



# **Efektywne systemy magazynowania w sprężonym powietrzu energii z odnawialnych źródeł energii**

**dr Przemysław Jura**

Prezes Zarządu

Instytut Nauk Ekonomicznych i Społecznych

Kraków 30.03.2023



# Wstęp

- Systemy magazynowania w sprężonym powietrzu energii z odnawialnych źródeł energii zaczęły być stosowane z powodu rosnącej potrzeby składowania energii elektrycznej w sposób wydajny i ekologiczny.
- Wraz z rozwojem odnawialnych źródeł energii, takich jak wiatr i energia słoneczna, generacja energii elektrycznej stała się bardziej zmienna, co oznacza, że wiatr wieje tylko wtedy, gdy wieje, a słońce świeci tylko wtedy, gdy świeci.
- Z tego powodu niezbędne stały się skuteczne i wydajne systemy magazynowania energii elektrycznej, które umożliwią przechowywanie energii, gdy jest nadmiar, a następnie uwalnianie jej, gdy jest potrzebna.
- Systemy magazynowania w sprężonym powietrzu energii oferują jedną z bardziej efektywnych metod magazynowania energii elektrycznej, zwłaszcza dla dużej skali, co czyni je atrakcyjnymi z punktu widzenia ekonomicznego.



# Znaczenie magazynowania energii z odnawialnych źródeł

## 1. Nieprzewidywalność produkcji energii z odnawialnych źródeł:

- Energię z odnawialnych źródeł, takich jak energia słoneczna lub wiatrowa, można produkować tylko wtedy, gdy warunki atmosferyczne na to pozwalają.
- Bez magazynowania energii, nie ma możliwości zapewnienia stałego źródła zasilania w przypadku niesprzyjających warunków atmosferycznych, takich jak brak wiatru lub słonecznej pogody.
- Magazynowanie energii umożliwia produkcję energii z odnawialnych źródeł wtedy, gdy jest to możliwe, a następnie magazynowanie jej do wykorzystania w późniejszym czasie.



# Znaczenie magazynowania energii z odnawialnych źródeł

## 2. Redukcja emisji gazów cieplarnianych:

- Energia pochodząca z odnawialnych źródeł jest w pełni zielona, co oznacza, że nie emituje gazów cieplarnianych.
- Magazynowanie energii z odnawialnych źródeł umożliwia jej wykorzystanie wtedy, gdy jest najbardziej potrzebna, co pozwala na zmniejszenie wykorzystania innych źródeł energii, takich jak paliwa kopalne, które zwiększają emisję gazów cieplarnianych.



# Znaczenie magazynowania energii z odnawialnych źródeł

## 3. Oszczędność pieniędzy:

- Magazynowanie energii z odnawialnych źródeł może pomóc w zmniejszeniu kosztów energii elektrycznej.
- W czasach, gdy jest duże zapotrzebowanie na energię, koszty energii zwykle wzrastają.
- Magazynowanie energii pozwala na wykorzystanie energii wtedy, gdy jej koszt jest najniższy, a następnie wykorzystanie jej w czasach, gdy ceny energii są wysokie.



# Znaczenie magazynowania energii z odnawialnych źródeł

## 4. Wzrost niezależności energetycznej:

- Magazynowanie energii z odnawialnych źródeł umożliwia budowę systemów energetycznych, które są bardziej niezależne od tradycyjnych źródeł energii.
- Dzięki temu kraje lub regiony, które zmagają się z brakiem surowców energetycznych, mogą stać się bardziej samowystarczalne i niezależne energetycznie.



# Metody magazynowanie energii z odnawialnych źródeł energii

## 1. Baterie:

- Magazynowanie energii w bateriach jest jednym z najpopularniejszych sposobów magazynowania energii z odnawialnych źródeł.
- Baterie umożliwiają przechowywanie energii elektrycznej, która może być wykorzystana w późniejszym czasie.



# Metody magazynowanie energii z odnawialnych źródeł energii

## 2. Zbiorniki wodne:

- Magazynowanie energii w zbiornikach wodnych jest jednym z najstarszych sposobów magazynowania energii.
- Energię z odnawialnych źródeł można wykorzystać do pompowania wody na wyższe poziomy, a następnie energię tę można wykorzystać do produkcji energii elektrycznej w późniejszym czasie, gdy jest to potrzebne.





# Metody magazynowanie energii z odnawialnych źródeł energii

## 3. Ciepło:

- Energia z odnawialnych źródeł może być magazynowana w postaci ciepła.
- Można to osiągnąć poprzez wykorzystanie kolektorów słonecznych do ogrzewania wody lub poprzez wykorzystanie energii wiatrowej do napędzania turbin wiatrowych, które następnie produkują ciepło.



