

WYDZIAŁ WIERTNICTWA, NAFTY I GAZU

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA W KRAKOWIE

CIEPŁO ZIEMI, CIEPŁEM JUTRA

Zeszyt streszczeń

III Seminarium „Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła” 2023
na temat: Ciepło Ziemi, ciepłem jutra

Pod patronatem Minister Klimatu i Środowiska Anny Moskwy, Podsekretarza
Stanu, Głównego Geologa Kraju Piotra Dziadzio oraz Rektora AGH Jerzego Lisa

Wraz z obchodami 100 lecia Katedry Wiertnictwa i Geoinżynierii AGH



MuoviTech
BEST IN EARTH.



NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju



**Norway
grants**

AGH



Redakcja: Tomasz Śliwa, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie,

Edycja: Piotr Buliński, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.

III Seminarium

"Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła" na temat: Ciepło Ziemi, ciepłem jutra

Kraków, 20-22 września 2023 r.

Pod patronatem Minister Klimatu i Środowiska Anny Moskwy, Podsekretarza Stanu, Głównego Geologa Kraju Piotra Dziadzio oraz Rektora AGH Jerzego Lisa

Komitet Honorowy:

prof. dr hab. inż. Danuta Bielewicz, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii WwNiG AGH,

prof. dr hab. inż. Stanisław Dubiel, Katedra Inżynierii Naftowej WwNiG AGH,

prof. dr hab. inż. Mariusz Dudziak, Dziekan Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej,

prof. dr hab. inż. Andrzej Gonet, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii WwNiG AGH,

prof. dr hab. inż. Mariusz Łaciak, Dziekan Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH,

prof. dr hab. inż. Stanisław Stryczek, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii WwNiG AGH,

prof. dr hab. inż. Rafał Wiśniowski, Prorektor ds. Współpracy AGH,

dr hab. inż. Paweł Bogacz, prof. AGH, Pełnomocnik Rektora ds. Kół Naukowych,

dr hab. inż. Jakub Kupecki, prof. IEn, Dyrektor Instytutu Energetyki, Instytut Energetyki - Instytut Badawczy,

dr hab. inż. Marek Jaszczur, prof. AGH, Prodziekan Wydziału Energetyki i Paliw ds. Kształcenia,

dr hab. inż. Aneta Sapińska-Śliwa, prof. AGH, Prodziekan WwNiG ds. Studiów Stacjonarnych,

dr hab. inż. Tomasz Śliwa, prof. AGH, Kierownik Laboratorium Geoenergetyki AGH,

dr hab. inż. Jan Ziaja, prof. AGH, Kierownik Katedry Wiertnictwa i Geoinżynierii AGH.

Komitet Naukowy:

dr hab. inż. Jan Ziaja, prof. AGH – Przewodniczący,

dr hab. inż. Marek Jaszczur, prof. AGH,

dr hab. inż. Dariusz Knez, prof. AGH,

dr hab. inż. Tomasz Kujawa, prof. ZUT,

dr hab. inż. Aneta Sapińska-Śliwa, prof. AGH,

dr hab. inż. Tomasz Śliwa, prof. AGH,

dr hab. inż. Jerzy Wołoszyn, prof. AGH.

Międzynarodowy Komitet Naukowy:

Mohsen Assadi, PhD, Professor, Department of Energy and Petroleum Engineering, Faculty of Science and Technology, University of Stavanger, Norway,

Elżbieta Plaza, PhD, Professor, Department of Sustainable Development, Environmental Science and Engineering (SEED), School of Architecture and Built Environment (ABE), Royal Institute of Technology (KTH), Sweden,

Marc A. Rosen, PhD, Professor, Faculty of Engineering and Applied Science, Ontario Tech University, Canada,

Oleg Vytyaz, PhD, Professor, Director of the Institute of Petroleum Engineering of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine,

Oleksandr R. Kondrat, PhD, Professor, Head of Petroleum Production Department, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine,

Pavel Pospisil, PhD, Associate Professor, Department of Geotechnics and Underground Engineering, Faculty of Civil Engineering, VSB – Technical University of Ostrava, the Czech Republic,

Younes Noorollahi, PhD, Associate Professor, Department of Renewable Energy and Environmental Eng. Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, North Karegar St., Tehran, Iran,

Guðni Axelsson, PhD, Director, Forstöðumaður, GRÓ Geothermal Training Programme under the auspices of UNESCO, Urdarhvarf8, IS-203 Kópavogur, Iceland,

Adib Kalantar, PhD, Engineering and Business Department of Engineering, University of Borås, Sweden,

Lucjan Sajkowski, PhD, Department of Earth Resources and Materials, Hydrothermal Systems and Minerals Team, GNS Science, Wairakei Research Centre, New Zealand,

Aniko N. Toth, PhD, Geothermal Expert for the European Commission, Consultant in Geothermal Energy and Hydrocarbon Engineering, EU,

Michał Kruszewski, PhD, RWTH Aachen University, Engineering Geology and Hydrogeology Dpt.

Komitet Organizacyjny:

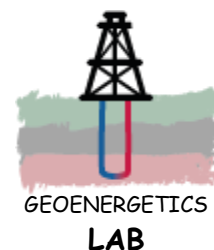
Tomasz Śliwa, Przewodniczący
Aneta Sapińska-Śliwa,
Olga Szydło,
Izabela Misztal,
Piotr Buliński,
Kacper Józwiak,
Justyna Lis,
Martyna Ciepiewska,
Jakub Koczorowski,
Tomasz Kowalski,
Mateusz Niziołek.

**III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”**



Organizacja Seminarium:

Laboratorium Geoenergetyki AGH
Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
Tel.: (+48)12 61722 17, kom. 664 05 63 30
Email: geotermia@agh.edu.pl



Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
Tel.: (+48) 12 617 22 06,
kwig.wnft.agh.edu.pl, email: ziaja@agh.edu.pl



University of Stavanger Department of Energy and Petroleum Engineering
Faculty of Science and Technology
Tel. +47 518 3310 00
email: post@uis.no



MuoviTech Polska
Sp. z o.o. ul. Wimmera 31
32-005 Niepołomice
Tel. +448668 441 162
email: szymon.rogozik@muovitech.com



Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła PORT PC
ul. Cechowa 51/48, 30-614 Kraków
email: justyna.lis@portpc.pl

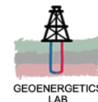


Wydawnictwo Laboratorium Geoenergetyki AGH (geotermia.agh.edu.pl)



Kraków 2023

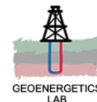
**III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”**



Spis treści

Analiza wykonania oraz interpretacji testów reakcji termicznej (TRT) dla czterech otworów o różnej głębokości w Dźwirzynie (woj. Zachodniopomorskie)	7
Badania świeżych zaczynów cementowych na bazie płuczki wiertniczej jako cieczy zarobowej pod kątem reologii, oraz stwardniałych, pod kątem przewodności cieplnej.....	8
Badania w dziedzinie energii geotermalnej na Uniwersytecie Technicznym w Ostrawie i Uniwersytecie w Vaasa.....	10
Cementowanie otworów geotermalnych. Celowość wykonywania i jego aspekty.....	11
Grawitacyjne i ciśnieniowe otworowe magazyny energii na terenie AGH w Krakowie.....	12
Innowacyjne metody wykonywania otworów wiertniczych w geoenergetyce	13
Kierunki rozwoju w budowie nowoczesnych urządzeń wiertniczych przeznaczonych do wierceń geotermalnych hydrogeologicznych i geotechnicznych	14
Kompozytowe rury TWS do przesyłu wód geotermalnych.....	15
Koncepcja minimalizacji ilości odpadów wiertniczych powstających podczas wiercenia otworów geotermalnych	16
Metody wiercenia otworów dla realizacji otworowych wymienników ciepła.....	17
Możliwości geoenergetycznego wykorzystania ciepła niskotemperaturowego ze studni przeznaczonych do likwidacji przy ulicy Drożdżowej w Krakowie	19
Nowy typ konstrukcji otworowego wymiennika ciepła.....	20
Poprawność zabiegu cementowania w otworach wiertniczych wykonywanych dla celów geotermalnych	21
Rola i techniczne kryteria kwalifikacji dla geotermii w taksonomii zrównoważonych środowiskowo działań Unii Europejskiej	22
Rozbudowa Laboratorium Geoenergetyki – poziomy (horyzontalny) otworowy wymiennik ciepła, dublet geotermalny oraz otworowe wymienniki ciepła z bezpośrednim parowaniem czynnika roboczego	24

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



Rozwój rynku gruntowych pomp ciepła w Polsce i Europie–stan aktualny oraz perspektywy.....	25
Rozwój wykorzystania zasobów geotermalnych w Polsce – stan obecny i działania Ministerstwa Klimatu i Środowiska	26
Wpływ przewodnictwa cieplnego stwardniałych zaczynów uszczelniających na oporność termiczną wymienników otworowych o różnej konstrukcji.....	28
Współdzyskiwanie ciepła i surowców z systemów geotermalnych.....	29
Wstępna analiza optymalizacji technologii wiercenia na podstawie wymienników otworowych w ZPP w Młoszowej .	30
Wyznaczenie czasu rozpoczęcia testu reakcji termicznej	31

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



**ANALIZA WYKONANIA ORAZ INTERPRETACJI TESTÓW REAKCJI
TERMICZNEJ (TRT) DLA CZTERECH OTWORÓW O RÓŻNEJ GŁĘBOKOŚCI
W DŹWIRZYNE (WOJ. ZACHODNIOPOMORSKIE)**

Tomasz Śliwa, Remigiusz Kunasz*

*Afiliacja: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Laboratorium Geoenergetyki,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

Autor do korespondencji: sliwa@agh.edu.pl*

Słowa kluczowe: TRT, geoenergetyka, Laboratorium Geoenergetyki AGH, otworowe wymienniki ciepła

Referat przedstawia badanie efektywnej przewodności cieplnej (λ_{ef}) w wymiennikach otworowych, oraz oporności cieplnej otworowych wymienników ciepła (R_b) za pomocą testów reakcji termicznej (TRT). Na działce budowlanej pod przyszłą inwestycję, budowę hotelu w miejscowości Dźwirzyno, wywiercono cztery otwory wiertnicze, kolejno o głębokościach: 250 m, 200 m, 150 m oraz 100 m.

Na każdym otworze przeprowadzono badanie TRT specjalnym urządzeniem, które posiada Laboratorium Geoenergetyki AGH. Całość prac terenowych oraz rejestracja wyników trwały od 4 do 31 sierpnia 2023 r.

Na podstawie wyników TRT wykonano analizę zależności głębokości, litologii od efektywnej przewodności cieplnej oraz oporności cieplnej otworowych wymienników ciepła. Przedstawiono wnioski odnośnie najkorzystniejszej opcji dla pokrycia zapotrzebowania ciepła i chłodu (mocy i energii) dla przyszłego hotelu w warunkach ograniczonej powierzchni terenu dla realizacji wierceń.

Badania były finansowane w ramach projektu „Innovation in Underground Thermal Energy Storages with Borehole Heat Exchangers (BHEsINNO)” uzyskanego przez AGH Akademię Górniczo-Hutniczą w ramach konkursu „POLNOR 2019” z tzw. funduszy norweskich za pośrednictwem NCBiR w Warszawie.

