

Elwira Nowobilska, Aleksandra Nowobilska-Luberda,
Agnieszka Ziernicka-Wojtaszek, Tadeusz Zawora

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ZASOBÓW WÓD TERMALNYCH W REJONIE PODHAŁA

Streszczenie. Historia geotermii pod Tatrami rozpoczęła się już w roku 1844, kiedy to Ludwik Zejszner opisał odkryte przez siebie na Jaszczurówce, w Zakopanem, źródło o temperaturze 20,4°C. W roku 1963 wody termalne o temperaturze 37°C uzyskano po raz pierwszy z otworu wiertniczego, wykonanego w Zakopanem, na Antałówce. Utwory wodonośne zalegają na głębokości od kilkuset metrów do 1,5 km w rejonie Zakopanego i od 2,5 do 3,5 km. W północnej części Podhala w rejonie Bańskiej Niżnej i Chochołowa. Temperatura wód zmienia się w zakresie od 20 do 40°C w rejonie przytatrzańskim poprzez około 60°C w rejonie Furmanowej, Poronina, Bukowiny Tatrzańskiej i ponad 80°C w rejonie Białego Dunajca i Bańskiej, a nawet do około 90°C w rejonie Chochołowa. Energia geotermalna zajmuje pierwsze miejsce wśród innych alternatywnych źródeł energii. To niewyczerpalne źródło stawia się wyżej niż, stosunkowo rzadko wykorzystywaną energię wiatrową czy słoneczną, której wydajność ocenia się zaledwie na 20-35%, a wydajność energii geotermalnej wynosi aż 70%. Na terenie miasta Zakopanego ogrzewanie energią geotermalną stało się już o 40% tańsze niż ogrzewanie gazem. W samym Zakopanem poprzez geotermię nastąpiła znaczna redukcja emisji dwutlenku węgla. Całe Podhale powinno być ogrzewane wodą geotermalną, gdyż emisja zanieczyszczeń powietrza w tym rejonie, a w szczególności w Kotlinie Nowotarskiej jest bardzo duża w szczególności w sezonie grzewczym. Ponadto istnieje duża możliwość wykorzystania energii geotermalnej w takich dziedzinach jak rekreacja i balneoterapia.

Słowa kluczowe: wody termalne, zanieczyszczenie powietrza, Podhale.

WSTĘP

Energia geotermalna jest wewnętrznym ciepłem Ziemi nagromadzonym w skałach oraz w wodach wypełniających pory i szczeliny skalne. Energię tą zaliczamy do kategorii energii odnawialnej, ponieważ jej źródło - gorące wnętrze kuli ziemskiej - jest praktycznie niewyczerpalne. Wody termalne, zwane również geotermalnymi, są to wody podziemne mineralne lub zwykłe, których temperatura mierzona na wypływie ze źródeł naturalnych lub odwiertów wynosi co najmniej 20°C. Wielkość ta stanowi granicę umowną od wielu lat stosowaną w balneologii. Opiera się ona na relacji do temperatury ciała ludzkiego [5, 12]. Ciepło wód termalnych pochodzi z wnętrza Ziemi, jego głównym źródłem jest płynna magma, zaś dodatkowym – procesy naturalnego rozkładu pierwiastków promieniotwórczych.

Elwira NOWOBILSKA, Aleksandra NOWOBILSKA-LUBERDA, Tadeusz ZAWORA,
Agnieszka ZIERNICKA-WOJTASZEK – Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej, Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail:
drno55@interia.pl, tzawora@ar.krakow.pl, aziernik@poczta.fm

Rozkład temperatur w skorupie ziemskiej, od którego między innymi zależy temperatura wód termalnych, jest bardzo zróżnicowany.