# Metody magazynowanie energii z odnawialnych źródeł energii

## 4. Skraplanie gazu:

- Metoda ta polega na wykorzystaniu energii elektrycznej do skraplania gazu, takiego jak powietrze lub hel, który następnie może być przechowywany w zbiornikach.
- Gdy energia jest potrzebna, gaz może być ogrzany, co powoduje jego rozprężenie i generowanie energii.



# Metody magazynowanie energii z odnawialnych źródeł energii

## 5. Superkondensatory:

- Superkondensatory są urządzeniami, które pozwalają na przechowywanie energii elektrycznej w postaci ładunku elektrycznego.
- Te urządzenia mają bardzo dużą gęstość energii, co oznacza, że są w stanie przechowywać dużo energii na niewielkiej powierzchni.



# Metody magazynowanie energii z odnawialnych źródeł energii

## 6. Lotnicze magazyny energii:

- To nowoczesna technologia, która polega na wykorzystaniu energii elektrycznej do podnoszenia ciężarów na wysokość kilku kilometrów, gdzie energia jest magazynowana w postaci potencjalnej.
- Następnie energia ta może być wykorzystana do produkcji energii elektrycznej w późniejszym czasie poprzez opuszczanie ciężarów.



# Magazynowanie energii w sprężonym powietrzu (CAES - Compressed Air Energy Storage)

- Magazynowanie energii w sprężonym powietrzu (CAES - Compressed Air Energy Storage) to technologia, w której energia elektryczna jest wykorzystywana do sprężania powietrza i przechowywana w zbiorniku pod ciśnieniem. Następnie, gdy energia jest potrzebna, powietrze jest zwalniane z zbiornika, co powoduje ruch turbin, które generują energię elektryczną.
- CAES jest formą magazynowania energii, która jest przyjazna dla środowiska, ponieważ nie emituje gazów cieplarnianych ani innych szkodliwych substancji. Ponadto, technologia ta jest bardzo skalowalna, co oznacza, że może być stosowana do magazynowania energii zarówno w mniejszej, jak i większej skali.



# Systemy magazynowania energii w sprężonym powietrzu (CAES) są efektywne z kilku powodów

1. **Skalowalność:** Systemy CAES są skalowalne, co oznacza, że mogą być stosowane do magazynowania energii zarówno w mniejszej, jak i większej skali. Dzięki temu systemy CAES mogą być dostosowane do różnych potrzeb energetycznych.
2. **Bezpieczeństwo i trwałość:** Zbiorniki, w których magazynowane jest sprężone powietrze, są trwałe i bezpieczne w użytkowaniu, co oznacza, że są w stanie wytrzymać wysokie ciśnienia.
3. **Skuteczność:** Systemy CAES mogą być bardzo skuteczne w magazynowaniu energii z odnawialnych źródeł energii, takich jak energia wiatrowa i słoneczna, które często są niestabilne i trudne do przewidywania. CAES pozwala na magazynowanie energii wtedy, gdy jest jej nadmiar, a następnie uwalnianie jej w momencie, gdy jest ona potrzebna.
4. **Niskie koszty:** W porównaniu do innych form magazynowania energii, takich jak magazynowanie w postaci baterii, CAES może być stosunkowo tanie.
5. **Środowiskowe korzyści:** CAES jest przyjazne dla środowiska, ponieważ nie emituje gazów cieplarnianych ani innych szkodliwych substancji.



# Badania na Świecie

## 1. Uniwersytet Stanforda, USA:

- Pracownicy Uniwersytetu Stanforda opracowali system magazynowania energii w sprężonym powietrzu, który wykorzystuje zbiorniki wypełnione wodą zamiast zbiorników wypełnionych powietrzem.
- Dzięki temu system ten jest bardziej wydajny i ma niższe koszty. Zespół badaczy z Uniwersytetu Stanforda (USA) pod kierownictwem prof. Marka Z. Jacobsona opracowuje system magazynowania energii w sprężonym powietrzu, który wykorzystuje zbiorniki wypełnione wodą zamiast zbiorników wypełnionych powietrzem.
- Jednym z głównych wniosków z badań jest stwierdzenie, iż system magazynowania energii w sprężonym powietrzu z wykorzystaniem zbiorników wypełnionych wodą może być bardziej wydajny i tańszy niż tradycyjne systemy.



