

ANOMALNE WARUNKI GEOTERMICZNE KOPALŃ SW CZĘŚCI GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

ABNORMAL GEOTHERMAL CONDITIONS OF THE MINES IN SOUTH-WEST PART OF THE UPPER SILESIA COAL BASIN

STRESZCZENIE

W artykule zaprezentowano pole geotermiczne obszaru kopalń Borynia, Zofiówka i Pniówek, zlokalizowanych w SW części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Ze względu na wysokie wartości strumienia ciepłego (ok. 70 mW/m²) i głębokie temperatury w porównaniu z innymi częściami Zagłębia, obszar jest perspektywiczny pod względem pozyskiwania i utylizacji energii geotermalnej. Na podstawie pomiarów temperatury pierwotnej skał dokonanych w wyrobiskach górniczych, sporządzono mapę temperatur na głębokości 500 m p.p.m. (ok. 770 m p.p.t.) wykazując temperatury w przedziale od 31 do 40°C. Zaprezentowano także wartości temperatury pierwotnej skał na poziomach eksploatacyjnych poszczególnych kopalń wykazując temperatury od 28 do 47,7°C w interwale głębokości eksploatacji od 300 do 730 m p.p.m (588-1000 m p.p.t.). Następnie przedstawiono zależności warunków geotermicznych od czynników geologicznych. Przeanalizowano zróżnicowanie pola ciepłego obszaru trzech kopalń na tle budowy strukturalnej, znajdując związek dodatknych anomalii temperaturowych z występującą w obszarze kopalń Borynia i Zofiówka antykliną, a także ze strefą uskokową Bzie-Czechowice, przebiegającą w południowej części obszaru. Prezentując warunki hydrogeologiczne występowania wód w kopalniach podano także ich temperatury (18-46°C) zmierzone w różnych punktach podziemnych wyrobisk. Pomimo istnienia niewielkich dopływów do poszczególnych kopalń (0,72-3,63 m³/min), możliwe jest pozyskiwanie energii geotermalnej z wód gromadzonych w sztucznych zbiornikach, jakimi są zroby poeksploatacyjne, w których temperatura wody, ze względu na wysokie wartości zagęszczenia ciepła strumieniu ziemskim, szybko uzyskuje temperaturę skał otaczających.

* * *
WSTĘP

W obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego pole temperaturowe jest rozpoznawane w dwojaki sposób: wykonuje się profilowania temperatury w otworach wierconych z powierzchni jeszcze przed rozpoczęciem działań eksploatacyjnych oraz mierzy się temperaturę w płytkich otworach wierconych w wyrobiskach górniczych. Podczas wykonywania pomiarów pod ziemią

ABSTRACT

In this paper the distribution of temperatures in a rock mass in the Borynia, Zofiówka and Pniówek coal mines has been presented. The mines in question are located in the south-west part of the Upper Silesian Coal Basin (south-west Poland). Due to the fact that the heat flow in the described area is about 70 mW/m², which means that the temperatures are higher than in other parts of the Basin, the area is prospective for geothermal energy utilization. The map of rock temperature distribution 500 m below sea level (about 770 m below the surface) presents temperatures in the range 31-40°C. That map is based on temperature measurements taken from mine workings. The temperatures characteristic for different exploiting levels of each mine are also shown; the temperature ranges from 28 to 47.7°C in the exploiting interval 300-730 m below sea level (588-1000 m below the surface).

The distribution of temperature in a rock formation in SW area of the Basin partly depends on geological structure. In this paper the differentiation of geothermal field in the three mines against the background of geological structure has been analyzed, which resulted in discovering the relationship between positive temperature anomalies and the anticline located in the Borynia and Zofiówka areas as well as the fault zone Bzie-Czechowice located in the southern part of the area of research.

The hydrogeological conditions of the mines have also been presented. A water recharge into the mine workings in the Borynia, Zofiówka and Pniówek mines is very small. A minimum water inflow is in the Pniówek mine (0.72 m³/min) and a maximum one is in the Borynia mine (3.63 m³/min). However, there is the possibility of heat extraction from water stored in post-mining excavations. The water in post-mining excavations quickly gains the temperature of surrounding rocks because of relatively high value of terrestrial heat flow.

* * *
INTRODUCTION

The temperature field distribution in the Upper Silesian Coal Basin is investigated by means of two methods: temperature logging in deep wells drilled from the surface before starting the exploiting activity and temperature measurements in shallow wells drilled in mine workings. While researching the underground temperatures in mines it is necessary to obey the principle of