**PERFORMANCE ANALYSIS AND INTERPRETATION OF THERMAL
RESPONSE TESTS (TRT) OF FOUR BOREHOLES WITH VARYING DEPTHS IN
DŹWIRZYNO (WEST POMERANIAN VOIVODESHIP)**

Tomasz Śliwa, Remigiusz Kunasz*

*Affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Laboratory of Geoenergetics,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

Corresponding author: sliwa@agh.edu.pl*

Keywords: TRT, geoenergetics, Laboratory of Geoenergetics AGH UoK, borehole heat exchangers

The paper presents the study of the effective thermal conductivity in borehole heat exchangers (λ_{eff}) and the thermal resistance of borehole heat exchangers (R_b) using thermal response tests (TRT). Four boreholes of depths: 250 m, 200 m, 150 m and 100 m were drilled on a construction site of a future investment - a hotel in Dźwirzyno.

A TRT test was carried out for each borehole using a special device belonging to the AGH Laboratory of Geoenergetics.

**III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”**



The entirety of fieldwork and result registration was conducted from 4th to 31st of August 2023.

The analysis of the relationship between depth, lithology, effective thermal conductivity and thermal resistance of borehole heat exchangers was performed based on the TRT results. Conclusions were presented regarding the most advantageous case for covering the heating and cooling demand (power and energy) for a future hotel in conditions of limited drilling area.

The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014–2021 via the National Centre for Research and Development in Warsaw.

**BADANIA ŚWIEŻYCH ZACZYNÓW CEMENTOWYCH NA BAZIE PŁUCZKI
WIERTNICZEJ JAKO CIECZY ZAROBOWEJ POD KĄTEM REOLOGII, ORAZ
STWARDNIAŁYCH, POD KĄTEM PRZEWODNOŚCI CIEPLNEJ**

*Izabela Misztal¹, Jakub Drosik¹, Grzegorz Karczewski², Jarosław Ozimek², Tomasz Kowalski¹,
Aneta Sapińska-Śliwa^{*1}*

*Afiliacje: 1 – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Laboratorium Geoenergetyki,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

2 – DPS Sp. z o.o. Odwierty dla pomp ciepła, 55-040 Bielany Wrocławskie, ul. Dwa Światy 3F, www.dps.net.pl

Autor do korespondencji: ans@agh.edu.pl*

Słowa kluczowe: zaczyn cementowy, zaczyn uszczelniający, płuczka wiertnicza

Wykorzystanie mieszaniny płuczki wiertniczej i drobnych materiałów (zwiercin/urobku) będących odpadami wiertniczymi, jako materiału do sporządzenia receptury zaczynu cementowego/uszczelniającego może przynieść wymierne korzyści. Wykonane badania laboratoryjne pozwoliły na zaproponowanie zaczynu cementowego dla otworowych wymienników ciepła, dla gruntowych pomp ciepła. Badania zaczynów cementowych na bazie użytej płuczki wiertniczej wykonane były również pod kątem możliwości zastosowania użytej płuczki. Takie rozwiązanie powinno przyczynić się do obniżenia kosztów związanych z jej utylizacją. Wykorzystanie technologii geotermalnych pomp ciepła znajduje szersze zainteresowanie producentów oraz konsumentów, którzy coraz częściej wykorzystują odnawialne źródła energii i tym samym przyczyniają się do obniżenia emisji dwutlenku węgla.

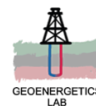
W niniejszych badaniach rozpatrzono możliwość wykonania zaczynów cementowych na bazie płuczki wiertniczej jako cieczy zarobowej. Wykonano badania laboratoryjne zarówno świeżych jak i stwardniałych zaczynów z dodatkiem grafitu jak i bez tego dodatku. Wyniki tej pracy wstępnie wskazują na możliwość zastosowania nowego zaczynu cementowego na bazie płuczki wiertniczej do otworowych wymienników ciepła.

Dodatek grafitu jako składnika receptury do świeżego zaczynu cementowego miał za zadanie zwiększyć wartość przewodnictwa cieplnego stwardniałego zaczynu.

Zwiększenie wartości przewodności cieplnej stwardniałego zaczynu cementowego pozwala na intensyfikację wymiany ciepła pomiędzy górotworem a nośnikiem w otworowym wymienniku ciepła, a tym samym poprawia efektywność energetyczną tej technologii. Redukuje więc docelowo liczbę otworów albo sumaryczną ich głębokość, ale kosztem wzrostu jednostkowej ceny otworu (zakup grafitu).

Wypadkowa analiza ekonomiczna może być jednak korzystniejsza na rzecz nowej, proponowanej technologii, ponieważ nie tylko zmniejsza się koszt realizacji otworów z racji zmniejszonego metrażu, ale także firma wiertnicza (czyli docelowo inwestor) nie musi ponosić kosztów utylizacji płuczki.

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



Badania zrealizowano w ramach projektu „Innovation in Underground Thermal Energy Storages with Borehole Heat Exchangers (BHEsINNO)” uzyskanego przez AGH Akademię Górniczo-Hutniczą w ramach konkursu „POLNOR 2019” z tzw. funduszy norweskich za pośrednictwem NCBiR w Warszawie.

RESEARCH ON RHEOLOGY OF FRESH CEMENT SLURRY AND THERMAL CONDUCTIVITY OF HARDENED CEMENT SLURRY WITH DRILLING MUD AS A MIXING FLUID

*Izabela Misztal¹, Jakub Drosik¹, Grzegorz Karczewski², Jarosław Ozimek², Tomasz Kowalski¹,
Aneta Sapińska-Śliwa^{*1}*

*Affiliations: 1 – AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Laboratory of Geoenergetics,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

2 – DPS Sp. z o.o. Odwierty dla pomp ciepła, 55-040 Bielany Wrocławskie, ul. Dwa Światy 3F, www.dps.net.pl

Corresponding author: ans@agh.edu.pl*

Keywords: cement slurry, sealing slurry, drilling mud

Using a mixture of drilling mud and small drilling waste materials (cuttings) for preparing a cement/sealing slurry can bring tangible benefits. The conducted laboratory research allows for proposing a cement slurry formula adequate for borehole heat exchangers and ground heat pumps. Cement slurries were also tested regarding the possibility of adding the used drilling mud to the formula. This solution should contribute to the cost reduction of mud utilization. The use of geothermal heat pump technology is gaining wider interest among both producers and consumers, who are using renewable energy sources more frequently and thus contribute to carbon dioxide emissions reduction.

The presented research examines the possibility of creating cement slurries with drilling mud as the mixing fluid. Laboratory tests were performed on both fresh and hardened slurries with and without the addition of graphite. The preliminary results of this work indicate the possibility of using the new cement slurry formula based on drilling mud for borehole heat exchangers.

The addition of graphite to the fresh cement slurry formula was intended to increase the thermal conductivity of the hardened slurry.

The increase in the thermal conductivity value of the hardened cement slurry allows for intensification of heat exchange between the rock mass and the heat carrier fluid in the borehole heat exchanger, and thus improves the energy efficiency of this technology. Therefore, it ultimately reduces the number of boreholes or their total depth, but at the cost of increasing the unit price of the well (price of graphite).

However, the resulting economic analysis may be more in favour of the newly proposed technology, as it not only decreases the cost of drilling due to the reduced size, but also frees the drilling company (ultimately the investor) from the costs of mud disposal.

The research was conducted as part of the project "Innovation in Underground Thermal Energy Storages with Borehole Heat Exchangers (BHEsINNO)" obtained by AGH University of Science and Technology as part of the "POLNOR 2019" through NCBiR in Warsaw.

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



BADANIA W DZIEDZINIE ENERGII GEOTERMALNEJ NA UNIWERSYTECIE TECHNICZNYM W OSTRAWIE I UNIWERSYTECIE W VAASA

*Pavel Pospisil*¹, Nada Rapantova¹, Jiri Koziorek¹, Birgitta Martinkauppi²*

*Afiliacje: 1 – VSB Technical University of Ostrava, 17. listopadu 2172, 70800 Ostrava-Poruba, Czechy
2 – University of Vaasa, Yliopistonranta 10, 65200 Vaasa, Finlandia*

Autor do korespondencji: pavel.pospisil@vsb.cz*

Słowa kluczowe: płytką geotermia, badania naukowe, laboratorium innowacji

Badania w dziedzinie energii geotermalnej na Uniwersytecie Technicznym VSB w Ostrawie są obecnie wspierane dzięki zaangażowaniu w projekt Horyzont 2020 „Energia geotermalna w specjalnych konstrukcjach podziemnych”, w ramach którego VSB współpracowało z Instytutem Fraunhofera IWU (Niemcy) i Uniwersytetem w Vaasa (Finlandia). Badania opierają się na ponad 15-letnim doświadczeniu w działaniu otworowych wymienników ciepła na terenie VSB, gdzie do tej pory wykonano 220 odwiertów o łącznej długości ponad 30 km. Tematyka badań skupia się na powiązaniu laboratoryjnych pomiarów właściwości termicznych skał, eksperymentów na stanowiskach pilotażowych i analizy wyników uzyskanych z rzeczywistych instalacji, które pełnią funkcję laboratorium innowacji. Nacisk położony jest na symulację przepływów energii cieplnej w oparciu o rzeczywiste pomiary w obiektach pilotażowych, prowadzącą do optymalizacji przepływów energii cieplnej do ogrzewania i chłodzenia oraz weryfikacji możliwości magazynowania energii cieplnej w skale (otworowe wymienniki ciepła lub specjalne sztuczne konstrukcje). Przeanalizowano numeryczne symulacje propagacji ciepła z/do otworowego wymiennika ciepła, insolacji i propagacji energii słonecznej w płytkiej strefie na terenie kampusu Uniwersytetu Vaasa oraz dane z laboratorium innowacji w Suvilahti.

GEOTHERMAL ENERGY RESEARCH AT VSB TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA AND VAASA UNIVERSITY

*Pavel Pospisil*¹, Nada Rapantova¹, Jiri Koziorek¹, Birgitta Martinkauppi²*

*Affiliations: 1 – VSB Technical University of Ostrava, 17. listopadu 2172, 70800 Ostrava-Poruba, Czech Republic
2 – University of Vaasa, Yliopistonranta 10, 65200 Vaasa, Finland*

Corresponding author: pavel.pospisil@vsb.cz*

Keywords: shallow geothermal energy, research, living lab

Research in the field of geothermal energy at VSB Technical University Ostrava is currently accelerated by the involvement in the Horizon 2020 project "Geothermal energy in Special Underground Structures", where VSB collaborated with the Fraunhofer Institute IWU (Germany) and the University of Vaasa (Finland). The research is based on more than 15 years of experience with BHE operations on the VSB site, where 220 boreholes with a total length of over 30 km have been drilled so far. The thematic focus of the research is on linking laboratory measurements of thermal properties of rocks, experiments at pilot sites and analysis of results obtained from real installations that serve as a living laboratory. The focus is on the simulation of thermal energy flows based on real measurements at pilot sites leading to

**III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”**



the optimization of thermal energy flows for heating and cooling and the verification of the possibility of thermal energy storage in reservoirs (borehole heat exchangers or special man-made structures). Numerical simulations of heat propagation from/in a borehole heat exchanger, solar thermal energy insolation and propagation in a shallow zone in the Vaasa University campus and data from the living lab in Suvilahti were assessed.

