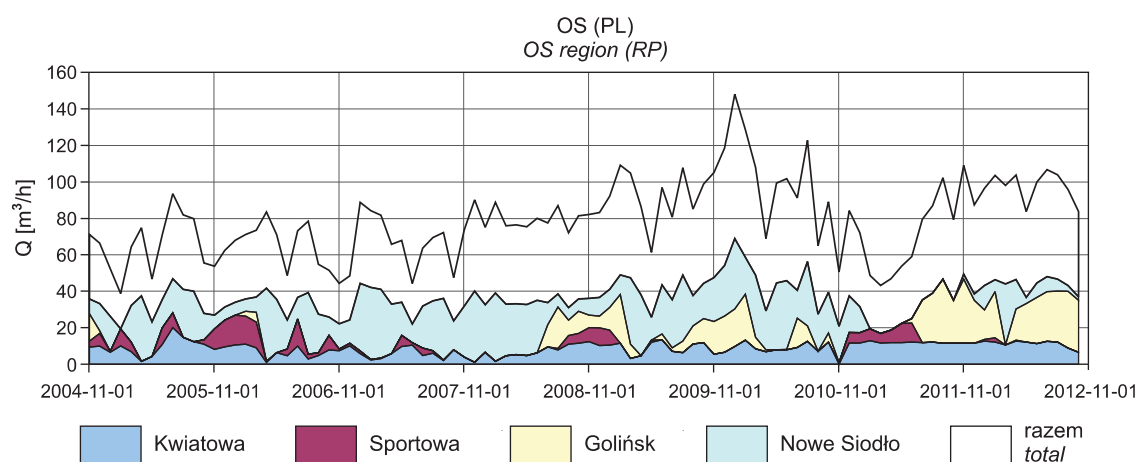
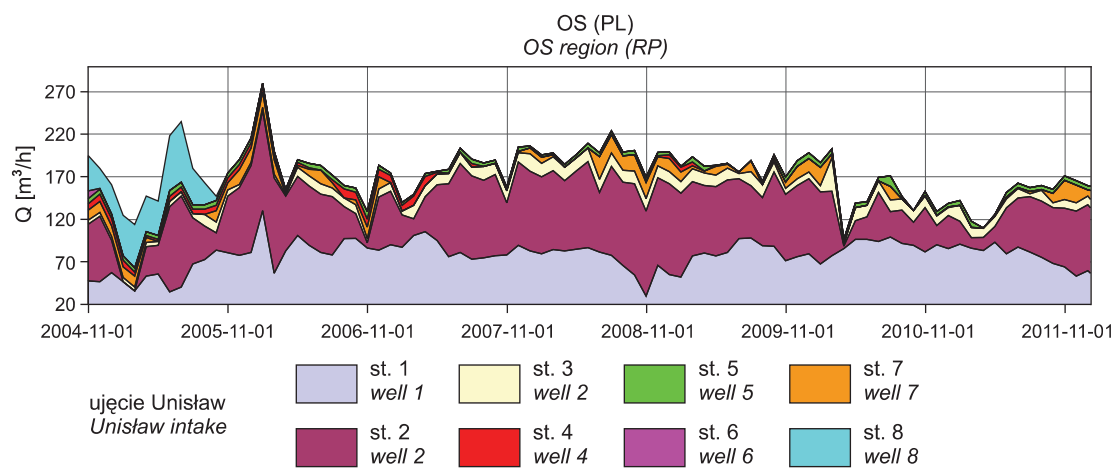
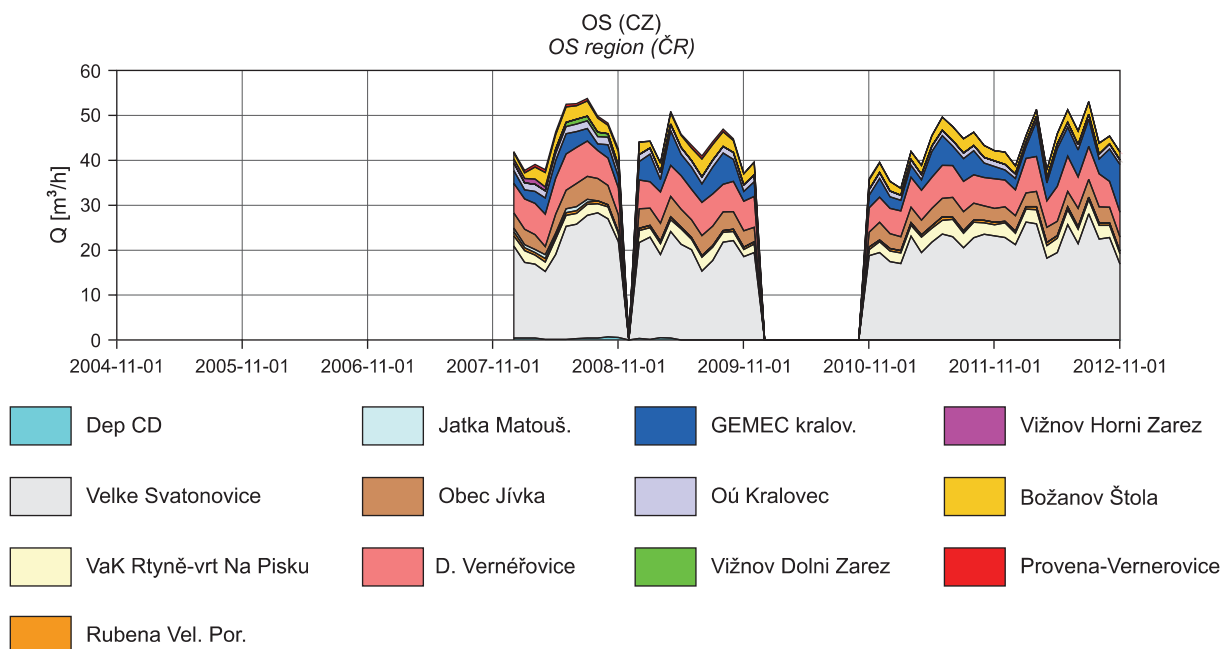