Podstawowym parametrem, który charakteryzuje pole temperaturowe Ziemi, jest gradient geotermiczny. Określa on przyrost temperatury na jednostkę przyrostu głębokości wewnątrz Ziemi, poniżej strefy termicznie neutralnej. Jego odwrotnością jest stopień geotermiczny, mówiący, co ile metrów w głąb Ziemi, temperatura przyrasta o 1°C . Waha się on w szerokich granicach – skrajne wartości zanotowano w Budapeszcie: $15\text{ m}/1^{\circ}\text{C}$ i w Dregfontein w Republice Południowej Afryki: $144\text{ m}/1^{\circ}$ [13]. W Polsce stopień geotermiczny wykazuje duże zróżnicowanie, zależy on przede wszystkim od budowy geologicznej, a w szczególności od struktur halokinetycznych, odznaczających się wysoką przewodnością cieplną [6]. W przedziale głębokości 200 – 2500 m stopień geotermiczny zmienia się od 10 do $110\text{ m}/1^{\circ}\text{C}$ [8]. Najkorzystniejsze warunki eksploatacji wód termalnych w Polsce do celów grzewczych istnieją w obrębie niecki podhalańskiej. Decyduje o tym sytuacja geologiczna, wysoka temperatura na wypływie, (sięgająca 90°C), niska mineralizacja (do $3\text{ g}/\text{dm}^3$), wysoka wydajność (nawet do $550\text{ m}^3/\text{h}$ z pojedynczego ujęcia), dobra odnawialność złoża i łatwa dostępność terenu [3].

Niecka Podhalańska stanowi ważny zbiornik wód termalnych. Zasięg zbiornika sięga począwszy od brzegu Tatr aż po strukturę Pienińskiego Pasa Skałkowego stanowiącego naturalną barierę – północną granicę zbiornika wód termalnych. Obszarem zasilania dla niecki podhalańskiej są Tatry. Wody opadowe, które tam wsiąkają, spływając na północ, trafiają na warstwę nieprzepuszczalnych skał fliszowych, które stanowią rodzaj klina rozdzielającego je na dwa strumienie – górny i dolny. Górny spływa na teren niecki, do utworów czwartorzędowych i spękaniej górnej partii utworów fliszowych (są to wody zwykłe), natomiast dolny przepływa systemem szczelin i pustek krasowych do trzeciorzędowych skał węglanowych i mezozoicznych utworów jednostek tatrzańskich, stając się wodami termalnymi [3]. W miarę coraz głębszego wnikania w masyw skalny wody stopniowo się nagrzewają. Na głębokości ok. 1000 m, w Zakopanem, wody mają temperaturę ok. 26°C , a na głębokości poniżej 2000 m w rejonie Białego Dunajca i Bańskiej osiągają temperaturę powyżej 80°C . Jednocześnie zwiększa się mineralizacja wód, jak i wzrasta ich ciśnienie w zbiorniku [15].

W 1963 r. na Antałówce w Zakopanem został odwiercony pierwszy otwór badawczo-eksploatacyjny Zakopane IG 1 o głębokości 3073 m. Otwór ten, z racji zakresu prowadzonych w nim badań oraz długoletnich obserwacji dynamiki i chemizmu wód [10], stanowi reper, na tle którego były analizowane wyniki kolejnych wierceń. Profile tych wierceń potwierdzają, że podłoże paleogenu jest przedłużeniem elementów geologiczno - strukturalnych Tatr [2] oraz, że eocen węglanowy i mezozoiczne serie tatrzańskie z hydrogeologicznego punktu widzenia stanowią połączone hydraulicznie systemy wodonośne [1, 4, 7, 9]. Między innymi potwierdzeniem tego są wyniki badań eksperymentalnych prowadzonych na terenie obszaru górniczego „Zakopane”, w zasięgu którego znajdują się otwory Zakopane IG 1, Zakopane 2 i Skocznia IG 1, a także ujęcia miejskie źródeł Pod Capkami oraz Barany i Baptyści w Jaszczurówce.

Wśród otworów badawczo-eksploatacyjnych odwierconych na terenie niecki podhalańskiej część stanowią otwory ujmujące łącznie eocen węglanowy i serie tatrzańskie. Pozostałe reprezentują możliwości eksploatacyjne bądź to samego eocenu, bądź też serii tatrzańskich. Dodać należy, że w przypadku eocenu węglanowego wszystkie otwory zlokalizowane są w obrębie południowego skrzydła niecki artezyjskiej Podhala, a głębokości ujmowania tego poziomu wynoszą od 100 do 1000 m. W przypadku serii tatrzańskich zarówno lokalizacja, jak i głębokość ujmowanych kompleksów wodonośnych jest zróżnicowana, od 500 do ponad 3000 m. Wydajności eksploatacyjne poszczególnych otworów w obrębie południowego skrzydła niecki wynoszą od kilku m³/h w otworze Staników Żleb do 80 m³/h w otworze Zakopane 2 [9].