CEMENTOWANIE OTWORÓW GEOTERMALNYCH. CELOWOŚĆ WYKONYWANIA I JEGO ASPEKTY

Małgorzata Formela-Rydarowicz, Tomasz Kowalski, Przemysław Toczek, Albert Złotkowski*

Afiliacja: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Autor do korespondencji: mformela@agh.edu.pl*

Słowa kluczowe: cementowanie otworów, otwory geotermalne, zaczyny cementowe, zaczyny uszczelniające

Ciepło Ziemi udostępnia się najczęściej otworami wiertniczymi, poprzez wykonywanie pali energetycznych czy instalację otworowych wymienników ciepła, głębokich otworowych wymienników ciepła oraz otworów geotermalnych, a także za pomocą systemów HDR/EGS. Jednym z ważniejszych elementów konstrukcyjnych otworów wiertniczych przeznaczonych do celów geotermalnych jest ich uszczelnienie zaczynami cementowymi. Powinny one po stwardnieniu posiadać odpowiednie parametry wytrzymałościowe. Receptura zaczynu cementowego powinna umożliwiać zachowanie odpowiednich parametrów zarówno dla świeżego jak i stwardniałego zaczynu, do których można zaliczyć m.in. gęstość, parametry reologiczne, parametry wytrzymałościowe oraz przewodnictwo cieplne. W zależności od przeznaczenia otworów oraz warunków geologiczno-złożowych w recepturach używa się odpowiednio dobranych dodatków oraz domieszek, regulujących parametry zaczynu uszczelniającego. Zaczyn powinien być sporządzony oraz zatłoczony zgodnie z wybranym algorytmem cementowania. Podstawowym warunkiem poprawnego oraz skutecznego wykonania zabiegu cementowania jest utrzymanie odpowiednich wartości parametrów technologicznych przetłaczania zaczynów cementowych na poziomie określonym w realizowanym projekcie i w czasie uwzględniającym początek wiązania.

Praca powstała w ramach subwencji Katedry Wiertnictwa i Geoinżynierii nr 16.16.190.779 (Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie).

CEMENTING OF GEOTHERMAL BOREHOLES. THE ADVISABILITY OF DRILLING AND ITS ASPECTS

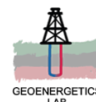
Małgorzata Formela-Rydarowicz, Tomasz Kowalski, Przemysław Toczek, Albert Złotkowski*

Affiliation: AGH University of Science and Technology, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Department of Drilling and Geoengineering, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Corresponding author: mformela@agh.edu.pl*

Keywords: borehole cementing, geothermal boreholes, cement slurries, sealing slurries

**III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”**



The Earth's heat is most often made available through drilled wells, the construction of energy piles or the installation of borehole heat exchangers, deep borehole heat exchangers and geothermal wells, as well as through HDR/EGS systems. One of the important structural elements of boreholes intended for geothermal purposes is their sealing with cement slurries. After hardening, they should have appropriate strength parameters. Such a formula should enable maintaining appropriate parameters of both fresh and hardened slurry, which include, among others: density, rheological parameters, strength parameters and thermal conductivity. Depending on the wells' purpose and the geological and deposit conditions, the formulas use appropriately selected additives and admixtures that regulate the parameters of the sealing slurry. The grout should be prepared and injected following the selected cementation algorithm. The basic condition for the correct and effective execution of the cementing procedure is to maintain the appropriate values of technological parameters for pumping cement slurries at the level specified in the executed project and in time when the beginning of setting process has been considered.

The work was created under the subsidy of the Department of Drilling and Geoengineering No. 16.16.190.779 (Faculty of Drilling, Oil and Gas, AGH University of Science and Technology in Krakow).

GRAWITACYJNE I CIŚNIENIOWE OTWOROWE MAGAZYNY ENERGII NA TERENIE AGH W KRAKOWIE

*Jakub Drosik, Tomasz Śliwa**

*Afiliacja: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Laboratorium Geoenergetyki WWNIG AGH,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, geotermia.agh.edu.pl*

Autor do korespondencji: sliwa@agh.edu.pl*

Słowa kluczowe: geoenergetyka, magazynowanie energii, otwory wiertnicze

Za sprawą rozwoju technologii energetycznych związanych z energią słońca czy też energią wiatru zachodzi potrzeba magazynowania energii. Obecnie istnieją rozwiązania pozwalające magazynować energię, jednakże są one obciążone problemami takimi jak np. wysokie koszty inwestycyjne. Jednym z rozwiązań jest wykorzystanie otworów wiertniczych do celów energetycznych. Istnieją koncepcje magazynowania energii za pomocą energii potencjalnej grawitacji, oraz energii sprężonego powietrza. W niniejszym referacie rozpatrzono możliwość adaptacji istniejących otworów wiertniczych na otworowe magazyny energii, jak i działanie całego systemu. Przedstawiono konstrukcję systemów zlokalizowanych na terenie kampusu AGH w Krakowie, jak i potencjalne możliwości wykorzystania całej koncepcji w zastosowaniu praktycznym – sieciowym oraz indywidualnym.

Praca zrealizowana w ramach środków programu „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza” w AGH.

GRAVITATIONAL AND PRESSURE ENERGY STORAGE ON THE AGH UST CAMPUS

*Jakub Drosik, Tomasz Śliwa**

Affiliation: AGH University of Krakow, Laboratory of Geoenergetics, 30 Mickiewicza Av. 30-059 Krakow, Poland

Corresponding author: sliwa@agh.edu.pl*

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



Keywords: geoenergetics, energy storage, boreholes

Due to the development of energy technologies related to solar and wind energy, there is a need for energy storage. Currently, there are solutions allowing for energy storage, but they are burdened with several issues such as high investment costs. One of the solutions is the utilization of drilling boreholes for energy purposes. Concepts of energy storage through gravitational potential and compressed air energy are already in existence. In this paper, the possibility of adapting existing drilling holes for borehole energy storage is considered, as well as the operation of the entire system. The design of systems located on the AGH UoK campus in Krakow is presented, along with potential possibilities of utilizing the entire concept in practical applications – both on a network scale and individually.

The work was carried out under the funds of the "Excellence Initiative - Research University" program at AGH.

INNOWACYJNE METODY WYKONYWANIA OTWORÓW WIERTNICZYCH W GEOENERGETYCE

Przemysław Toczek, Tomasz Kowalski, Krzysztof Skrzypaszek, Albert Złotkowski*

Afiliacja: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie Wydział Wiertnictwa Nafty i Gazu, wnig.agh.edu.pl

Autor do korespondencji: toczek@agh.edu.pl*

Słowa kluczowe: metody wiercenia, wiercenia impulsem elektrycznym, wiercenia plazmowe, wiercenia hydrauliczne, energia geotermalna

Klasyfikacja metod wiercenia jest zależna od wielu czynników, takich jak rodzaj mechanizmu napędowego, rodzaj sposobu i narzędzia wiertniczego używanego do urabiania formacji skalnej, średnicy końcowej otworu, parametry procesu wiercenia, budowa geologiczna w miejscu wykonywania prac, a także innych nie wymienionych w zależności od przeznaczenia wykonywanego otworu wiertniczego. Powyższe czynniki mają pośredni lub bezpośredni wpływ na prędkość wiercenia (ang. ROP – rate of penetration), a co za tym idzie, wpływają na jednostkowe i całkowite koszty wiercenia. Mała prędkość wiercenia, przy jednoczesnym wysokim koszcie poszukiwania i udostępniania złóż węglowodorów, wód mineralnych oraz geotermalnych, powoduje poszukiwanie nowatorskich rozwiązań urabiania skał. Obecnie do wykonywania otworów wiertniczych dla celów geoenergetyki stosuje się głównie metody obrotowe oraz udarowo-obrotowe. Płytkie otwory geotermalne wykonywane są głównie metodą obrotową oraz z użyciem metody dolnego młotka, a coraz częściej, wierceń sonicznych oraz geotermalnych otworów radialnych. W referacie pokazano stosowane do tej pory metody wiertnicze. Szczególną uwagę autorzy zwracają na możliwość aplikacji nowatorskich metod urabiania skał, takich jak wiercenia plazmowe, wiercenia z wykorzystaniem impulsu elektrycznego, czy wiercenia hydrauliczne, które zostały zaprezentowane w niniejszej pracy. Ponadto, wskazano sposoby zagospodarowania energii geotermalnej.

Praca powstała w ramach subwencji Katedry Wiertnictwa i Geoinżynierii nr 16.16.190.779 (Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie).

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



INNOVATION METHODS OF BOREHOLE DRILLING IN GEONERGETICS

Przemysław Toczek, Tomasz Kowalski, Krzysztof Skrzypaszek, Albert Złotkowski*

Affiliation: AGH University of Krakow, Drilling Oil and Gas Faculty, wnig.agh.edu.pl

Corresponding author: toczek@agh.edu.pl*

Keywords: drilling methods, electric impulse rock breaking methods, plasma drilling, hydraulic drilling technology, geothermal energy

The classification of drilling methods depends on a number of factors, such as the type of driving mechanism, the type of drilling method and tool used to excavate the rock formation, the end diameter of the hole, the parameters of the drilling process, the geological structure at the site and others not mentioned depending on the purpose of the drill hole being drilled. The above factors have a direct or indirect impact on the drilling speed (ROP - rate of penetration) and thus affect the unitary and total cost of drilling. The low drilling speed, combined with the high cost of exploring and accessing hydrocarbon, mineral and geothermal deposits, leads to the search for innovative solutions for mining the rock. Currently, rotary and percussion methods are mainly used to drill wells for geothermal purposes. Shallow geothermal boreholes are mainly drilled using rotary and bottom hammer methods, and increasingly, sonic drilling and radial geothermal boreholes. The article shows the drilling methods used to date. Special attention is paid by the authors to the possibility of applying innovative methods of rock breaking such as plasma drilling, electric pulse drilling and hydraulic drilling, which are presented in this work. Above that, ways of developing geothermal energy are indicated.

The work was created under the subsidy of the Department of Drilling and Geoengineering No. 16.16.190.779 (Faculty of Drilling, Oil and Gas, AGH University of Science and Technology in Krakow).

KIERUNKI ROZWOJU W BUDOWIE NOWOCZESNYCH URZĄDZEŃ WIERTNICZYCH PRZEZNACZONYCH DO WIERCEŃ GEOTERMALNYCH HYDROGEOLOGICZNYCH I GEOTECHNICZNYCH

*Konrad Skrzypiec, Michał Wójcik**

Afiliacja: GEOD Przedsiębiorstwo Wielobranżowe Michał Wójcik, ul. Skośna 12, 30-838 Kraków, www.geod.pl

Autor do korespondencji: m.wojcik@geod.pl*

Słowa kluczowe: taksonomia UE, geotermia, wiertnictwo, urządzenia wiertnicze, wiercenia hydrogeologiczne, wiercenia geotechniczne

W referacie omówiono współczesne tendencje w wierceniach otworów geotermalnych i hydrogeologicznych w zakresie głębokości do 300 i 500 m. Przedstawione zostały założenia do budowy maszyn i związane z nimi ograniczenia będące podstawą do produkcji maszyn wysoko specjalistycznych przeznaczonych do wiercenia otworów w ściśle określonym schemacie konstrukcji otworu przy zastosowaniu ściśle określonej metody wiercenia.

Dla zobrazowania postawionej tezy omówione zostały konkretne modele urządzeń wiertniczych. We wnioskach omówione zostały konsekwencje jakie za sobą niesie wybór specjalistycznej maszyny wiertniczej oraz wskazania dotyczące istotności parametrów urządzenia w procesie podejmowania decyzji o zakupie nowej jednostki.

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



DIRECTIONS OF DEVELOPMENT IN THE CONSTRUCTION OF MODERN DRILLING EQUIPMENT DESIGNED FOR GEOTHERMAL, HYDROGEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL DRILLING

*Konrad Skrzypiec, Michał Wójcik**

Affiliation: GEOD Przedsiębiorstwo Wielobranżowe Michał Wójcik, ul. Skośna 12, 30-838 Kraków, www.geod.pl

Corresponding author: m.wojcik@geod.pl*

Keywords: EU taxonomy, geothermal, drilling, drilling equipment, hydrogeological drilling, geotechnical drilling

The paper discusses modern trends in drilling geothermal and hydrogeological boreholes in the depth range up to 300 and 500 m. The assumptions for the construction of machines and the related limitations that are the basis for the production of highly specialized machines designed to drill holes in a strictly defined scheme of hole construction using a strictly defined drilling method are presented.