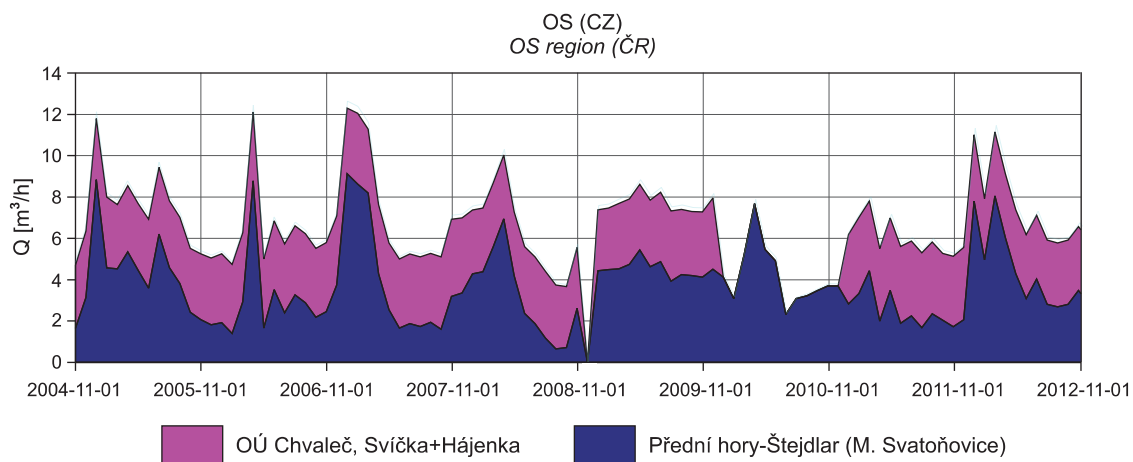
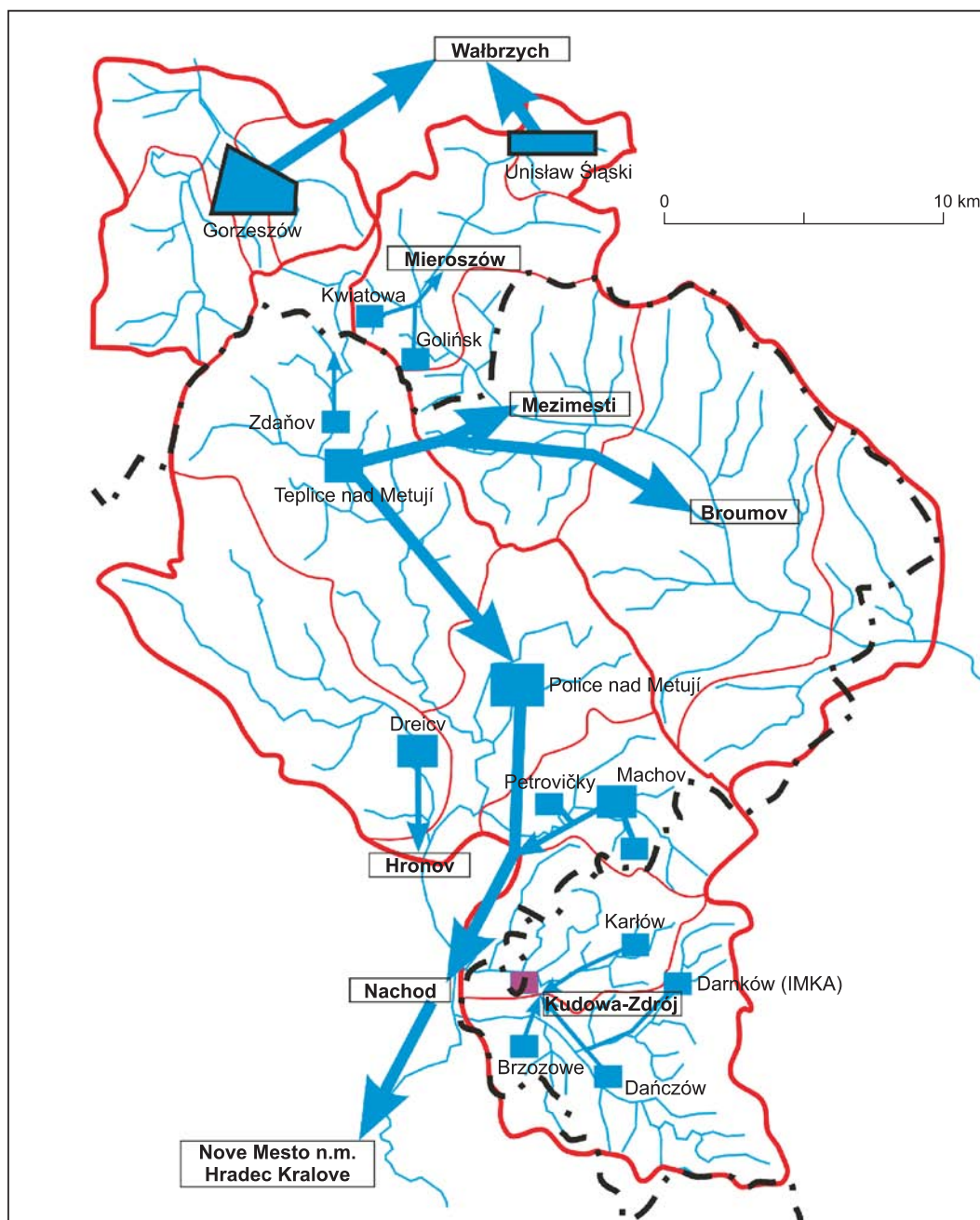


