



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska i
Gospodarki Wodnej



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA



HDR/EGS – Energia z wnętrza Ziemi – science fiction czy rzeczywistość?*



Adam Wójcicki & zespół projektu

*Wykorzystano wyniki projektu „Ocena potencjału, bilansu cieplnego i perspektywicznych struktur geologicznych dla potrzeb zamkniętych systemów geotermicznych (Hot Dry Rocks) w Polsce”

Warszawa, 9 maja 2014 r.

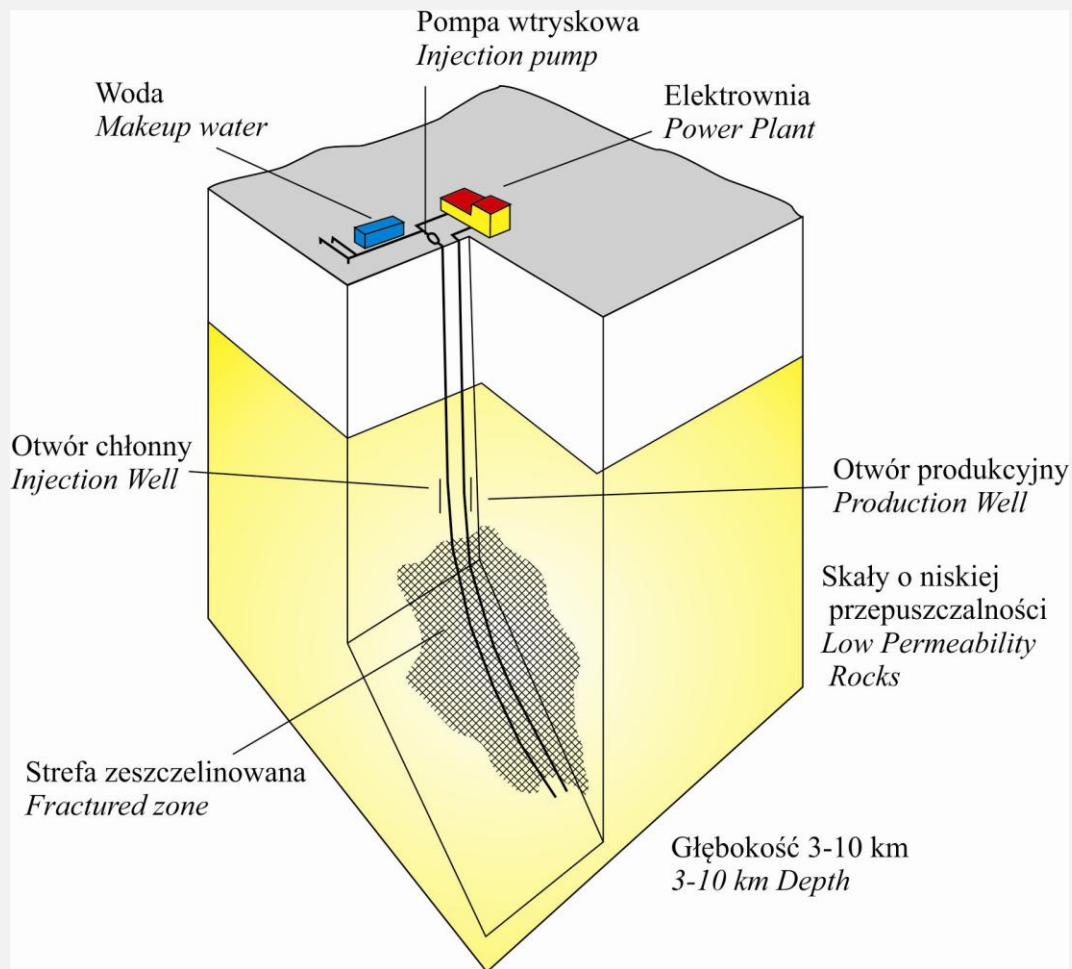
HDR a EGS

Niekonwencjonalne (zamknięte) systemy geotermiczne (ze szczelinowaniem)* :

⇒ Hot Dry Rocks (HDR) – (wzbudzone) systemy geotermiczne obejmujące gorące, suche skały;

⇒ Enhanced Geothermal Systems (EGS) – wzbudzone systemy geotermiczne z niewielkim dopływem wód, występujących w skałach w nieznacznym ilościach.