Specific models of drilling equipment are discussed to illustrate the thesis. In the conclusions, the consequences of choosing a specialized drilling machine are discussed, as well as indications of the relevance of the parameters of the equipment in the decision-making process for purchasing a new unit.

KOMPOZYTOWE RURY TWS DO PRZESYŁU WÓD GEOTERMALNYCH

Dariusz Wilk, Krzysztof Szolkowski**

Afilacja: Atagor Sp. z o.o., ul. Gen. Sikorskiego 22, 32-540 Trzebinia, atagor.com

Autorzy do korespondencji: dariusz.wilk@atagor.com; krzysztof.szolkowski@atagor.com*

Słowa kluczowe: rury TWS, rurociągi geotermalne; rury bezkorozyjne

Rury TWS (Tworzywo Wzmocnione Szklęm) zbudowane są z włókna szklanego oraz żywicy, których kontrybucja to odpowiednio wytrzymałość mechaniczna oraz odporność chemiczna, dlatego rozwój i wszechstronność rur TWS jest skorelowana z rozwojem branży chemicznej, która dostarcza coraz nowszych rozwiązań, począwszy od żywic poliestrowych, epoksydowych, winyloestrowych, do żywic podlegających recydingowi czy bezstyrenowych. Niewątpliwą zaletą stosowania rur TWS w projektach geotermalnych jest ich wysoka odporność chemiczna, antyabrazyjność, całkowita odporność na korozję w środowisku solankowym, łatwość ich przetwarzania – modyfikowania w warunkach budowy.

Dodatkowo można dowolnie modyfikować diagram zbrojenia tak, aby rury uzyskały większą sztywność obwodową lub odporność na ciśnienie wewnętrzne albo wytrzymałość osiową. Rury TWS doskonale nadają się do układania w gruncie jako rurociągi ciśnieniowe, co potwierdzają niezależne badania.

Tematem referatu będzie studium przypadku dwóch projektów rurociągowych- geotermalnych w mieście Koło oraz Sieradz.

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



COMPOSITE GRP PIPES FOR GEOTHERMAL WATER TRANSMISSION

Dariusz Wilk, Krzysztof Szolkowski**

Affiliation: Atagor Sp. z o.o., ul. Gen. Sikorskiego 22, 32-540 Trzebinia, atagor.com

Corresponding authors:dariusz.wilk@atagor.com; krzysztof.szolkowski@atagor.com*

Keywords: GRP pipes, geothermal pipelines, corrosion free pipes

GRP (Glass Reinforced Plastic) pipes are made of fiberglass and resin, whose contribution is mechanical strength and chemical resistance, respectively. Therefore, the development and versatility of GRP pipes is correlated with the development of the chemical industry, which provides more and more new solutions from polyester, epoxy, vinylester resins to recyclable or styrene-free resins.

The unquestionable advantage of using GRP pipes in geothermal projects is their high chemical resistance, anti-abrasiveness, total resistance to corrosion in saline environments, ease of processing - modification under construction conditions.

In addition, the reinforcement diagram can be freely modified so that the pipes achieve greater circumferential stiffness or resistance to internal pressure or axial strength. GRP pipes are perfectly suitable as buried pressure pipelines, which is confirmed by independent studies.

The topic of the paper will be a case study of two pipeline-geothermal projects in Koło and Sieradz cities.

KONCEPCJA MINIMALIZACJI ILOŚCI ODPADÓW WIERTNICZYCH POWSTAJĄCYCH PODCZAS WIERCENIA OTWORÓW GEOTERMALNYCH

Aleksandra Jamrozik, Albert Złotkowski*

Afiliacja: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, wni.g.agh.edu.pl

Autor do korespondencji:jamrozik@agh.edu.pl*

Słowa kluczowe: otwory geotermalne, odpady wiertnicze, zagospodarowanie odpadów wiertniczych

Przez minimalizację ilości odpadów rozumie się działanie mające na celu zmniejszenie objętości powstałych substancji odpadowych w procesach przemysłowych, w tym również podczas prowadzenia prac wiertniczych. Ich minimalizacja odbywa się w wyniku prowadzenia procesów mechanicznych, fizycznych, chemicznych i termo-barycznych, w wyniku których następuje oddzielenie fazy stałej od ciekłej, strącenie fazy stałej, zagęszczenie fazy stałej oraz odparowanie fazy ciekłej.

Odpady wiertnicze wchodzi w skład szerszej grupy odpadów, nazywanych odpadami wydobywczymi. Za odpady wydobywcze uznawane są odpady powstające przy poszukiwaniu, wydobywaniu, fizycznej i chemicznej przeróbce rud metali oraz innych kopalni, w tym gazu ziemnego, ropy naftowej i wód termalnych. Zagospodarowanie tego typu odpadów, ze względu na ich właściwości i znaczne ilości występowania, stwarza duże problemy. Nieodpowiednie ich składowanie, przetwarzanie oraz transport, tworzy ryzyko wystąpienia zagrożenie dla środowiska.

W pracy Autorzy zamieścili opis koncepcji wykorzystania procesów termicznych do minimalizacji ilości odpadów

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



wiertniczych powstających podczas prowadzenia prac wiertniczych.

Praca powstała w ramach subwencji Katedry Wiertnictwa i Geoinżynierii nr 16.16.190.779 (Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie).

THE CONCEPT OF MINIMIZING THE AMOUNT OF DRILLING WASTE GENERATED DURING GEOTHERMAL DRILLING OPERATIONS

Aleksandra Jamrozik, Albert Złotkowski*

Affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, wnig.agh.edu.pl

Corresponding author: jamrozik@agh.edu.pl*

Keywords: geothermal wells, drilling waste, management of drilling waste

Minimizing the amount of waste is defined as actions aimed at reducing the volume of waste materials generated in industrial processes, including drilling operations. This minimization occurs through mechanical, physical, chemical, and thermo-baric processes, leading to the separation of solid and liquid phases, solid phase precipitation, solid phase thickening, and liquid phase evaporation.

Drilling waste is a subset of a broader category known as mining waste. Extractive waste encompasses materials generated during the exploration, extraction, physical and chemical processing of metal ores, as well as other minerals, including natural gas, crude oil, and thermal waters. Managing this type of waste presents significant challenges due to its properties and large quantities. Inadequate storage, processing, and transportation pose environmental risks.

Within this study, the authors have provided a description of the concept involving the use of thermal processes to minimize the production of drilling waste during drilling operations.

The work was created under the subsidy of the Department of Drilling and Geoengineering No. 16.16.190.779 (Faculty of Drilling, Oil and Gas, AGH University of Science and Technology in Krakow).

METODY WIERCENIA OTWORÓW DLA REALIZACJI OTWOROWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA

Tomasz Śliwa, Piotr Buliński*

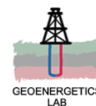
Afiliacja: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Laboratorium Geoenergetyki WWNIG AGH, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, geotermiaagh.edu.pl

Autor do korespondencji: sliwa@agh.edu.pl*

Słowa kluczowe: metoda udarowo-obrotowa, metoda obrotowa, wiertnictwo, HDD, geoenergetyka, gruntowe pompy ciepła

Otworowe wymienniki ciepła to otwory wiertnicze wykonywane w celu pozyskiwania ciepła Ziemi. Z reguły są to

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



płytkie otwory, które wiercone są metodą obrotową na płuczki wiertniczą. W metodzie tej skała jest zwiercana przez świder (najczęściej skrawający lub gryzowy), który wykonuje ruch obrotowy. W przypadku wiercenia otworowych wymienników ciepła średnica świdra rzadko przekracza 143 mm. Wobec tego takie wiercenia klasyfikowane są jako wiercenia mało średnicowe. Bardzo ważną funkcję w metodzie obrotowej pełni płuczka wiertnicza, której głównym zadaniem jest wynoszenie zwiercin (urobku) z dna otworu na powierzchnię – stąd nazwa. Inne zadania to m.in. zapobieżenie dopływom wód podziemnych do otworu, wywarcie przeciwcisnienia na ścianę otworu (stabilizacja otworu).

Do najpopularniejszej alternatywy wobec metody obrotowej zalicza się metodę udarowo-obrotową. Stosuje się ją generalnie do wiercenia w skałach o dużej (większej) twardości. W tej metodzie rolę napędu oraz płuczki wiertniczej pełni sprężone powietrze. Niezależnie od metody, proces wiercenia jest najbardziej kosztownym czynnikiem przy wykonywaniu instalacji opartej o wymienniki otworowe. Konieczne jest więc szukanie sposobu na zoptymalizowanie wiercenia pod kątem czynników kosztotwórczych. W przypadku metody obrotowej głównym kryterium będzie wpływ nacisku oraz prędkości obrotowej na czas wiercenia, natomiast w przypadku metody udarowo-obrotowej, nacisk jest „zastępowany” przez ciśnienie sprężonego powietrza. Kwestia optymalizacji jest lepiej zbadana w przypadku metody obrotowej, z uwagi na jej większą popularność wobec metody udarowo-obrotowej. Wynika to z jej głównego i długoczasowego stosowania w przemyśle naftowym.

Trzecim sposobem wiercenia otworów dla wykonania wymienników otworowych jest metoda stosowana w inżynierii bezwykopowej (dział geoinżynierii) – metoda HDD, z ang. *horizontal directional drilling*. Można dzięki niej realizować poziome (horyzontalne) otworowe wymienniki ciepła. Instalacja taka działa już w Laboratorium Geoenergetyki, służąc poza badaniami także ogrzewaniu i klimatyzacji wnętrza pawilonu D2 na terenie AGH w Krakowie. Kolejną metodą są wiercenia okrętne, które są stosowane do wykonywania otworów dla spiralnych otworowych wymienników ciepła oraz wymienników w palach nośnych (termopalach).

M.in. zagadnieniem optymalizacji wiercenia metodą udarowo-obrotową, obrotową i HDD w zastosowaniach geoenergetycznych zajmuje się zespół Laboratorium Geoenergetyki AGH.

Badania były finansowane w ramach projektu „Innovation in Underground Thermal Energy Storages with Borehole Heat Exchangers (BHEsINNO)” uzyskanego przez AGH Akademię Górniczo-Hutniczą w ramach konkursu „POLNOR 2019” z tzw. funduszy norweskich za pośrednictwem NCBiR w Warszawie.

DRILLING METHODS FOR BOREHOLE HEAT EXCHANGERS IMPLEMENTATION

Tomasz Śliwa, Piotr Buliński*

*Affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Laboratory of Geoenergetics,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, geotermia.agh.edu.pl*

**Corresponding author*: sliva@agh.edu.pl*

Keywords: rotary-percussive method, rotary method, drilling, HDD, geoenergetics, ground heat pumps

Borehole heat exchangers are boreholes drilled to extract heat from the Earth. Typically, these are shallow boreholes drilled using a rotary method with drilling mud. In this method, the rock is drilled by a rotating bit (most often fixed cutter or roller cone bits). When drilling borehole heat exchangers, the drill bit diameter rarely exceeds 143 mm. Therefore, such drillings are classified as small-diameter drillings. Drilling mud plays a very important role in the rotary method, its main task is to carry cuttings from the bottom of the hole to the surface - hence the name. Other tasks include: preventing groundwater from flowing into the borehole and exerting counter-pressure on the borehole wall (bottom

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



stabilization).

