

Wykorzystanie bazy danych geologiczno - inżynierskich na potrzeby geotermii inżynierskiej

Edyta Majer,
Grzegorz Ryżyński, Marta Szlasa,
Przemysław Wojtczak, Mateusz Żeruń, Krzysztof Majer
Państwowy Instytut Geologiczny -
Państwowy Instytut Badawczy

PROGRAM KRAJOWY

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

[https://www.gov.pl/web/klimat/
mapa-drogowa-rozwoju-geotermii-w-polsce](https://www.gov.pl/web/klimat/mapa-drogowa-rozwoju-geotermii-w-polsce)

DEFINIUJE

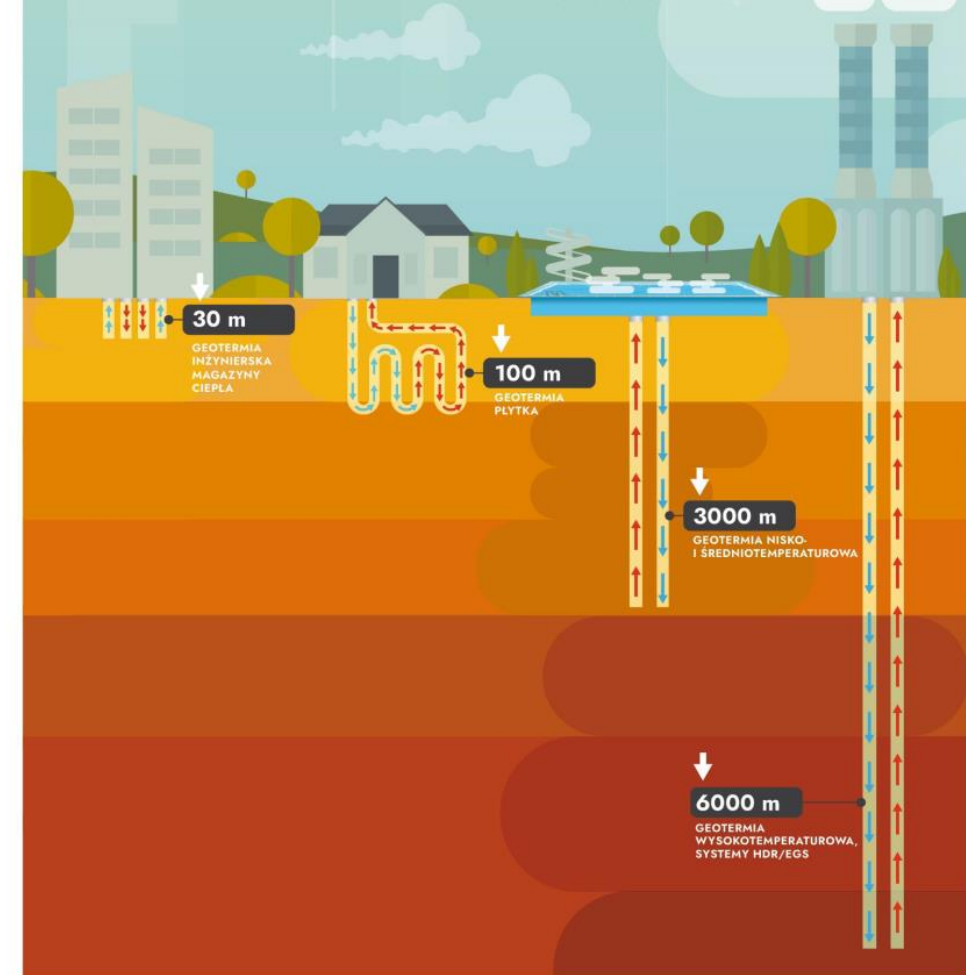
4 RODZAJE GEOTERMII



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

GeSym²⁰²²

WIELOLETNI PROGRAM ROZWOJU WYKORZYSTANIA ZASOBÓW GEOTERMALNYCH W POLSCE



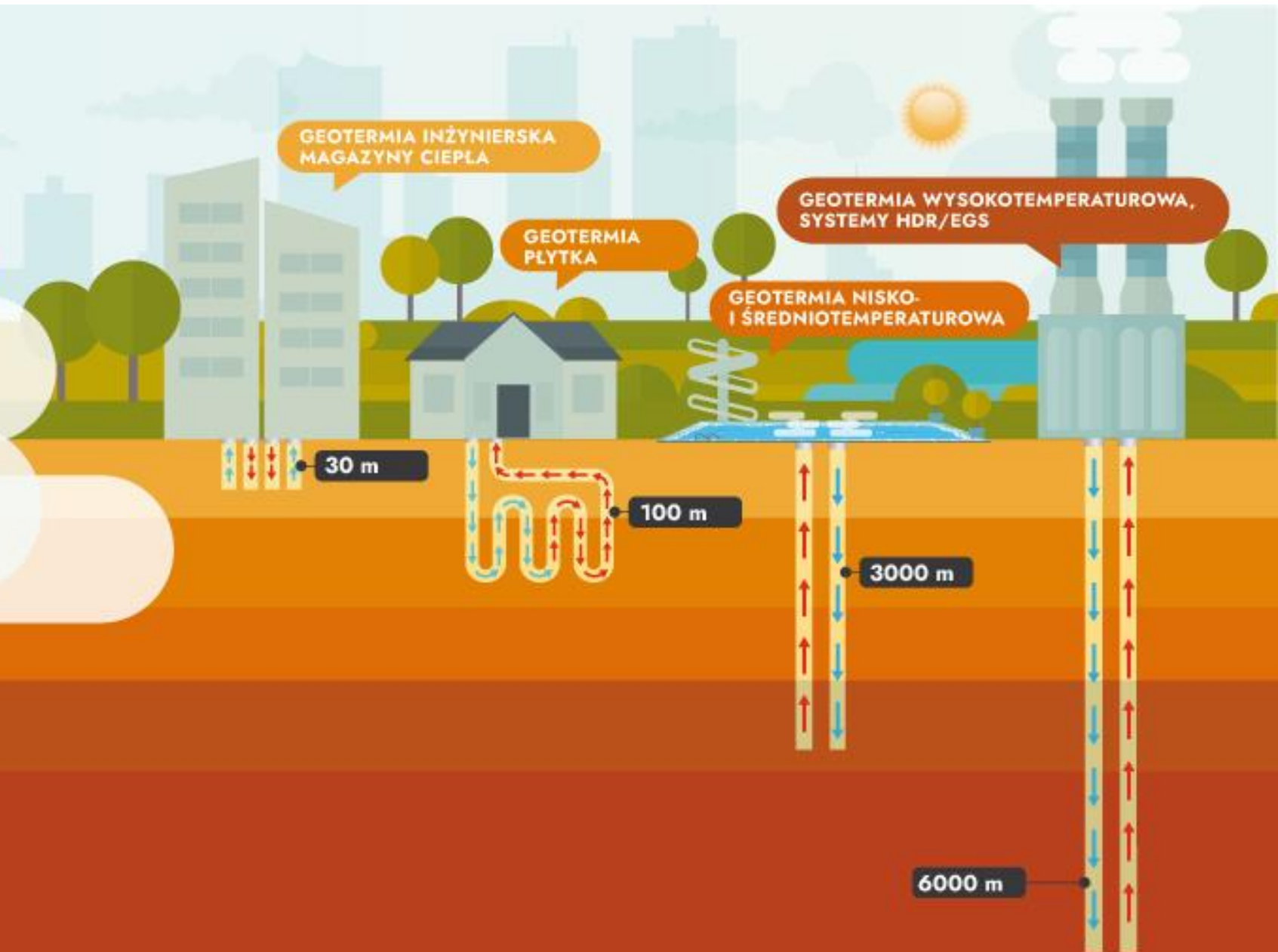
RODZAJE GEOTERMII



**Czyste ciepło
z wnętrza Ziemi
wprost do naszych
domów!**

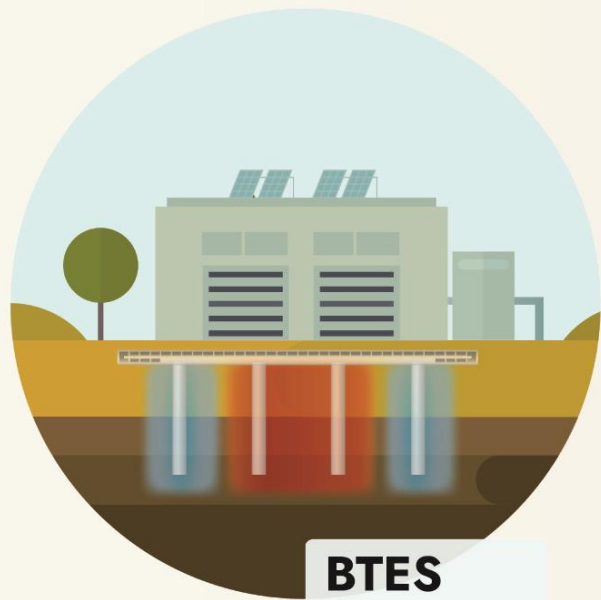
 Ministerstwo
Klimatu i Środowiska

<https://www.gov.pl/web/klimat/>



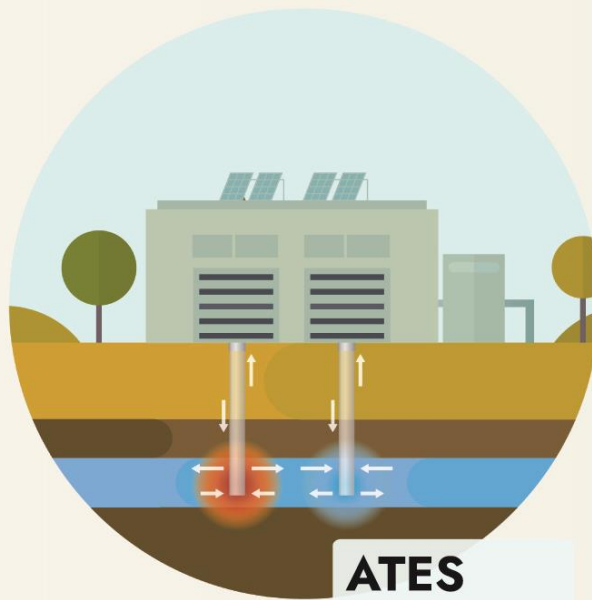
GEOTERMIA INŻYNIERSKA!

WESPRZEMY ROZWÓJ INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII SKŁADOWANIA CIEPŁA W GÓROTWORZE!



