

# Podziemne magazynowanie ciepła i chłodu

## (UTES - Underground Thermal Energy Storage)

Monika Konieczńska, Mateusz Żeruń



Państwowy Instytut Geologiczny  
Państwowy Instytut Badawczy  
państwowa służba geologiczna

[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)



Sfinansowano ze środków  
NARODOWEGO FUNDUSZU  
OCHRONY ŚRODOWISKA  
i GOSPODARKI WODNEJ

# Technologie magazynowania ciepła

Magazynem ciepła jest górotwór

Systemy bez sztucznej izolacji, im większa  $\Delta T$ , tym większe straty ciepła

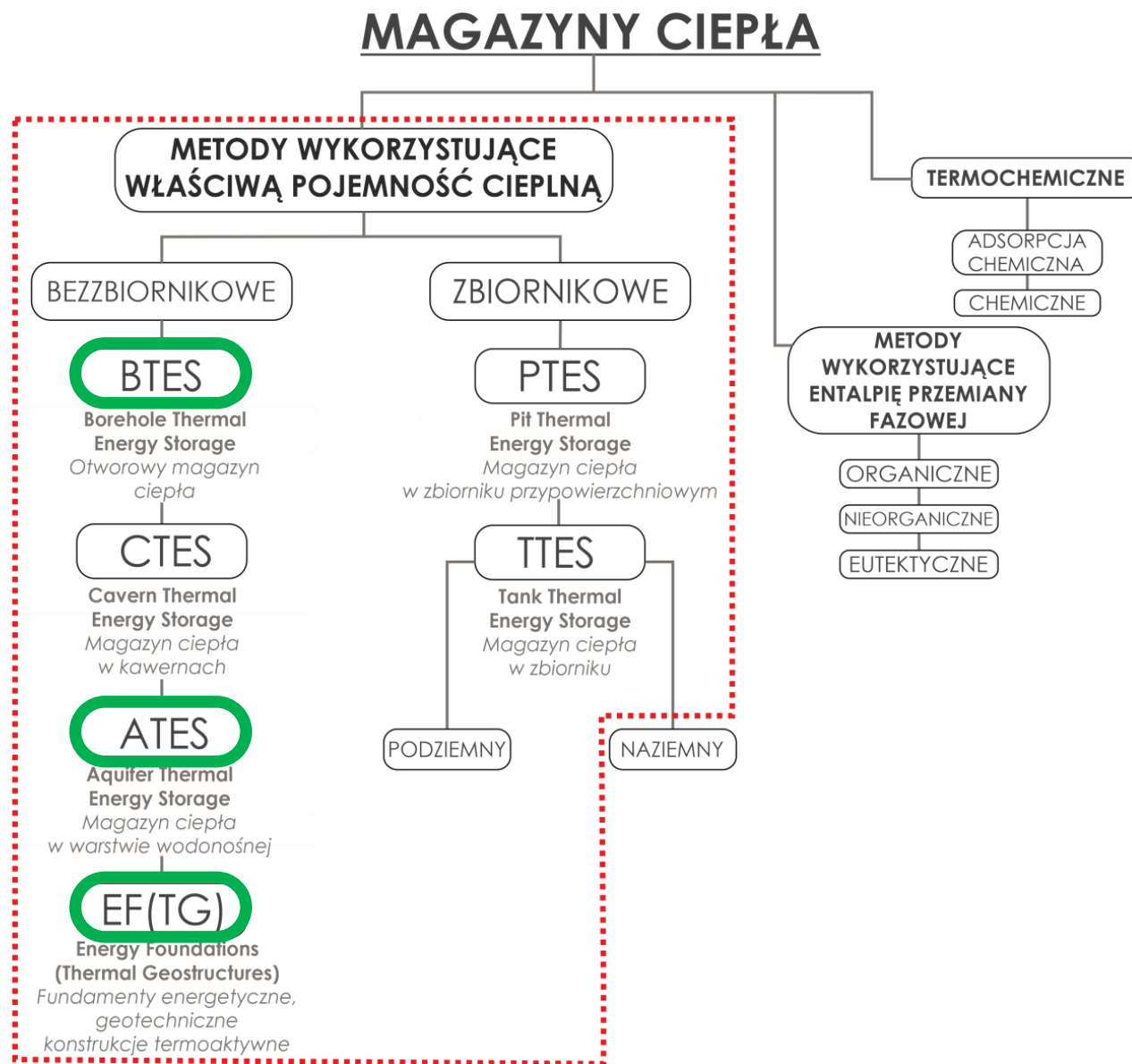
Instalacje połączone z pompami ciepła



Państwowy Instytut Geologiczny  
Państwowy Instytut Badawczy  
państwowa służba geologiczna

[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)

UTES  
Underground Thermal Energy Storage  
Podziemne magazyny ciepła



Sfinansowano ze środków  
NARODOWEGO FUNDUSZU  
OCHRONY ŚRODOWISKA  
i GOSPODARKI WODNEJ

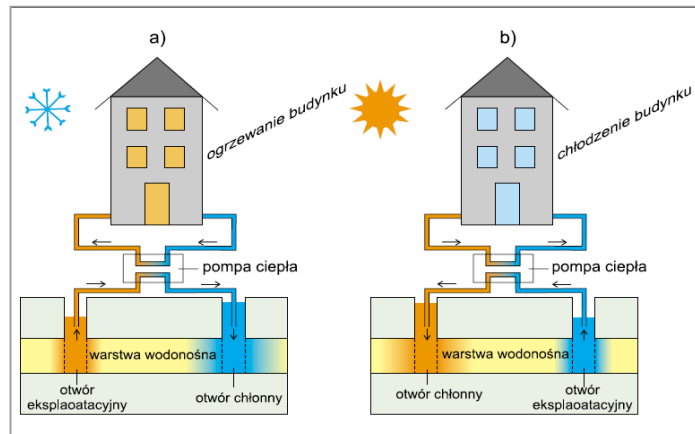
# Magazyny ciepła w warstwach wodonośnych – ATES