The most popular alternative to the rotary method is the rotary-percussive method. It is generally used for drilling in rocks of greater hardness. In this method, compressed air serves as both the drive and the drilling mud. Regardless of the method, the drilling process is the most expensive factor when performing an installation based on borehole exchangers. It is therefore necessary to look for a way to optimize drilling in terms of cost factors. In the case of the rotary method, the main criterion will be the influence of load and rotational speed on the drilling time, while in the case of the rotary-percussive method, the load is replaced by the pressure of compressed air. The issue of optimization is better researched in the case of the rotary method, due to its greater popularity compared to the rotary-percussive method. This is due to its main and long-term use in the petroleum industry.

The third method of drilling boreholes for borehole heat exchangers is the method used in trenchless engineering (geoengineering) - the HDD method (horizontal directional drilling). It allows for the implementation of horizontal borehole heat exchangers. Such an installation is already in operation in the Laboratory of Geoenergetics, and apart from research, it is also used to heat and air-condition the interior of the D2 pavilion at the AGH University of Science and Technology in Krakow. Another method is manual drilling for spiral-type borehole heat exchangers and exchangers in load-bearing piles (thermopiles).

The issue of optimizing drilling using the rotary-percussive, rotary and HDD methods in geoenergetic applications is researched by the team of AGH Laboratory of Geoenergetics.

The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014–2021 via the National Centre for Research and Development in Warsaw.

MOŻLIWOŚCI GEOENERGETYCZNEGO WYKORZYSTANIA CIEPŁA NISKOTEMPERATUROWEGO ZE STUDNI PRZEZNACZONYCH DO LIKWIDACJI PRZY ULICY DROŹDZOWEJ W KRAKOWIE

*Tomasz Śliwa*¹, Olga Szydło¹, Remigiusz Kunasz¹, Krzysztof Budny²*

*Afiliacje: 1 – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Laboratorium Geoenergetyki,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

2 – DABI SM BUDNY Sp. z o.o. Sp. K. ul. Romualda Traugutta 352, 43-502 Czechowice-Dziedzice, Polska

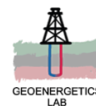
*Autor do korespondencji: *sliwa@agh.edu.pl*

Słowa kluczowe: geoenergetyka, otworowe wymienniki ciepła, ciepło niskotemperaturowe, studnie, geotermia, geotermalne pompy ciepła

W dzisiejszych czasach można zaobserwować coraz większe zainteresowanie energią ze źródeł odnawialnych. Spowodowane jest to wzrostem świadomości społeczeństwa w odniesieniu do konieczności ochrony środowiska naturalnego, czy też zapewnienia neutralności energetycznej. Od niedawna branża budowlana kieruje się ideą tworzenia obiektów charakteryzujących się mniejszym zużyciem energii, a nawet zero-emisyjności. W referacie opisano opracowanie geoenergetyczne przedstawiające trzy koncepcje wykorzystania ciepła niskotemperaturowego ze studni przeznaczonych do likwidacji przy ul. Drożdżowej w Krakowie. Zaproponowano również odniesienie do rozwoju inteligentnych sieci ciepłowniczych w ramach ich 5ej generacji.

Praca powstała w ramach subwencji Katedry Wiertnictwa i Geoinżynierii nr 16.16.190.779 (Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie).

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



POSSIBILITIES OF GEOENERGETIC USE OF LOW-TEMPERATURE HEAT FROM WELLS INTENDED FOR LIQUIDATION AT DROŻDZOWA STREET IN KRAKOW

*Tomasz Śliwa*¹, Olga Szydło¹, Remigiusz Kunasz¹, Krzysztof Budny²*

Affiliations: 1 – AGH University of Kraków, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Laboratory of Geoenergetics, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, geotermia.agh.edu.pl

2 – DABI SM BUDNY Sp. z o.o. Sp. K. ul. Romualda Traugutta 352, 43-502 Czechowice-Dziedzice

**Corresponding author: *sliwa@agh.edu.pl*

Keywords: geoenergetics, borehole heat exchangers, low-temperature heat, wells, geothermics, geothermal heat pumps

Nowadays, there is an increasing interest in energy from renewable sources. This is due to the increase in society's awareness of the need to protect the natural environment and ensure energy neutrality. Recently, the construction industry has been guided by the idea of creating facilities with lower energy consumption and even zero emission. The paper describes a geoenergetics study presenting three concepts for the use of low-temperature heat from wells intended for liquidation at Drożdżowa Street in Krakow. A reference to the development of intelligent heating networks of 5th generation was also proposed.

The work was created under the subsidy of the Department of Drilling and Geoengineering No. 16.16.190.779 (Faculty of Drilling, Oil and Gas, AGH University of Science and Technology in Krakow).

NOWY TYP KONSTRUKCJI OTWOROWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA

Michał Szczytowski, Szymon Rogozik, Hubert Wolski*

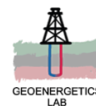
*Afiliacja: MuoviTech Polska Sp. z o.o. Niepołomska Strefa Przemysłowa Sektor A
ul. Wimmera 31, 32-005 Niepołomice, www.muovitech.com/PL/*

Autor do korespondencji: michal.szczytowski@muovitech.com*

Słowa kluczowe: centryczny otworowy wymiennik ciepła, nowy typ konstrukcji otworowego wymiennika ciepła

Szybki rozwój rynku gruntowych pomp ciepła stawia nowe wyzwania przed dostawcami i wykonawcami systemów tzw. dolnych źródeł zasilania w energię cieplną. Gruntowe pompy ciepła za pomocą otworowych wymienników ciepła pozwalają pozyskać energię znajdująca się w górotworze i przekształcić ją na energię użytkową na potrzeby grzewcze lub chłodnicze. Otworowe wymienniki wykonywane są zarówno w nowobudowanych budynkach, ale też (np. przy okazji termomodernizacji) już istniejących. W wielu przypadkach, ze względu na ograniczoną ilość miejsca (np. gęstą zabudowę i występowanie sieci infrastruktury) nie jest możliwe wykonanie instalacji o odpowiedniej mocy. Zastosowanie nowego typu otworowego wymiennika ciepła zaprojektowanego w Szwecji i wykonanego w Młoszowej przez firmę MuoviTech pozwala, przy ograniczonej ilości dostępnego miejsca, przezwyciężyć problem i wykonanie instalacji o odpowiedniej mocy dzięki zwiększeniu głębokości otworów. To z kolei uzyskano dzięki zwiększonej wytrzymałości mechanicznej w nowej konstrukcji.

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



Badania były finansowane w ramach projektu „Innovation in Underground Thermal Energy Storages with Borehole Heat Exchangers (BHEsINNO)” uzyskanego przez AGH Akademię Górniczo-Hutniczą w ramach konkursu „POLNOR 2019” z tzw. funduszy norweskich za pośrednictwem NCBiR w Warszawie.

A NEW CONSTRUCTION TYPE OF BOREHOLE HEAT EXCHANGER

Michał Szczytowski, Szymon Rogozik, Hubert Wolski*

*Affiliation: MuoviTech Polska Sp. z o.o. Niepołomska Strefa Przemysłowa Sektor A
ul. Wimmera 31, 32-005 Niepołomska, www.muovitech.com*

Corresponding author: michal.szczytowski@muovitech.com*

Keywords: coaxial borehole heat exchanger, new construction type of borehole heat exchanger

The rapid development of the ground heat pump market poses new challenges for suppliers and contractors of ground source heat power systems. Borehole heat exchangers with ground heat pumps enable the exploitation of the energy contained in the rock mass and convert it into usable energy for heating or cooling purposes. Borehole exchangers are made both in newly constructed buildings, as well as (i.e. during thermal modernization) in the existing ones. In some cases, it is impossible to create an installation with appropriate power due to the limited space (i.e. building density and presence of critical infrastructure networks). The use of a new type of borehole heat exchanger designed in Sweden and installed in Młoszowa by MuoviTech allows to overcome the above-mentioned problems and to perform the installation of the appropriate power in a limited available space due to increase of well depth. This has been enabled by increasing the mechanical strength of the new construction.

The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014–2021 via the National Centre for Research and Development in Warsaw.

POPRAWNOŚĆ ZABIEGU CEMENTOWANIA W OTWORACH WIERTNICZYCH WYKONYWANYCH DLA CELÓW GEOTERMALNYCH

Tomasz Kowalski, Tomasz Śliwa*

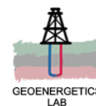
*Afiliacja: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Laboratorium Geoenergetyki,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, geotermia.agh.edu.pl*

Autor do korespondencji: tkowal@agh.edu.pl*

Słowa kluczowe: zaczyn cementowy, zaczyn uszczelniający, otworowe wymienniki ciepła, otwory geotermalne

Obecnie jednym z ważniejszych źródeł energii jest energia geotermalna. W celu jej wykorzystania niezbędne jest również jej udostępnienie, które wykonywane jest prawie zawsze za pomocą otworów wiertniczych. Poprawny proces zaprojektowania otworu wiertniczego jest bardzo ważny ze względu jego prawidłowego i długiego działania. Do elementów konstrukcyjnych, które należy wziąć pod uwagę, zaliczyć trzeba przede wszystkim zarurowanie otworu oraz jego uszczelnienie, a także uzbrojenie, dobierane ze względu na przeznaczenie otworu. Autorzy referatu szczególnie uwagę poświęcili jednemu z najważniejszych elementów konstrukcyjnych otworu jakim jest zaczyn uszczelniający.

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



Obecnie na rynku nie ma uniwersalnego produktu, ani metody zatłaczania, która mogłaby być wykorzystywana dla wszystkich typów otworów, w tym dla celów geotermalnych. W celu przeprowadzenia poprawnego zabiegu cementowania niezbędne jest obliczenie ilości potrzebnego zaczynu cementowego do wypełnienia danego typu otworu (o konkretnej konstrukcji, wymiarach, głębokości itp.). Ponadto autorzy zaprezentowali wymagania stawiane zaczynom uszczelniającym w różnych typach otworów wykonywanych dla celów geotermalnych, przanalizowali rynek pod kątem dostępnych produktów, a także przedstawili główne problemy w dziedzinie cementowania otworów.

Praca zrealizowana w ramach środków programu „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza” w AGH.

CORRECTNESS OF CEMENTING IN GEOTHERMAL BOREHOLES

Tomasz Kowalski, Tomasz Śliwa*

*Affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Laboratory of Geoenergetics,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, geotermia.agh.edu.pl*

Corresponding author: tkowal@agh.edu.pl*

Keywords: cement slurry, sealing slurry, borehole heat exchangers, geothermal wells

Currently, one of important energy sources is geothermal energy. In order to use it, it is also necessary to make it available, which is almost always done through drilled wells. The correct process of designing a well is very important for its proper and long operation. The structural elements that should be taken into account include piping and its sealing, as well as reinforcement, selected depending on the borehole's purpose. The authors of the paper paid close attention to one of the most important structural elements of the well, which is the sealing grout. Currently, there is no universal product or injection method on the market that can be used for all types of wells, including geothermal wells. In order to carry out the correct cementing procedure, it is necessary to calculate the amount of cement slurry needed to fill a given type of borehole (specific structure, dimensions, depth, etc.). In addition, the authors presented the requirements for sealing slurries in various types of geothermal wells, analyzed the market in terms of available products, and presented the main problems in the field of well cementing.

The work was carried out under the funds of the "Excellence Initiative - Research University" program at AGH.