BTES

Borehole Thermal Energy Storage **BTES**
magazynowanie ciepła i chłodu w gruncie lub skale
przy pomocy otworowych wymienników ciepła



ATES

Aquifer Thermal Energy Storage **ATES**
magazynowanie ciepła i chłodu w warstwie wodonośnej

W RAMACH WIELOLETNIEGO PROGRAMU WYKORZYSTANIA ZASOBÓW GEOTERMALNYCH W POLSCE:

- 01** Do 2025 roku powstaną pierwsze instalacje demonstracyjne technologii BTES i ATES
- 02** Do 2040 roku powstanie 200 instalacji wdrożeniowych: 100 instalacji BTES i 100 instalacji ATES
- 03** Środki z NFOŚiGW oraz NCBIR pokryją 50% wartości inwestycji



Systemy BTES i ATES mogą dostarczać zmagazynowane w gruncie ciepło i chłód
pobliskim obiektom budowlanym niezależnie od pory roku!

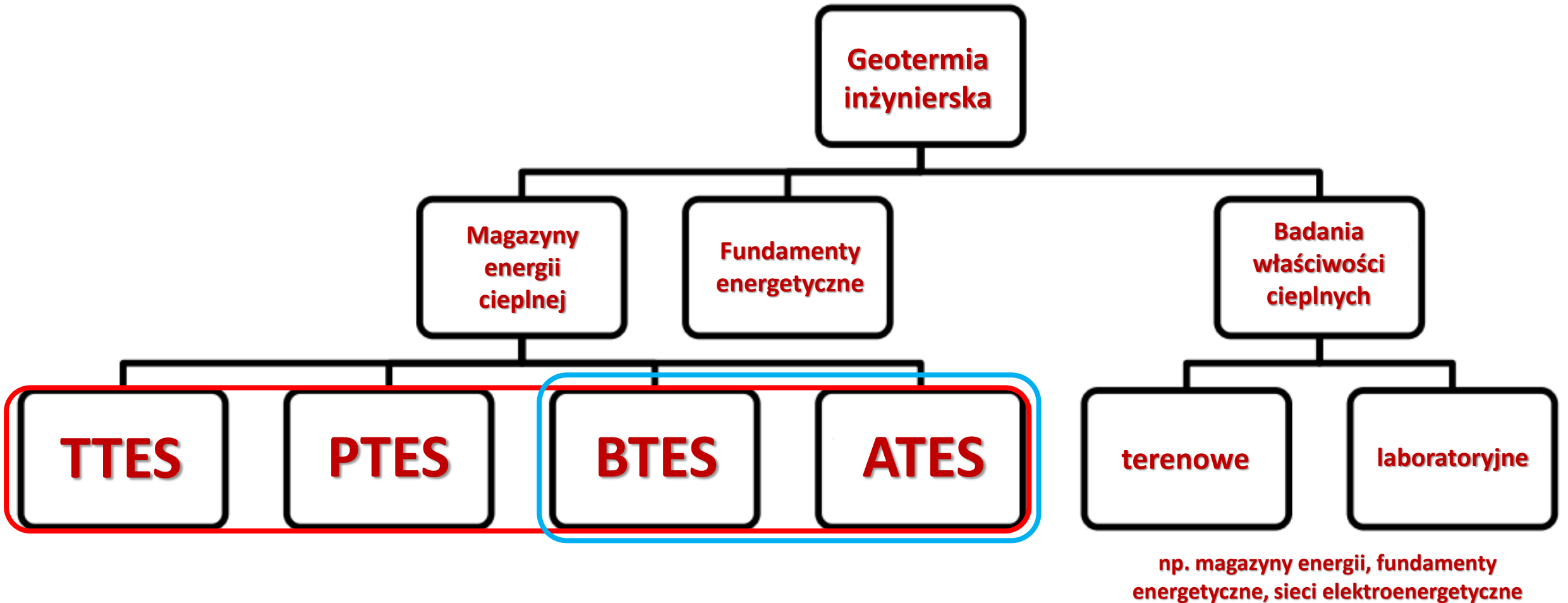
<https://www.gov.pl/web/klimat/>

GEOTERMIA **INŻYNIERSKA**: definicja

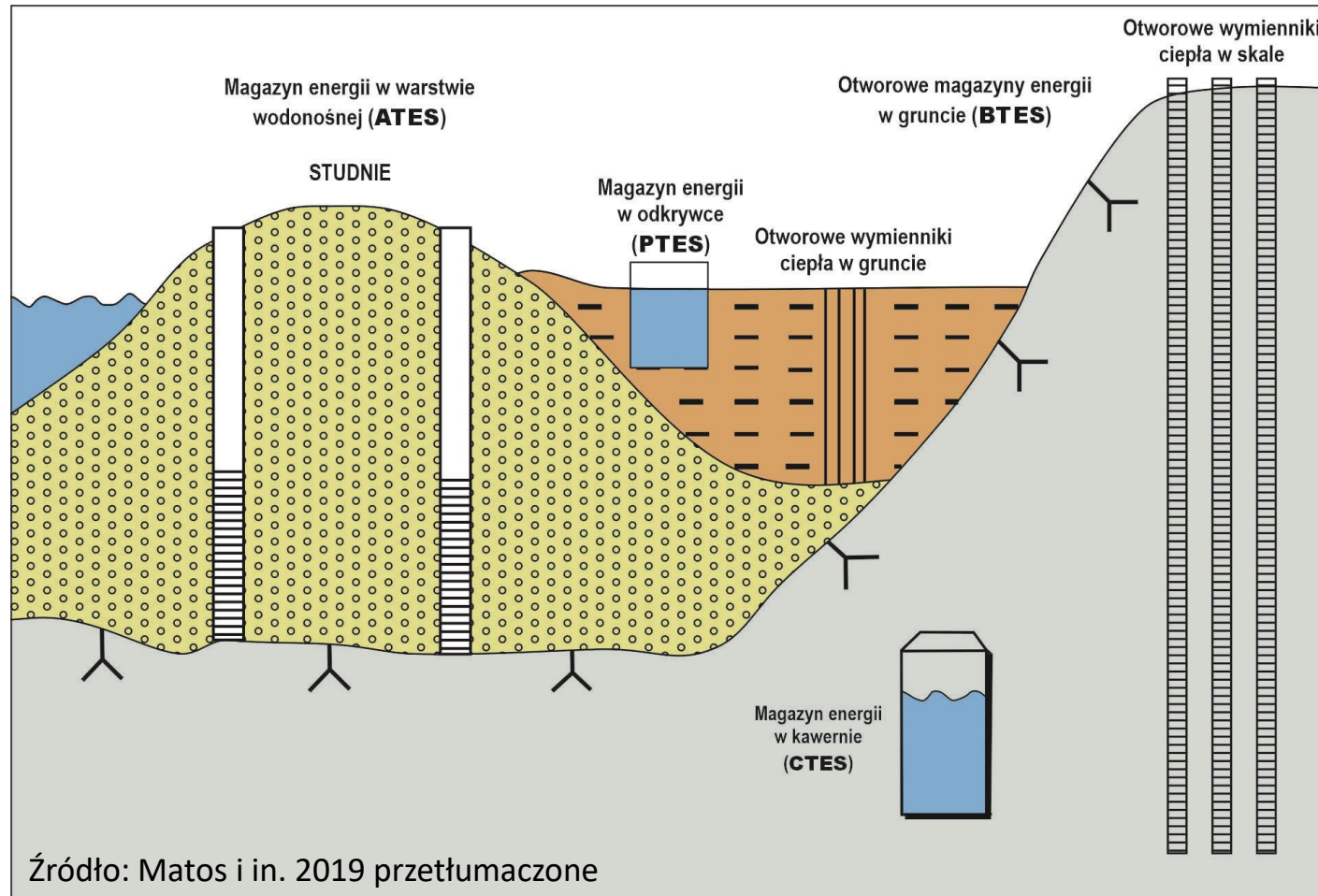
dziedzina geotermii zajmująca się pracami i badaniami, które dotyczą:

- wykorzystania energii cieplnej zgromadzonej w najpłytszych warstwach górotworu przez systemy grzewcze wykorzystujące **fundamenty energetyczne** oparte na pracy gruntowych pomp ciepła
- **magazynowania** energii cieplnej w górotworze
- oceny podłoża budowlanego pod względem **właściwości cieplnych**

GEOTERMIA **INŻYNIERSKA**: definicja



GEOTERMIA INŻYNIERSKA: magazyny energii cieplnej

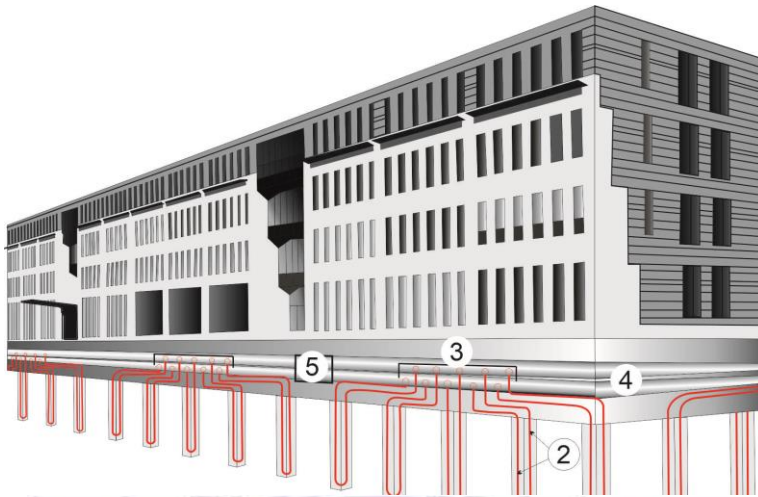


MAGAZYNY ENERGII CIEPLNEJ (UTES, ang. Underground Thermal Energy Storage)

1. **magazyny energii cieplnej w warstwie wodonośnej** (magazyn otwarty) (**ATES**, ang. Aquifer Thermal Energy Storage)
2. **magazyny energii cieplnej w kawernach lub w wyrobiskach górniczych** (**CTES**, ang. Cavity Thermal Energy Storage; **MWTS**, ang. Mine Water Thermal Storage)
3. **podziemne magazyny szczytowo-pompowe** (**UPHS**, ang. Underground Pumped Hydro Storage)
4. **magazyny energii cieplnej w specjalnie wykonanych zbiornikach podziemnych** (**TTES**, ang. Tank Thermal Energy Storage)
5. **magazyny energii cieplnej w specjalnie wykonanych zbiornikach przypowierzchniowych** (**PTES**, ang. Pit Thermal Energy Storage)
6. **magazyny energii cieplnej w otworze studziennym** (**SCW**; ang. standing column well)
7. **otworowe magazyny energii cieplnej** (**BTES**, ang. Borehole Thermal Energy Storage)

FUNDAMENTY ENERGETYCZNE - FE

Termoaktywne konstrukcje inżynierskie



Kolejno:

- schemat wykorzystania,
- ściana szczelinowa,
- termopal,
- płyta fundamentowa

Źródło:

https://task45.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA_SHC_Task45_B_Report.pdf

FUNDAMENTY ENERGETYCZNE - FE

Przykład realizacji

Gmach nowego budynku
Archiwum Narodowego w Krakowie

Dwa segmenty o pow. użytkowej
14 000 m² (8 i 6 kondygnacji)

Całkowite obciążenie **ciepłne** dla
obu budynków $Q_{ogr} = 101.2 \text{ kW}$

Zapotrzebowanie **chłodu** dla obu
budynków $Q_{chl} = 145.9 \text{ kW}$

**114 pali wierconych
energetycznych** z rur PE-Xa, łączna
długość pali **104.25m – 52.7 kW**

25 otworowych wymienników
ciepła o łącznej długości 2 500m.