zachowuje się zasadę wiercenia otworów w nowo powstających wyrobiskach i w przodkach eksploatacyjnych, aby uzyskać temperaturę pierwotną skał czyli temperaturę nie zaburzoną chłodzącym działaniem powietrza wentylacyjnego. Zarówno obraz rozkładu wgłębnych temperatur GZW skonstruowany na podstawie profilowań temperatury w otworach, jak i na podstawie pomiarów temperatury skał w wyrobiskach, wykazuje istnienie obszarów o podwyższonych wartościach temperatur w regionie. Do takich obszarów należą: rejon uskoku kłodnickiego, zachodnia część GZW w obszarze kopalń Sośnica, Knurów i Szczygłowice oraz SW część GZW, w rejonie Żor, Jastrzębia Zdroju i Czechowic. W świetle najnowszych badań nad określeniem wielkości zasobów energii geotermalnej GZW wymienione obszary, charakteryzujące się najwyższymi wgłębnymi temperaturami, gradientami temperatury i najwyższymi wartościami zagęszczenia ciepła w strumieniu ziemskim, zostały uznane także za najbardziej perspektywiczne pod względem pozyskiwania z kopalń węgla energii geotermalnej oraz jej użycia (Małolepszy, 2000). W niniejszej pracy przedstawiono szczegółowo warunki geotermiczne trzech kopalń SW części GZW: Borynia, Zofiówka i Pniówek (Rys. 1 i 2). Dla zobrazowania zróżnicowania pola temperaturowego tego obszaru, na podstawie udostępnionych przez służby geologiczne pomiarów temperatury dokonanych w wyrobiskach poszczególnych kopalń, skonstruowano mapę temperatury pierwotnej skał na głębokości 500 m p.p.m. (ok. 770 m p.p.t.). Korzystając zarówno z materiałów posiadanych przez kopalnie, jak i doświadczeń własnych, przedstawiono również wyniki pomiarów temperatury wód w kopalniach.

WARUNKI GEOTERMICZNE NA TLE BUDOWY STRUKTURALNEJ OBSZARU

W obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wartość zagęszczenia ciepła w strumieniu ziemskim jest wyższa w porównaniu z innymi częściami kraju i wynosi ok. 70 mW/m² (Plewa, 1994). Istnieje kilka przyczyn takiej sytuacji: duża miąższość pokrywy osadowej, anizotropia przewodności cieplnej w masywie skalnym, rozpad pierwiastków promieniotwórczych, niedawna aktywność tektoniczna, istnienie głębokich rozłamów i innych, płytszych struktur tektonicznych.

Osady górnokarbońskie charakteryzują się występowaniem licznych przewarstwień skał o szczególnie niskich wartościach przewodności cieplnej, jak węgiel i łowce (Tabela 1), które są swoistymi izolatorami cieplnymi w masywie, stanowią blokadę w przepływie strumienia ciepła, co jest przyczyną tworzenia się dodatnich anomalii cieplnych (Chmura, 1975). Podobny wpływ na przepływ ciepła mają triasowe i miocenne skały nadkładu, szczególnie w obszarach o dużej ich miąższości.

Ze względu na anizotropię przewodzenia ciepła przez skały w zależności od kierunku przepływu ciepła w stosunku do uwarstwienia, duże znaczenie dla



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań.
Fig. 1. Location of the study area.

measuring the temperature in new workings, where the temperature of the rocks is not disturbed by ventilation air. The model of temperature field distribution obtained on the basis of temperatures measured in deep wells as well as in mine workings reveals some areas with increased temperature, in comparison to other parts of the Silesian Basin. These areas are: the area of the Kłodnica fault, the western part of the Basin covering the Sosnica, Knurów and Szczygłowice mines, and the south-west part of the Basin with Żory, Jastrzębie Zdrój and Czechowice towns. In the light of the newest research, these areas have the best conditions for extracting and utilization of the geothermal energy (Małolepszy, 2000). The down hole temperatures, temperature gradients and the value of terrestrial heat flow at these places are the highest in the region.

Detailed geothermal conditions of one of the areas mentioned above have been presented in this paper. The subject of the research was a SW part of the Upper Silesian Coal Basin, where Żory, Jastrzębie Zdrój and Czechowice towns are located, with Żory, Borynia, Zofiówka and Pniówek hard coal mines (Fig. 1 and 2). For illustrating the differentiation of geothermal field distribution in the area of the research, the map of rock temperatures was contoured at the depth level of 500 m b.s.l. (about 770 m below the surface). The map was based on rock temperature measurements taken in mine workings by the staff of the Borynia, Zofiówka and Pniówek mines. The temperatures of water in mine workings are also presented as the result of measurements taken by the mine staff as well as measurements taken by the authors.

GEOTHERMAL CONDITIONS AGAINST THE GEOLOGICAL STRUCTURE

The terrestrial heat flow is higher in the Silesian Basin than in other parts of Poland. The value is about 70 mW/m² (Plewa, 1994). There are several reasons of that situation: large thickness of sedimentary cover, anisotropy of thermal conductivity of the rock mass,

Tabela 1. Przewodność cieplna skał trzeciorzędowych i czwartorzędowych (wg Makowski et al., 1980) oraz karbońskich skał warstw siodłowych, rudzkich i orzeskich (wg Chmura, 1970).

Table 1. Thermal conductivity of the Tertiary and Quaternary rocks (Tr, Q) (after Makowski et al., 1980) and Carboniferous rocks (C): Siodło Beds, Ruda Beds, Orzesze Beds (after Chmura, 1970).

I. Rock, II. Thermal conductivity parallel to the stratification, III. Thermal conductivity perpendicular to the stratification.