* Istotna jest, obok odpowiednio wysokiej temperatury, występowanie skał, które dobrze się szczelinują.



Schemat wykorzystania energii gorących suchych skał – dublet geotermalny (za: Wójcicki, Sowizdzał, Bujakowski 2013; na podstawie Tester i in., 2006)

Wybrane projekty HDR/EGS na świecie (technologia przedkomercyjna)

1974 – 1992 Fenton Hill, NM, USA (granity);

1977 – 1991 Rosemanowes Quarry, Wielka Brytania (granity);

1981 – 1986 Hijiori, Japonia (na skraju wulkanu);

1990 – Soultz, Francja (granity – 1,5 MWe*);

1993 – Ogachi, Japonia (granodioryty);

2001 – Gross Schoenebeck, Niemcy (skały osadowe & wulkanity)

2003 – Cooper Basin, Australia (granity – 250 MWe ?)

2007 – Landau, Niemcy (granity & skały osadowe – 3 MWe)

*z dubletu geotermalnego można uzyskać podaną ilość energii elektrycznej lub o rząd wielkości więcej energii cieplnej



Pozyskiwanie ciepła z Ziemi (w warunkach naszego kraju)

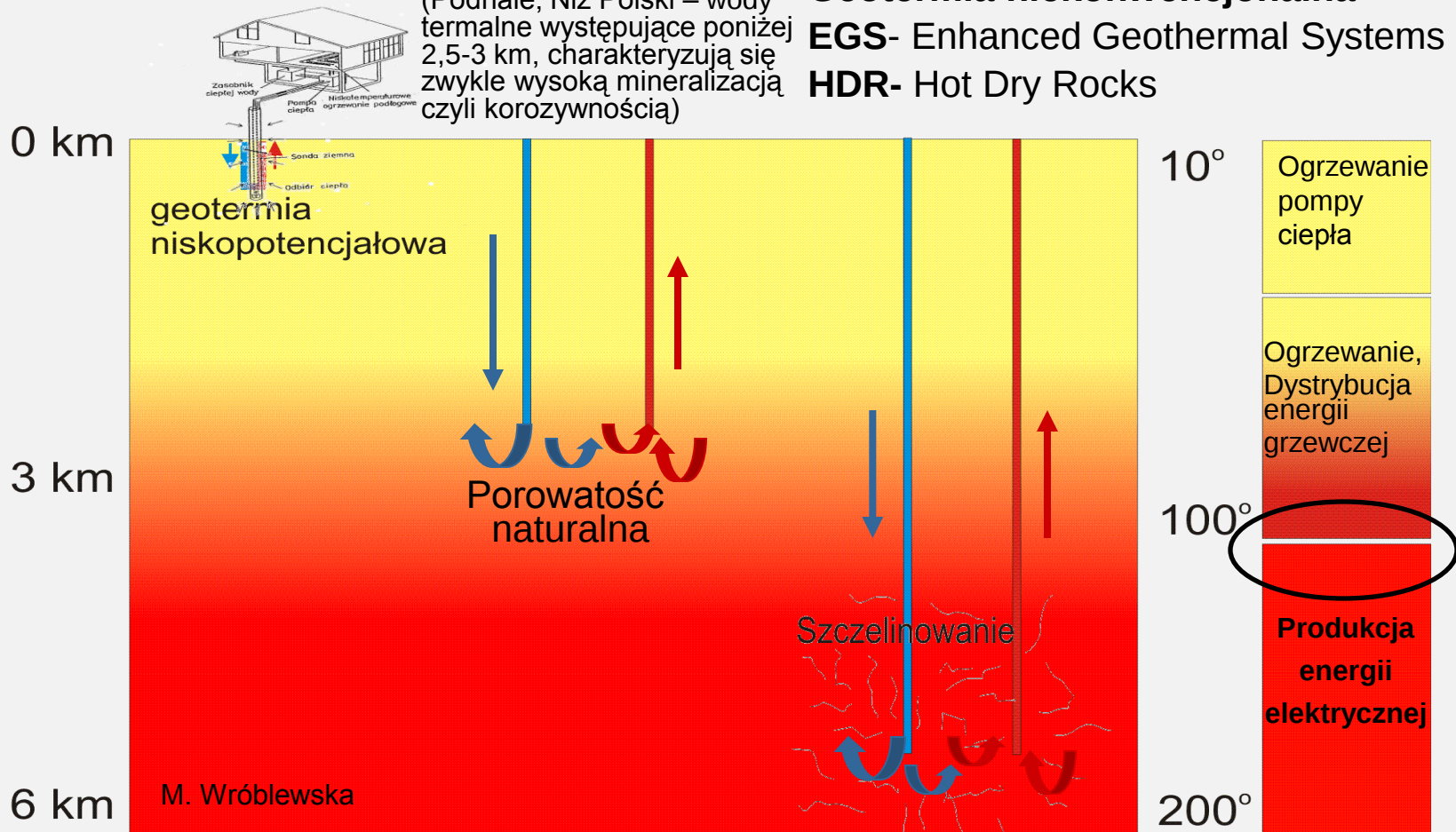
Systemy geotermalne (hydrotermalne)