Celem opracowania jest przedstawienie warunków hydrogeologicznych występowania wód termalnych oraz ocena możliwości i stopnia wykorzystania energii termalnej, jako alternatywnego źródła energii w rejonie Podhala w sytuacji występowania dotychczas bardzo dużego zanieczyszczenia powietrza. Hipotezę roboczą sformułowano w skrótowym brzmieniu: Geotermia alternatywą wobec dużego zanieczyszczenia powietrza w rejonie Podhala.

ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA

Dane, jakimi dysponuje sekcja monitoringu powietrza Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie potwierdzają, że pod względem zanieczyszczenia powietrza Małopolska zajmuje w kraju niechlubne pierwsze miejsce, a na jej obszarze są rejony szczególnie narażone - niewątpliwie należą do nich Nowy Targ i Zakopane. Monitoring stanu powietrza prowadzony przez WIOŚ wskazuje na przekroczenie na terenie Zakopanego dopuszczalnej normy pyłu zawieszonego. Natomiast pod względem ilości pyłu drobnocząsteczkowego (czyli spalinowo-dymowego smogu, którym oddychamy) Nowy Targ wyprzedzają tylko dwa najbardziej zanieczyszczone rejony Krakowa - węzeł komunikacyjny przy Alejach Trzech Wieszców i Nowa Huta.

Monitoring powietrza prowadzony przez powiatową Stację Sanitarno Epidemiologiczną w Nowym Targu wykazał, iż przekroczenia ilości pyłu drobnocząsteczkowego są na porządku dziennym w miesiącach listopad, grudzień, styczeń, luty, marzec. Gdy dopuszczalna norma zawartości drobnego pyłu w powietrzu wynosi 50 µg/m³, to na granicy starej i nowej części Nowego Targu notowano w latach 1999-2001 w miesiącu grudniu nawet 280 µg, przy stanie alarmowym 200 µg. Średnia dzienna z sezonu grzewczego to 62 µg, czyli też powyżej normy. Pod względem częstotliwości przekroczeń Nowy Targ jest w Małopolsce na trzecim miejscu (po wspomnianych dwóch rejonach Krakowa). Natomiast w ilości benzoalfapirenu (przy normie wynoszącej 1 ng/m³), "wyprzedził" stolicę Podhala tylko Nowy Sącz, gdzie odnotowano 60 jednostek.

Ograniczenie emisji pyłów i gazów towarzyszących spalaniu paliw kopalnych, takich jak dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, pył zawieszony, ma szczególne znaczenie na Podhalu, jednym z najbardziej uczęszczanych regionów turystycznych w Polsce, na terenie, którego znajdują się cztery parki narodowe. Analiza rozkładu

stężeń 24-godz. na stacjach pomiarowych w Nowym Targu i Zakopanem wyraźnie wskazywała na wzrost stężeń w sezonie chłodnym (pokrywającym się z sezonem grzewczym) i głównie w tym okresie odnotowywane są przekroczenia dopuszczalnego poziomu stężeń 24-godz. pyłu na stacjach pomiarowych. Wynika to również z tego, iż strefa nowotarsko - tatrzańska charakteryzuje się specyficznymi warunkami meteorologicznymi związanymi z dużo dłuższą porą zimową oraz przedłużonym okresem grzewczym głównie w Zakopanem. Efekty ekologiczne takiego uwarunkowania widoczne są również w postaci większych stężeń dobowych w miesiącach wiosennych i jesiennych. Są to przekroczenia kilkudziesięciokrotne jak wykazują opracowania Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska.