## Magazyny niskotemperaturowe – LT-ATES, sezonowe magazynowanie ciepła i chłodu w poziomach zwykłych wód podziemnych:

- ❖ Akumulatorem jest woda podziemna i materiał warstwy wodonośnej, czynnikiem roboczym – woda podziemna

System pracujący w trybie cyklicznym:

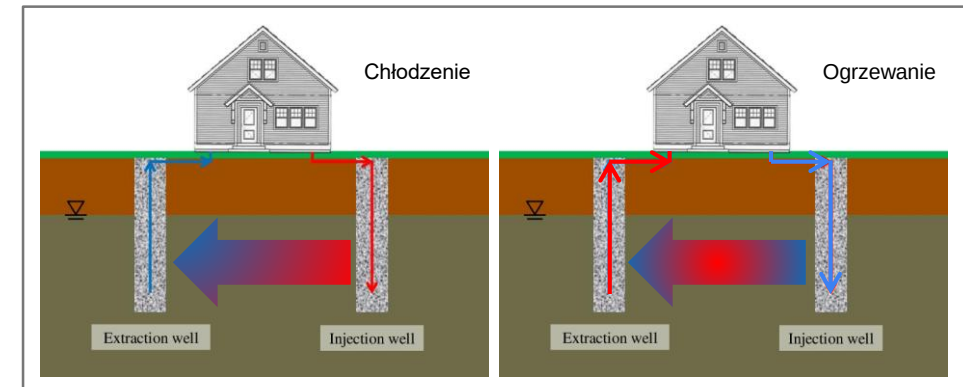
- co najmniej jedna para otworów, każdy sezonowo jest produkcyjny lub chłonny;
- jeden z otworów pełni rolę otworu zimnego dla pozyskania/magazynowania chłodu, a drugi rolę otworu ciepłego dla pozyskania/magazynowania ciepła;
- ogrzewanie zawsze przez wymiennik pompy ciepła, chłodzenie z udziałem pompy ciepła lub bez (tzw. free cooling);



Źródło: Kapuściński, Rodzoch, 2010

System pracujący w trybie ciągłym:

- co najmniej jedna para otworów, każdy ma określoną funkcję;
- może pracować w poziomach wodonośnych o wyższej naturalnej prędkości przepływu wody niż systemy cykliczne;
- charakteryzują się mniejszą efektywnością energetyczną niż systemy cykliczne;



Źródło: <https://www.openpr.com/news/3087381/open-loop-ground-source-heat-pump-market-will-generate-record>, zmodyfikowane

## Magazyny wysokotemperaturowe – HT-ATES, w głębokich poziomach wodonośnych i zalanych wyrobiskach kopalnianych

- magazynowanie ciepła
- „wspomagana geotermia”
- dedykowane źródła ciepła – ciepło odpadowe, systemy chłodzące, fotowoltaika, itp.



Państwowy Instytut Geologiczny  
Państwowy Instytut Badawczy  
państwowa służba geologiczna

[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)



Sfinansowano ze środków  
NARODOWEGO FUNDUSZU  
OCHRONY ŚRODOWISKA  
i GOSPODARKI WODNEJ

# Ocena naturalnego potencjału ATES w Polsce

## Kryteria graniczne

| Minimalna miąższość warstwy wodonośnej | Minimalna głębokość zwierciadła/stropu warstwy wodonośnej | Minimalna przewodność hydrauliczna | Minimalna wydajność potencjalna studni | Rodzaj utworów wodonośnych | Minimalna liczba poziomów wodonośnych |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| [m]                                    | [m]                                                       | [m <sup>2</sup> /d]                | [m <sup>3</sup> /h]                    | -                          | -                                     |
| 10                                     | 10                                                        | 100                                | 10                                     | porowe                     | 1                                     |



Państwowy Instytut Geologiczny  
Państwowy Instytut Badawczy  
państwowa służba geologiczna

[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)

## Waloryzacja

- na podstawie wydajności potencjalnej otworu, naturalnej prędkości przepływu wody, głębokości głównej warstwy wodonośnej, oraz identyfikacja liczby akcesorycznych poziomów wodonośnych w profilu geologicznym do 200 m p.p.t. w obszarze o potencjale ATES;
- podejście mocowe – małe i duże instalacje;
- bariery administracyjne – polskie 100 m;

## Ważne

- wykorzystanie energetyczne wód podziemnych nie może zagrażać ich głównej roli jako zasobu wód pitnych;
- każda potencjalna lokalizacja wymaga dodatkowych szczegółowych badań;
- żeby skomercjalizować wykorzystanie poziomów wodonośnych do celów magazynowania ciepła i chłodu potrzebne są instalacje pilotowe umożliwiające długookresowe obserwacje;