Fig. 27. Wykres poboru wód podziemnych
Graph of groundwater withdrawal rates



z obszaru OS w latach hydrologicznych 2005–2012
in the OS region in the hydrological years 2005–2012



- zlewnia bilansowa
water balance area
- ujęcie wód zwykłych
fresh water intake
- kierunek przesyłu wód podziemnych systemami wodociagowymi (lokalny)
direction of groundwater transfer by (local) water supply systems
- kierunek przesyłu wód podziemnych systemami wodociagowymi (międzyzlewniowy)
direction of groundwater transfer by water supply systems between drainage basins
- ujęcie wód mineralnych, leczniczych
mineral or therapeutic water intake

Fig. 28. Główny system poboru i dystrybucji wód podziemnych

Main groundwater withdrawal and distribution system

8.

PODSUMOWANIE

CONCLUSIONS

1. Monitoring graniczny polsko-czeski, prowadzony zgodnie z ustawą Prawo wodne, jest jednym z zadań wykonywanych przez państwową służbę hydrogeologiczną w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym. Ustawa Prawo wodne implementuje zapisy dyrektyw Unii Europejskiej, regulujące zagadnienia związane z gospodarką wodną i ochroną wód przed zagrożeniami oraz wspólnotowego działania w strefie przygranicznej. Monitoring graniczny jest realizowany na podstawie umowy pt. „Zasady współpracy w dziedzinie hydrogeologii i osłony przeciwpowodziowej na wodach granicznych między Republiką Czeską i Rzeczpospolitą Polską” zatwierdzone w ramach I rokowania Pełnomocników Rządu Rzeczypospolitej Polskiej i Rządu Republiki Czeskiej ds. Gospodarki Wodnej na Wodach Granicznych (1995 r.).

2. Bezpośrednim powodem podjęcia badań hydrologicznych i hydrogeologicznych na obszarze niecki śródsudeckiej, w rejonie Kudowa–Police (OPKu), Krzeszów–Adršpach (OKrA) i zlewni Ścinawki (OS), była intensywna eksploatacja wód podziemnych po obydwu stronach granicy państwowej. Stąd też współpraca na wodach granicznych dotyczy przede wszystkim monitorowania i określenia wpływu poboru wód podziemnych na ich stan ilościowy i jakościowy, charakterystyki i wielkości przepływów cieków powierzchniowych i wydajności źródeł.

3. Od 2008 r. monitoring wód powierzchniowych i podziemnych strefy przygranicznej Polski i Czech na obszarze niecki śródsudeckiej jest prowadzony przez Oddział Dolnośląski PIG-PIB we Wrocławiu.

4. Sieć obserwacyjno-pomiarową wód powierzchniowych i podziemnych strefy przygranicznej Polski i Czech zmodyfikowano w 2004 r. w myśl ustaleń XXI narady roboczej Grupy Ekspertów w Kutnej Horze (21–22.10.2002 r.), poprzez wykonanie stabilizacji przekrojów pomiarowych na rzekach oraz instalacji automatycznych urządzeń pomiarowych po stronie polskiej. Część punktów przedmiotowego monitoringu wytypowano do sieci SOBWP prowadzonej przez PIG-PIB.

5. Obserwacje i pomiary wód powierzchniowych miały na celu kontrolę systemu krążenia wód w badanym obszarze oraz ocenę stanu ilościowego i zagrożeń spowodowanych antropopresją.