Źródło: Archiwum Narodowe w Krakowie



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

GeoSym²⁰²²

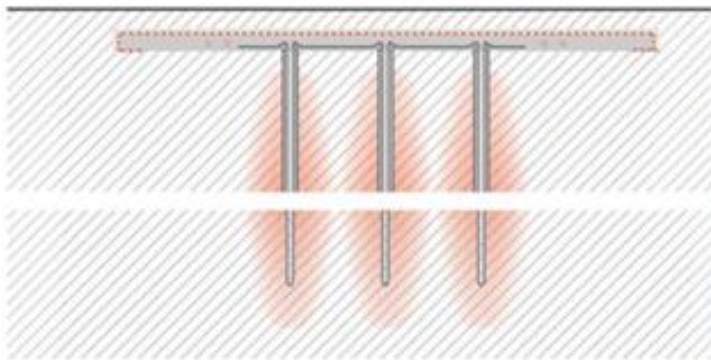


Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

MAGAZYNY ENERGII CIEPLNEJ - BTES

Otworowe magazyny energii cieplnej

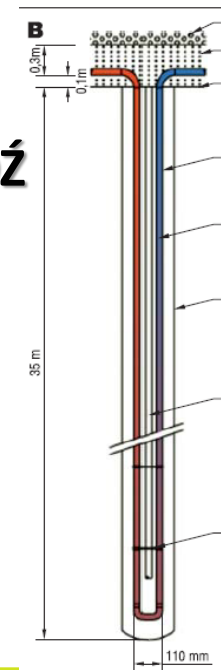
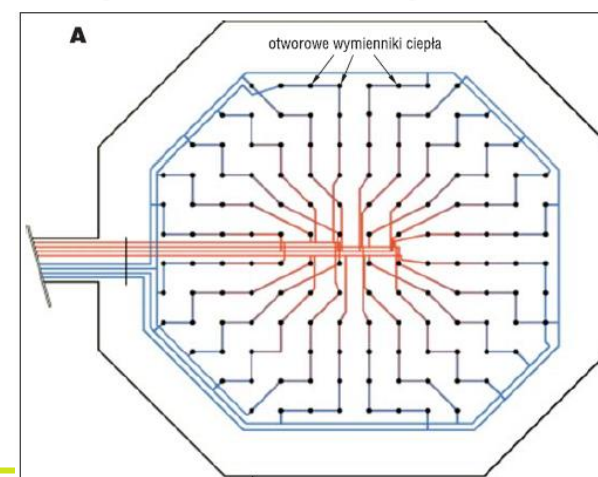
Borehole thermal energy storage (BTES)
(15 to 30 kWh/m³)



Kolejno:

- schemat budowy,
- wykonywanie odwiertów,
- instalacja wymiennika,
- ukończony magazyn

Przykład realizacji - IKEA ŁÓDŹ



Źródło:
https://task45.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA_SHC_Task45_B_Report.pdf



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

GeoSym²⁰²²

Źródło: Miecznik, 2016



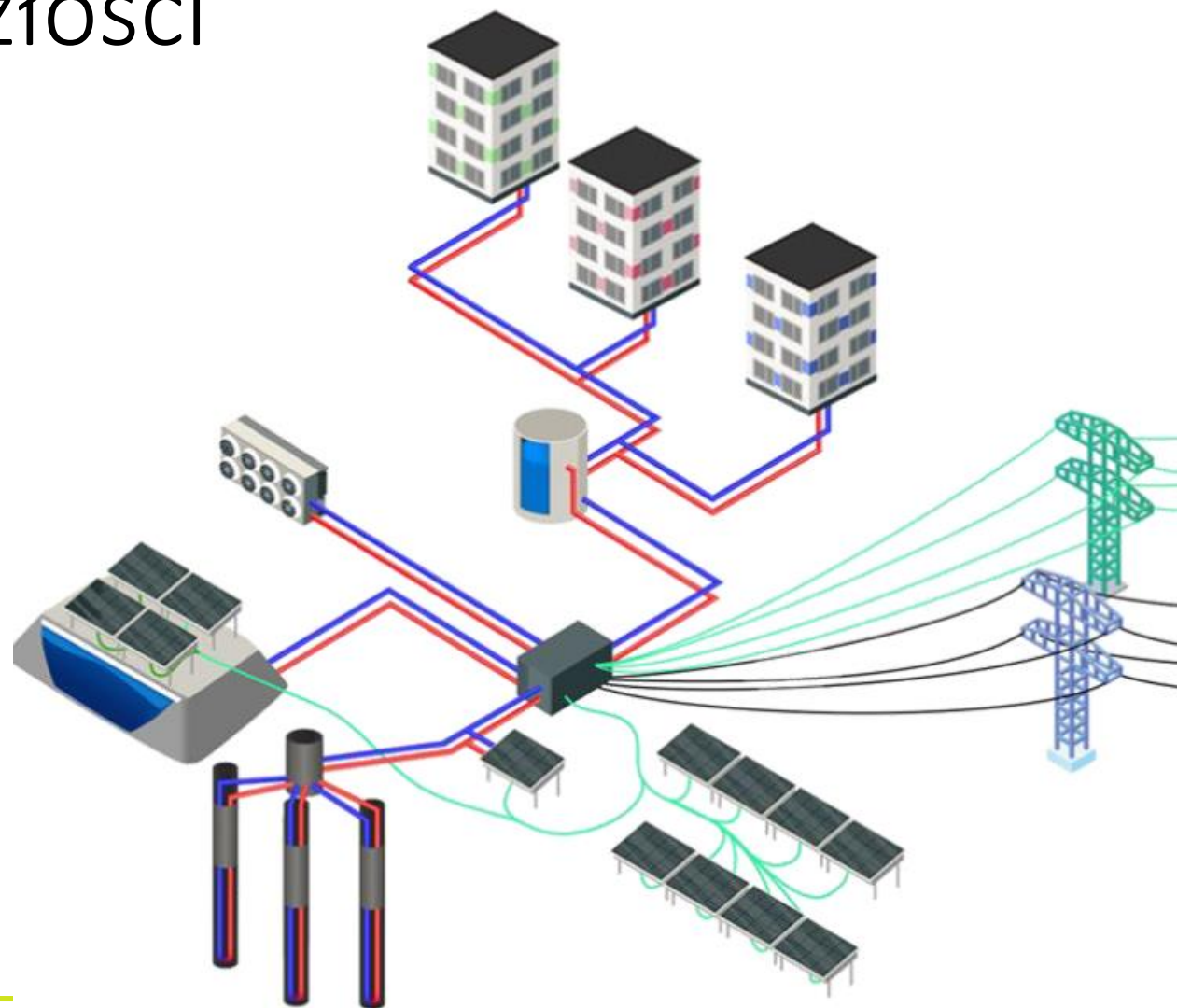
Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

MAGAZYNY ENERGII CIEPLNEJ - BTES

Koncepcja Ciepłowni Przyszłości

- Trzy maszynownie pomp ciepła
- Trójstopniowy system magazynowania
 - Niskotemperaturowy magazyn gruntowy BTES (5-15°C)
 - Wysokotemperaturowy magazyn wodny PTES (7-60 °C)
 - Magazyn krótkoterminowy – bufor (85 °C)
- Zarządzanie energią
 - Trzy dolne źródła i trzy górne źródła dla pomp ciepła
 - Maksymalna autokonsumpcja PV

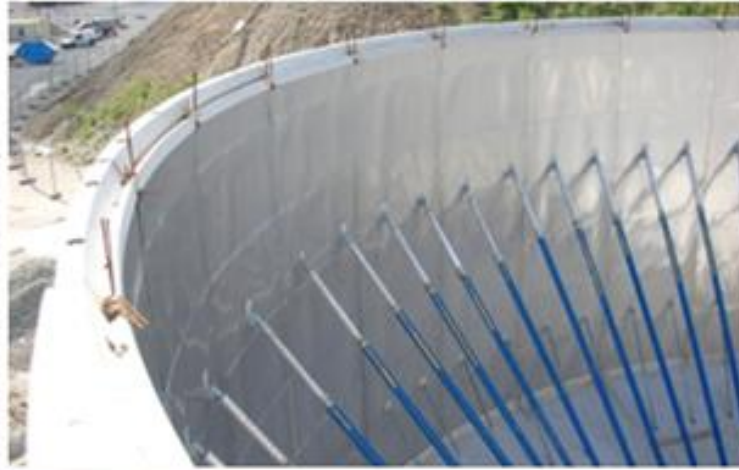
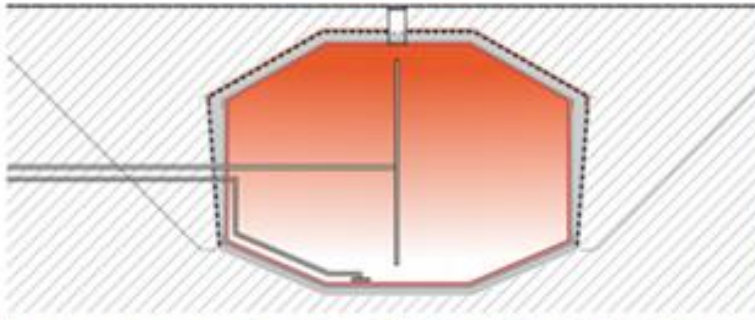
Źródło: Euros Energy



MAGAZYNY ENERGII CIEPLNEJ - TTES

w specjalnie wykonanych zbiornikach podziemnych

Tank thermal energy storage (TTES)
(60 to 80 kWh/m³)



Kolejno:

- schemat budowy,
- stawianie ścian bocznych,
- wieńczenie zbiornika kopułą,
- ukończony magazyn

Brak doświadczeń krajowych

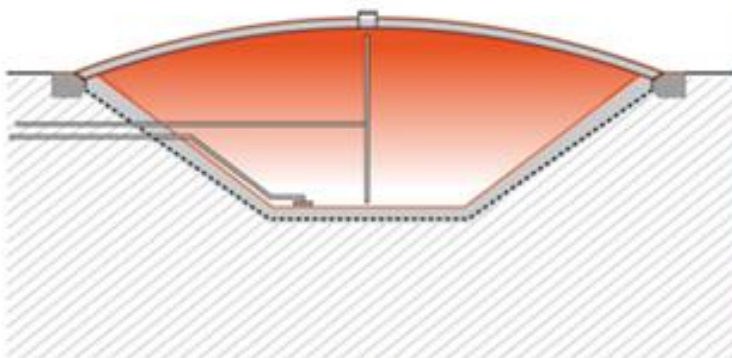
Źródło:

https://task45.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA_SHC_Task45_B_Report.pdf