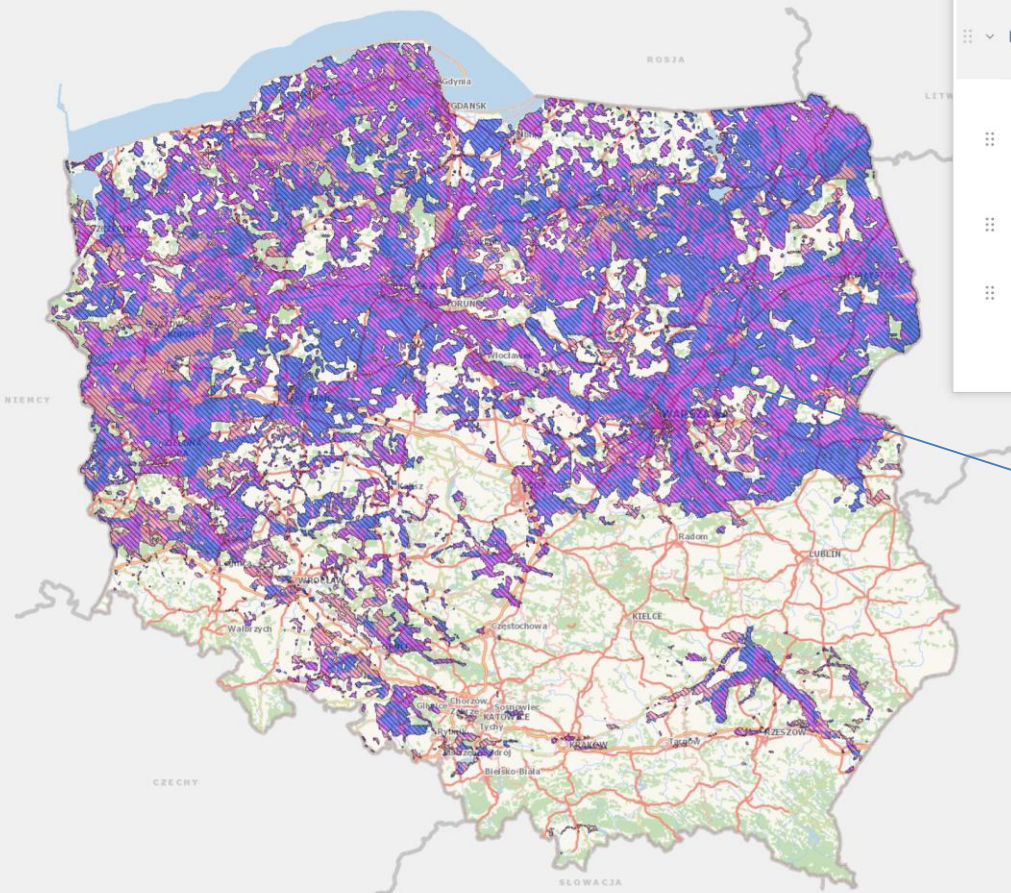


Sfinansowano ze środków  
NARODOWEGO FUNDUSZU  
OCHRONY ŚRODOWISKA  
i GOSPODARKI WODNEJ



- Kartografia (WPKG)
- Surowce mineralne
- Otwory i punkty badawcze
- Wody podziemne
- Geośrodowisko
- Geologia Bałtyku
- Budownictwo
- Geofizyka
- Geotermia
- Georóżnorodność
- Sceny i modele 3D
- Geologia samorządowa

## PODZIEMNE MAGAZYNOWANIE CIEPŁA I CHŁODU



335 414,62 1 097 841,09 Metry

50 km

Warstwy mapy

Warstwy

- ☒ Magazynowanie energii cieplnej w warstwach wodonośnych / ATEs
- ☒ Obszar o potencjale magazynowania energii cieplnej / Natural potential for ATEs
- ☒ Potencjał ATEs / ATEs Potential
- ☐ Głębokość głównej warstwy wodonośnej / Aquifer Depth

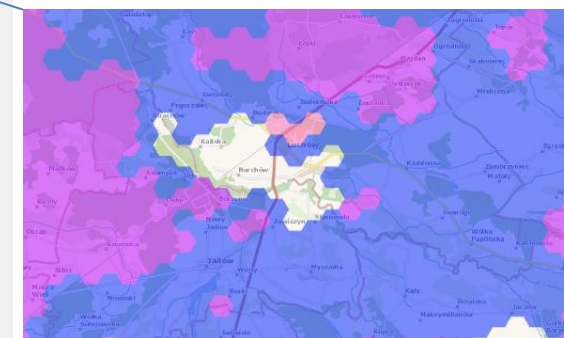
Legenda

Magazynowanie energii cieplnej w warstwach wodonośnych / ATEs

Obszar o potencjale magazynowania energii cieplnej / Natural potential for ATEs

Potencjał ATEs / ATEs Potential

- 1 - dla instalacji do 175 kW / for installation up to 175 kW
- 2 - dla instalacji powyżej 500 kW / for installations above 500 kW
- 3 - warunki mieszane, moc zależna od możliwości technicznych w konkretnych warunkach / mixed conditions, power adjustment by installation technical design



Wykorzystanie usługi nie podlega żadnym ograniczeniom z wyłączeniem automatycznego pobierania i kolekcjonowania obrazów lub informacji opisowych pobieranych funkcją ... Powered by Esri



Państwowy Instytut Geologiczny  
Państwowy Instytut Badawczy  
państwowa służba geologiczna

[pgi.gov.pl](https://pgi.gov.pl)

**Serwis mapowy potencjału ATEs:**

<https://geologia.pgi.gov.pl/mapy/?page=Podziemne-magazynowanie>

<https://geolog.pgi.gov.pl/>



Sfinansowano ze środków  
**NARODOWEGO FUNDUSZU  
OCHRONY ŚRODOWISKA  
i GOSPODARKI WODNEJ**