6. Badania chemizmu wód powierzchniowych i podziemnych rejonu Kudowa-Zdroju, Krzeszowa i zlewni Ścinawki

1. The Polish-Czech transboundary monitoring is carried out in accordance with the Water Law by the Polish Geological Institute – National Research Institute, within the framework of the tasks of the Polish Hydrogeological Survey. The Water Law implements the provisions of EU directives on the issues related to the groundwater protection against pollution and deterioration, and to the joint actions in transboundary areas. The monitoring is conducted based on the agreement entitled “The terms of cooperation in the field of hydrogeology and flooding protection on transboundary waters between the Czech Republic and the Republic of Poland” approved during the 1st negotiations of Plenipotentiaries of the Polish Government and the Government of the Czech Republic for Water Management on the transboundary waters (1995).

2. The immediate reason for undertaking the hydrological and hydrogeological studies in the Intra-Sudetic Basin, in the regions of Kudowa–Police (OPKu) and Krzeszów–Adršpach (OKrA), and in the Ścinawka River drainage basin (OS), was intensive groundwater exploitation on both sides of the state border. Therefore, the cooperation on the transboundary areas focuses mainly on the monitoring and determination of the effect of groundwater withdrawal on the quantity and quality conditions of the water resources, the characteristics and rates of flows in surface watercourses, and discharge rates of springs.

3. Since 2008, the water monitoring of the Polish/Czech border area in the Intra-Sudetic Basin has been carried out by the Lower Silesian Branch of the PGI-NRI in Wrocław.

4. The observation-monitoring network of surface and ground waters in the Polish-Czech transboundary area was modified in 2004 under the provisions of the 21st meeting of the Expert Group in Kutna Hora (held on October 21–22, 2002), by stabilizing the gauging stations on the rivers and installing automated measuring devices on the Polish side. Some of the monitoring points were selected to be included in the groundwater observation and research network (SOBWP) operated by the PGI-NRI.

5. Observations and measurements of surface waters have aimed at controlling the water circulation system in the study area and assessing the quantitative condition of water as well as threats caused by human impact.

6. Chemical analyses of surface and ground waters in the regions of Kudowa-Zdrój, Krzeszów and Ścinawka River

nie wykazały istnienia zanieczyszczeń antropogenicznych tych wód. Stan jakościowy wód jest dobry.

7. W wyniku przeprowadzonych badań i obserwacji stwierdzono, że główną przyczyną zmian stanu zwierciadła wód podziemnych i zasobów wodnych są czynniki naturalne związane z wielkością i rozkładem zasilania meteorycznego oraz procesem infiltracji efektywnej.

8. Wyniki obliczeń zasobów odnawialnych na wykalibrowanym modelu numerycznym są zbliżone do uzyskanych wyników badań hydrologicznych.

9. Wyniki uzyskane z rozwiązania numerycznego wskazują na wysoką i zróżnicowaną odnawialność zasobów wód podziemnych w poszczególnych rejonach badań, przy niewielkim, kilkunastoprocentowym poziomie eksploatacji.

10. Kontynuacja monitoringu wód podziemnych i powierzchniowych w strefie granicznej Polski i Czech w rejonach OS, OPKu i OKra jest niezbędnym elementem ochrony i kontroli ilości wód granicznych dla obydwu krajów.

drainage basin show no anthropogenic pollution. The water quality condition is good.

7. The results of research and observations indicate that the main cause of changes in the groundwater table level and water resources are natural factors related to the amount and distribution of meteoric recharge and to the process of effective recharging.

8. The results of calculations of renewable water resources on a calibrated numerical model are similar to those obtained from hydrological studies.

9. The results of the numerical model indicate high and variable renewability of the groundwater resources in the individual study regions at a relatively low extraction level of ten-odd percent.

10. Continuation of the ground and surface water monitoring in the transboundary area of Poland and the Czech Republic in the OS, OPKu and OKrA regions is a necessary element of protection and control of water quantity in the border area of both countries.