ROLA I TECHNICZNE KRYTERIA KWALIFIKACJI DLA GEOTERMII W TAKSONOMII ZRÓWNOWAŻONYCH ŚRODOWISKOWO DZIAŁAŃ UNII EUROPEJSKIEJ

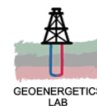
Paweł Bogacz

*Afiliacja: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Lądowej
i Gospodarki Zasobami, Katedra Ekonomiki i Zarządzania w Przemysle*

Adres do korespondencji: bogacz@agh.edu.pl

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, taksonomia UE, geotermia, techniczne kryteria kwalifikacji, minimalne

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



gwarancje

Od końca 2019 roku wdrażana jest w Unii Europejskiej nowa strategia jej długofalowego działania - Europejski Zielony Ład. Jednym z dwóch zasadniczych celów owej jest pozostanie przez UE neutralną klimatycznie (pod względem emisji gazów cieplarnianych) do roku 2050. Niezwykle ważną operacyjnie część jej realizacji stanowi tzw. Taksonomia zrównoważonych środowiskowo działań UE (nazywana w skrócie taksonomią UE), zawierająca zasady, klasyfikację oraz wskaźniki techniczne dla realizacji aktywności prośrodowiskowych. Miała ona w zamyśle stanowić i realnie stanowi od 2022 roku (początku jej pełnego wdrażania) podstawowy mechanizm walki z tzw. *greenwashingiem*. Wiąże się bowiem z obowiązkiem raportowania przez przedsiębiorstwa wyników swych działań prośrodowiskowych w ujęciu odniesienia do taksonomii UE, budując w ten sposób ich świadomość, a przede wszystkim kierując ich strategię rozwoju w stronę podstawowej roli środowiska. Kluczowe miejsce w realizacji taksonomii zrównoważonych środowiskowo działań posiada geotermia. W referacie szczegółowo przedstawiono jej znaczenie, a także detalicznie zaprezentowano przyjęte dla niej techniczne kryteria kwalifikacji oraz zasady minimalnych gwarancji, określające kwalifikowane rodzaje technologii pozyskania energii geotermalnej (techniczne kryteria kwalifikacji) oraz sposoby jej wykorzystania (minimalne gwarancje) przez przedsiębiorstwa niefinansowe.

THE ROLE AND TECHNICAL QUALIFICATION CRITERIA FOR GEOTHERMAL ENERGY IN THE TAXONOMY OF ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE ACTIVITIES OF THE EUROPEAN UNION

Paweł Bogacz

Affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Civil Engineering and Resource Management

Corresponding author: bogacz@agh.edu.pl*

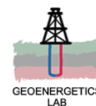
Keywords: sustainable development, EU taxonomy, geothermal, technical qualification criteria, minimum guarantees

Since the end of 2019, the European Union has initiated a new strategy for its long-term operation, known as the European Green Deal. This strategic framework is built upon two primary objectives, with one of them being the commitment for the EU to achieve climate neutrality in terms of greenhouse gas emissions by 2050. An integral aspect of its operationalization is the establishment of the Taxonomy of Environmentally Sustainable EU Activities, commonly referred to as the EU Taxonomy. This framework encompasses a set of regulations, classifications, and technical qualification criteria aimed at facilitating the realization of environmentally responsible activities.

The EU Taxonomy, which has been fully implemented since the beginning of 2022, serves as the fundamental mechanism for combating the phenomenon known as "greenwashing." This entails a binding obligation for companies to disclose the outcomes of their environmentally beneficial endeavors in alignment with the EU Taxonomy. This approach not only fosters heightened awareness but primarily directs corporate development strategies towards a central focus on environmental sustainability.

Of notable significance within the EU Taxonomy is the pivotal role occupied by geothermal energy in the promotion of environmentally sustainable activities. This paper offers a comprehensive exploration of geothermal energy's place within the EU Taxonomy, elucidating the technical qualification criteria that have been established for geothermal energy. Furthermore, it delves into the regulatory stipulations known as "minimum guarantees," which delineate the approved types of technologies for the extraction of geothermal energy (as defined by the technical qualification criteria) and the permissible methods for its utilization by non-financial companies.

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



**ROZBUDOWA LABORATORIUM GEOENERGETYKI – POZIOMY
(HORYZONTALNY) OTWOROWY WYMIENNIK CIEPŁA, DUBLET
GEOTERMALNY ORAZ OTWOROWE WYMIENNIKI CIEPŁA
Z BEZPOŚREDNIM PAROWANIEM CZYNNIKA ROBOCZEGO**

Tomasz Śliwa, Jakub Drosik, Remigiusz Kunasz*

*Afiliacja: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Laboratorium Geoenergetyki WWNIG AGH, al. Mickiewicza 30,
30-059 Kraków, geotermia.agh.edu.pl*

Autor do korespondencji: sliwa@agh.edu.pl*

Słowa kluczowe: geoenergetyka, otworowe wymienniki ciepła, horyzontalne przewiertki sterowane, dublet geotermalny

Laboratorium Geoenergetyki AGH działa nieustannie już od ponad dekady. Na początku zrealizowano 5 otworów pomiędzy pawilonami A-3 oraz A-4 na terenie kampusu AGH. Laboratorium poszerzyło swój stan posiadania w zakresie badań otworowych wymienników ciepła o kolejne kilkadziesiąt otworowych wymienników ciepła – na polu B (przy pawilonie D-2) oraz polu C (na terenie Zespołu Pałacowo-Parkowego w Młoszowej). Najnowszymi instalacjami są jednak otwory o różnych funkcjach – w lipcu oraz sierpniu 2023 roku na terenie AGH w Krakowie (na polu B) Laboratorium Geoenergetyki zostało zostały zrealizowane 2 otworowe wymienniki ciepła z bezpośrednim parowaniem czynnika roboczego, dublet geotermalny składający się z dwóch otworów studziennych odległych od siebie o ok. 120 m oraz o 2 horyzontalne otworowe wymienniki ciepła także o długości ok. 120 m i około 15 m. W niniejszym referacie przedstawiono zrealizowane prace w ramach rozbudowy Laboratorium Geoenergetyki oraz plany badawcze na przyszłość, jak również kolejne prace inwestycyjne.

Praca zrealizowana w ramach środków programu „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza” w AGH.

**EXPANSION OF LABORATORY OF GEOENERGETICS – HORIZONTAL
BOREHOLE HEAT EXCHANGER, GEOTHERMAL DOUBLET, AND BOREHOLE
HEAT EXCHANGERS WITH DIRECT WORKING FLUID EVAPORATION**

Tomasz Śliwa, Jakub Drosik, Remigiusz Kunasz*

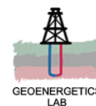
*Affiliation: AGH University of Krakow, Laboratory of Geoenergetics, 30 Mickiewicza Av. 30-059 Krakow, Poland,
geotermia.agh.edu.pl*

Corresponding author: sliwa@agh.edu.pl*

Keywords: geoenergetics, energy storage, boreholes

The AGH Laboratory of Geoenergetics has been operating continuously for over a decade. Initially five boreholes have been drilled between pavilions A-3 and A-4 on the AGH campus. The Laboratory has since expanded its range by several dozen borehole heat exchangers on Field B (near pavilion D-2) and Field C (in the palace and park complex in Młoszowa). The latest installations, however, are boreholes with various functions. In July and August 2023, on the AGH campus in Krakow (field B), two borehole heat exchangers using direct working fluid evaporation, a geothermal doublet consisting of two wells spaced approximately 120 meters apart, and two horizontal borehole heat exchangers of

**III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”**



120 meters and 15 meters in length have been created. This presentation outlines the works concerning the expansion of the Geoenergy Laboratory, future research plans, and the results of future construction works.

The work was carried out under the funds of the "Excellence Initiative - Research University" program at AGH.

ROZWÓJ RYNKU GRUNTOWYCH POMP CIEPŁA W POLSCE I EUROPIE– –STAN AKTUALNY ORAZ PERSPEKTYWY

Jakub Koczorowski

*Afiliacja: Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła
ul. Cechowa 51/48, 30-614 Kraków, Polska, portpc.pl*

Autor do korespondencji: jakub.koczorowski@portpc.pl*

Słowa kluczowe: pompa ciepła, gruntowa pompa ciepła, elektryfikacja, urządzenia grzewcze

Rok 2022 w branży pomp ciepła charakteryzował się dużą zmiennością, wysokim dynamizmem i przede wszystkim odnotowano najwyższą w historii sprzedaż pomp ciepła. Silnym impulsem do dynamicznego rozwoju była sprzyjająca w wielu krajach legislacja, różnego rodzaju dofinansowania do budownictwa energooszczędnego oraz coraz większe przekonanie inwestorów do technologii. Natomiast głównymi barierami wzrostu były ograniczone moce produkcyjne, niewystarczająca ilość wykwalifikowanych firm instalacyjnych, zawirowania na rynku cen gazu i energii elektrycznej oraz brak dedykowanych taryf energetycznych dla urządzeń elektrycznych. Pomimo dużych problemów w łańcuchach dostaw europejski rynek odnotował ponad 37% wzrost r/r. Z prawie 3 mln sprzedanych pomp ciepła w 2022 w Europie gruntowe pompy ciepła stanowiły ok. 6%, czyli ok. 165 000 szt., co w porównaniu z 2021r. daje wzrost o 35%. Głównymi źródłami danych o europejskim rynku pomp ciepła są raporty wydawane przez Europejskie Stowarzyszenie Pomp Ciepła (EHPA) oraz Europejskie Stowarzyszenie Geotermalne (EGEC), a dodatkową analizę rynku pomp ciepła przedstawiła Międzynarodowa Agencja Energii w specjalnym raporcie wydanym na jesień 2022 r. „World Economy Outlook – The future of heat pumps”.

DEVELOPMENT OF THE GROUND SOURCE HEAT PUMP MARKET IN POLAND AND EUROPE - CURRENT STATUS AND PROSPECTS

Jakub Koczorowski

*Affiliation: Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła
ul. Cechowa 51/48, 30-614 Kraków, Polska, portpc.pl*

Corresponding author: jakub.koczorowski@portpc.pl*

Keywords: heat pump, ground heat pump, electrification, heating devices

The year 2022 in the heat pump industry was characterized by high volatility, high dynamism and, above all, recorded

**III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”**



the highest ever sales of heat pumps. Strong argument for the dynamic growth was provided by favourable legislation in many countries, various subsidies for energy-efficient construction and increasing investor confidence in the technology. On the other hand, the main barriers for growth were limited production capacity, an insufficient number of qualified installation companies, turbulence in gas and electricity prices and the lack of dedicated energy tariffs for electrical appliances. Despite major problems in supply chains, the European market recorded more than 37% year-on-year growth. Of the almost 3 million heat pumps sold in 2022 in Europe, ground source heat pumps accounted for around 6%, or around 165,000 units - an increase of 35% compared to 2021. The main sources of data on the European heat pump market are reports issued by the European Heat Pump Association (EHPA) and the European Geothermal Energy Council (EGEC), with additional analysis of the heat pump market provided by the International Energy Agency in a special report issued in autumn 2022 'World Economy Outlook - The future of heat pumps'.