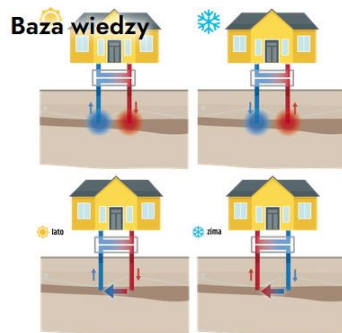
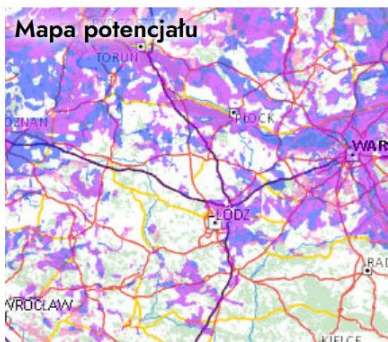


## Magazynowanie energii cieplnej w warstwach wodonośnych

ang. Aquifer Thermal Energy Storage, ATES

Niniejszy serwis został zainaugurowany w ramach projektu pn. **Wstępna ocena możliwości magazynowania energii cieplnej w poziomach wodonośnych na obszarze Polski (ATES)** zrealizowanego w latach 2023–2024 w ramach przedsięwzięcia: **Zadania państwa wykonywane przez państwową służbę geologiczną w zakresie ochrony georóżnorodności i geologii środowiskowej realizowane od 2023 roku** (pgg art. 162, ust. 1, pkt. 9) przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy we współpracy z Wydziałem Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo–Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie oraz Instytutem Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk w Krakowie.

[czytaj o projekcie](#)



### Masz pytanie?

Skontaktuj się z nami!

**dr Monika Koniecznyńska**

tel. 22 45 92 298

[mkon@pgi.gov.pl](mailto:mkon@pgi.gov.pl)

Zakład Geologii Środowiskowej

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut  
Badawczy

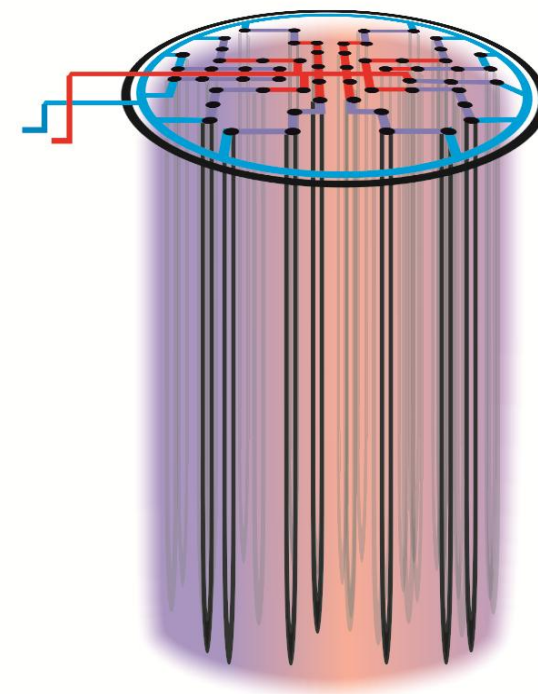
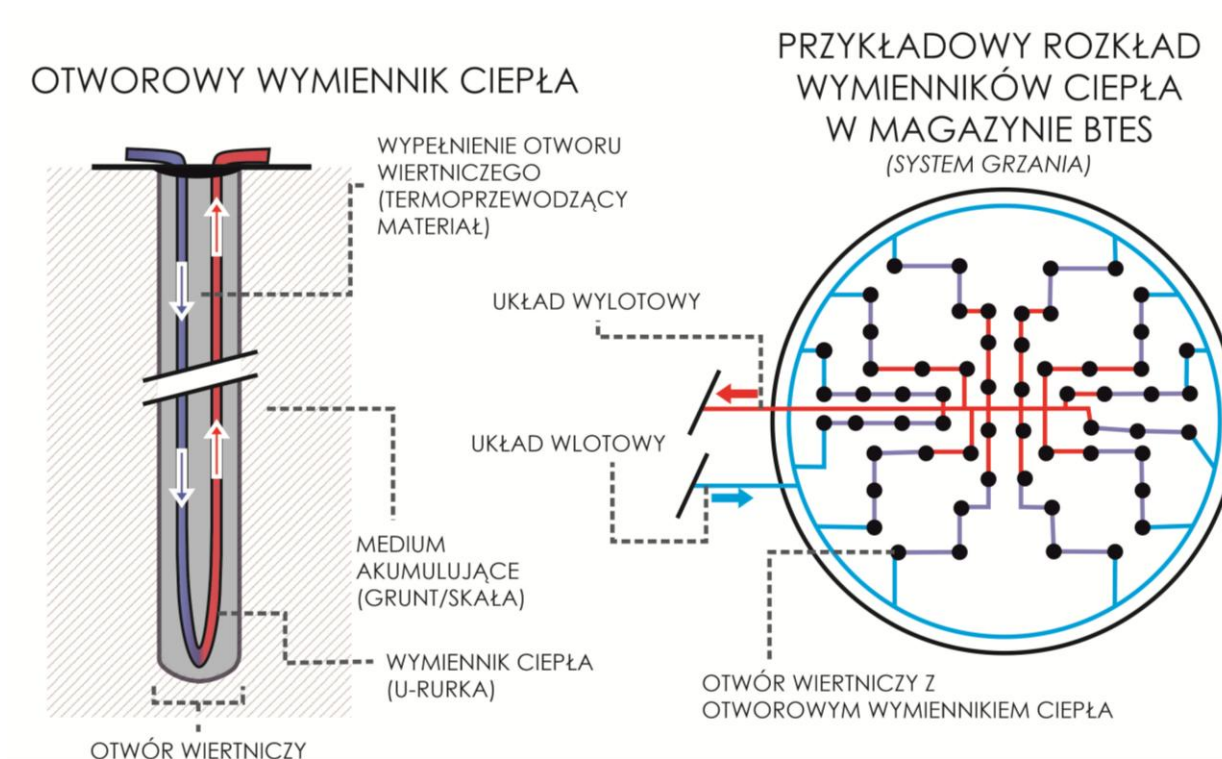
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