MAGAZYNY ENERGII CIEPLNEJ - PTES

w specjalnie wykonanych zbiornikach przypowierzchniowych

Pit thermal energy storage (PTES)
(60 to 80 kWh/m³)



Kolejno:

- schemat budowy,
- roboty ziemne i instalacja ścian bocznych,
- wypełnianie zbiornika,
- ukończony magazyn

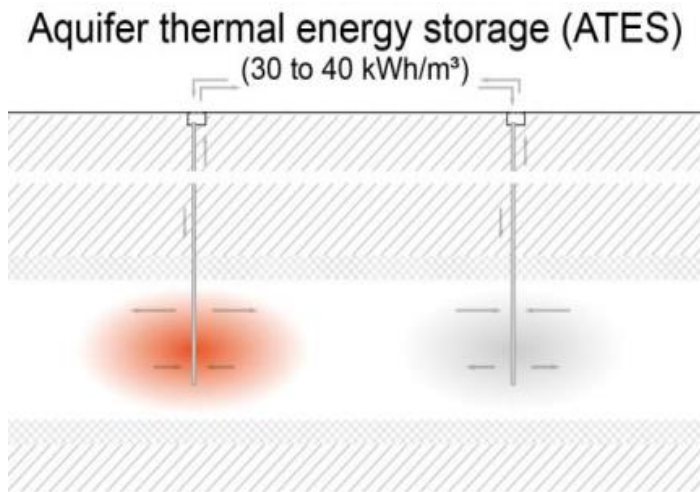
Brak doświadczeń krajowych

Źródło:

https://task45.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA_SHC_Task45_B_Report.pdf

MAGAZYNY ENERGII CIEPLNEJ - ATES

w warstwie wodonośnej



Kolejno:

- schemat budowy,
- wykonywanie odwiertów,
- ukończony magazyn,
- studzienka rewizyjna

Brak doświadczeń krajowych

Budynek Parlamentu Niemieckiego



Źródło:

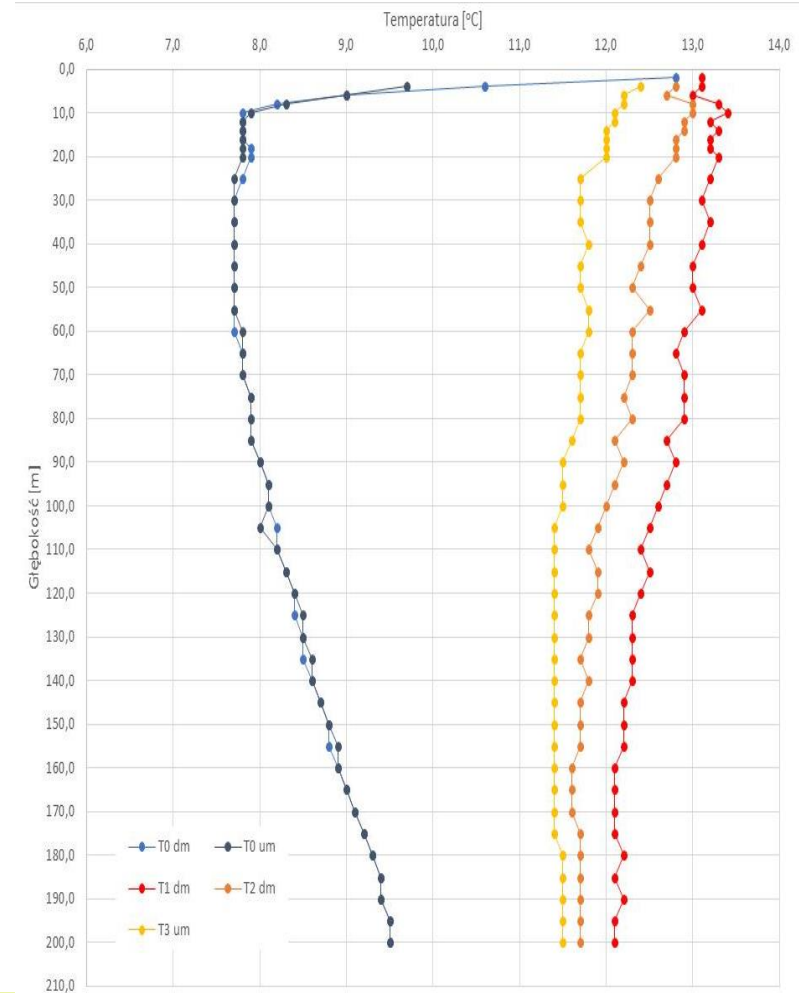
https://task45.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA_SHC_Task45_B_Report.pdf

MAGAZYNY ENERGII CIEPLNEJ - ZALETY/OGRANICZENIA

Technologia magazynowania	FE fundamenty energetyczne	TTES magazyny energii cieplnej w specjalnie wykonanych zbiornikach podziemnych	PTES magazyny energii cieplnej w specjalnie wykonanych zbiornikach przypowierzchniowych	BTES otworowe magazyny energii cieplnej	ATES magazyny energii cieplnej w warstwie wodonośnej
Rodzaj akumulatora	Grunt, skała (podłoże budowlane)	Woda	Woda, mieszanina woda-żwir	Grunt, skała (podłoże budowlane)	Warstwa wodonośna
Wymagania geologiczne	Podłoże nadający się do wiercenia Występowanie wód gruntowych jest korzystne Duża pojemność cieplna ośrodka Wysoka przewodność termiczna ośrodka Niska przewodność hydrauliczna Niski naturalny przepływ wód gruntowych Głębokość zależy od sposobu posadowienia	Stabilne podłoże budowlane Preferowany brak wody gruntowej Głębokość 5 - >15 m	Stabilne podłoże budowlane Preferowany brak wody gruntowej Głębokość 5 -> 15 m	Podłoże nadający się do wiercenia Występowanie wód gruntowych jest korzystne Duża pojemność cieplna ośrodka Wysoka przewodność termiczna ośrodka Niska przewodność hydrauliczna Niski naturalny przepływ wód gruntowych Głębokość 30 - >100 m	Naturalna warstwa wodonośna o wysokiej przewodności hydraulicznej Warstwy izolujące warstwę wodonośną Niski naturalny przepływ wody gruntowej Odpowiedni skład chemiczny wody w warunkach wysokich temperatur Mięszość warstwy wodonośnej 20 - 50 m
Zalety	Może być stosowany zarówno do ogrzewania, jak i chłodzenia Stosunkowo niskie nakłady finansowe wynikające z możliwości łączenia funkcji nośnej z funkcją energetyczną wymienników Bardzo duża wydajność wymienników Możliwość wykorzystania w warunkach ograniczonej powierzchni działki budowlanej	Nie są wymagane specjalne warunki geologiczne Najbardziej rozwinięta technologia Wysoka stratyfikacja termiczna Duża pojemność cieplna Łatwość instalacji	Nie są wymagane specjalne warunki geologiczne Pozostawienie naturalnej warstwy wodonośnej w nienaruszonym stanie	Może być stosowany zarówno do ogrzewania, jak i chłodzenia Wymaga mniejszej powierzchni w przypadku odwiertu pionowego Wymaga mniejszej ilości wykopów w przypadku wymiennika poziomego Mniejsza wrażliwość na warunki klimatyczne Możliwe do zastosowania w bardzo dużych i bardzo małych instalacjach	Możliwość stosowania zarówno do ogrzewania, jak i chłodzenia Możliwość wytwarzania chłodu bez urządzenia wspomagającego (direct cooling) Mniejsze wymagania konserwacyjne niż TTES i PTES Bardziej efektywny transfer ciepła niż w przypadku BTES
Ograniczenia	Brak krajowych doświadczeń w zakresie projektowania, wykonywania i rozpoznania podłoża budowlanego	Duże straty ciepła Potencjalna korozja Potencjalna nieszczelność	Mniejsza stratyfikacja termiczna niż w przypadku TTES Potencjalna nieszczelność Mniejsza gęstość energii niż w przypadku TTES	Wymagane specjalne warunki geologiczne Duże straty ciepła Niska gęstość energii Długi proces wstępnych badań geologicznych Konieczny proces rozruchu	Wymagane specjalne warunki geologiczne Duże straty ciepła Niska gęstość energii Efekty kolmatacji Długi proces wstępnych badań geologicznych

BADANIA WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNYCH

Badania terenowe: test reakcji termicznej - TRT



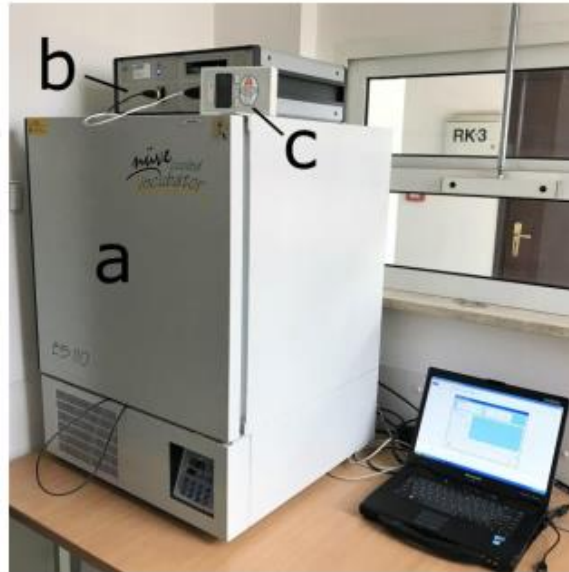
BADANIA WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNYCH

Badania terenowe: **igła termiczna**



BADANIA WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNYCH

Badania laboratoryjne: **igła termiczna**



POSTER

MAGAZYNOWANIE ENERGII CIEPLNEJ (TES)