(Podhale, Niż Polski – wody termalne występujące poniżej 2,5-3 km, charakteryzują się zwykle wysoką mineralizacją czyli korozywnością)

Geotermia niekonwencjonalna

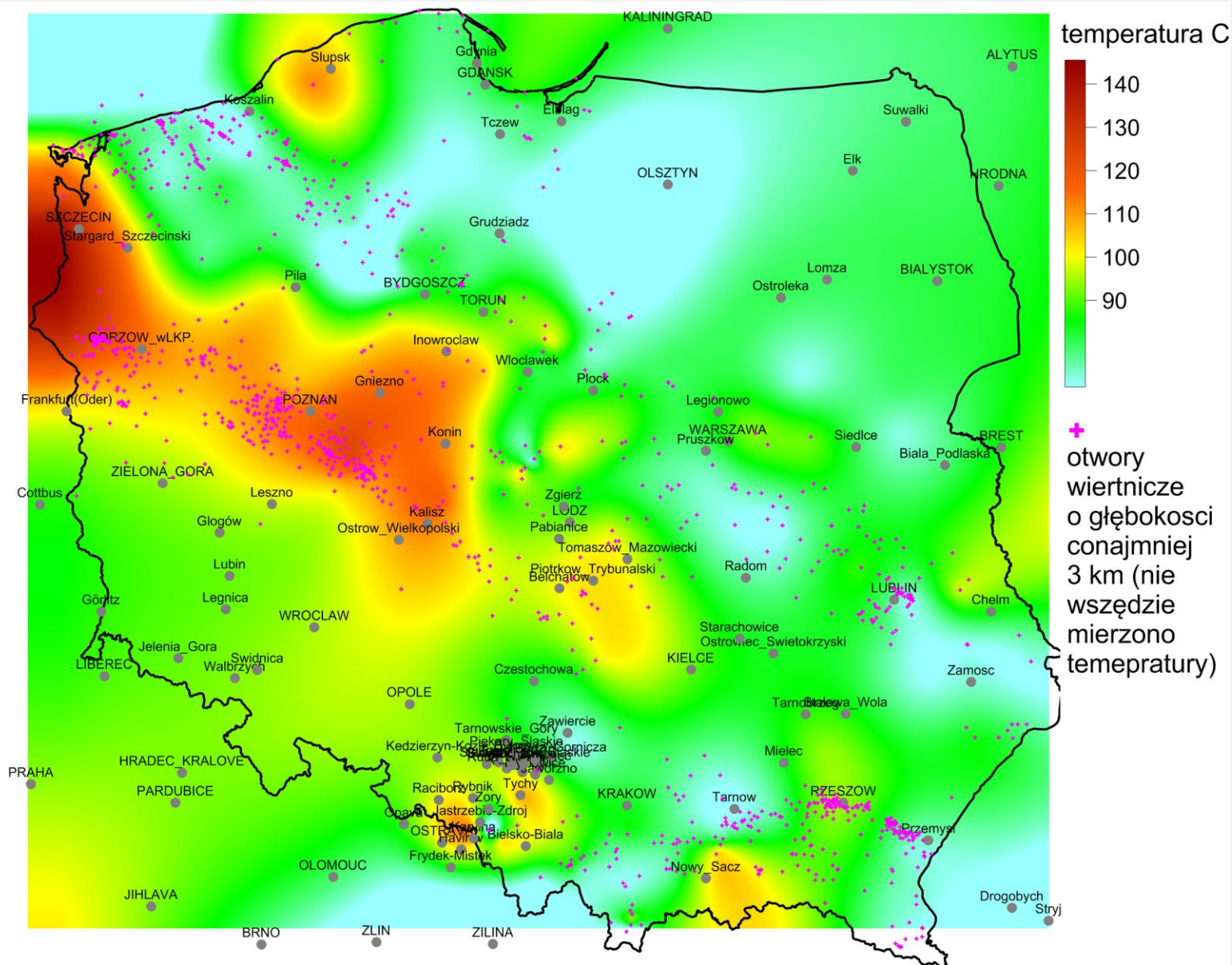
EGS- Enhanced Geothermal Systems

HDR- Hot Dry Rocks



Zależnie od technologii i czynnika roboczego (tzw. układy binarne) temperatura niezbędna do produkcji energii elektrycznej i ciepła może być istotnie mniejsza od 100 C, ale taka (100 C) zapewnia efektywną pracę dla najczęściej stosowanych technologii.

Temperatura w Polsce na głębokości 3 km (na podstawie – Szewczyk 2010)



Cel i ogólny zakres przedsięwzięcia

Celem przedsięwzięcia była ocena możliwości wykorzystania struktur geologicznych do budowy zamkniętych systemów geotermicznych – HDR & EGS na obszarze Polski (w skałach krystalicznych, wulkanicznych i osadowych), umożliwiających produkcję energii elektrycznej i ciepła.

Zakres prac

- Wybór lokalizacji na podstawie materiałów archiwalnych;
- Wykonanie uszczegółowiających, powierzchniowych badań geofizycznych (grawimetria, magnetyka, MT);
- Wykonanie otworu badawczego 200 m (Karkonosze);
- Analizy laboratoryjne próbek skał (petrologiczne, petrofizyczne);
- Modele geologiczno-geofizyczne dla wytypowanych obszarów;
- Modelowania potencjału (HDR/EGS) i wymiany ciepła skał z zatłaczanymi płynami & scenariusze eksploatacji systemów geotermicznych;