[www.pgi.gov.pl](http://www.pgi.gov.pl)

<https://www.pgi.gov.pl/ates>

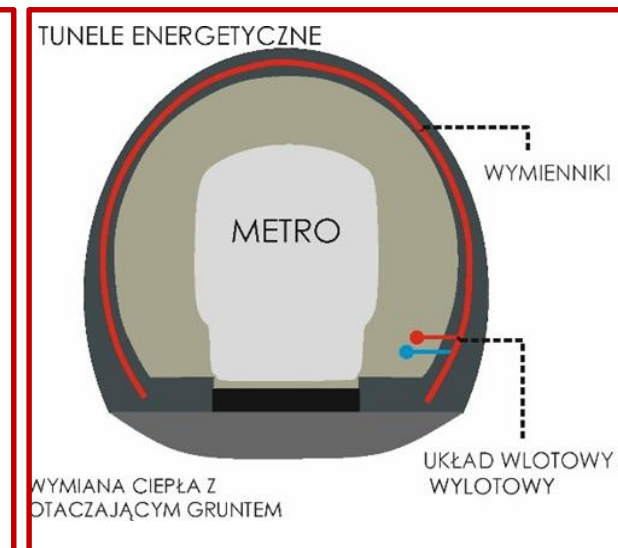
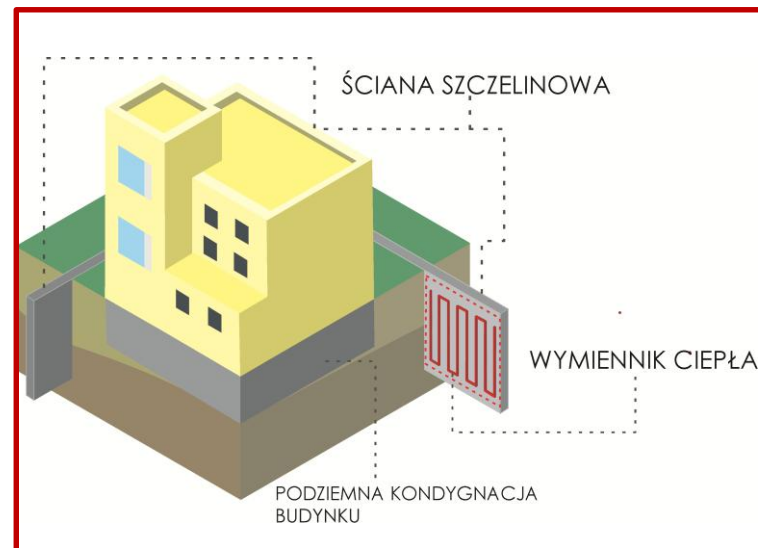
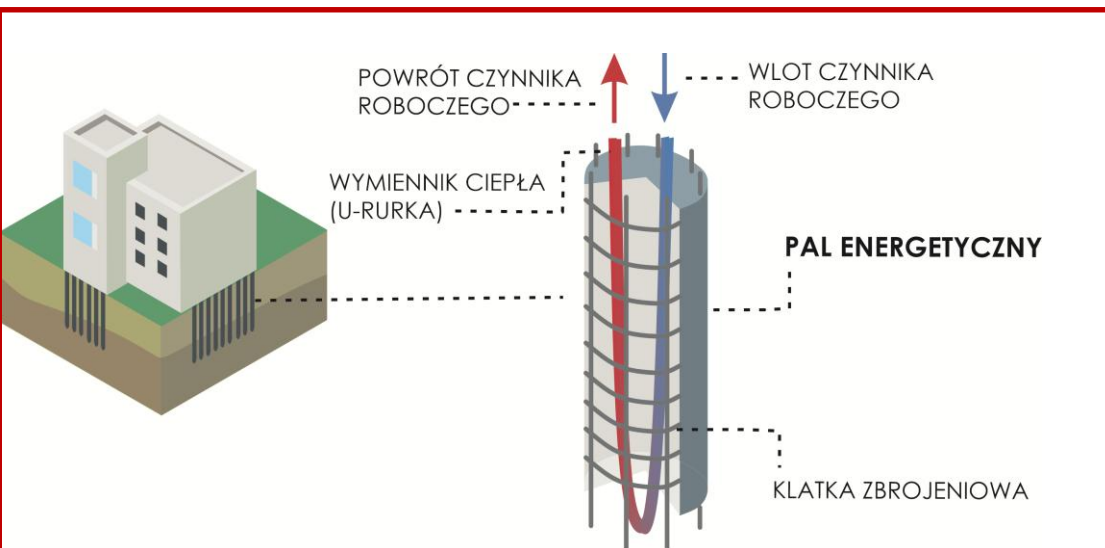
# Otworowe magazyny ciepła – BTES

- oparte na instalacji pionowych otworowych wymienników ciepła, najczęściej pojedyncza lub podwójna U-rurka, w małośrednicowych otworach wiertniczych;
- rolę czynnika akumulującego energię cieplną pełni grunt lub skała;
- czynnik roboczy (nośnik energii) to woda lub wodny roztwór glikolu krążące w zamkniętym wymienniku;
- otwór po zainstalowaniu wymiennika wypełniany jest zaczynem cementowym o wysokiej przewodności termicznej, dla zapewnienia dobrego kontaktu termicznego wymiennika z górotworem