I Rodzaj skały	II Przewodność cieplna mierzona	
	równoległe do uwarstwienia skały [W/m°C]	prostopadłe do uwarstwienia skały [W/m°C]
Piaski, ility, gliny, piaskowce i iłowce Sand, silt, clay, sandstone, claystone (Tr i Q)	1,05-1,83	
Zlepienie Conglomerate (C)	3,49-4,57	2,25-3,48
Piaskowce Sandstone (C)	2,41-4,57	1,93-3,90
Mułowce i iłowce Siltstone and claystone (C)	1,19-3,43	1,27-2,16
Węgle Coal (C)	0,37-1,03	0,23-0,71

wartości strumienia ciepła ma orientacja przestrzenna skał. Fakt ten ujawnia się szczególnie w obszarach załadowanych, gdzie anomalie gęstości strumienia ciepła są odzwierciedleniem struktur (Chmura, 1982, 1992; Drwięga 1983). W obszarach zuskokowanych anomalie powstają głównie ze względu na gromadzenie się wody w spękanych strefach uskokowych, co sprzyja konwekcji (Stajniak, 1981).

Południowo-zachodnia część GZW, gdzie zlokalizowane są m. in. kopalnie Borynia, Zofiówka i Pniówek, będące przedmiotem niniejszej pracy, charakteryzuje się występowaniem szczególnie wysokich głębokich temperatur skał (Tabela 2).

K. Chmura, w wyniku wieloletnich badań nad przewodnością cieplną i ciepłym strumieniem ziemskim w tym obszarze, stwierdził związek dodatnich anomalii termicznych z występowaniem struktur tektonicznych (Chmura, 1976). Doskonałym przykładem takiego zjawiska jest występowanie anomalii cieplnej w rejonie asymetrycznej, poprzecinanej licznymi uskokami antykliny o przebiegu osi NNE-SSW, zlokalizowanej w centralnej części obszaru kopalni Borynia i której wschodnie, bardziej położe skrzydło zajmuje część obszaru kopalni Zofiówka. Anomalia jest widoczna na mapach temperatury pierwotnej górotworu każdego poziomu eksploatacyjnego kopalni Borynia i Zofiówka, a także na zamieszczonej w niniejszej pracy mapie głębokich temperatur na poziomie 500 m p.p.m. (Ryc. 2).

Zagadnieniem anomalii ciepłych w rejonach stref uskokowych w Zagłębiu Górnośląskim zajmowali się H. Marczak i A. Leśniak (1989). Na podstawie badań grawimetrycznych stwierdzili oni istnienie głębokich rozłamów tektonicznych m. in. w strefach uskokowych na linii Żory-Jawiszowice i Bzie-Czechowice. Uskoki interpretowali jako strefy zwiększonej przepuszczalności i ułatwionego transportu ciepła, sprzyjające występo-

radioactivity, tectonic movements, presence of deep splits of the Earth crust and other, shallower tectonic structures.

The rocks with very low thermal conductivity occurring among Carboniferous sediments, like coal and mudstone (Table 1) are a kind of thermal insulators in rock mass. They block the heat flow, which results in positive thermal anomalies (Chmura, 1975). The overlying Triassic and Miocene rocks affect the heat flow in the same way, especially in places, where the thickness is large.

When studying the anisotropy of rock thermal conductivity related to stratification, rock structure is of great importance. Particularly in folded and faulted areas, the anomalies of heat flow reflect geological structures (Chmura, 1982, 1992; Drwięga, 1983). The presence of water within the fissured fault zone is of particular importance in the formation of thermal anomalies, because of possible convection (Stajniak, 1981).