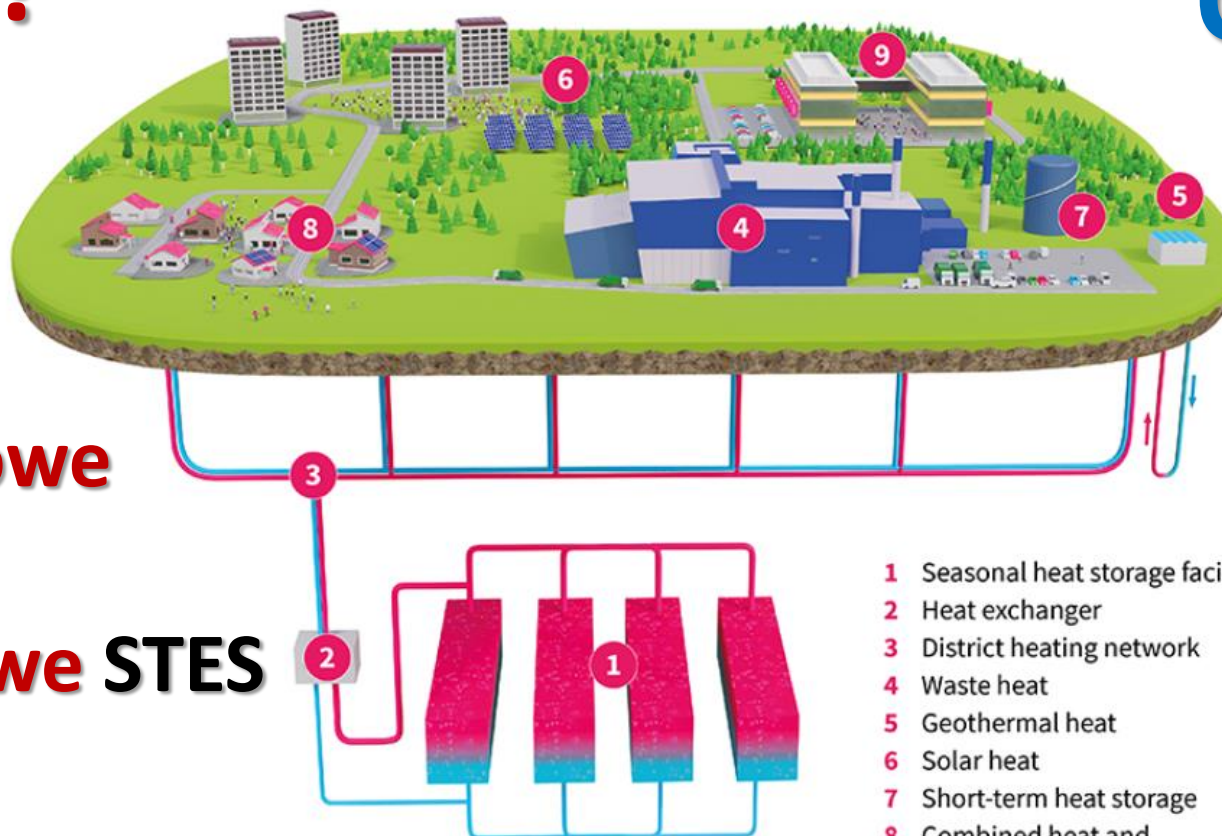
GRZANIE!

+90°C

+500°C

**Krótkoterminowe
(kila dni)**

**Długoterminowe STES
(sezonowe)**



Vantaan Energia

- 1 Seasonal heat storage facility
- 2 Heat exchanger
- 3 District heating network
- 4 Waste heat
- 5 Geothermal heat
- 6 Solar heat
- 7 Short-term heat storage
- 8 Combined heat and cold production
- 9 Waste heat recovery

CHŁODZENIE!

-40°C

ZASADA DZIAŁANIA:
nadwyżki energii **elektrycznej** z OZE są **zamieniane** na energię **cieplną** i magazynowane na potrzeby **dostarczania ciepła lub chłodu**

Źródło: <https://www.vantaanenergia.fi/>

KIERUNKI PRAC😊

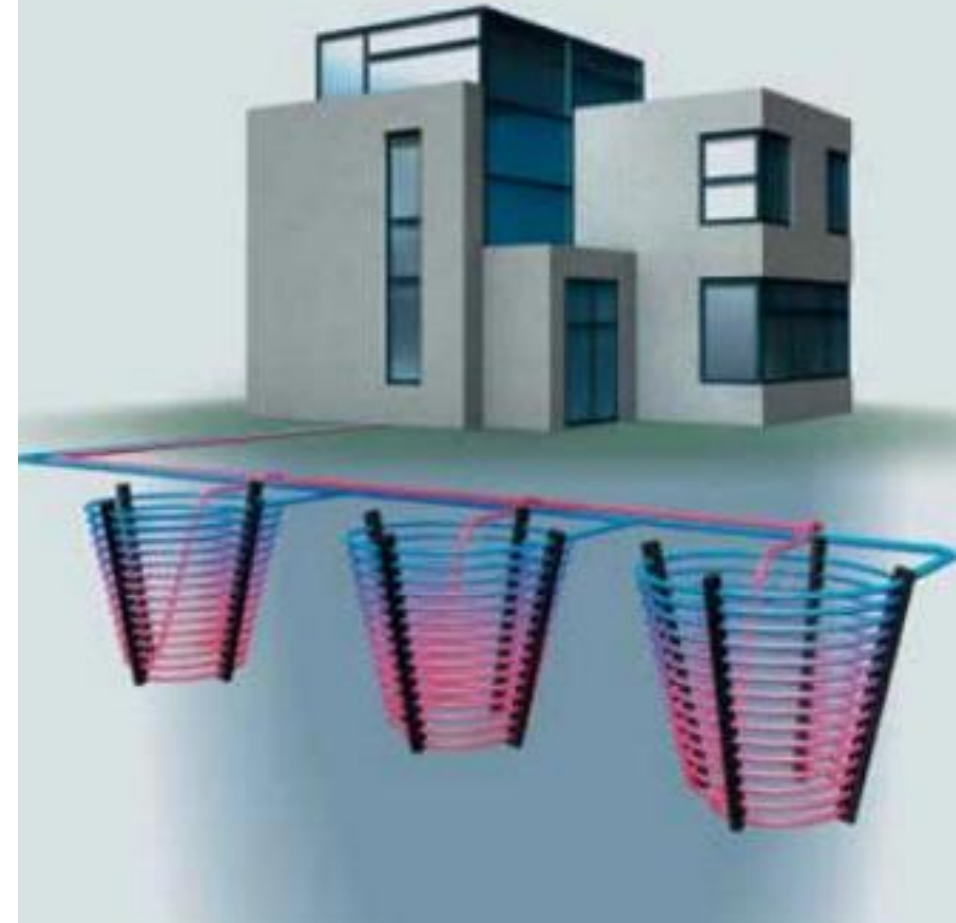
- **Projekty** badawcze, rozwojowe
- **Regulacje** prawne
- Definicja **właściciela energii** ciepłej
- **Oceny efektywności** instalacji
- **Oceny opłacalności** instalacji
 - Wytyczne do **rozpoznania** podłoża
 - Wytyczne do **projektowania**
 - Wytyczne **wykonawcze**

Zadanie PSG

**Ocena możliwości magazynowania energii ciepłej w górotworze
za pomocą systemów zamkniętych (BTES, PTES/TTES, EF)
w wybranych lokalizacjach na terenie Polski**

2023-2024

Źródło: <https://instsani.pl/technik-urzadzen-i-systemow-energetyki-odnawialnej/vademecum-energetyki-odnawialnej/pompy-ciepla/dolne-zrodla-ciepla/sondy-spiralne-wymienniki-gruntowe-koszowe/>



ZASOBY BAZY BDGI

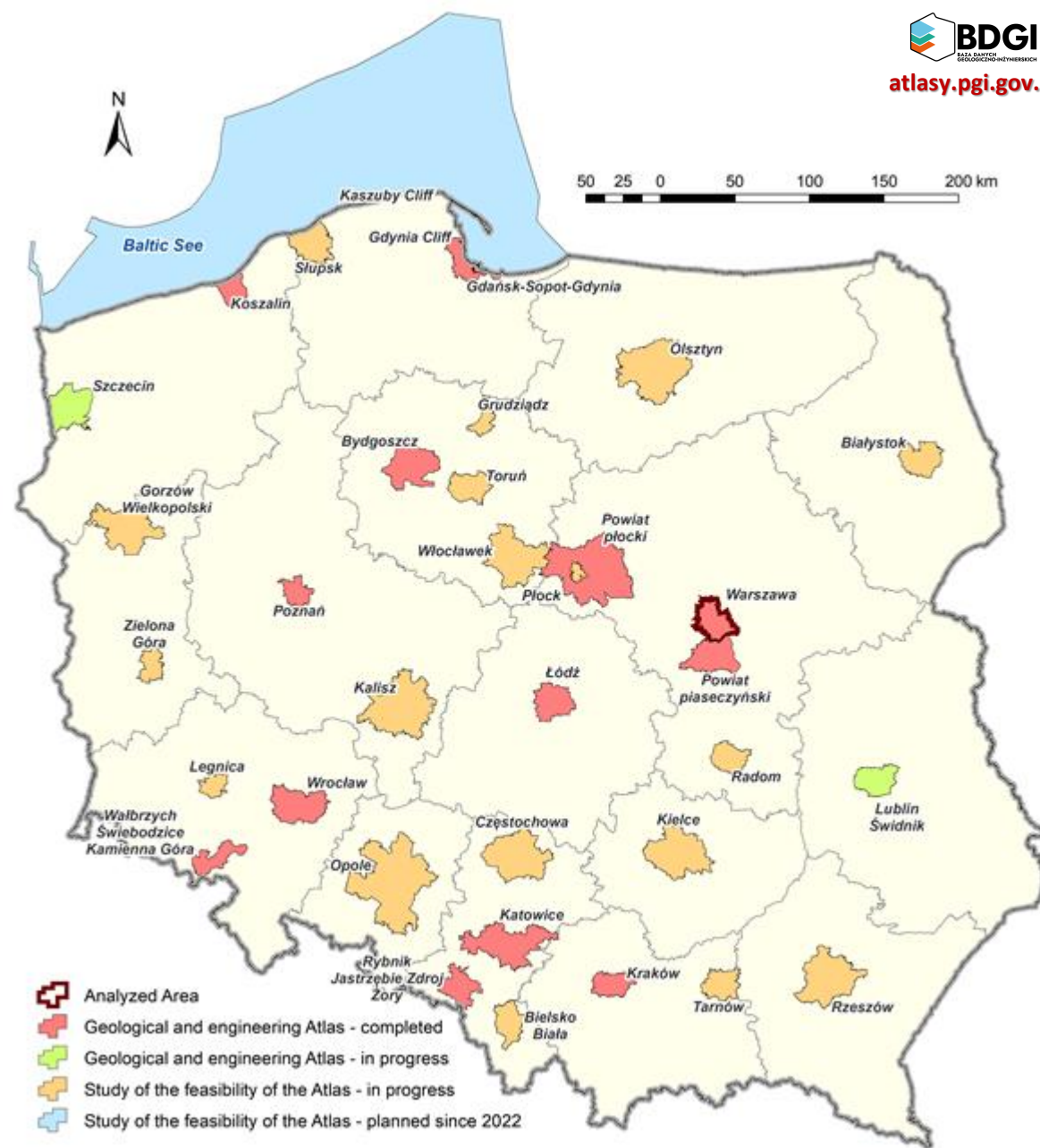
> 410 000

w tym Warszawa > 35 000
otworów wiertniczych



Wsparcie przy projektowaniu:

- **gruntowych pomp ciepła,**
- **magazynów energii cieplnej,**
- **sieci elektroenergetycznych**
- **fundamentów energetycznych**
(termopale, termoobudowy,
termościany itp.)