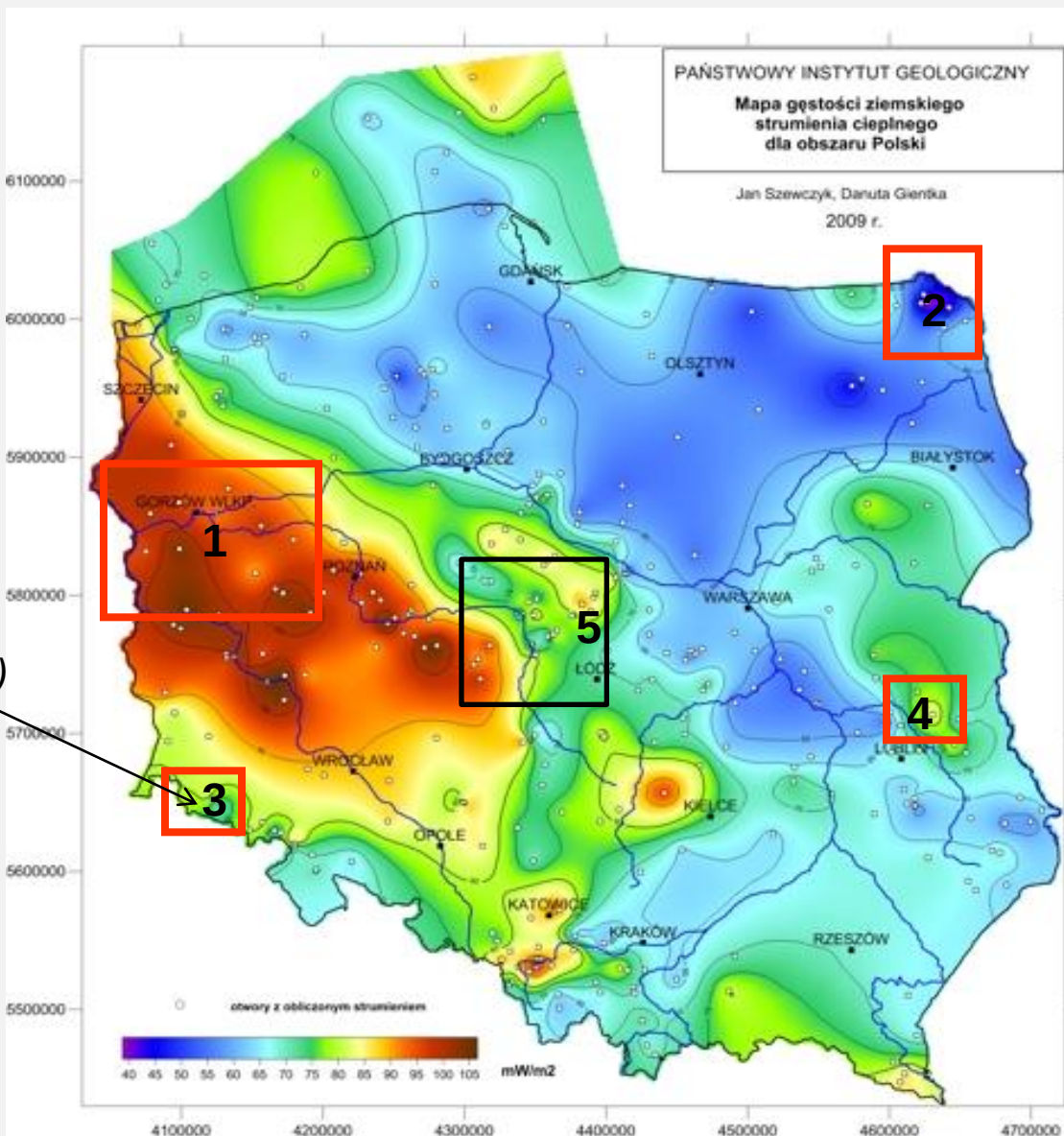
Pozostałe zagadnienia.