Na terenie powiatu nowotarskiego jak i tatrzańskiego występują wszystkie kategorie źródeł emisji zanieczyszczeń powietrza: punktowe, liniowe (komunikacja) i powierzchniowe. Znaczący wpływ na poziom stężeń pyłu w powietrzu atmosferycznym obu powiatów ma: emisja zanieczyszczeń ze źródeł bytowo-komunalnych, ze źródeł związanych z transportem samochodowym, a także emisje związane z energetycznym spalaniem paliw w scentralizowanych systemach grzewczych oraz emisje technologiczne. Dodatkowym źródłem zanieczyszczenia powietrza pyłem jest unos pyłu z powierzchni terenu, dróg, dachów, pól uprawnych itd. oraz zanieczyszczenia allochtoniczne, napływające spoza terenu powiatów. Poważnym źródłem zanieczyszczeń powietrza na terenie powiatu nowotarskiego jak i tatrzańskiego jest w dalszym ciągu niska emisja. W domowych piecach grzewczych i lokalnych kotłowniach węglowych często spalanie węgla odbywa się w sposób mało efektywny. Pozostałe spalane paliwa stałe, stosunkowo tanie, są niskiej jakości oraz mają niską wartość energetyczną.

ROZWÓJ GEOTERMII NA PODHALU

Po raz pierwszy próby ciepłowniczego wykorzystania energii geotermalnej na Podhalu podjęte zostały przez Polską Akademię Nauk w Bańskiej Niznej na początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku. Wtedy to do systemu opartego na dublecie otworów geotermalnych połączono kilka domów. Dublet ten składał się z otworu Bańska IG-1 (otwór produkcyjny) oraz z otworu Biały Dunajec PAN-1 (otwór chłonny), wymienniki ciepła zainstalowane zostały w obiekcie Doświadczalnego Zakładu Geotermalnego PAN w Bańskiej Niznej. Eksperyment ten pokazał, że zastosowanie wód termalnych, jako źródła ciepła do ogrzewania budynków i wytwarzania ciepłej wody użytkowej jest możliwe.

W 1993 roku została powołana Geotermia Podhalańska S.A., której głównym założeniem było zredukowanie zanieczyszczenia powietrza a co za tym idzie poprawienie stanu środowiska naturalnego regionu poprzez ogrzewanie geotermalne. Cel chciano osiągnąć dzięki zastępowaniu konsumpcji paliw kopalnianych (węgla oraz jego pochodnych) energią geotermalną. W 1994 roku ruszyła pilotażowa faza projektu „Zaopatrzenie w ciepło wsi Bańska Nizna”. Następnym rokiem przyniósł rozbudowę sieci dystrybucyjnej w Bańskiej, a rok później zaczęto budować tu Ciepłownię Geotermalną. W 1997 roku odwiercono dwa otwory

geotermalne Bańska PGP-1 i Biały Dunajec PGP-2. Już w następnym roku powstało PEC Geotermia Podhalańska (poprzez połączenie się Geotermii Podhalańskiej S.A. i PEC „Tatry”), a co za tym idzie powiększenie rynku odbiorców o klientów PEC „Tatry”. Rok 2001 w historii geotermii na Podhalu to likwidacja ostatniej już osiedlowej kotłowni na opał stały. Wtedy to zakończono budowę magistrali ciepłowniczej na trasie Ciepłownia Geotermalna Bańska – Kotłownia Szczytowa w Zakopanem.

W latach 2002-2007 rozbudowywano sieć ciepłowniczą w Zakopanem, Poroninie i Białym Dunajcu oraz odnotowywano ciągły wzrost sprzedaży energii cieplnej [14]. W 2008 roku obchodzono XV-lecie działalności Spółki oraz osiągnięto sprzedaż ciepła na poziomie ponad 324TJ/rok oraz przekroczono 50 MW mocy zamówionej na koniec 2008. Natomiast rok 2009 przyniósł takie osiągnięcia jak: zatwierdzenie nowej „Strategii rozwoju PEC Geotermia Podhalańska S.A. na lata 2009-2020”, kontynuacje inwestycji związanych z podłączeniem nowych odbiorców i „by-passów”, wzrost mocy cieplnej o 4,871 MW, osiągnięcie sprzedaży ciepła ponad 351 TJ/rok oraz przekroczenie 54 MW mocy zamówionej na koniec 2009 r. uzyskanie trwałej rentowności Spółki, uzyskanie koncesji na wytwarzanie energii elektrycznej, uzyskanie koncesji na wiercenie otworu produkcyjnego PGP-3, budowa pompowni wody termalnej podnoszącej wydajność systemu geotermalnego o ok. 10%.