BDGI vs. GEOTERMIA: METODYKA

①

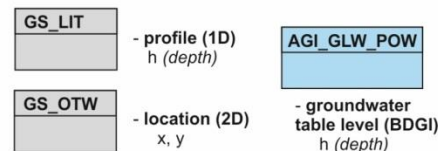
Wybór otworów z bazy BDGI

- raw borehole data is stored in numerous related tables



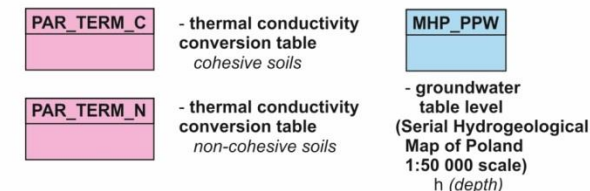
②

Selekcja danych z otworów



③

Reklasyfikacja – etap 1



④

Reklasyfikacja – etap 2

MERGING OF TABLES

②+③

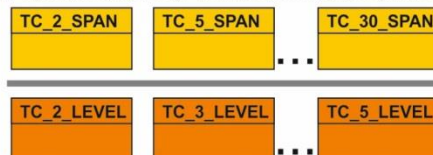
SERIA_BDGI	SGT
QhRNsp	12
QhO	
QpGNsp	23
QpDNsp	
MZNsp	

BDGI borehole data subset is merged with PAR_TERM thermal conductivity values
join fields are:
SERIA_BDGI for GeoSTAR data and SGT from PAR_TERM tables

⑤

Reklasyfikacja – etap 3

- raster algebra results (average thermal conductivity up to given depth) - *.CSV

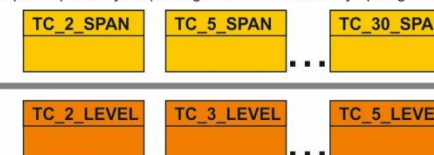


- raster algebra results (exact thermal conductivity at given depth) - *.CSV

⑥

Reklasyfikacja – seria geotermalna

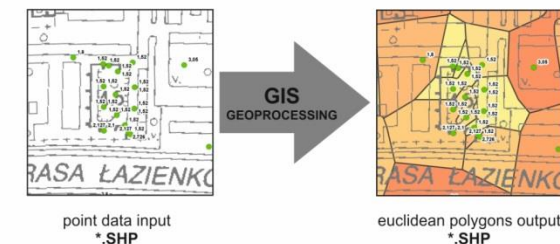
- gis point spatial layers (average thermal conductivity up to given depth) - *.SHP



- gis point spatial layers (exact thermal conductivity at given depth) - *.SHP

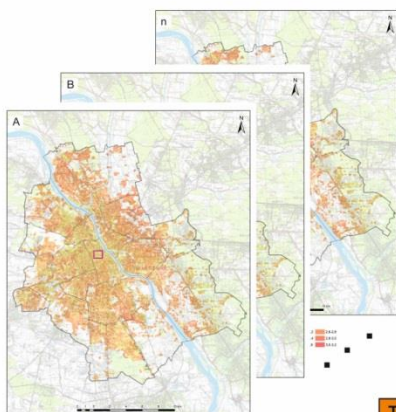
⑦

Analizy geostatystyczne



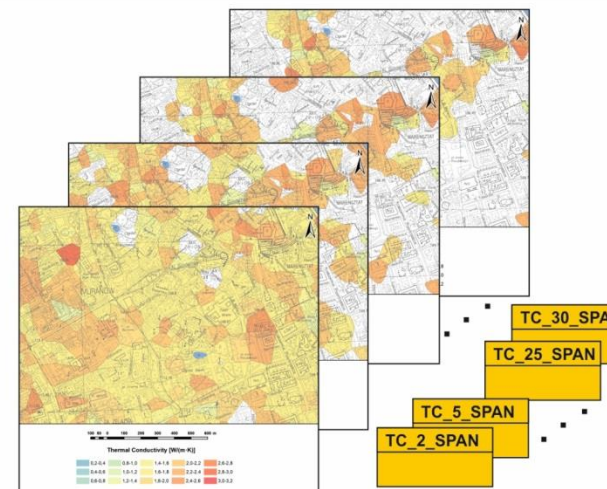
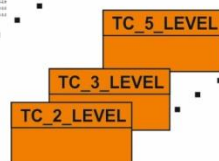
⑧

Mapy



- gis polygon spatial layers
(exact thermal conductivity
at given depth)
*.SHP

+ layout symbolisation
*.LYR



- gis polygon spatial layers
(average thermal conductivity
up to given depth)
*.SHP

+ layout symbolisation
*.LYR

METODYKA: REKLASYFIKACJA

Lithological profile	Depth [m b.s.l.]	Thickness [m]	Groundwater level [m b.s.l.]	Thermal conductivity [W/m*K]
fine sand	0.0 – 4.0	4.0		0.9
glacial till	4.0 – 21.0	17.0		2.4
clayey sand	21.0 – 40.0	19.0		1.9
mixed sand	40.0 – 45.0	5.0		2.1
sandy loam + gravel	45.0 – 54.0	9.0	50.0	2.6
clayey silt	54.0 – 68.0	14.0		2.0
mixed sand	68.0 – 74.0	6.0	68.0	2.9
clayey silt	74.0 – 80.0	6.0		2.0
silty sand	80.0 – 86.0	6.0	80.0	2.5
medium sand	86.0 – 94.0	8.0	86.0	2.8
medium sand + lignite	94.0 – 98.0	4.0		2.4
clayey silt	98.0 – 100.0	2.0		2.0

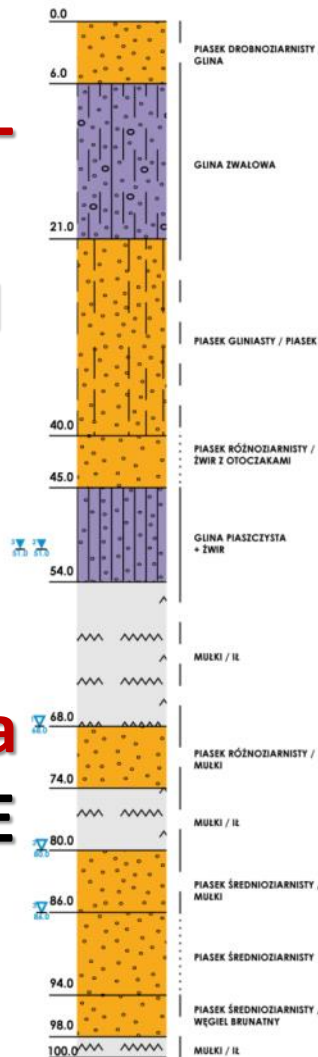
$$\lambda_1 = \frac{(4.0m \cdot 1.7 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (17.0m \cdot 2.4 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (19.0m \cdot 1.9 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (5.0m \cdot 2.4 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (9.0m \cdot 1.3 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (14.0m \cdot 2.1 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (6.0m \cdot 1.3 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (6.0m \cdot 2.6 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (6.0m \cdot 0.4 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (8.0m \cdot 2.8 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (4.0m \cdot 1.0 \text{ W/m} \cdot \text{K}) + (2.0m \cdot 1.0 \text{ W/m} \cdot \text{K})}{100}$$