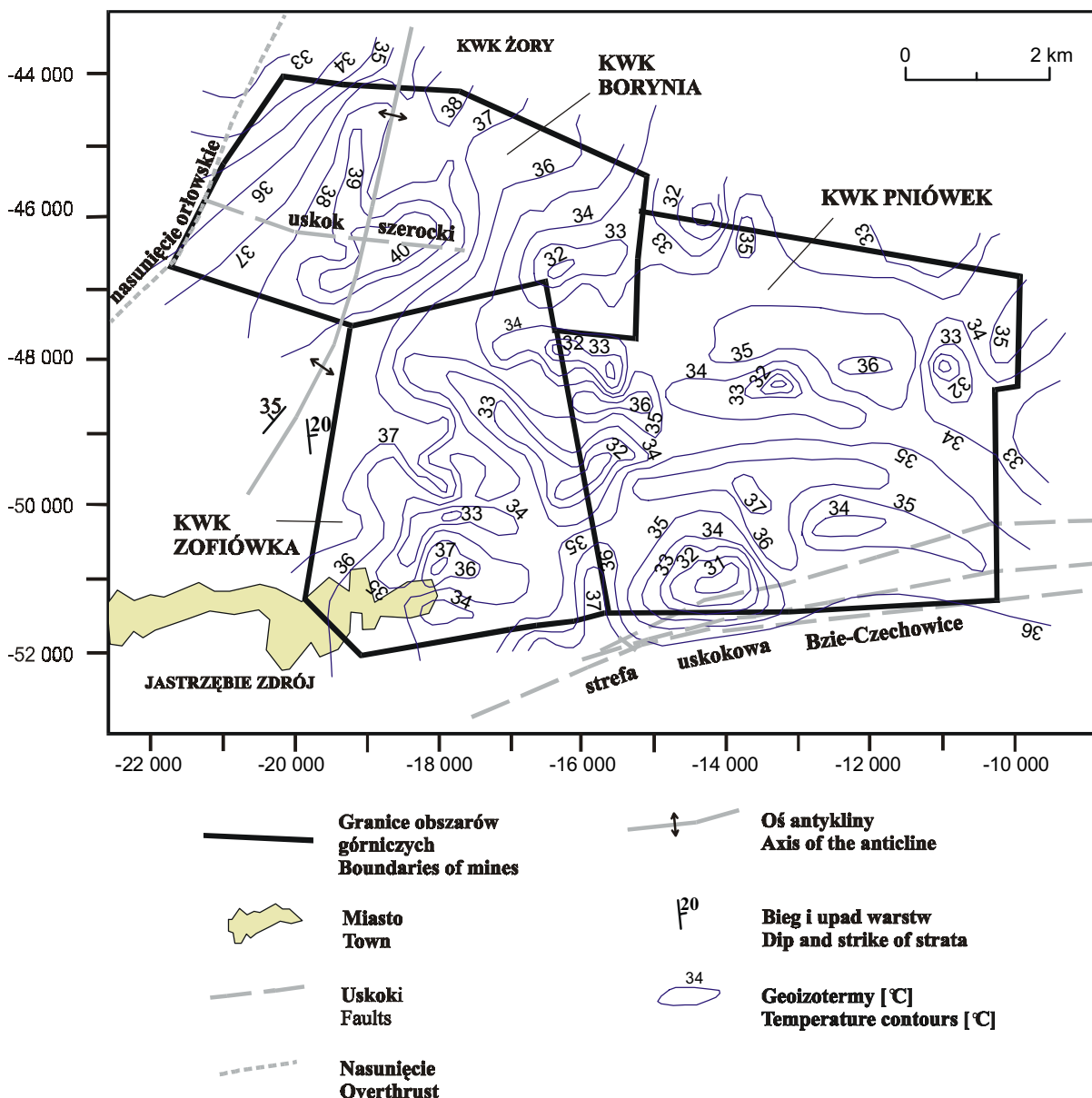
The part of the Silesian Basin, where the Borynia, Zofiówka and Pniówek mines are situated, is characterized by considerably higher rock temperatures comparing to the other parts of the Basin (Table 2).

In the result of many years' research on thermal conductivity of the rocks and the heat flow in the SW part of the Silesian Basin, K. Chmura found the relationship between the occurrence of tectonic structures and positive temperature anomalies (Chmura, 1976). The thermal anomaly within an asymmetric and faulted anticline in the research area is the best example of such a phenomenon. The anticline axis goes from NNE to SSW. It is located in the central part of the Borynia mine area, whereas the eastern side of the anticline is situated in the Zofiówka mine area. The geothermal anomaly is visible on the maps at every exploiting level of the Borynia and Zofiówka mines, as well as on the map presented in this paper (Fig. 2).

waniu zwiększonej koncentracji materiału radioaktywnego. Również M. Karwasiecka (1996) potwierdziła występowanie anomalii ciepłych wzdłuż wymienionych stref uskokowych, wiążąc przyczyny ich powstania z formowaniem się dodatkowych źródeł ciepła (intruzji) w przypowierzchniowych strefach Ziemi w czasie orogenezy alpejskiej, o czym świadczy występowanie stref podwyższonego metamorfizmu węgla w rejonach anomalii.

Południowa część opisywanego w pracy obszaru znajduje się w rejonie strefy uskokowej Bzie-Czechowice, analizowanej w cytowanych pracach. W polu cieplnym kopalń Zofiówka i Pniówek można zaobserwować pewien wzrost temperatury wglębnej skał, związany z tą strefą (Ryc. 2).

The problem of geothermal anomalies in faulted zones in the Upper Silesian Coal Basin was investigated by H. Marcak and A. Leśniak (1989). They proved the existence of deep tectonic splits in the Żory-Jawiszowice and Bzie-Czechowice areas. On the basis of gravimetric research they concluded that fissures and faults are the zones of high permeability, facilitated transfer of the heat and accumulation of the radioactive elements. M. Karwasiecka confirmed the occurrence of positive thermal anomalies along fault zones mentioned above, which may be connected with heat sources (intrusions) in shallow parts of the Earth crust during the Alpine orogenesis. The argument for that is high alteration of coal in areas of anomalies (Karwasiecka, 1996).



Ryc. 2. Mapa rozkładu temperatury pierwotnej skał [°C] na poziomie 500 m p.p.m. (770 m p.p.t.) na tle głównych cech strukturalnych obszaru.

Fig. 2. The map of rock temperature distribution 500 m below sea level (about 770 m below the surface) on the basis of the main structural features of the area.