ROZWÓJ WYKORZYSTANIA ZASOBÓW GEOTERMALNYCH W POLSCE – –STAN OBECNY I DZIAŁANIA MINISTERSTWA KLIMATU I ŚRODOWISKA

Piotr Dziadzio

*Afiliacja: Ministerstwo Klimatu i Środowiska
ul. Wawelska 52/54, 00-922 Warszawa, www.gov.pl/web/klimat*

Autor do korespondencji: sekretariatmpd@klimat.gov.pl*

Słowa kluczowe: geotermia, PEP 2040, wody geotermalne, ciepło suchych skał

Rozwój geotermii, jako jednego z odnawialnych źródeł energii jest jednym z celów Polityki Energetycznej Polski do 2040 r. oraz Polityki Surowcowej Państwa do 2050 r, których realizacja ma zapewnić bezpieczeństwo energetyczne i surowcowe państwa. Poszukiwanie, rozpoznawanie i zagospodarowywanie złóż wód geotermalnych oraz ciepła suchych skał jest również jednym z kierunków działań opisanych w Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.). Obecnie w Ministerstwie Klimatu i Środowiska realizowany jest również projekt strategiczny „Rozwój i wykorzystanie potencjału geotermalnego w Polsce”, który jest realizacją Wieloletniego Programu Rozwoju Wykorzystania Zasobów Geotermalnych w Polsce opracowanego przy udziale wielu instytucji naukowo-badawczych w 2021 r.). Celem tego projektu jest wykorzystanie istniejącego potencjału geoenergetycznego i szeroko rozumianych zasobów geotermalnych Polski, na możliwie maksymalnym obszarze naszego kraju. W chwili obecnej, w jego ramach realizowanych jest wiele zadań, poprzez Programy Priorytetowe finansowane ze środków NFOŚiGW i wspierające wykorzystanie energii geotermalnej w ciepłownictwie indywidualnym (wykorzystanie ciepła zgromadzonego w najpłytszej części Ziemi - od 2022 r. zostało zainstalowanych już ponad 12,5 tys., gruntowych pomp ciepła). W programie Moje Ciepło: budżet wynosi 600 mln zł, a w programie Mój prąd 955 mln zł. Realizowany jest program rozwoju płytkiej geotermii na terenach uzdrowiskowych (koszt 6 mln zł) oraz program wykorzystania niskotemperaturowych oraz średnotemperaturowych zasobów energii geotermalnej. W ramach dwóch naborów do programu „Udostępnianie Wód Termalnych” łącznie złożone zostały 82 wnioski na odwiercenie otworu, z czego 15 odwiertów jest już w realizacji, a kolejne 44 wnioski są w trakcie oceny merytorycznej. Łączny koszt to ok. 480 mln zł. W ramach programu „Geologia i górnictwo część 1 – Poznanie budowy geologicznej kraju”. Dotychczas wykonano 11 odwiertów. Obecnie wiercony jest otwór Bańska PGP-4 (o głębokości 7 km), który zostanie wykorzystany do budowy systemu binarnego. Łączny koszt programu, to 270 mln zł. Prowadzone jest również wsparcie budowy ciepłowni geotermalnych w ramach Programu Priorytetowego „Polska Geotermia Plus”. Łączny budżet w latach 2021-2027 wynosi 500 mln zł (obecnie są realizowane 3 ciepłownie). Rozpoczęła się realizacja projektu „Wykorzystanie potencjału energetycznego zlikwidowanych, po-eksploatacyjnych lub negatywnych otworów wiertniczych – pilotaż dla otworu Sękowa GT-1” (instalacja głębokiego otworowego wymiennika ciepła o mocy 300 kW - koszt ok. 12 mln PLN). Przez Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy opracowywane są mapy potencjału geotermalnego dla geotermii płytkiej (koszt ok. 4 mln PLN) oraz potencjał magazynowania ciepła w górotworze (koszt

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



ok. 4 mln PLN). Prowadzone są prace przygotowawcze nad projektem wspierającym wykorzystanie wód kopalnianych oraz wód ze zbiorników wodnych do celów ciepłowniczych. Ilość zrealizowanych i planowanych prac oraz ich dynamika jest jedna z największych od dekad. Na wykorzystanie szeroko rozumianego ciepła Ziemi na dzień dzisiejszy przeznaczono już ponad 1,2 mld zł. Działania w tym zakresie będą kontynuowane.

DEVELOPMENT OF THE USE OF GEOTHERMAL RESOURCES IN POLAND – – CURRENT STATE AND ACTIONS OF THE MINISTRY OF CLIMATE AND ENVIRONMENT

Piotr Dziadzio

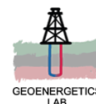
*Affiliation: Ministry of Climate and Environment
ul. Wawelska 52/54, 00-922 Warszawa, Polska, gov.pl*

Corresponding author: sekretariatmpd@klimat.gov.pl*

Keywords: geothermal energy, EPP 2040, geothermal waters, hot dry rock

The development of geothermal energy as one of the renewable energy sources is one of the goals of the Energy Policy of Poland until 2040 and the National Raw Materials Policy until 2050, the implementation of which is to ensure the energy and raw material security of the country. Exploration, identification and development of geothermal water reservoirs and dry rock heat is also one of the directions of activities described in the Strategy for Responsible Development up to 2020 (including the perspective up to 2030). Currently, the Ministry of Climate and Environment is also implementing a strategic project "Development and use of geothermal potential in Poland", which is an implementation of the Multiannual Program for the Development of the Use of Geothermal Resources in Poland developed with the participation of many scientific and research institutions in 2021). This project aims to use the existing geoenergetic potential and broadly understood geothermal resources of Poland, on the largest possible area of our country. Currently, many tasks are being carried out within the project, through Priority Programs financed by the National Fund for Environmental Protection and Water Management and supporting the use of geothermal energy in individual heating (use of heat accumulated in the shallowest part of the Earth - since 2022, over 12.5 thousand ground source heat pumps were installed). In the "My Heat" program, the budget is PLN 600 million, and in the "My Electricity" program - PLN 955 million. A program for the development of shallow geothermal energy in health resort areas (cost PLN 6 million) and a program for the use of low-temperature and medium-temperature geothermal energy resources are being implemented. In the two calls for applications for the "Enabling access to thermal waters in Poland" program, a total of 82 applications for drilling works were submitted, out of which 15 boreholes are already under construction and another 44 applications are undergoing substantive assessment. The total cost is approximately PLN 480 million. As part one of the program "Geology and Mining - Understanding the geological structure of the country" 11 wells have been drilled so far. Currently, the Bańska PGP-4 well is being drilled (with the depth of 7 km), which will be used to build a binary system. The total cost of the program is PLN 270 million. The construction of geothermal heating plants under the Priority Program "Polish Geothermal Plus" is also supported. The total budget for the years 2021-2027 is PLN 500 million (3 heating plants are currently under construction). The implementation of the project "Use of the energy potential of decommissioned, post-exploitation or negative boreholes - pilot for the Sękowa GT-1 well" has started (installation of a deep borehole heat exchanger with a capacity of 300 kW - cost approx. PLN 12 million). The Polish Geological Institute - National Research Institute is mapping the geothermal potential for shallow geothermal energy (cost approx. PLN 4 million) and the potential for storing heat in the rock mass (cost approx. PLN 4 million). Preparatory work is underway on a project supporting the use of mine water and water reservoirs for heating purposes. The number of completed and planned works and their dynamics is one of the highest in decades. To date, over PLN 1.2 billion has already been allocated for the use of broadly understood Earth's heat. Activities in this area will be continued.

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



WPLYW PRZEWODNICTWA CIEPLNEGO STWARDNIAŁYCH ZACZYNÓW USZCZELNIAJĄCYCH NA OPORNOŚĆ TERMICZNĄ WYMIENNIKÓW OTWOROWYCH O RÓŻNEJ KONSTRUKCJI

Tomasz Śliwa, Tomasz Kowalski, Olga Szydło*

*Afiliacja: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Laboratorium Geoenergetyki,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, geotermia.agh.edu.pl*

Autor do korespondencji: sliwa@agh.edu.pl*

Słowa kluczowe: oporność termiczna, przewodność cieplna, otworowe wymienniki ciepła, płytka geotermia, geoenergetyka

Najpopularniejszym sposobem pozyskiwania ciepła Ziemi, dostępnym praktycznie dla każdego i wszędzie, są otworowe wymienniki ciepła. Za ich pomocą udostępniane jest ciepło bądź chłód górotworu, które wykorzystywane są w celach grzewczych, chłodniczych lub grzewczo-chłodniczych. Optymalnym rozwiązaniem ze względu na regenerację górotworu jest system grzewczo-chłodniczy, gdzie w zimie pobierane jest ciepło z górotworu, a „zatłaczany” chłód, który w okresie letnim wykorzystywany jest celów klimatyzacji, a wprowadzane do górotworu jest ciepło.

Jednym z najważniejszych parametrów konstrukcyjnych otworowych wymienników ciepła jest przewodnictwo cieplne ich uszczelnienia. Przewodnictwo cieplne jest ściśle powiązane z opornością termiczną wymienników otworowych. Dąży się, aby przewodnictwo zaczynu uszczelniającego było jak najwyższe w celu minimalizacji oporności cieplnej otworu. W badaniach wykorzystano symulacje komputerowe przeprowadzone w specjalistycznym oprogramowaniu Earth Energy Designer. Przeprowadzone analizy wykazały, że wzrost przewodności cieplnej wypełnienia otworu powoduje spadek efektywnej oporności otworu bez względu na rodzaj konstrukcji wymiennika otworowego. Ponadto zbadano także wpływ m.in. zmiany średnic U-rurek czy też odległości pomiędzy osiami rur wymiennika.

Badania były finansowane w ramach projektu „Innovation in Underground Thermal Energy Storages with Borehole Heat Exchangers (BHEsINNO)” uzyskanego przez AGH Akademię Górniczo-Hutniczą w ramach konkursu „POLNOR 2019” z tzw. funduszy norweskich za pośrednictwem NCBiR w Warszawie.

THE INFLUENCE OF HARDENED SEALING SLURRIES' THERMAL CONDUCTIVITY ON THERMAL RESISTANCE OF BOREHOLE HEAT EXCHANGERS OF VARIOUS DESIGN

Tomasz Śliwa, Tomasz Kowalski, Olga Szydło*

*Affiliation: AGH University of Krakow, Laboratory of Geoenergetics, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków,
geotermia.agh.edu.pl*

Corresponding author: sliwa@agh.edu.pl*

Keywords: thermal resistance, thermal conductivity, borehole heat exchangers, shallow geothermal energy, geoenergetics

The most popular way of obtaining the Earth's heat, available to virtually everyone and everywhere, is borehole heat

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



exchangers. They provide access to the heat or cold of the rock mass, which is used for heating, cooling or heating-and-cooling purposes. The optimal solution for the regeneration of the rock mass is a heating and cooling system, where in winter the heat is extracted from the rock mass and the cold is injected, which is then used for air conditioning in the summer and the heat is introduced back into the rock mass.

One of the most important design parameters of borehole heat exchangers is the thermal conductivity of their sealing. Thermal conductivity is closely related to the thermal resistance of borehole exchangers. The aim is that the conductivity of the sealing slurry should be as high as possible in order to minimize the thermal resistance of the well. The research used computer simulations conducted in the specialized Earth Energy Designer software. The analyses performed showed that an increase in the thermal conductivity of the well's filling causes a decrease in the effective borehole resistance, regardless of the type of borehole exchanger construction. In addition, the impact of i.a. changes in the diameters of U-tubes or the distance between the axes of the exchanger pipes have been tested.

The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014–2021 via the National Centre for Research and Development in Warsaw.

WSPÓŁDZYSKIWANIE CIEPŁA I SUROWCÓW Z SYSTEMÓW GEOTERMALNYCH

*Lucjan Sajkowski*¹, Jon Blundy²*

*Afiliacje: 1 – GNS Science, Earth Resources and Materials, 114 Karetoto Road, RD4, Taupo 3384, Nowa Zealandia,
www.gns.cri.nz*

2 – Uniwersytet Oksfordzki, Zjednoczone Królestwo Wlk. Brytanii i Irlandii Płn.