LITERATURA

REFERENCES

- BIELECKA H., JANICKI B., JAKUBIAK H., 1992 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wody w kat. „C” dla rejonu Nowej Rudy. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- BOROWIEC A., 1986 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych w kat. „B” z utworów górnej kredy. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- BOROWIEC A., SZAFRANEK M., NIŻYŃSKI S., 1983 — Dokumentacja wyników badań hydrogeologicznych dotyczących określenia reżimu wód podziemnych rejonu przygranicznego Kudowa–Police Krzeszów–Adršpach. PROXIMA. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- BOSSOWSKI A., CYMERMAN Z., GROCHOLSKI A., IHNATOWICZ A., 1990 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów, 1:25 000, arkusz Jedlina-Zdrój. PIG, Warszawa.
- BOSSOWSKI A., CYMERMAN Z., GROCHOLSKI A., IHNATOWICZ A., 1995 — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów, 1:25 000, arkusz Jedlina-Zdrój. PIG, Warszawa.
- BOSSOWSKI A., SAWICKI L., WROŃSKI J., 1981 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów w skali 1:200 000, arkusz Wałbrzych. PIG, Warszawa.
- CIEŻKOWSKI W., MICHNIEWICZ M., PRZYLIBSKI T., 2011 — Wody termalne na Dolnym Śląsku. Mat. LXXXI Zjazdu Naukowy Pol. Tow. Geol. „Mezozoik i kenozoik Dolnego Śląska”. Żagań.
- ČEPEK L., ZOUBEK V., KODYM O., 1964 — Geologická mapa ČSSR. Měřítko 1:200 000. List Hradec Králové. – Ústřední ústav geologický, Praha.
- ČURDA J., 1997 — Police Basin, Schematic quasi-stationary simulation of groundwater circulation in selected collectors of the Police Basin. Archiwum PROGEO s.r.o. Roztoky, Praha.
- CYMERMAN Z., 1992 — Objasnienia do Mapy Geologicznej Sudetów w skali 1:25 000, arkusz Duszniki-Zdrój. PIG, Warszawa.
- CYMERMAN Z., 1996 — Objasnienia do Mapy Geologicznej Sudetów w skali 1:25 000, arkusz Lewin Kłodzki. PIG, Warszawa.
- ČECH S., GAWLIKOWSKA E., 1999 — Góry Stołowe Adršpachsko–Tepleické Skály. Mapa geologiczno–turystyczna. PIG–ČGÚ. Warszawa–Praha.
- DENDEWICZ A., 1995 — Program obserwacji wód w rejonach przygranicznych: Kudowa-Zdrój–Police n/Metují, Krzeszów–Adršpach, zlewnia górnej Ścinawki. PROXIMA. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- DYREKTYWA 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 23.10.2000 r. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej 15/t. 5.
- DYREKTYWA 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 12.12.2006 r. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L. 372/19.
- DOWGIAŁŁO J., 1987 — A supposed geothermal anomaly in the Duszniki–Kudowa area (Polish Western Sudetes). *Bull. Pol. Acad. Sci.*, **35**, 4: 323–333.
- DUBICKI A., ADYNKIEWICZ-PIRAGAS M., 2008 — Współpraca na wodach granicznych w ramach polsko-czeskiego zespołu ekspertów hydrologów grupy HyP. Mat. XII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Zarządzanie zasobami wodnymi w dorzeczu Odry”. Szklarska Poręba.
- FISTEK J., DOWGIAŁŁO J., BOROWIEC A., 1987 — Nowy punkt występowania wód termalnych w Sudetach. Przew. XLVIII Zjazdu Pol. Tow. Geol., Warszawa.
- GROCHOLSKI A., 1971 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów, 1:25 000, arkusz Mieroszów. IG, Warszawa.
- GROCHOLSKI A., 1973 — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów, 1:25 000, arkusz Mieroszów. IG, Warszawa.
- GRZEGORCZYK K., KRAWCZYK J., NOWAK A., DĄBROWSKIS., WIJURA A., FISTEK J., 1993 — Dokumentacja hydrogeologiczna dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych w utworach kredy górnej rejonu Rowu Nysy Kłodzkiej i niecki Batorowa. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- GRZEGORCZYK K., 2002 — Mapa Hydrogeologiczna Polski, 1:50 000, arkusz Uniemyśl (0866). PIG, Warszawa.
- JOKIEL. P., BARTNIK A., 2000 — Średni odpływ podziemny w Polsce w latach 1971–1990 w świetle wyników uzyskanych metodami Wundta i Kille’go. *Gosp. Wodna* **2**: 56–59. Warszawa.
- KAŠPÁREK L., BUCHTELA Š., 2004 — Sledování, vyhodnocování vývoje změn a dlouhodobá předpověď prvku hydrologické bilance. Zpráva o výsledcích řešení za rok 2004. Výkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka. Praha.
- KAŠPÁREK L., KNĚŽEK V., NOWACKI F., PROCHÁZKOVÁ J., UHLÍK J., TYRALSKI M., SERAFIN R., 2006 — Water resources of the Intra–Sudeten Basin. Results of the Czech–polish Co–operation in Monitoring and Modelling (1975–2004). Prague.
- KAZIMIERSKI B., KUCZYŃSKA A., SADURSKI A., SKRZYP-CZYK L., 2011 — Założenia do modernizacji monitoringu wód podziemnych. W: Współczesne Problemy Hydrogeologii (red. J. Górski, A. Sadurski). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **445**: 279–290.
- KLECZKOWSKI A.S. (red.), 1990 — Mapa obszarów Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce, wymagających szczególnej ochrony, 1:500 000. AGH, Kraków.
- KŁONOWSKI M., WOJTKOWIAK A., 2000a — Mapa hydrogeologiczna Polski, w skali 1:50 000, arkusz Kudowa-Zdrój (0899). PIG, Warszawa.
- KŁONOWSKI M., WOJTKOWIAK A., 2000b — Mapa Hydrogeologiczna Polski, w skali 1:50 000, arkusz Duszniki-Zdrój (0900). PIG, Warszawa.
- KNĚŽEK V., SLEPIČKA F., ŠANTRŮČEK J., ANTON Z., PROCHÁZKOVÁ J., 1981 — Projekt hydrogeologického průzkumu pro zajištění podkladů ke společnému stanovení hydrogeologických vztahů mezi polským a československým státním