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

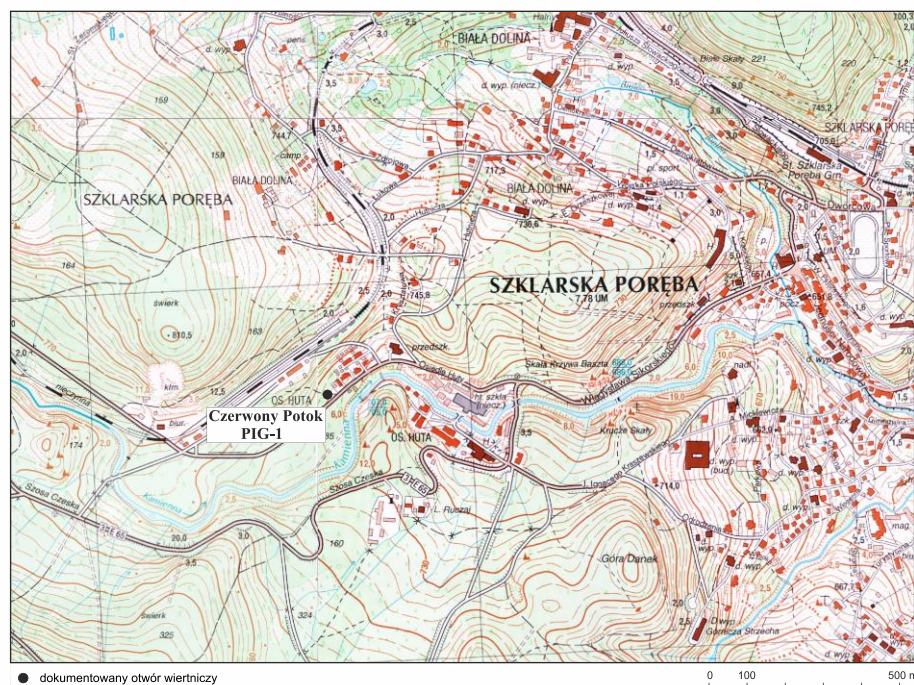
www.pgi.gov.pl

1. **Monoklina Przedsudecka** –
rejon Gorzowa Wielkopolskiego:
wulkanity dolnopermskie
(trachyandezyty?)
2. **Kraton wschodnioeuropejski** –
obszar Wigier
3. **Masyw Karkonoski** –
rejon Szklarskiej Poręby
(nowy otwór Czerwony Potok):
górnokarbońskie granity plutonu
Karkonoszy (8-9 km miąższości?)
4. **Kraton wschodnioeuropejski** -
- Obszar Lubelszczyzny (rejon
Busówno-Krowie Bagno):
eokambryjskie intruzje, wizeńskie
dajki (bazalty i diabazy?)
5. **Polska centralna** – skały
osadowe triasu i starsze
(następny slajd)



Otwór Czerwony Potok PiG-1 w rejonie Szklarskiej Poręby – Huty (200 m)

- Pobranie próbek rdzeni do analiz laboratoryjnych (petrograficzno-mineralogicznych, petrofizycznych parametrów zbiornikowych, termicznych)



- Pomiary temperatury (1x nieustal., 2x ustal.)
- Pomiary geofizyki wiertniczej

Wyznaczono kilka struktur gdzie możliwe byłoby wykorzystanie zamkniętych systemów geotermicznych (HDR) lub systemów wspomaganych niewielkim dopływem wód (EGS), w przedziale głębokości od 4 do 6 km. Charakteryzują się one wysoką - jak na warunki naszego kraju - temperaturą (ponad 130°C). Prawdopodobnie są też podatne na procesy szczelinowania, umożliwiające stabilne funkcjonowanie systemu geotermicznego (chodzi o zapewnienie odpowiednio wysokiej przepuszczalności i kubatury strefy szczelinowania oraz optymalnego strumienia, minimalizującego wychłodzenie górotworu i w konsekwencji spadek mocy układu). Najkorzystniejsze warunki stwierdzono w:

1. Skałach krystalicznych Sudetów (rejon 3)

Za najlepsze uznano parametry geotermiczne w podatnym na procesy szczelinowania granitowym plutonie Karkonoszy – szczególnie w rejonie na południe od Szklarskiej Poręby oraz w pasie na południowy wschód od Jeleniej Góry – w okolicy Kowar i Karpacza. Gradient geotermiczny w tych strefach wynosi prawdopodobnie ok. $4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Na głębokości 3500 m temperatura skał sięga 145°C , a na głębokości 4000 m ok. 165°C (a więc są to lepsze warunki niż wskazywałaby mapa – Szewczyk, 2010). Jednostkowa moc elektryczna brutto, możliwa do wygenerowania w tych warunkach termicznych, wynosi odpowiednio 9,5–10 kW/(m³/h) i 12–13 kW/(m³/h). Moc elektryczna brutto przykładowej elektrowni binarnej w warunkach stałej eksploatacji wód z głębokości ok. 4,5 km z wydajnością 100 m³/h, o stabilnej temperaturze około 165°C i przy zatłaczaniu wody powrotnej o temperaturze 70°C może wynieść 1,2–1,3 MW brutto (cieplna może być

2. Skałach wulkanicznych bloku Gorzowa Wielkopolskiego (rejon 1)

Do lokalizacji systemu geotermalnego wytypowano rejon Dębna. Gradient geotermiczny, wynoszący w tym rejonie ponad 40°C/km, implikuje wysokie temperatury skał na relatywnie małej głębokości, umożliwiające produkcję energii elektrycznej w systemach binarnych.