$$= 2.14 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

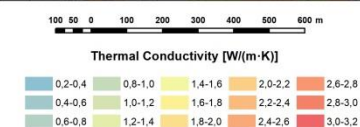
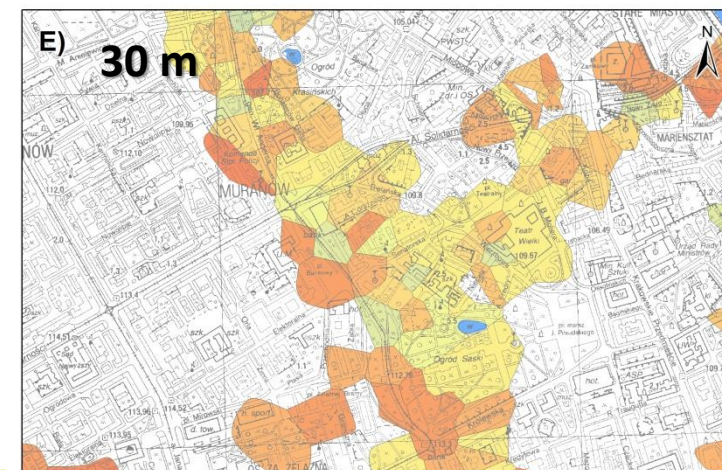
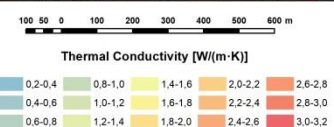
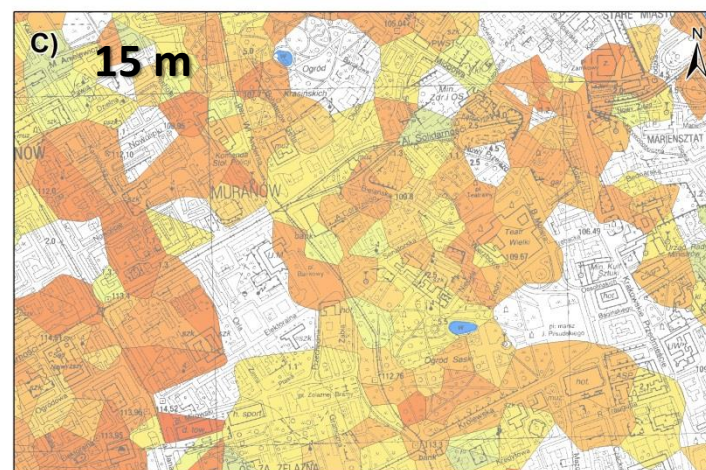
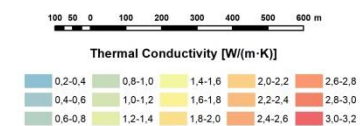
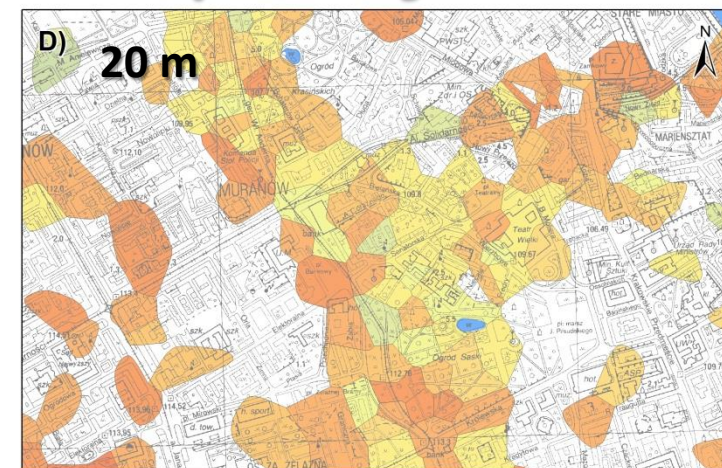
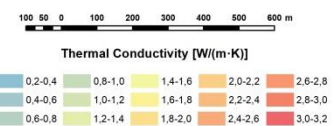
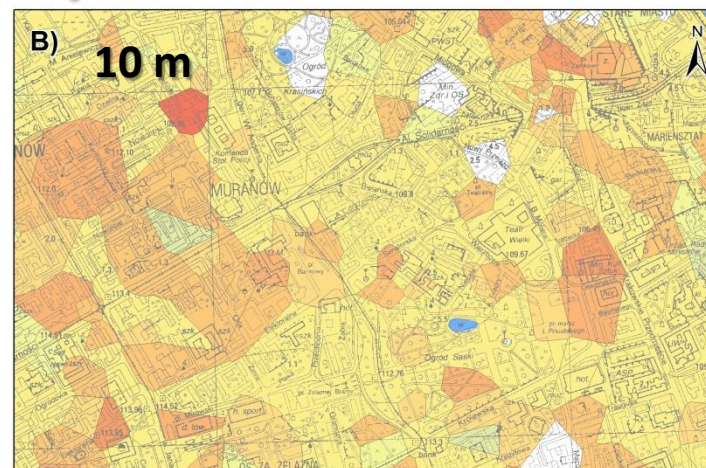
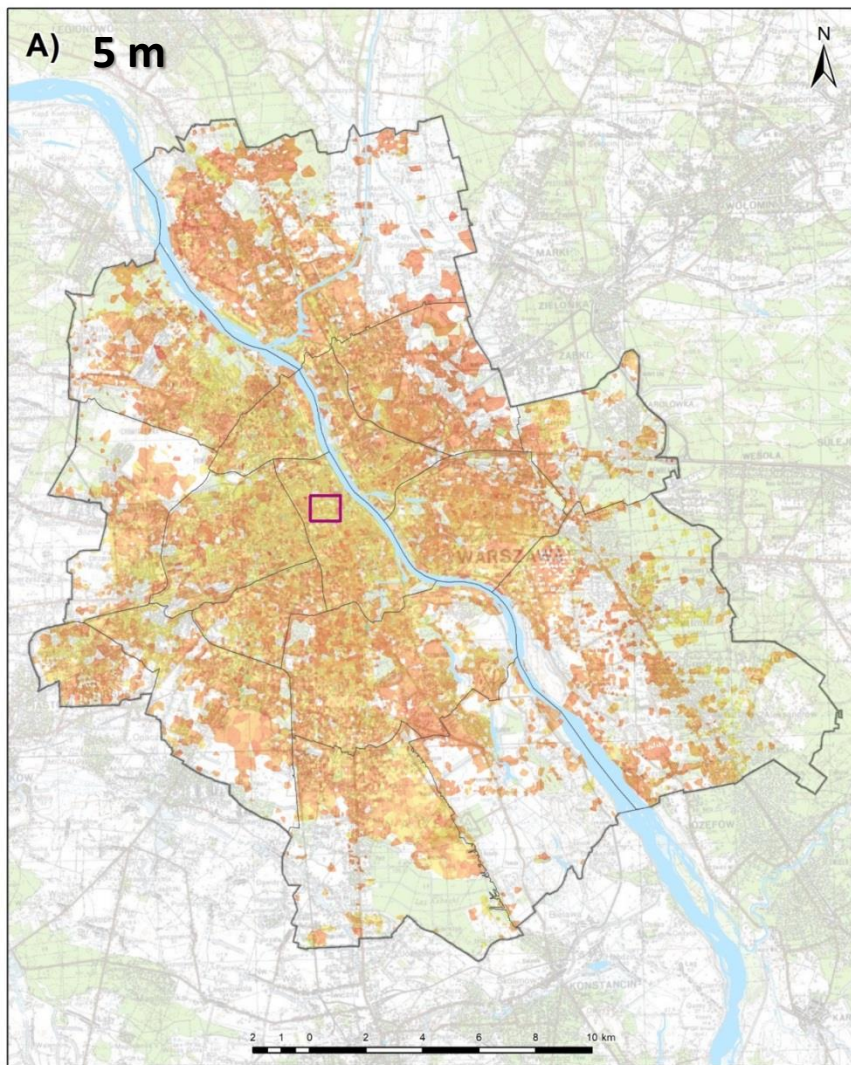
Seria geologiczno-inżynierska z bazy BDGI LITOLOGIA



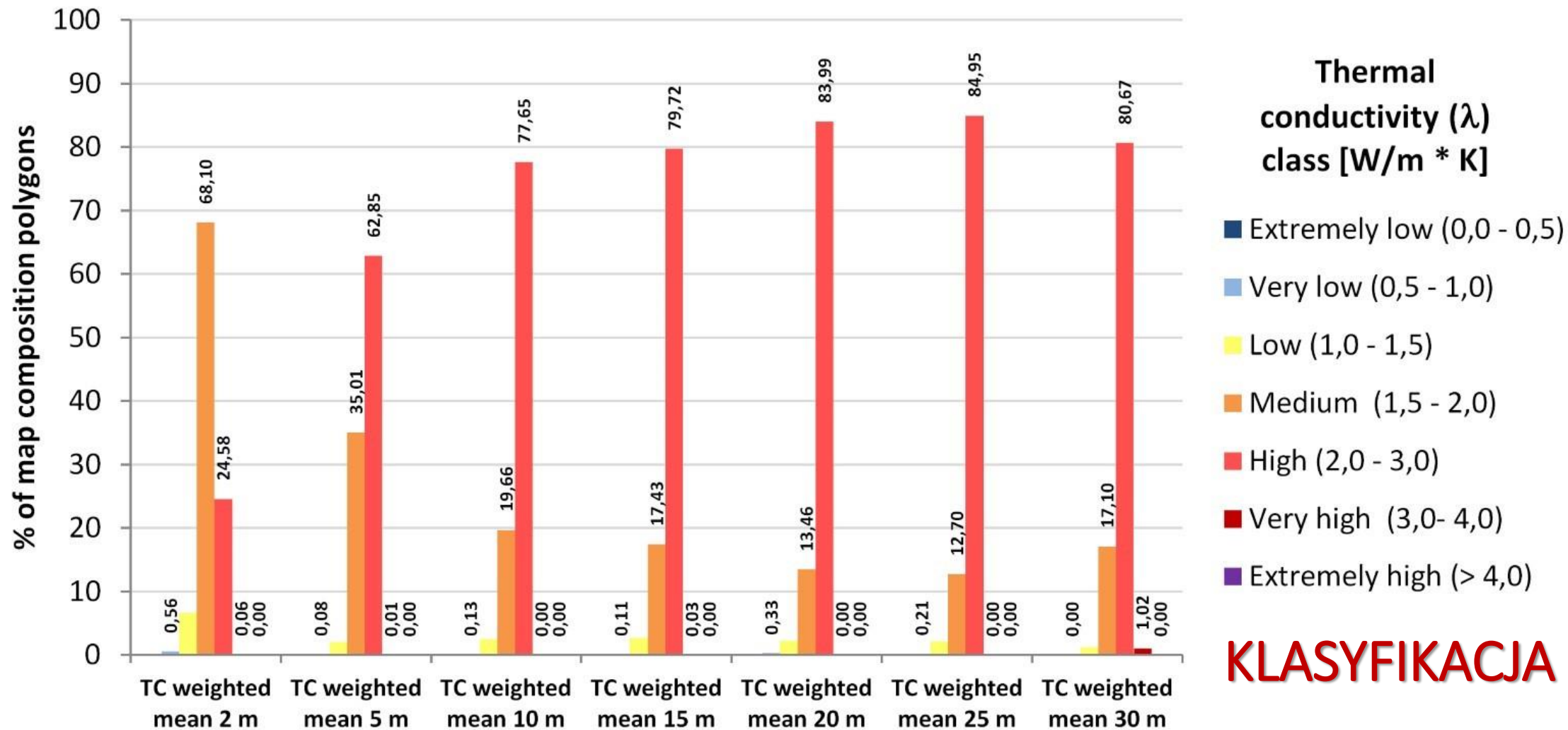
Seria geotermalna WŁ. CIEPLNE



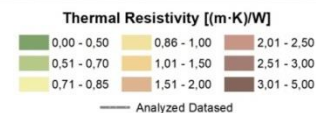
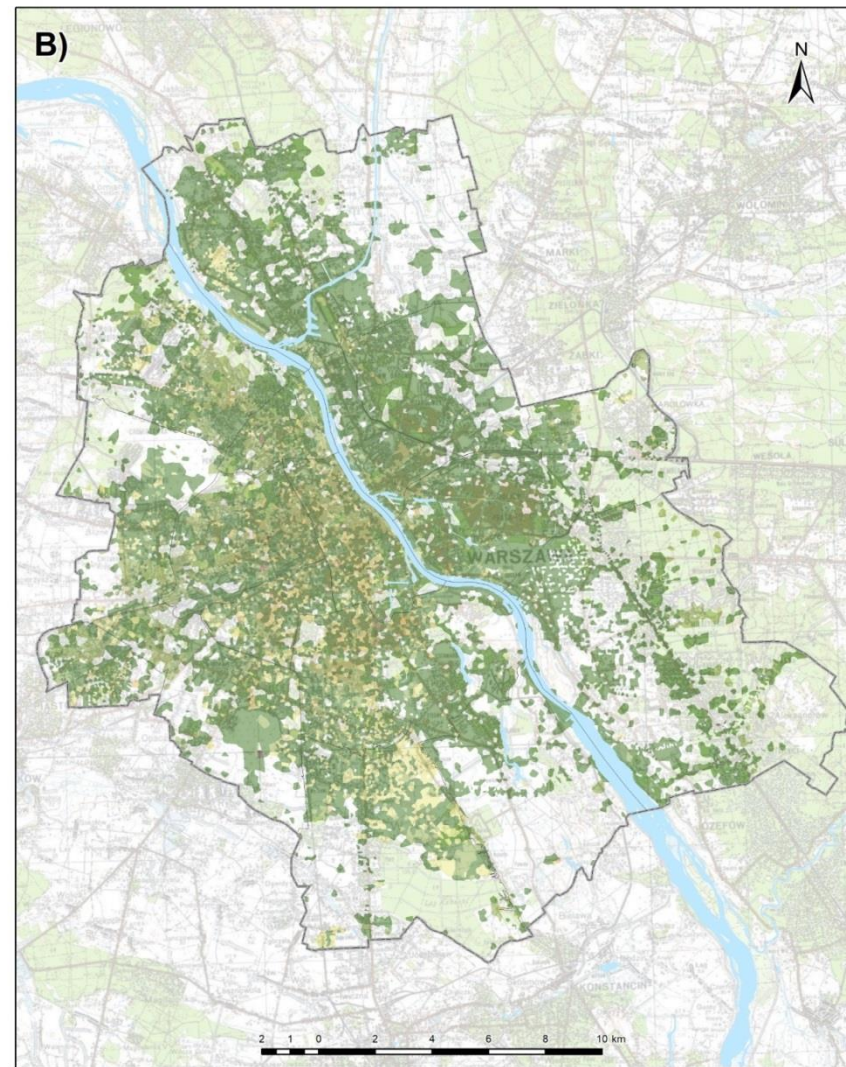
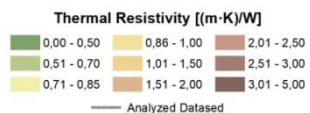
METODYKA: MAPY przewodności cieplnej