# Fundamenty energetyczne – EF/TG

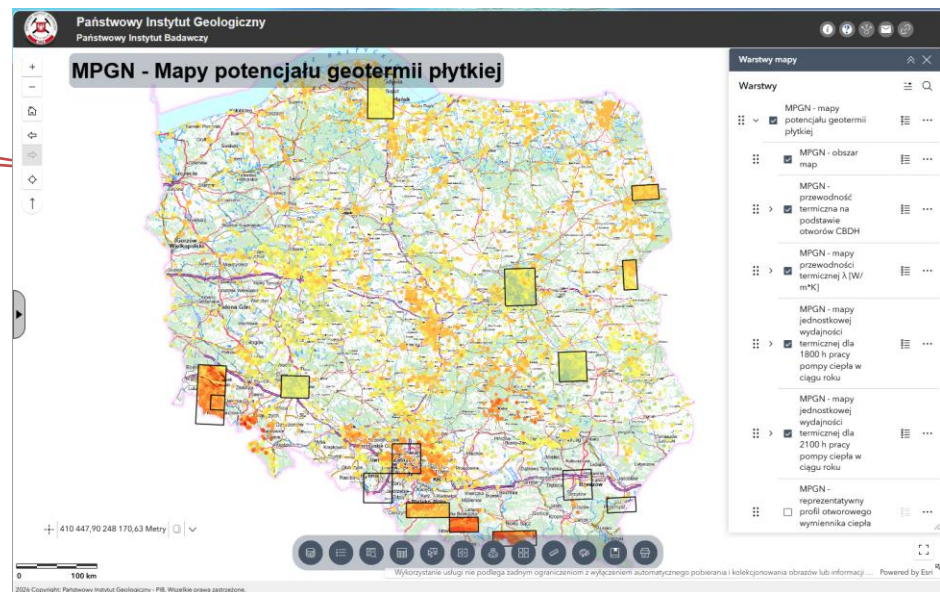
- wymiennikiem ciepła są elementy konstrukcyjne umieszczone pod powierzchnią ziemi - pale, obudowy tuneli, ściany szczelinowe czy płyty fundamentowe;
- czynnik roboczy (nośnik energii) to woda lub wodny roztwór glikolu krążące w zwojach rur umieszczonych w elementach budowlanych;
- rolę czynnika akumulującego energię cieplną pełni grunt lub skała;
- system wymiany ciepła ograniczony do powierzchni zajmującej przez obiekt



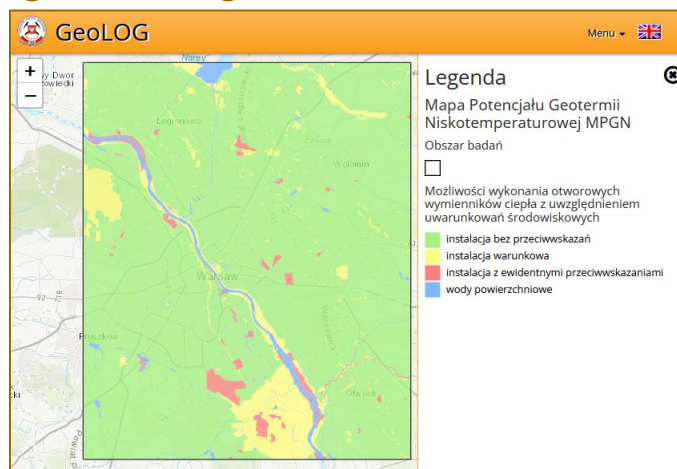
# Ocena możliwości magazynowania energii cieplnej w górotworze za pomocą systemów zamkniętych (BTES, EF/TG)

## Parametry istotne dla lokalizowania magazynów energii cieplnej typu BTES i EF/TG:

- pojemność cieplna górotworu,
- przewodność termiczna górotworu,
- jednorodność ośrodka gruntowo-skalnego,
- procentowy udział utworów o niskiej przepuszczalności w profilu litologicznym,
- udział gruntów i skał nawodnionych,
- sezonowe wahania zwierciadła wód podziemnych,
- niekorzystne zjawiska i procesy geologiczno-inżynierskie,
- spadki powierzchni terenu i forma geomorfologiczna,
- uwarunkowania środowiskowe