Niewielki strumień wody (50 m³/h) oraz niewielka przepuszczalność skał skutkowałyby powolną migracją płynu. Pozwoliłoby to uzyskać stabilność źródła mocy przez minimum 25 lat, nawet przy niewielkiej kubaturze strefy szczelinowanej, a w przypadku większej objętości nawet do 40 lat. W górotworze o temperaturze początkowej równej 153°C (głębokość 4,3 km) modelowana moc elektryczna brutto jednego obiektu wahałaby się od ok. 555 kW w początkowych latach do ok. 520 kW po upływie 50 lat (moc cieplna byłaby ośmiokrotnie większa). Przy strumieniu wody o przepływie 100 m³/h moc brutto wynosiłaby w okresie początkowym ok. 1110 kW, a po upływie 50 lat w optymistycznym scenariuszu ok. 950 kW, a w pesymistycznym - ok. 660 kW.

3. Skałach osadowych w rejonie Krośniewic (rejon 5)

W modelu wykonanym dla rejonu Krośniewic założono możliwość wykorzystania istniejącego otworu Krośniewice IG-1 (głębokość 5,4 km, temperatura 179°C) i zainstalowania systemu EGS. Po 50 latach pracy moc elektryczna systemu brutto spadłaby z początkowej wartości 1,8 MW do 1,7 MW. Moc cieplna systemu po roku pracy wynosiłaby 12,9 MW, po 50 latach – 12,2 MW. Całkowitą produkcję energii elektrycznej netto w ciągu 50 lat szacuje się na 764,5 GWh. Oprócz rejonu Krośniewic wskazano również dwie inne strefy o korzystnych parametrach dla EGS - rejon Konina oraz Pleszewa.