Uskok szeroki - Szeroka fault; strefa uskoku Bzie-Czechowice - Bzie-Czechowice faulted zone; nasunięcie orłowskie - Orłów overthrust.

Tabela 2. Właściwości pola cieplnego obszarów górniczych (I-IV wg dokumentacji kopalnianych; V-VII wg Małolepszy, 1999, 2000)

Table 2. Geothermal properties of rock mass in mines (I-IV according to mine documents; V-VII according to Małolepszy, 1999; 2000).

I. Mine, II. Average depth to the exploited level [m below the surface / m below the sea level], III. Temperature at the exploited level, IV. Geothermal gradient, V. Geothermal resources of the mine, VI. Resources compared to tons of coal, VII. Resources compared to conventional fuel, *) to the depth of...

I	II	III	IV	V	VI	VII
Nazwa kopalni	Średnia głębokość poziomu eksploatacyjnego [m pod powierzchnią terenu / m pod poziomem morza]	Temperatura na poziomie eksploatacyjnym [°C]	Gradient [°C/100 m]	Zasoby wydobywalne energii geotermalnej z całej kopalni [GJ×10 ⁷] / [GJ/km ² ×10 ⁶]	Przeliczenie na węgiel z danej kopalni: z całego obszaru kopalni [t×10 ⁶] / [t/km ² ×10 ⁴]	Przeliczenie na paliwo umowne: cały obszar kopalni [t×10 ⁶] / [t/km ² ×10 ⁴]
Borynia	588 / 300	28,0 – 33,5	3,8 – 5,0	5,91 / 3,4 (do głębokości 838 m)*	2,0 / 11,5 (do głębokości 838 m)*	2,0 / 11,6 (do głębokości 838 m)*
	713 / 425	35,0 – 38,0				
	838 / 550	38,0 – 42,0				
	950 / 662	39,0 – 46,0				
Zofiówka	705 / 435	28,0 – 37,0	3,1 – 4,2	4,16 / 2,54 (do głębokości 750 m)*	1,4 / 8,6 (do głębokości 750 m)*	1,4 / 8,6 (do głębokości 750 m)*
	830 / 560	33,0 – 41,0				
	900 / 630	37,0 – 44,0				
Pniówek	705 / 435	28,0 – 35,0	2,75 – 5,5	6,63 / 3,06 (do głębokości 830 m)*	2,4 / 10,1 (do głębokości 830 m)*	2,3 / 10,4 (do głębokości 830 m)*
	830 / 560	30,0 – 40,2				
	1000 / 730	40,5 – 47,7				

WARUNKI GEOLOGICZNE I GÓRNICZE WYSTĘPOWANIA WÓD W KOPALNIACH

Ilość wody dopływającej do kopalń zależy od warunków naturalnych eksploatowanego kompleksu skalnego oraz czynników antropogenicznych (górnictwa). Do pierwszych zalicza się litologię skał, ich porowatość i przepuszczalność oraz istnienie naturalnych dróg migracji, czyli spękań i uskoków. Karbońskie poziomy wodonośne związane są zwykle z warstwami piaskowców. Jednak własności zbiornikowe piaskowców zmieniają się z głębokością. Zmniejsza się porowatość i przepuszczalność, i na głębokości 700-800 m p.p.t. skały te stają się prawie całkowicie nieprzepuszczalne (A. Rózkowski, 1995). Na dużych głębokościach większe znaczenie dla migracji wód ma szczelinowatość ośrodka skalnego, zarówno naturalna, jak i spowodowana działalnością górnictwa. W kopalniach, w których eksploatowane są serie piaskowcowe, ilość dopływów wyraźnie zmniejsza się ze wzrostem głębokości, natomiast w kopalniach eksploatujących serie mułowcowo-iłowcowe zależność ta jest znacznie mniej widoczna. Poza tym w płytkich kopalniach dopływy są większe i bardziej uzależnione od opadów atmosferycznych niż w kopalniach głębokich. Kolejnym czynnikiem regulującym zawodnienie kopalń jest rodzaj i miąższość nadkładu, który wpływa na infiltrację wód z powierzchni i pochodzących z płytszych poziomów wodonośnych do karbońskich. Istotny udział w wielkości dopływów do kopalń mają także wody technologiczne, pochodzące ze zraszania i chłodzenia urządzeń oraz wody używane do magazynowania odpadów w zrobach.

The southern part of the research area is situated among the Bzie-Czechowice fault zone. Some increase of the rock temperatures nearby this zone is observed in the Zofiówka and Pniówek areas (Fig. 2).