DOKONANIA I SUKCESY

W powiecie nowotarskim następuje ciągły rozwój sieci ciepłowniczej wykorzystującej zasoby geotermalne Podhala. Zakończono pierwszą część Projektu Geotermalnego Uciepłownienia Podhala, a z energii geotermalnej korzystają mieszkańcy gmin: Zakopane, Biały Dunajec i Poronin w powiecie tatrzańskim oraz gminy Szaflary w powiecie nowotarskim. Do końca 2006 r. do sieci geotermalnej podłączono 668 odbiorców indywidualnych, 187 odbiorców wielkoskalowych (w tym 162 w Zakopanem i 272 w Bańskiej, Białym Dunajcu i Poroninie) oraz zlikwidowano 26 osiedlowe kotłownie węglowe i koksowe w Zakopanem. Sprzedaż ciepła przez Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Geotermia Podhalańska S.A. w 1999 r. była na poziomie 120 000 GJ, natomiast w 2006 r. – 280 000 GJ. Na bazie analiz i ocen warunków geologicznych poszczególnych pięter hydrogeologicznych wydzielone zostały kolejne obiekty – strefy możliwego wykorzystania energii geotermalnej (łącznie 92 obiekty). Geotermia Podhalańska planuje swoim zasięgiem objąć 80% rynku dużych odbiorców energii cieplnej, jak np. hoteli i 60% rynku klientów indywidualnych.

Na terenie powiatu tatrzańskiego sąsiadującego z powiatem nowotarskim wykonywane były badania przez Geotermię Podhalańską dotyczące korelacji między zmianą sposobu ogrzewania budynków, a jakością powietrza. Na terenie powiatu nowotarskiego nie prowadzono podobnych badań, stąd wyniki i wnioski zamieszczone poniżej można wykorzystać na zasadzie analogii i porównań obu obszarów. Stwierdzono, że średnie roczne stężenie SO₂ w latach 1994-1997 w Zakopanem przed rozpoczęciem projektu geotermalnego wynosiło 32,6 µg/m³.

W kolejnych latach dzięki podłączaniu nowych odbiorców do sieci ciepłowniczej stan powietrza ulegał poprawie. W 2002 r. średnie roczne stężenie SO_2 wyniosło $15,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. W 2006 r. średnie roczne stężenie SO_2 wyniosło $11,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, co oznacza redukcję w stosunku do porównywanego okresu o 60,5% [15, 16]. Podłączanie nowych odbiorców do sieci ciepłowniczej powoduje likwidację lokalnych źródeł emisji i wzrost efektu ekologicznego.

Projekty związane z wykorzystaniem energii odnawialnych, do jakich zalicza się energię geotermalną charakteryzują się bardzo dużą kapitałochłonnością w fazie inwestycji. Jest to związane z koniecznością udostępnienia źródła ciepła, czyli wykonaniem otworów wiertniczych, następnie dostarczeniem energii cieplnej do odbiorców, czyli budową sieci przesyłowej i dystrybucyjnej, a także w przypadku podłączania odbiorców dotychczas nie korzystających z ogrzewania sieciowego, instalacją wymienników ciepła [15]. Co roku do sieci ciepłowniczej przyłączane są kolejne budynki. Obecnie sieć PEC Geotermia Podhalańska obejmuje swym zasięgiem 4 gminy: Zakopane, Szaflary, Poronin i Biały Dunajec. Dlaczego akurat Podhale? – po pierwsze istnieje już sieć i można do niej dołączyć jak największą ilość odbiorców. Po drugie na Podhalu są bardzo dobre warunki złożowe, w szczególności wysoka temperatura wydobywanej wody, bo aż 86°C , wysoka wydajność głównego odwiertu produkcyjnego Bańska PGP-1 – $550 \text{ m}^3/\text{h}$. Ważną rolę również odgrywa tu stosunkowo niska, wahająca się pomiędzy 2,2 a $2,8 \text{ g}/\text{dm}^3$ mineralizacja wody termalnej, na zwrócenie uwagi zasługuje również bardzo dobra chłonność odwiertów, do których to zatłaczana jest powrotna woda termalna. Jest dużo plusów, ale niestety jest też dość istotny minus, a mianowicie woda ta zawiera rozpuszczony siarkowódór i dwutlenek węgla, co jest przyczyną agresywności wody, a więc korozji geotermalnego systemu ciepłowniczego.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wody geotermalne odgrywają bardzo istotną rolę w energetyce, ponieważ należą do odnawialnych źródeł energii. Jest to bardzo istotne dla „zrównoważonego rozwoju” (ang. Sustainable development), który uwzględnia zarówno interesy szeroko rozumianej przyrody jak i potrzeby człowieka. Energetyka odnawialna jest bowiem przyjazna dla środowiska. Energia wód geotermalnych jest ponadto bardzo ekonomicznym źródłem energii. Przykładowo w domu mieszkalnym o powierzchni ogrzewanej 120 m^2 z instalacją Gpc opartą na poziomym kolektorze gruntowym koszty inwestycyjne i eksploatacyjne w przypadku ogrzewania elektrycznego według najdroższej dziennej taryfy oraz gaz propan-butan zwrócą się już po trzech latach, w stosunku do oleju opałowego po pięciu, a w stosunku do gazu ziemnego po około dziesięciu latach.