- uzemim v oblasti Krzeszów–Adršpach a Police–Kudowa. Arch. Vodní zdroje, Praha.
- KONDRACKI J., 2009 — Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- KORWIN-PIOTROWSKA A., 2011 — Monitoring wód podziemnych w rejonie przygranicznym z Republiką Czeską na odcinku Krzeszów–Ścinawka–Kudowa w roku hydrologicznym 2009. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **447**: 1–14.
- KRÁSŇ J., 1995 — Optimisation of use and protection of groundwater with regard to other components of the environment: Police Basin. Report of the 2nd phase of the project.
- KRÁSŇ J., 1996 — Optimisation of use and protection of groundwater with regard to other components of the environment: Police Basin. Final Report of the project [niepubl.]. PiFUK, Praha.
- KRAWCZYK A., SERAFIN R., WOJTKOWIAK A., PRZYBYSŁAWSKI J., CHUDZIK L., ZAWISTOWSKI K., NOWACKI F., 2009 — Prowadzenie monitoringu wód podziemnych w strefach granicznych RP, ze szczególnym uwzględnieniem stref intensywnej antropopresji, rejon graniczny z Republiką Czeską na odcinku Krzeszów–Ścinawka–Kudowa–Zdrój w roku hydrologicznym 2008. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- KRAWCZYK J., KORWIN-PIOTROWSKA A., KOZDRÓJ W., SKRZYPCZYK L., BIEL A. 2011 — Dokumentacja geologiczna inna z wykonania hydrogeologicznych otworów obserwacyjnych dla projektowanej hydrogeologicznej I rzędu w Szczytnie. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- MACIOSZCZYK A., 1987 — System oceny jakości i stopnia zanieczyszczenia wód podziemnych eksploatowanych do celów pitnych. *Prz. Geol.*, **12**: 628–636.
- MILEWICZ J., SZAŁAMACHA J., SZAŁAMACHA M., 1989 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów w skali 1:200 000, ark. Jelenia Góra. PIG, Warszawa.
- MILICKÝ M., 1999 — Simulation of groundwater circulation in Cretaceous sediments of transboundary region of Poland and the Czech Republic, 1st phase, Schematic quasi-stationary simulation of groundwater circulation in selected collectors of the Police Basin. PROGEO s.r.o., GET s.r.o., Orlická hydrogeologická společnost s. r. o.
- MILICKÝ M., KRYZA J., 2001 — Intra-Sudeten depression, hydrogeological and hydrological assessment, simulation of groundwater flow. PROGEO s.r.o., AQUATOR Sp. z o.o.
- NOWACKI F., KAŠPÁREK L., 2001 — Bilans hydrologiczny krążenia wód strefy przygranicznej Polski i Czech w zlewniach Zadnej, górnej Ścinawki i Metuji (OPKu, OKrA, OS). PROXIMA. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- NOWACKI F., FIRLIT G., TYRAŁSKI M., DEMBIEC T., WYSZOWSKA I., 2005 — Praca naukowo-badawcza: Monitoring wód podziemnych i powierzchniowych strefy przygranicznej Polski i Czech, Cz. 1. Raport z badań monitoringowych za rok 2004. Archiwum RZGW, Wrocław.
- NOWACKI F., FIRLIT G., TYRAŁSKI M., DEMBIEC T., WYSZOWSKA I., 2006 — Praca naukowo-badawcza: Monitoring wód podziemnych i powierzchniowych strefy przygranicznej Polski i Czech, Cz. 1 Raport z badań monitoringowych za rok 2005. Cz. 2. Aktualizacja polsko-czeskiego modelu matematycznego warunków hydrodynamicznych wód podziemnych niecki śródsudeckiej. Archiwum RZGW, Wrocław.
- POPRAWSKI L., BINIAK G., GURWIN P.J., JASIAK T., KILAR K., KOWALCZYK A., KRZEMPEK J., LIMNISIEWICZ P., MARSZAŁEK H., MAJDALA M., WĄSIK M., 1996 — Bilans wodnogospodarczy w zakresie wód podziemnych zlewni Ścinawki jako podstawa sformułowania warunków korzystania z wód dorzecza. Hydrogeo Ltd., Wrocław.
- RADWAŃSKI S., 1975 — Kreda Sudetów Środkowych w świetle wyników nowych otworów wiertniczych. *W: Z badań geologicznych regionu dolnośląskiego. Biul. Inst. Geol.* **287**, 24: 5–60.
- RAPORT o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w 2011 roku, 2012 — Praca zbiorowa. Bibl. Monit. Środ., Wrocław.
- RÓŻYCKI M., MILEWICZ J., 1975 — Utwory kredowe Sudetów Środkowych i Zachodnich jako zbiorniki wód podziemnych, *Kwart. Geol.*, **19**, 1: 119–120.
- SADOWSKA M., 1989 — Zmiany parametrów hydrochemicznych w złożu wód mineralnych spowodowane wadliwą eksploatacją na przykładzie odwiertu „J–150” w Jeleniowie, *W: Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski. II konferencja. Pr. Nauk. Inst. Geotech. PWroc. Konf.*
- SADURSKI A., SKRZYPCZYK L., 2013 — Specyfika monitoringu granicznego wód podziemnych. *W: Współczesne Problemy Hydrogeologii (red. E. Krogulec i in.i). Biul. Państw. Inst. Geol.* **456**: 533–540.
- SAWICKI L., 1988 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów w skali 1:200 000, arkusz Kłodzko. PIG, Warszawa.
- SERAFIN R., FIRLIT G., DEMBIEC T., GAWRON M., 2006 — Praca naukowo-badawcza. Monitoring wód podziemnych i powierzchniowych strefy przygranicznej Polski i Czech w rejonach: Krzeszów–Adršpach, Kudowa–Zdrój – Police n/Metuje i zlewnia górnej Ścinawki. Etap IV. Raport za rok hydrologiczny 2005 wraz z zadaniami towarzyszącymi. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- SERAFIN R., CZERSKI M., 2012 — Opracowanie modeli numerycznych dla JCWPd o stanie słabym oraz JCWPd proponowanych jako transgraniczne. Model numeryczny JCWPd nr 137. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- SERAFIN R., KORWIN-PIOTROWSKA A., WOJTKOWIAK A., ZAWISTOWSKI K., PRZYBYSŁAWSKI J., CHUDZIK L., 2012 — Prowadzenie monitoringu wód podziemnych w strefach granicznych RP, ze szczególnym uwzględnieniem stref intensywnej antropopresji, rejon graniczny z Republiką Czeską na odcinku Krzeszów–Ścinawka–Kudowa w roku hydrologicznym 2011. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- SERAFIN R., KORWIN-PIOTROWSKA A., WOJTKOWIAK A., ZAWISTOWSKI K., PRZYBYSŁAWSKI J., CHUDZIK L., 2013 — Prowadzenie monitoringu wód podziemnych w strefach granicznych RP, ze szczególnym uwzględnieniem stref intensywnej antropopresji, rejon graniczny z Republiką Czeską na odcinku Krzeszów–Ścinawka–Kudowa w roku hydrologicznym 2012. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- SKRZYPCZYK L., MIKOŁAJKÓW J., WĘGLARZ D., MORZONEK G., FILAR S., 2013 — Mapa Głównych Zbiorników Wód Podziemnych w skali 1:800 000. Stan na listopad 2013 r. PIG-PIB, Warszawa.
- SVOBODA J., ZOUBEK V., KODYM O., 1962 — Geologická mapa ČSSR. Měřítko 1:200 000. List Náchod. – Ústřední ústav geologický. Praha.
- SZAFRANEK M. i in., 1982 — Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów górnej kredy, triasu i permu w kat. „B” i „C” w rejonie niecki krzeszowskiej. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- UHLÍK J., 2002–2010 — Updating and rectification of simulation of groundwater circulation in the transboundary region of Poland and the Czech Republic. Pro Geo s.r.o.
- USTAWA PRAWO WODNE z dnia 18 lipca 2001 r. (z późn. zm.) Dz.U. z dnia 11.10.2001 r. Nr 115, art. 102.
- WOJEWODA J., 1986 — Fault scarp induced shelf sand bodies in Upper Cretaceous of Intrasudetic Basin. *W: 7th I.A.S. European Meeting Excursion Guidebook A–1. Ossolineum, Wrocław.*