GEOLOGICAL AND MINING CONDITIONS OF THE GROUNDWATER OCCURRENCE IN MINES

The groundwater inflow to mines depends on natural conditions of an exploited rock mass as well as mining factors. The natural conditions are: lithology, porosity and permeability of rocks, the occurrence of fissures and faults. The Carboniferous water levels occur usually in sandstone strata. However, the reservoir properties of sandstone change together with the depth. The porosity and permeability of the sandstone is very low at the depth of 700-800 m b.t.s. and the rock is almost impermeable (Rózkowski, 1995). At deep levels the natural and secondary fissuring of rock mass is more significant for water flow. In mines where coal seems are in sandstone formations, the amount of inflowing water distinctly decreases with increasing of mine depth. In mines where coal is recovered from mudstone and siltstone formations, such dependence is much less apparent. Besides, the inflow of water is bigger and more precipitation-dependant in shallow mines than in deep mines. Another factor influencing the water inflow to mines is the lithology and thickness of cap rocks. The cover controls the infiltration of water from the surface and from shallow water levels deep into the Carboniferous rocks. Also the technological water used for sprinkling and cooling the machines and for storing the

Kopalnie Borynia, Zofiówka i Pniówek należą do kopalń głębokich (odpowiednio: 950, 900 i 1000 m), eksploatujących węgle głównie z serii mułowcowej, z przewagą skał ilowcowych i mułowcowych nad piaskowcami oraz utwory górnośląskiej serii piaskowcowej, w obrębie której znajdują się najniższe poziomy eksploatacyjne. Ponadto obszar charakteryzuje się występowaniem grubej serii ilów trzeciorzędowych (o miąższości od 150 do 900 m), skutecznie izolującej niżejleżące utwory karbonu przed infiltracją wód z powierzchni. Stąd kopalnie są zaliczane do słabo zawodnionych. Stosunkowo największe dopływy wód występują w obszarze kopalni Borynia, gdzie dodatkowo na poziomach 588 i 713 m ma miejsce dopływ z północy, z rejonu zlikwidowanej kopalni Żory (Tabela 3).

TEMPERATURY WÓD KOPALNIANYCH

Dokładne rozpoznanie temperatury eksploatowanych skał w głębokich kopalniach ma podstawowe znaczenie dla bezpieczeństwa, toteż w obszarach górniczych na bieżąco dokonuje się pomiarów temperatury skał nowo rozcinanych rejonów. Natomiast pomiarów temperatury wód dopływających do kopalń dokonuje się sporadycznie.

W kopalni Borynia w 1989 r., na najniższym poziomie eksploatacyjnym 838 m, zaprojektowano i wykonano otwór wiertniczy, którego celem było zbadanie budowy geologicznej i zalegania pokładów węgla poniżej tego poziomu. Z otworu o głębokości 176,7 m (dno otworu na głębokości 1014 m p.p.t.) uzyskano wypływ wysoko zmineralizowanej wody o temperaturze 46°C w ilości 18 l/min. Ciśnienie głowicowe określono na 0,5 atm. Po pół roku wydatek z otworu zmalał do 16,4 l/min. Wg. kopalnianych map geotermicznych temperatura pierwotna skał w rejonie opisywanego otworu na poziomie 838 m (u wylotu otworu) wynosi 42°C, a na spągu otworu zgodnie ze średnim stopniem geotermicznym dla kopalni Borynia temperatura skał powinna wynosić ok. 46-47°C. Tak więc woda wypływająca z otworu miała temperaturę skał.

Temperatura wody zmierzona przez autorów w rejonie świeżo odsłoniętego w trakcie robót udostępniających fragmentu uskoku szerockiego, w obrębie upadowej taśmowej z poziomu 838 m do poziomu 950 m, była niższa od temperatury skał. Wg mapy temperatura skał na poziomie 838 m w rejonie wypływu wynosi ok. 41,5°C, prognozowana temperatura skał na poziomie 950 m wynosi 45°C, natomiast woda miała temperaturę 40°C.

Zmierzono także temperaturę wody znajdującej się w rejonie przodka eksploatacyjnego (poziom 950 m), odsłoniętego 2 dni przed dokonaniem pomiarów. Temperatura pierwotna skał na przodku wynosiła 45°C. Po dwóch dniach od odsłonięcia skały wychłodziły się do temperatury 27-28°C przy temperaturze powietrza 21,4°C. Natomiast temperatura skał przodka przy szczelinach, z których wypływała woda, wynosiła 32-32,5°C, a temperatura wypływającej wody miała wartość

flotation tailings share in the water balance in mines.

The Borynia, Zofiówka and Pniówek mines are deep (suitably 950, 900 and 1000 m). The coal extracted from the Mudstone Series consists mainly of mudstone, siltstone with not large content of sandstone. Only at the deepest levels of the mines coal is exploited from the Upper Silesian Sandstone Series. Besides, the research area is covered by a thick formation of Tertiary clay (its thickness varies between 150-900 m). That cap prevents the deep Carboniferous formation from the water infiltration from the surface, which explains why the inflows to the mines described earlier are rather poor. Relatively, the highest inflow is to the Borynia mine, where the additional inflow reaches levels 588 and 713 m from the north, from the Żory mine, actually closed (Table 3).

TEMPERATURE OF THE MINE WATER

The study of the rock temperature distribution in mines is extremely important due to the safety factors. Therefore, systematic measurements are taken in freshly excavated areas. However, the measurements of water temperature are taken sporadically.