Podsumowanie

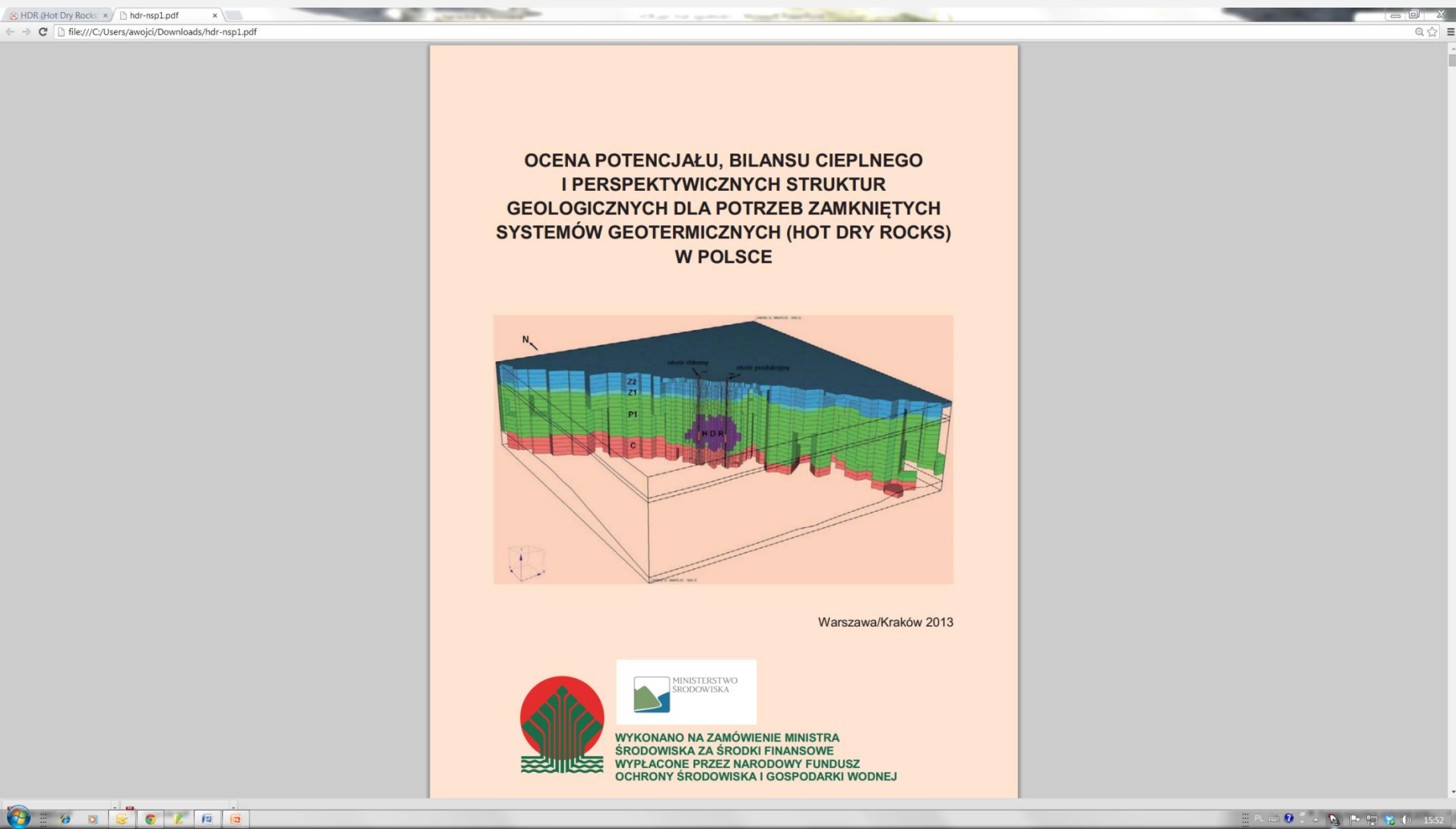
Wyniki badań stanowią przesłanki do zaprojektowania pilotażowych instalacji geotermalnych. Z uwagi na niewystarczającą wiedzę o zachowaniu się rozpatrywanych ośrodków skalnych w procesie szczelinowania i transportu zatłaczanych płynów, konieczne jest szczegółowe rozpoznanie wytypowanych lokalizacji powierzchniowymi badaniami geofizycznymi, wykonanie (odpowiednio głębokich) otworów wiertniczych oraz przeprowadzenie badań próbek rdzeni i testów w otworach, weryfikujących założenia przyjęte w trakcie modelowań.

W rejonie Karkonoszy (rejon 3) można teoretycznie „zmieścić” około 20 dubletów wykorzystujących ciepło skał krystalicznych, w rejonie bloku Gorzowa (1) do 500 dubletów wykorzystujących ciepło skał wulkanicznych a w rejonie Polski centralnej (5) nawet 2000 dubletów wykorzystujących ciepło skał osadowych (abstrahując na razie od możliwości ulokowania instalacji, tzn. lokalizacji obszarów chronionych, czy też konieczności posiadania w pobliżu odbiorcy ciepła). Teoretycznie potencjał produkcji energii elektrycznej z systemów HDR/EGS w Polsce jest więc rzędu 2 – 4 GW (ale rejon Karkonoszy, gdzie według obecnego stanu wiedzy perspektywy dla HDR są najlepsze, obejmuje tylko 1% tego potencjału).

Na podstawie dostępnej literatury (Huenges, 2010) można przytoczyć orientacyjne szacunki kosztów wierceń oraz szczelinowania, stanowiących najbardziej istotne pozycje odpowiednio nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji, oraz inne koszty przykładowych projektów geotermalnych o warunkach geologiczno-złożowych podobnych do tych analizowanych powyżej. Prawdopodobnie instalacja do produkcji ciepła byłaby opłacalna pod warunkiem stabilnego funkcjonowania systemu geotermicznego przez minimum **25-30 lat**, zaś instalacja do produkcji energii elektrycznej zwróciłaby się po **40-50 latach**.



Więcej informacji - książeczka



strona projektu: <http://www.pgi.gov.pl/pl/cel-i-zadania-projektu-hdr-mw.html>



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

www.pgi.gov.pl