WOJEWODA J., 1987 — Sejsmotektoniczne osady i struktury w kredowych piaskowcach niecki śródsudeckiej. *Prz. Geol.*, **35**, 4: 169–174.

WOJTKOWIAK A., 2000a — Mapa Hydrogeologiczna Polski, 1:50 000, arkusz Radków (0867). PIG, Warszawa.

WOJTKOWIAK A., 2000b — Mapa Hydrogeologiczna Polski, 1:50 000, arkusz Wałbrzych (0834). PIG, Warszawa.

WOJTKOWIAK A., 2001 — Występowanie wód w skałach krystalicznych Polski SW – technika ujmowania i ochrony. Stworzenie bazy danych. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

WOJTKOWIAK A., 2002 — Mapa Hydrogeologiczna Polski, 1:50 000, arkusz Kamienna Góra (0833). PIG, Warszawa.

WOJTKOWIAK A., ZAWISTOWSKI K., IHNATOWICZ A., BIEL A., 2012 — Dokumentacja geologiczna inna z wykonania hydrogeologicznych otworów obserwacyjnych dla projektowanej stacji I rzędu w Dobromyślu. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

ADRESY STRON INTERNETOWYCH

OBSZAR CHRONIONEGO KRAJOBRAZU BROUMOVSKO
www.pl.wikipedia.org/wiki/Obszar_Chronionego_Krajobrazu_Broumovsko (10.10.2013 r.)

PARK KRAJOBRAZOWY GÓR SOWICH
www.pl.wikipedia.org/wiki/Park_Krajobrazowy_G%C3%B3r_Sowich (10.10.2013)

PARK KRAJOBRAZOWY SUDETÓW WAŁBRZYSKICH
www.pl.wikipedia.org/wiki/Park_Krajobrazowy_Sudet%C3%B3w_Wa%C5%82brzyskich (10.10.2013 r.)