In 1989, at the deepest level of the Borynia mine, a 176.7 m deep well was drilled in order to examine the geological structure and the stratification orientation of the rock beneath. The well reached 1014 m b.t.s. Than the outflow of water with high content of dissolved solids was observed. The discharge of water was 18 l/min with the pressure of 0.5 atm. and temperature of 46°C. After one year of pumping, the discharge decreased to 16.4 l/min. According to the mine contour geothermic maps, the temperature of rocks nearby the well, by the outlet at the level 838 m, was 42°C, and in the bottom of the well the rock temperature was 46-47°C. Thus, the temperature of water flowing out of the well was the same as the temperature of the surrounding rocks.

The water temperature taken by the authors nearby the freshly excavated section of the Szeroka fault, in the descending gallery from level 838m to 950m, was lower than the temperature of rocks in that area. According to the map of rock temperature, it was 41.5°C

Tabela 3. Ilości dopływających wód do kopalń (wg dokumentacji kopalnianych).

Table 3. Water inflow to the mines (according to the mine documentation).

I. Mine, II. Inflow

*) including inflow from closed Żory mine

I	II
Nazwa kopalni	Dopływy [m ³ /min]
Borynia	3,02 – 3,63 (w tym dopływ z obszaru zlikwidowanej kopalni Żory 0,24 – 0,27 *)
Zofiówka	1,4 – 1,6
Pniówek	0,72 – 0,76

33-35°C. Woda stagnująca w odległości 0-5 m od przodka miała temperaturę 26,8-28°C.

Nie tylko wody występujące w naturalnych zbiornikach przyjmują temperaturę skał, ale także wody gromadzące się w zrobach poeksploatacyjnych. Przykładem jest temperatura wody wypływającej ze zrobu na poziomie 720 m w kopalni Pniówek, której wartość wynosiła 42°C i była zbliżona do temperatury pierwotnej skał w tym rejonie. Ciekawe jest to, iż temperatura pierwotna skał i temperatura skał naruszonych robotami górniczymi była podobna, a co za tym idzie również woda zgromadzona w takim zbiorniku uzyskiwała temperaturę otoczenia. Czas, jaki jest potrzebny, aby woda w zrobie przyjęła temperaturę skał nie jest dokładnie znany; zależy oczywiście od wielu czynników, jak głębokość występowania zrobu i temperatura pierwotna skał na danym poziomie, temperatura i ilość wody wpływającej do zrobu i wartość zagęszczenia ciepła w strumieniu ziemskim w danym obszarze. Geolodzy kopalniani szacują jednak czas uzyskania przez wodę w zrobie temperatury skał otaczających na pół roku do 1 roku, co świadczyłoby o szybkim przepływie ciepła na skutek działania strumienia ziemskiego i o podstawowym jego znaczeniu dla odnawialności źródeł energii geotermalnej, jakimi są wody i skały głębokich kopalń podziemnych.

W kopalni Borynia zmierzono także temperatury wód w chodnikach wodnych i w ściekach. Wody te okazały się znacznie wychłodzone na skutek długotrwałego kontaktowania się z powietrzem wentylacyjnym oraz chłodnymi skałami spagu wyrobiska. Na poziomie 713 m zmierzono temperatury o wartościach 18,3-22,2°C, a na poziomie 838 m 18-20°C. Ponadto w kopalni Pniówek, pomimo skąpych dopływów wody, udało się zmierzyć temperaturę wody w jeszcze jednym punkcie, w miejscu wycieku ze ściany w okolicy tamy na poziomie 705 m, gdzie do starego wyrobiska wtłoczono pyły dyminicowe. Temperatura wody wynosiła 29°C przy temperaturze pierwotnej skał w tym obszarze ok. 32°C.

PODSUMOWANIE

Pole cieplne SW części GZW jest dobrze rozpoznane. Istniejące w tym rejonie znaczne anomalie termiczne, często związane ze strukturami tektonicznymi, są przedmiotem zainteresowania zarówno z naukowego punktu widzenia, jak i ze względu na bezpieczeństwo prac górniczych. Opisany obszar, w którym temperatura pierwotna skał na głębokości 500 m p.p.m. waha się w przedziale od 31 do 40°C i w którym wartość zagęszczenia ciepła w strumieniu ziemskim wynosi ok. 70 mW/m², jest jednym z najbardziej interesujących w GZW pod względem możliwości pozyskiwania i użycia energii geotermalnej. Pomimo istnienia nisko wydajnych naturalnych zbiorników wód i niskich wartości dopływów do wyrobisk (0,72-3,63 m³/min w poszczególnych kopalniach), opuszczone wyrobiska - zroby poeksploatacyjne - mogą stanowić sztuczne zbiorniki

at level 838 m and 45°C at level 950 m. Water temperature was 40°C.

The water temperature nearby the forehead of the working was also taken. The depth of the measurements was 950 m b.t.s. and the rocks were excavated 2 days before. The primary rock temperature in that place was 45°C, but after two days since exposing, the rocks were cooled down to 27-28°C, while the temperature of ventilation air was 21.5°C. The temperature of the rocks inside the fissures was 32-32.5°C, and the water flowing out of these fissures was 33-35°C warm. The water in some distance from the forehead of the working (0-5m) was 26.8-28°C.