Efekt cieplarniany jest głównie spowodowany emisją gazów szklarniowych z energetyki. Aby minimalizować skutki tego efektu stosuje się różne inicjatywy stabilizacyjne jak przykładowa wielokierunkowa sekwestracja CO_2 . Trzeba osiągnąć zrównoważoną energetykę, która powinna się charakteryzować trzema podstawowymi cechami: po pierwsze musi być ekologiczna, a więc jej negatywne oddziaływanie na środowisko włącznie z człowiekiem musi być sprowadzone do jak

najmniejszego wymiaru. Po drugie zrównoważona energetyka to takie gospodarowanie kopalnymi surowcami energetycznymi, aby jak najwięcej tych zasobów oszczędzić dla przyszłych pokoleń. Po trzecie zaspakajanie przez energetykę potrzeb społeczeństwa na paliwa i energię [11].

Ważnym aspektem jest również wykorzystanie wód geotermalnych w celach rekreacyjnych oraz leczniczych. I tak właśnie na Podhalu powstały Termy Podhalańskie. Jest to kompleks basenów o łącznej powierzchni 970 m², gdzie temperatura wody w basenach utrzymywana jest w zakresie od 30-38°C i pochodzi z odwiertu IG-1 znajdującego się obok obiektu eksploatowanego przez PEC Geotermia Podhalańska [18]. Na Podhalu powstał również kolejny kompleks rekreacyjny: Baseny Termalne w Bukowinie Tatrzańskiej. Baseny te korzystają z wody termalnej nawierconej w otworze usytuowanym na północno-zachodnim zboczu Wysokiego Wierchu, w odległości około 6 km od brzegu Tatr. Otwór ten był nadzorowany i udokumentowany przez specjalistów Oddziału Karpackiego Państwowego Instytutu Geologicznego w Krakowie. Woda termalna pozyskiwana z odwiertu w Bukowinie Tatrzańskiej jest typu siarczanowo – chlorkowo – wapniowo – sodowego o mineralizacji 1,5 g/dm³. Ze względu na specyficzną mineralizację, unikalny skład mikroelementów i pierwiastków, niski charakter zasadowy oraz leczniczą twardość jest doskonałym środkiem leczniczym i rehabilitacyjnym. Istotne dla zdrowia zawarte w wodzie składniki to: sód (Na), wapń (Ca), chlor (Cl), potas (K), siarka (S), magnez (Mg) oraz chrom (Cr) [17].

Tak, więc odnawialne i niewyczerpalne źródło energii jakim jest woda geotermalna może być kluczem do rozwiązania wielu problemów na Podhalu, które jest regionem turystycznym jak i również przemysłowym. Powinno się dążyć do rozwinięcia sieci geotermalnej w regionie całego Podhala zmniejszając tym samym zanieczyszczenie powietrza, które w tym regionie jest duże w szczególności w sezonie grzewczym, który na Podhalu trwa czasem nawet i ponad pół roku.