<https://geologia.pgi.gov.pl/mapy/?page=Geotermia-%C5%82ytka-%28MPGN%29>



<https://geolog.pgi.gov.pl/>



**Państwowy Instytut Geologiczny**  
**Państwowy Instytut Badawczy**  
państwowa służba geologiczna

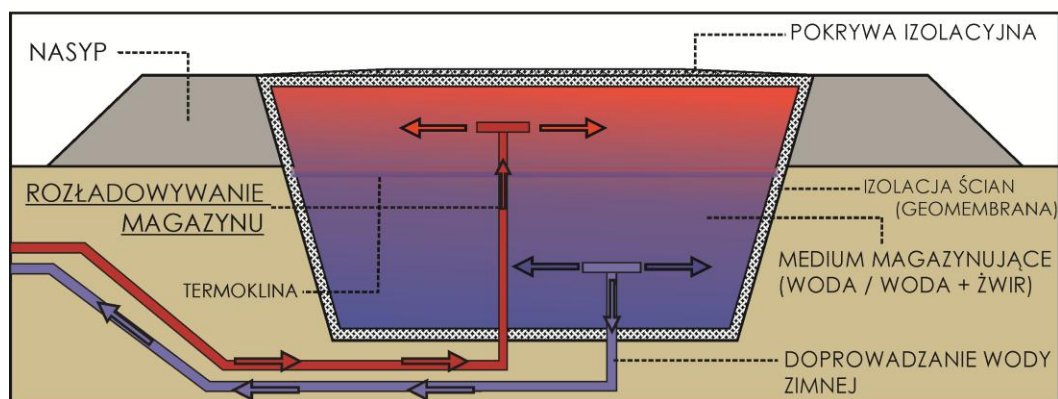
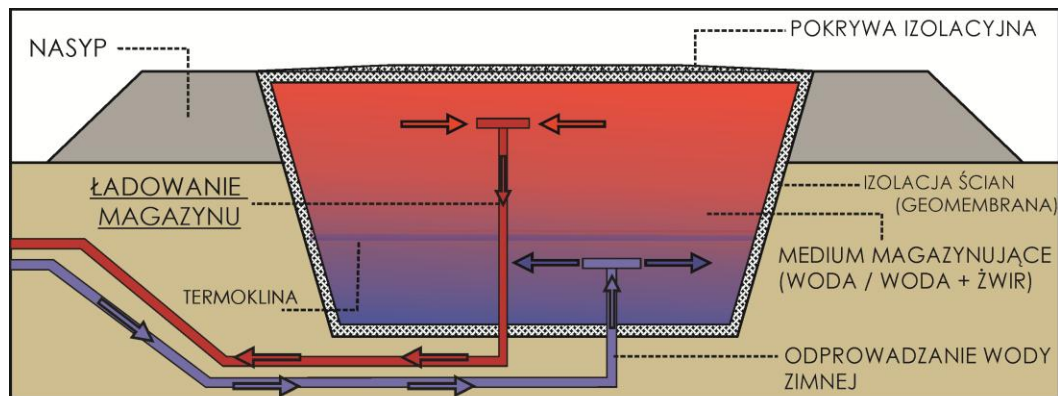


Sfinansowano ze środków  
**NARODOWEGO FUNDUSZU**  
**OCHRONY ŚRODOWISKA**  
**i GOSPODARKI WODNEJ**

# Magazyny ciepła w zbiornikach przypowierzchniowych i podziemnych

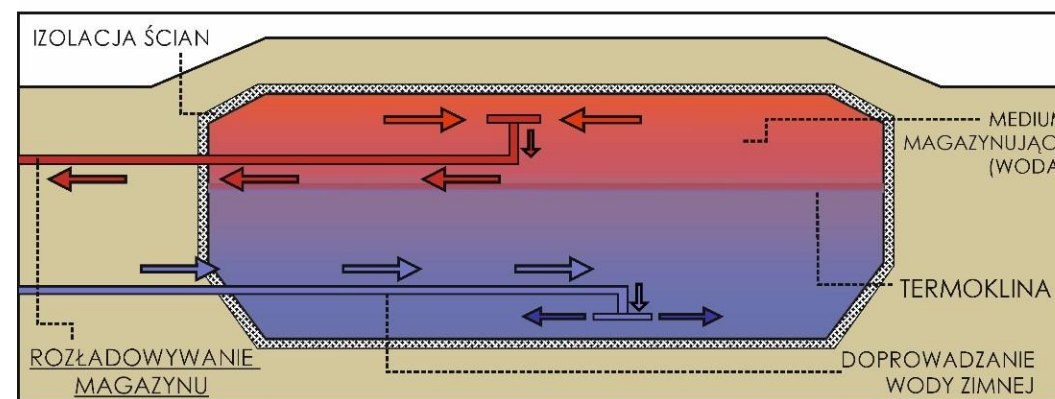
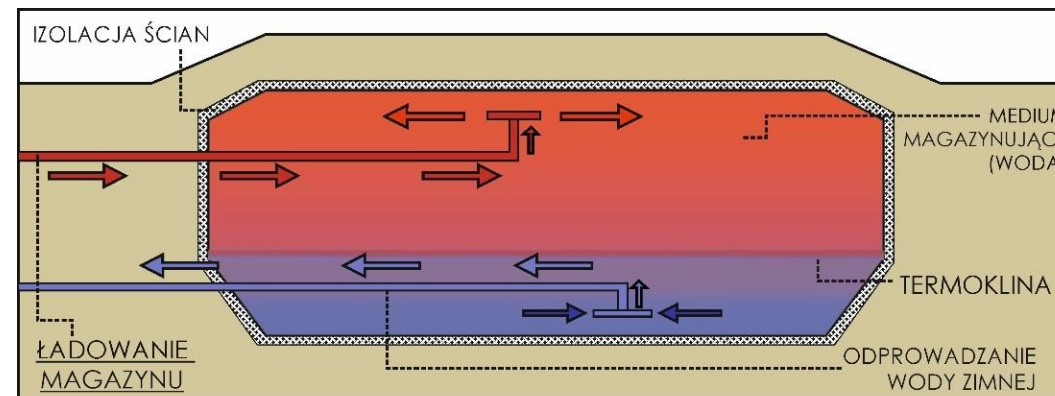
## PTES - izolowany zbiornik ziemny zagłębiony w grunt

- czynnikiem akumulującym ciepło jest woda lub mieszanina wody i gruntu;
- czynnikiem roboczym jest woda;
- izolacja pozwala na wysokie  $\Delta T$  między zbiornikiem i otoczeniem bez strat;



## TTES - izolowany sztuczny zbiornik wypełniony wodą wkopany pod ziemię

- czynnikiem akumulującym ciepło i roboczym jest woda;
- otaczający grunt stanowi dodatkową izolację od czynników atmosferycznych;
- izolacja pozwala na wysokie  $\Delta T$  między zbiornikiem i otoczeniem bez strat;