Both the natural water as well as water stored in post-mining excavations gain the temperature of surrounding rocks. The example is the water flowing out of the post-mining excavation at the level 720 m in the Pniówek mine. That water was 42°C warm and that temperature was similar to the temperature of the rocks in that area. It is interesting, that the natural, primary temperature of the rocks was similar to the temperature of the excavated rocks and what follows, water stored in that kind of reservoir gained the same temperature as rocks. The time needed for heating the water in post-mining excavation isn't known precisely; it surely depends on many factors, like depth, temperature of the rocks, temperature and amount of the water flowing into the excavation and terrestrial heat flow in a given area. The geologists working in mines assess that time at half a year to one year. It goes to show that the heat transfer in heat flow is quick and it is significant for renewing of the geothermal resources existing in mines.

The temperature of water in water galleries and drains was also measured in the Borynia mine. That water was considerably pre-cooled due to long lasting contact with ventilation air and cold rocks of the gallery floor. The water at the level 713m was 18.3-22.2°C warm and at the level 838m 18-20°C warm. Also in the Pniówek mine, despite a very poor water inflow, water temperature was measured. The water was flowing out of a post-mining excavation, where industrial dusts were stored behind the stopping, at the level of 705m. The temperature of that water was 29°C and the temperature of the rocks in that part of the mine was about 32°C.

SUMMARY

Geothermal properties of the rock mass in SW part of the Upper Silesian Coal Basin are well recognized. The numerous thermal anomalies occurring in that area, often caused by a geological structure, are the subject of research for the sake of a scientific value as well as safety of mining. The described area, where temperature of the rock varies between 31-40°C at the depth of 500m b.s.l. according to the map shown in this paper, where the heat flow is about 70 mW/m², is one of the most prospecting places for extracting and utilization of geothermal energy in the Silesian Basin. In spite of low-efficient natural water reservoirs and poor water inflows

zapełniane wodą, której temperatura szybko uzyskuje wartość temperatury otaczającego masywu skalnego. Obecnie robią się wykorzystywane do magazynowania pyłów dymnicowych - produktów spalania węgla w elektrowniach oraz innych odpadów, trudnych do składowania na powierzchni. Mogłyby również służyć jako magazyny odpadowej energii cieplnej doprowadzanej do zrobów w postaci ciepłych wód pochodzących z chłodzenia urządzeń w elektrowniach i zakładach przemysłowych, a także jako zbiorniki ciepła słonecznego doprowadzanego w sezonie letnim z instalacji klimatyzacyjnych (Ostaficzuk, Heliasz, 2000).

LITERATURA

- Chmura K.; 1970: Charakterystyka termiczna karbońskich skał Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Przegląd Górniczy, 4, 187-197.
- Chmura K.; 1976: Ciepły strumień ziemski w obszarze ROW. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo, 71, Gliwice, 65-78.
- Dokumentacja geologiczna złóż węgla w kopalniach Borynia, Zofiówka i Pniówek. Archiwa kopalniane.
- Drwięga Z., 1983. Analiza ziemskiego strumienia ciepła Lubelszczyzny na tle budowy geologiczno-strukturalnej. Nafta, 4, 86-94.
- Karwasiecka M., 1996. Atlas geotermiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Makowski A., Probiez A., Probiez K., 1980. Analiza trendów pola cieplnego północno-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Zeszyty Naukowe AGH, 758 Geologia /Kwart./ 6, 2, 71-81.
- Małolepszy Z., 1999. Geosynoptyczny model pola geotermicznego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego - praca doktorska. Archiwum Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego.

to the mines (0.72-3.63 m³/min for single mine), it is possible to create artificial reservoirs converting post-mining excavation into reservoirs filled with water, which can gain the temperature from the surrounding rocks mass. Currently, post-mining excavations are used as stores for scrap material from industrial plants, difficult to store on the surface. These excavations can also be used as stores for waste thermal energy supplied to mines as warm water obtained after cooling of the machines in industrial plants, as well as the stores for solar energy supplied in the summer by air-conditioning equipment (Ostaficzuk, Heliasz, 2000).

REFERENCES

- Małolepszy Z., 2000. Geosynoptyczny model pola geotermicznego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia, 3, 3-56.
- Marcak H., Leśniak A., 1989. Interpretacja pola termicznego Śląska. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia, 5, 47-56.
- Stajniak J., 1981. Badanie wpływu uskoków na rozkład ziemskiego pola cieplnego w Polsce Acta Geophysica Polonica, XXIX, 3, 217-224.
- Ostaficzuk S., Heliasz Z., 2000. Koncepcja nietypowego wykorzystania walorów zamykanych kopalni węgla. Z prac Katedry Geologii Podstawowej Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Sosnowiec, 107-117.
- Plewa S., 1994. Rozkład parametrów geotermicznych obszaru Polski. Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- Różkowski A., 1995. Factors controlling the groundwater conditions of the Carboniferous strata in the Upper Silesian Coal Basin, Poland. Annales Societatis Geologorum Poloniae, 64, 53-66.