PARK NARODOWY GÓR STOŁOWYCH
www.pl.wikipedia.org/wiki/Park_Narodowy_G%C3%B3r_Sto%C5%82owych (10.10.2013 r.)

REZERWAT PRZYRODY ADRŠPAŠSKO-TEPLICKÉ SKÁLY
<http://obiezyswiat.org/index.php?gallery=14471> (10-10-2013 r.)

REZERWAT PRZYRODY BROUMOVSKÉ STĚNY
www.pl.cyclopaedia.net/wiki/Broumovsk%C3%A9_St%C4%9Bny (10-10-2013 r.)

OBSZARY NATURA 2000

www.obszary.natura2000.pl (11.10.2013 r.)

GÓRY KAMIENNE PLH020038
www.obszary.natura2000.pl/index.php?dzial=2&kat=9&art=33 (11.10.2013 r.)

GÓRY ORLICKIE PLH020060
www.obszary.natura2000.pl/index.php?dzial=2&kat=9&art=97 (11.10.2013 r.)

GÓRY STOŁOWE PLB020006
www.obszary.natura2000.pl/index.php?dzial=2&kat=10&art=60 (12.10.2013 r.)

GÓRY STOŁOWE PLH020004
www.obszary.natura2000.pl/index.php?dzial=2&kat=9&art=8 (11.10.2013 r.)

GRODCZYN I HOMOLE KOŁO DUSZNIK PLH020039
www.obszary.natura2000.pl/index.php?dzial=2&kat=9&art=34 (11.10.2013 r.)

KAMIONKA PLH020005
www.obszary.natura2000.pl/index.php?dzial=2&kat=9&art=9 (12.10.2013 r.)

OSTOJA NIETOPERZY GÓR SOWICH PLH 020071
www.obszary.natura2000.pl/index.php?dzial=2&kat=9&art=99 (11.10.2013 r.)

SUDETY WAŁBRZYSKO KAMIENNOGÓRSKIE PLB020010
www.obszary.natura2000.pl/index.php?dzial=2&kat=10&art=159 (12.10.2013 r.)



DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA

PHOTOGRAPHIC DOCUMENTATION



Punkt pomiarowy Bukowina P-3
Bukowina P-3 survey point
(fot./ photo. A. Korwin-Piotrowska)



Instalowanie elektronicznych urządzeń pomiarowych w Dobromyślu
Installing of digital measuring devices at Dobromyśl
(fot./ photo. A. Korwin-Piotrowska)



Pomiar przepływu w Golińsku – rzeka Ścinawka
Water flow measurement at Golińsk – Ścinawka River
(fot./ photo. A. Wojtkowiak)



Punkt pomiarowy w Chełmsku Śląskim
Survey point at Chełmsko Śląskie
(fot./ photo. F. Nowacki)



**Wspólne pomiary polsko-czeskie
wód powierzchniowych – rzeka Brlenka**
*Joint Polish-Czech surface water measurements
– Brlenka River*
(fot./ photo. A. Wojtkowiak)



Polsko-czeska grupa pomiarowa
Polish-Czech measuring group
(fot./ photo. A. Wojtkowiak)



Wspólne pomiary polsko-czeskie, wody podziemne
Joint Polish-Czech measurements, groundwater
(fot./ photo. A. Korwin-Piotrowska)



Wspólne pomiary polsko-czeskie
Joint Polish-Czech measurements
(fot./ photo. A. Korwin-Piotrowska)



Pomiar przepływu w Kudowie-Zdroju – rzeka Czermnica
*Water flow measurement at Kudowa Zdrój –
Czermnica River*
(fot./ photo. A. Wojtkowiak)



Pomiary wydajności źródła w Uniemyślu
Discharge rate measurements at Uniemyśl
(fot./ photo. A. Wojtkowiak)



Wizja terenowa
Field reconnaissance
(fot./ photo. F. Nowacki)



Weryfikacja sieci pomiarowej
Measurement network verification
(fot./ photo. F. Nowacki)



Wizja terenowa stacji I-rzędu w Szczytnej
Field reconnaissance of the first-order station at Szczytna
(fot./ photo. A. Korwin-Piotrowska)



Stacja I rzędu w Szczytnej
First-order station at Szczytna
(fot./ photo. R. Serafin)



Stacja I rzędu w Szczytnej
First-order station at Szczytna
(fot./ photo. R. Serafin)



Źródło w Uniemyślu
A spring at Uniemyśl
(fot./ photo. F. Nowacki)



Narada polsko-czeskiej grupy roboczej
Meeting of the Polish-Czech working group
 (fot./ photo. R. Serafin)



Narada polsko-czeskiej grupy roboczej
Meeting of the Polish-Czech working group
 (fot./ photo. A. Korwin-Piotrowska)



Narada polsko-czeskiej grupy roboczej
Meeting of the Polish-Czech working group
 (fot./ photo. A. Korwin-Piotrowska)





ISBN 978-83-7863-309-9