# Ocena możliwości magazynowania energii cieplnej w górotworze za pomocą systemów zamkniętych PTES i TTES



Geologiczne kryteria oceny lokalizowania magazynów energii cieplnej typu PTES i TTES:

- spadki powierzchni terenu i forma geomorfologiczna,
- charakterystyka geologiczno-inżynierska podłoża
- urabialność gruntów i skał,
- głębokość do pierwszego zwierciadła wód podziemnych,
- sezonowe wahania zwierciadła wód podziemnych,
- niekorzystne zjawiska i procesy geologiczno-inżynierskie,
- przydatność gruntów/skał z wykopów do wbudowania w nasyp,
- dostępność złóż kopalin, które mogą być wykorzystane do budowy podziemnych magazynów ciepła,



**Państwowy Instytut Geologiczny**  
**Państwowy Instytut Badawczy**  
państwowa służba geologiczna

[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)



Sfinansowano ze środków  
**NARODOWEGO FUNDUSZU**  
**OCHRONY ŚRODOWISKA**  
**i GOSPODARKI WODNEJ**



**Państwowy Instytut Geologiczny**  
Państwowy Instytut Badawczy

PAŃSTWOWA SŁUŻBA GEOLOGICZNA

- Kartografia (WPKG)
- Surowce mineralne
- Otwory i punkty badawcze
- Wody podziemne
- Geośrodowisko
- Geologia Bałtyku
- Budownictwo
- Geofizyka
- Geotermia
- Georóżnorodność
- Sceny i modele 3D
- Geologia samorządowa

## PODZIEMNE MAGAZYNOWANIE CIEPŁA I CHŁODU

UTES - obszar oceny możliwości lokalizowania magazynów ciepła w górotworze / the area of assessment of the suitability of a location for underground thermal energy storage

Powiększ do

- K\_LOK\_11\_Warszawa.pdf
- K\_OCEN\_11\_Warszawa.pdf

1 z 6

Warstwy mapy

- Skorowidze map seryjnych
- ☒ Magazynowanie energii cieplnej w górotworze/UTES
- Magazynowanie energii cieplnej w warstwach wodonośnych/ATES
- ☒ Podział administracyjny
- ☒ PZGiK - numeryczny model terenu (cieniowanie)
- ☐ PZGiK - ortofotomapa

486 196,99 639 672,22 Metry

1000 m

Wykorzystanie usługi nie podlega żadnym ograniczeniom z wyłączeniem automatycznego pobierania i kolekcjonowania obrazów lub informacji opisowych ... Powered by Esri

2025 Copyright: Państwowy Instytut Geologiczny - PIB. Wszelkie prawa zastrzeżone.



**Państwowy Instytut Geologiczny**  
**Państwowy Instytut Badawczy**  
państwowa służba geologiczna

[pgi.gov.pl](https://pgi.gov.pl)

Serwis mapowy: <https://geolog.pgi.gov.pl/>



Sfinansowano ze środków  
**NARODOWEGO FUNDUSZU**  
**OCHRONY ŚRODOWISKA**  
**i GOSPODARKI WODNEJ**

# Podsumowanie

- Podziemne magazynowanie energii cieplnej pozwala na efektywne korzystanie z ciepła i chłodu:
  - krótkoterminowo umożliwia wyrównanie krzywej zapotrzebowania na moc cieplną lub chłodniczą, co pozwala ograniczyć wykorzystanie źródeł szczytowych;
  - sezonowo pozwala efektywnie wykorzystywać nadwyżki energii;
- Dobrze zaprojektowany i wykonany magazyn podziemny nie powinien mieć wpływu na środowisko, nie ingeruje w krajobraz;
- Dobrze zaprojektowanie magazynu ciepła w górotworze wymaga wiedzy oraz danych geologicznych i hydrogeologicznych;
- PSG gromadzi i przetwarza dane niezbędne do lokalizowania i budowy magazynów oraz wykonuje badania szczegółowe właściwości skał, gruntów i poziomów wodonośnych w miejscu lokalizacji magazynów;
- PSG przygotowuje i prowadzi serwisy mapowe i tematyczne wspierające projektowanie i budowę podziemnych magazynów ciepła i chłodu;
- PSG dysponuje analizą dotyczącą uwarunkowań formalno-prawnych wdrożenia podziemnych systemów magazynowania ciepła (i chłodu) w Polsce z rekomendacjami;
- PSG dąży do uruchomienia projektów pilotowych, które pozwolą na ocenę efektywności technologii ATES i BTES oraz długookresowych obserwacji wpływu magazynowania ciepła i chłodu na warunki panujące w górotworze.



# Magazyny ciepła w kawernach i pustkach skalnych



## Nowe wyzwanie?



**Państwowy Instytut Geologiczny**  
**Państwowy Instytut Badawczy**  
państwowa służba geologiczna

[pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl)



Sfinansowano ze środków  
**NARODOWEGO FUNDUSZU**  
**OCHRONY ŚRODOWISKA**  
**i GOSPODARKI WODNEJ**

**DZIĘKUJĘ ZA  
UWAGĘ!**

© PGI-PIB, Warszawa 2026



**Państwowy Instytut Geologiczny  
Państwowy Instytut Badawczy**  
państwowa służba geologiczna

**pgi.gov.pl**



Sfinansowano ze środków  
**NARODOWEGO FUNDUSZU  
OCHRONY ŚRODOWISKA  
i GOSPODARKI WODNEJ**