PIŚMIENNICTWO

1. Chowaniec J. 1989. Hydrogeologiczne warunki zasilania i przepływu wód podziemnych w utworach trzeciorzędowych Podhala między Zakopanem i Białym Dunajcem. CAG Państw. Inst. Geol. Kraków.
2. Chowaniec J., Długosz P., Drozdowski B., Nagy S., Poprawa D., Witeczak S., Witek K. 1997. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód termalnych niecki podhalańskiej. CAG Państw. Inst. Geol. Warszawa.
3. Chowaniec J. 2003. Wody podziemne niecki podhalańskiej. W: Współczesne problemy hydrogeologii. 11, 1: 45–53. PGdań., Gdańsk.
4. Chowaniec J. 2003a. Wody mineralne uzdrowisk województwa podkarpackiego. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia. PAN IGSMiE, 4: 23-32.
5. Dowgiałło J., Karski A., Potocki I. 1969. Geologia surowców balneologicznych. Wyd. Geol. Warszawa.
6. Górecki W. red. 1990. Atlas wód geotermalnych Niżu Polskiego. Zbiorniki: dolnojurajski i dolnokredowy. Inst. Sur. Energ., AGH. Kraków.
7. Kępińska B. 1997. Model geologiczno-geotermalny niecki podhalańskiej. Stud., Rozpr., Monogr. PAN IGSMiE, 48: 111 s.

8. Majorowicz J. 1971. Przebieg wartości stopnia geotermicznego w Polsce w przedziale głębokości 200 – 2500 m. *Kwart. Geol.*, 15, 4.
9. Małecka D., Małecki J.J. 1998. Monitoring wód podziemnych w rozpoznaniu regionalnych warunków hydrogeologicznych okolic Zakopanego. II Forum inżynierii ekologicznej: 383-400. Wyd. EkoInż. Lublin.
10. Małecki J.J. 1995. Fyzykochemiczna charakterystyka wód termalnych Antałówki w świetle badań stacjonarnych. W: *Współczesne problemy hydrogeologii*, 7, 2: 307–315. Kraków–Krynica.
11. Ney R. 2007. Znaczenie odnawialnych źródeł energii dla zrównoważonego rozwoju energetyki. *Materiały Ogólnopolskiego Kongresu Geotermalnego – „Geotermia w Polsce – doświadczenia stan aktualny, perspektywy rozwoju”*, 7-10. Radziejowice, 2007.
12. Pazdro Z., Kozerski B. 1990. *Hydrogeologia ogólna*. Wyd. Geol. Warszawa.
13. Stenz E. 1954. *Wstęp do geofizyki*. Warszawa.
14. Wartak W., Wróbel A., Jgnacok W. 2007. Doświadczenia, wybrane aspekty, perspektywy. *Materiały Ogólnopolskiego Kongresu Geotermalnego – „Geotermia w Polsce – doświadczenia stan aktualny, perspektywy rozwoju”*, 7-10, Radziejowice, 2007.
15. www.geotermia.pl
16. www.monitoring.krakow.pios.gov.pl
17. www.termabukowina.pl
18. www.termypodhalanskie.pl

POTENTIAL FOR EXPLOITATION OF THERMAL WATER SUPPLIES IN THE PODHALE REGION

Abstract. The history of thermal waters in the region begins in 1844, when Ludwik Zejszner wrote of a thermal spring at 20.4 degrees Celsius that he discovered in Jaszczurówka, Zakopane. In 1963 thermal waters at 37 degrees Celsius were reached the first time from the a well drilled in Antałówka, Zakopane. Water-bearing structures lie at the depth of several hundred meters to 1.5 km in the Zakopane region, and between 2.5 and 3.5 km in the northern region of Podhale – Bańska Niżna and Chochółów. The temperatures of these waters vary between 20 and 40 degrees Celsius in the Tatra region, and between 60 degrees near Furmanowa, Poronin, Bukowina Tatrzaska and over 80 degrees in Biały Dunajec and Bańska and even 90 degrees in Chochółów. Geothermal energy is in the first place in the race for alternative energy sources. This renewable sources is valued higher than relatively rarely used wind or solar energy, whose efficacy is estimated at 20-35%, while the efficacy of geothermal energy is 70%. In Zakopane geothermal energy used for central heating is now 40% cheaper than using gas. In Zakopane itself there has been a considerable reduction of CO₂ emission as a result of switching to geothermal energy. The whole of Podhale should be heated in this way, since the emission of air pollutants in this region, especially in and around Nowy Targ is enormous especially in winter. Moreover this type of energy would contribute to great changes in other fields, in which it would be possible to use it, such as balneology and recreation.

Key words: thermal water, air pollution, Podhale area.