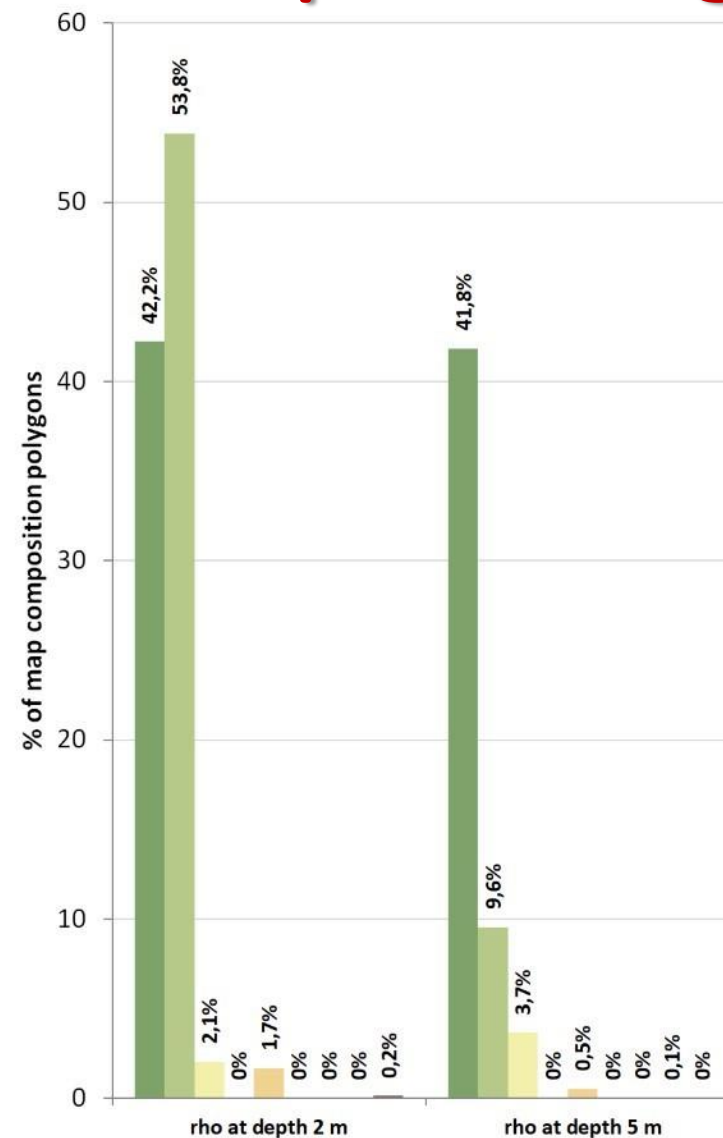
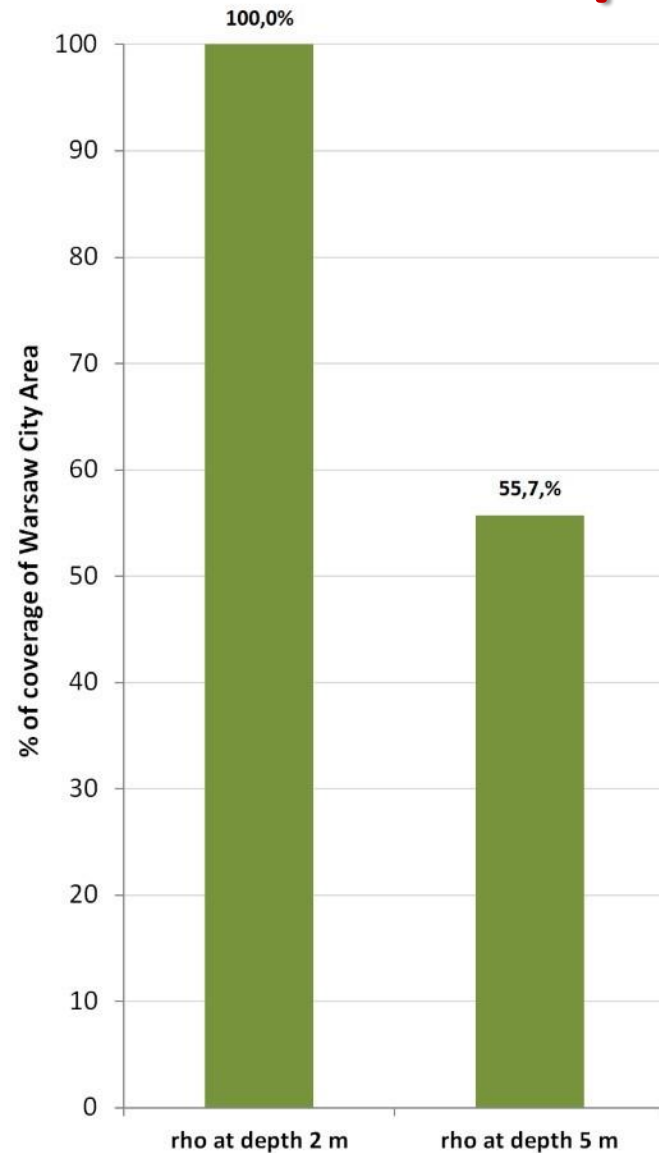
METODYKA: przewodność cieplna na głębokości



METODYKA: MAPY oporności cieplnej



METODYKA: oporność cieplna na głębokości



Thermal resistivity (rho) class [m * K/W]

- Extremely low (<0,5)
- Very low (0,5-0,7)
- Low (0,7-0,85)
- Medium-low (0,85-1,0)
- Medium (1,0-1,5)
- Medium-high (1,5-2,0)
- High (2,0-2,5)
- Very high (2,5-3,0)
- Extremely high (>3,0)

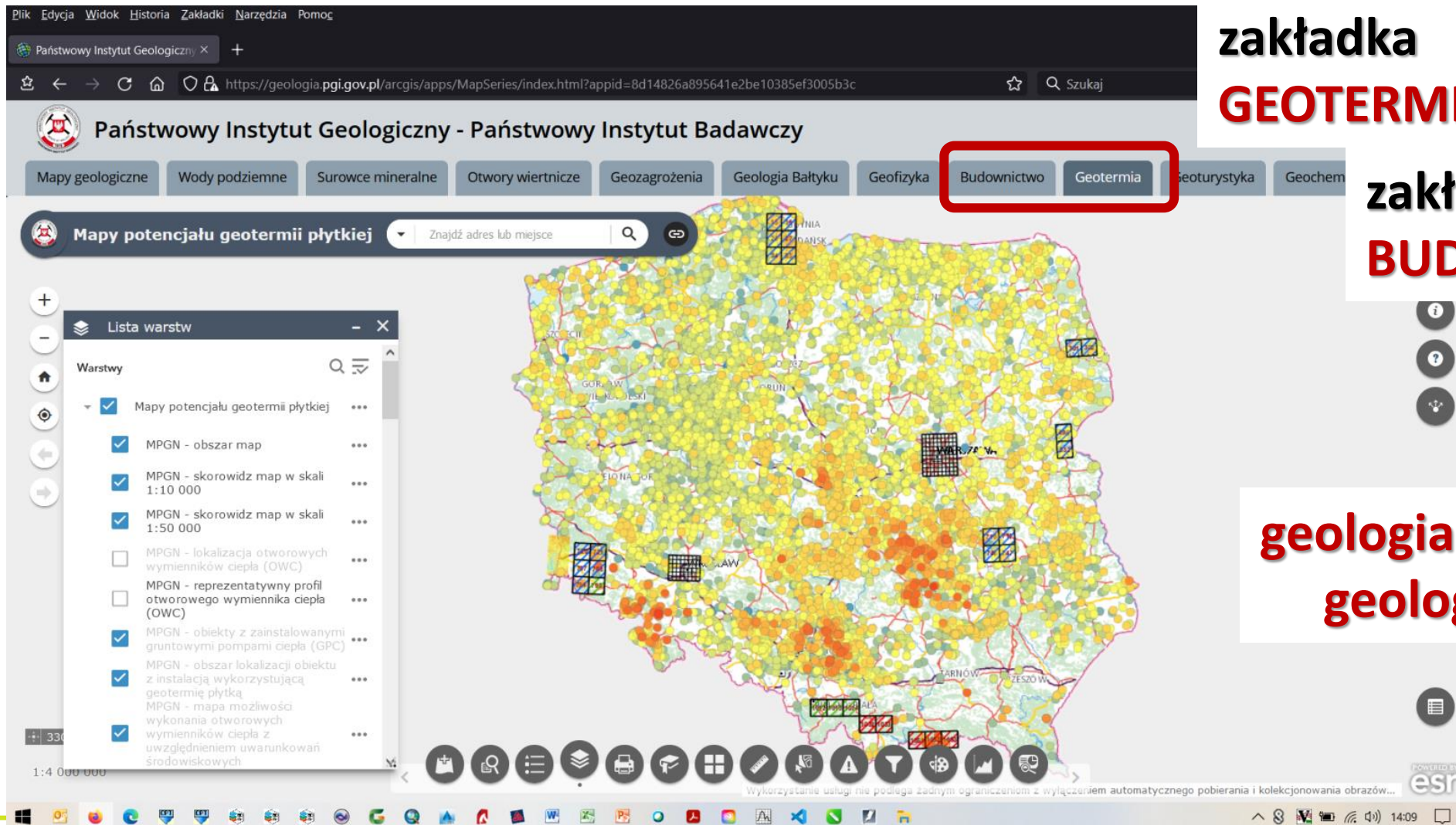
KLASYFIKACJA

UDOSTĘPNIANIE DANYCH😊

zakładka
GEOTERMIA

zakładka
BUDOWNICTWO

geologia.pgi.gov.pl
geolog.pgi.gov.pl



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

GeoS^{ym}2022



Dziękuję

Edyta Majer

Państwowy Instytut Geologiczny – PIB