Autor do korespondencji: l.sajkowski@gns.cri.nz*

Słowa kluczowe: geotermia, magma, metale, zasoby

Zrównoważone dostawy surowców są kluczowe dla transformacji energetycznej. Jednak wzrost popytu na wiele z nich przekracza możliwości recyklingu. Pozyskiwanie ciepła i metali z płynów geotermalnych w systemach magmowych to innowacyjna strategia tzw. „zielonego górnictwa”, obniżająca koszty produkcji energii geotermalnej. Badania hipersalinicznych inkluzji w płynach z otworów wiertniczych na całym świecie wykazują znaczący potencjał wydobycia różnorodnych metali. Modelowanie numeryczne sugeruje, że przenikanie tych metali do zbiorników geotermalnych jest ograniczone przez przepuszczalność skał wokół stref magmowych. Większość fluidów geotermalnych ma niską zawartość metali, pochodzącą głównie z wód opadowych lub morskich. Alternatywną strategią jest pozyskiwanie metali poprzez chemiczne dozowanie płynów geotermalnych, wykorzystując ciepło do reakcji woda-skała.

Rezerwuary geotermalne z reaktywnymi tufami wulkanicznymi mogą być bogate w różne metale. Wydobycie zależy od temperatury złoża i składu skał. Metale można wydobywać na różnych etapach procesu geotermalnego, zależnie od polityki i ekonomii surowcowej i produkcji energii. Referat prezentuje wyniki eksperymentów z pozyskiwaniem metali z tufów peralkalicznych w Etiopii jako test tej strategii.

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



CO-RECOVERY OF HEAT AND RAW MATERIALS FROM GEOTHERMAL SYSTEMS

*Lucjan Sajkowski*¹, Jon Blundy²*

Affiliations: 1 – GNS Science, Earth Resources and Materials, 114 Karetoto Road, RD4, Taupo 3384, New Zealand, www.gns.cri.nz

2 – The University of Oxford, United Kingdom of Great Britain and Ireland, ox.ac.uk

Corresponding author: l.sajkowski@gns.cri.nz*

Keywords: geothermal, magma, metals, resources

Sustainable raw material supplies are crucial for the energy transition, yet the growing demand for many of them exceeds recycling capabilities. Extracting heat and metals from geothermal fluids in magmatic systems is an innovative strategy known as 'green mining,' reducing the costs of geothermal energy production. Studies of hypersaline fluid inclusions in drill cores worldwide demonstrate significant potential for extracting various metals. Numerical modeling suggests that the transfer of these metals to geothermal reservoirs is limited by the permeability of surrounding rocks near magmatic zones. Most geothermal fluids have low metal content, primarily sourced from rainfall or seawater. An alternative strategy involves extracting metals through chemical dosing of geothermal fluids, using heat to drive water-rock reactions.

Geothermal reservoirs with reactive volcanic tuffs rich in various metals offer potential. Metal extraction depends on reservoir temperature and rock composition. Recovered metals can be extracted at different stages of the geothermal process, depending on economic considerations and energy production. The work presents the results of experiments on metal extraction from peralkaline volcanic tuffs in Ethiopia as a test of this strategy.

WSTĘPNA ANALIZA OPTYMALIZACJI TECHNOLOGII WIERCENIA NA PODSTAWIE WYMIENNIKÓW OTWOROWYCH W ZPP W MŁOSZOWEJ

*Piotr Buliński, Tomasz Śliwa**

Afiliacja: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Laboratorium Geoenergetyki WWNIG AGH, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, geoenergetyka@agh.edu.pl

Autor do korespondencji: śliwa@agh.edu.pl*

Słowa kluczowe: metoda udarowo-obrotowa, optymalizacja wiercenia, Laboratorium Geoenergetyki AGH, geoenergetyka, geotermalne pompy ciepła

W trakcie wykonywania instalacji otworowych wymienników ciepła na polu C Laboratorium Geoenergetyki AGH w Młoszowej miały miejsce pomiary parametrów wiercenia metodą udarowo-obrotową (tzw. dolny młotek, DTH). W trakcie tych prac mierzono zużycie paliwa oraz czas potrzebny do wywiercenia odcinka odpowiadającego głębokości dwóch żerdzi (w sumie 6 m), przy różnej kombinacji ciśnienia sprężonego powietrza oraz prędkości obrotowej świda. Badania przeprowadzono w interwale 65-71 m p.p.p.t. We wszystkich 18 otworach na tej głębokości zalegały wapienie związane zeszczelinowane. Największa prędkość wiercenia (postęp) miała miejsce przy wykonywaniu otworu LG-4c, który był wiercony z prędkością obrotową równą 50 obr/min i przy ciśnieniu sprężonego powietrza 20 bar. Czas wiercenia odcinka dwóch żerdzi wyniósł 810 s. Najmniejsze zużycie paliwa (w badanym interwale), które wyniosło 19,6 dm³ zanotowano w otworze LG-17c (22 bar, 60 obr/min). Najwięcej czasu zajęło wiercenie w otworze oznaczonym

**III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”**



LG-6c, który odwiercony został z taką samą prędkością obrotową co otwór LG-4c (50 obr/min), ale przy wyższym ciśnieniu, które wynosiło 24 bar. Czas wiercenie w tym otworze wyniósł aż 1808 s. Największe zużycie paliwa zanotowano w otworze LG-18c (24 bar, 60 obr/min) i wyniosło ono 38,2 dm³. Wyniki pomiarów w Młoszowej powinny być poddane bardziej szczegółowej analizie, przy użyciu takich metod statystycznych jak regresja wieloraka czy wielowymiarowa analiza wariancji.

Badania były finansowane w ramach projektu „Innovation in Underground Thermal Energy Storages with BoreholeHeat Exchangers (BHEsINNO)” uzyskanego przez AGH Akademię Górniczo-Hutniczą w ramach konkursu „POLNOR 2019” z tzw. funduszy norweskich za pośrednictwem NCBiR w Warszawie.

PRELIMINARY ANALYSIS OF OPTIMIZATION OF DRILLING TECHNOLOGY BASED ON BOREHOLE EXCHANGERS IN ZPP IN MŁOSZOWA

*Piotr Buliński, Tomasz Śliwa**

*Affiliation: AGH University of Krakow, Laboratory of Geoenergetics, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków,
geoenergetyka@agh.edu.pl*

**Corresponding author: sliwa@agh.edu.pl*

Keywords: rotary-percussive method, drilling optimization, AGH Laboratory of Geoenergetics, geoenergetics, geothermal heat pumps

During the installation of borehole heat exchangers in field C of the AGH Laboratory of Geoenergetics in Młoszowa, rotary-percussive drilling parameters were measured (bottom hammer, DTH). During the works, fuel consumption and the time needed to drill a section corresponding to the depth of two drill rods (6 m in total) were measured, at various combinations of compressed air pressure and drill bit rotation speed. The tests were carried out in the interval of 65–71 m below ground level. In all 18 wells at this depth, fractured compact limestones were present. The highest drilling speed occurred when drilling the LG-4c well, which was drilled at a rotational speed of 50 rpm and a compressed air pressure of 20 bar. The drilling time of two-rod interval was 810 s. The lowest fuel consumption (in the tested interval), which was 19.6 dm³, was recorded in the LG-17c well (22 bar, 60 rpm). Drilling took the longest in the LG-6c well, which was drilled at the same rotational speed as the LG-4cwell (50 rpm), but at a higher pressure of 24 bar. The drilling time in this well was as much as 1,808 s. The highest fuel consumption was recorded in the LG-18c well (24 bar, 60 rpm) and amounted to 38.2 dm³. The measurement results in Młoszowa should be subjected to a more detailed analysis, using statistical methods such as multiple regression or multivariate analysis of variance.

The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014–2021 via the National Centre for Research and Development in Warsaw.

WYZNACZENIE CZASU ROZPOCZĘCIA TESTU REAKCJI TERMICZNEJ

*Grzegorz Karczewski*¹, Albert Złotkowski², Tomasz Kowalski²*

*Afiliacje: 1 – DPS Sp. z o.o. Odwierty dla pomp ciepła, 55-040 Bielany Wrocławskie, ul. Dwa Światy 3F,
www.dps.net.pl*

*2 – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Laboratorium
Geoenergetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

Autor do korespondencji: grzegorz.karczewski@dps.net.pl*

III Seminarium Geoenergetyka i geotermalne pompy ciepła
Kraków, Podhale, 20–22 września 2023 r.
„Ciepło Ziemi, ciepłem jutra”



Słowa kluczowe: test reakcji termicznej, otworowe wymienniki ciepła, płytki geotermia, geoenergetyka

Obecnie w domach jednorodzinnych, a także obiektach przemysłowych oraz użyteczności publicznej, coraz częściej do ogrzewania wykorzystywana jest niskotemperaturowa energia geotermalna. Jest ona udostępniana między innymi za pomocą otworowych wymienników ciepła, współpracujących z pompą ciepła. System taki może pracować zarówno w trybie grzewczym, jak i grzewczo-chłodniczym. Jednym z najważniejszych badań wykonywanych na wymiennikach otworowych jest test reakcji termicznej (TRT). Interpretacja wyników testu pozwala na określenie efektywnej przewodności cieplnej w otworowym wymienniku oraz jego oporności cieplnej. Na podstawie tych dwóch parametrów wnioskuje się o mocy możliwej do pozyskania z wymiennika, przy założonych parametrach pracy pompy ciepła. Dzięki temu możliwe jest odpowiednie zwymiarowanie instalacji, a dokładniej określenie sumarycznej długości (głębokości) i liczby wymienników otworowych, niezbędnych do ogrzania/klimatyzacji danego obiektu.

Obecnie czas od momentu zakończenia prac wiertniczych do rozpoczęcia testu reakcji termicznej nie jest jednoznacznie określony. Zależy od wykonawcy testu, producentów stosowanych materiałów oraz literatury branżowej, zalecenia plasują się w przedziale od 7 do 28 dni. W referacie zostaną przedstawione badania dotyczące czasu regeneracji naturalnej temperatury górotworu oraz wyznaczony zostanie minimalny czas rozpoczęcia testu reakcji termicznej, mierzony od momentu ukończenia procesu wykonania wymiennika otworowego.

Praca powstała w ramach subwencji Katedry Wiertnictwa i Geoinżynierii nr 16.16.190.779 (Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie).

DETERMINATION OF THE STARTING TIME OF THERMAL RESPONSE TEST

*Grzegorz Karczewski*¹, Albert Złotkowski², Tomasz Kowalski²*

*Affiliations: 1 – Sp. z o.o. Odwierty dla pomp ciepła, 55-040 Bielany Wrocławskie, ul. Dwa Światy 3F, www.dps.net.pl
2 – AGH University of Krakow, Laboratory of Geoenergetics, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków,
geoenergetyka@agh.edu.pl*

**Corresponding author: grzegorz.karczewski@dps.net.pl*

Keywords: thermal response test, borehole heat exchangers, shallow geothermal energy, geoenergetics

Currently, low-temperature geothermal energy is increasingly used for heating in single-family houses, as well as industrial and public facilities. It is made available, among others, through borehole heat exchangers working with a heat pump. Such a system can operate in both heating and heating-and-cooling modes. One of the most important tests performed on borehole exchangers is the thermal response test (TRT). Interpretation of the test results allow to determine the effective thermal conductivity in the borehole exchanger and its thermal resistance. Based on these two parameters, the power that can be obtained from the exchanger is calculated, given the assumed operating parameters of the heat pump. Thanks to this, it is possible to properly dimension the installation, and more precisely, to determine the total length (depth) and the number of borehole heat exchangers necessary to heat/air-condition a given facility.

Currently, the time from the end of drilling to the start of the thermal response test is not clearly defined. Depending on the test performer, manufacturers of the materials used and industry literature, recommendations range from 7 to 28 days. The paper will present research on the regeneration time of the natural rock mass temperature and determine the minimum time for starting the thermal response test, measured from the moment of completion of the borehole exchanger construction process.

The work was created under the subsidy of the Department of Drilling and Geoengineering No. 16.16.190.779 (Faculty of Drilling, Oil and Gas, AGH University of Science and Technology in Krakow).