## Badania na Świecie

### 2. Uniwersytet w Wuhan, Chiny:

- W tej uczelni prowadzone są badania nad wykorzystaniem kriogenicznych systemów magazynowania energii z powietrzem. Systemy te wykorzystują skroplony azot do chłodzenia powietrza przed sprężeniem, co pozwala na uzyskanie wyższej gęstości energii. Zespół badaczy z Uniwersytetu w Wuhan (Chiny) pod kierownictwem prof. Yong Xina prowadzi badania nad wykorzystaniem kriogenicznych systemów magazynowania energii z powietrzem.
- Jednym z głównych wniosków z badań jest stwierdzenie, iż Kriogeniczne systemy magazynowania energii z powietrzem mogą oferować wysoką gęstość energii i być skutecznym sposobem magazynowania energii elektrycznej pochodzącej z odnawialnych źródeł.





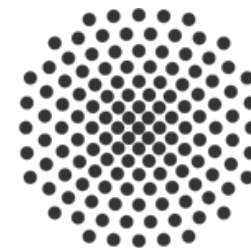
## Badania na Świecie

### 3. Uniwersytet w Stuttgarcie, Niemcy:

W tej uczelni prowadzone są badania nad zastosowaniem systemów magazynowania energii w sprężonym powietrzu w połączeniu z technologią wodorową.

Badacze skupiają się na opracowaniu systemów, które umożliwią magazynowanie energii wodorowej w postaci sprężonego powietrza. Zespół badaczy z Uniwersytetu w Stuttgarcie (Niemcy) pod kierownictwem prof. André Bardow zajmuje się badaniami nad zastosowaniem systemów magazynowania energii w sprężonym powietrzu w połączeniu z technologią wodorową.

Jednym z głównych wniosków z badań jest stwierdzenie, iż Systemy magazynowania energii w sprężonym powietrzu mogą być wykorzystywane wraz z technologią wodorową do produkcji wodoru w procesie elektrolizy, co może zwiększyć wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.



**University of  
Stuttgart**



## Badania na Świecie

### 4. Laboratorium Narodowe Oak Ridge, USA:

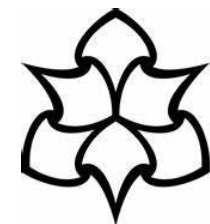
- To jedna z największych instytucji badawczych w USA, która zajmuje się badaniami w dziedzinie energii odnawialnej. W ramach swoich prac badawczych naukowcy z Laboratorium Narodowego Oak Ridge opracowali nową technologię magazynowania energii w sprężonym powietrzu, która wykorzystuje kriogeniczne chłodzenie do uzyskania wyższej gęstości energii. Zespół badaczy z Laboratorium Narodowego Oak Ridge (USA) pod kierownictwem dr Georga Alexandra opracowuje nową technologię magazynowania energii w sprężonym powietrzu, która wykorzystuje kriogeniczne chłodzenie do uzyskania wyższej gęstości energii.
- Jednym z głównych wniosków z badań jest stwierdzenie, iż nowa technologia magazynowania energii w sprężonym powietrzu z wykorzystaniem kriogenicznego chłodzenia może przyczynić się do zwiększenia gęstości energii w magazynach sprężonego powietrza, co może prowadzić do niższych kosztów magazynowania energii.



## Badania na Świecie

### 5. Uniwersytet w Manchesterze, Wielka Brytania:

- W tej uczelni prowadzone są badania nad wykorzystaniem technologii kriogenicznej do magazynowania energii w sprężonym powietrzu. Naukowcy z Uniwersytetu w Manchesterze opracowali już prototypowy system magazynowania energii, który wykorzystuje skroplony azot do chłodzenia powietrza przed sprężeniem. Zespół badaczy z Uniwersytetu w Manchesterze (Wielka Brytania) pod kierownictwem prof. Richarda Ainslie zajmuje się badaniami nad wykorzystaniem technologii kriogenicznej do magazynowania energii w sprężonym powietrzu.
- Jednym z głównych wniosków z badań jest stwierdzenie, iż Wykorzystanie technologii kriogenicznej do magazynowania energii w sprężonym powietrzu może prowadzić do uzyskania wyższej efektywności w porównaniu do tradycyjnych metod, co może być korzystne dla wykorzystania energii elektrycznej z odnawialnych źródeł.



**Manchester  
Metropolitan  
University**



## Podsumowanie

- Przyszłość efektywnych systemów magazynowania w sprężonym powietrzu energii z odnawialnych źródeł energii wydaje się bardzo obiecująca. Wraz z rosnącym udziałem energii odnawialnej w globalnej produkcji energii, coraz większa liczba projektów skoncentrowanych na rozwoju technologii magazynowania energii w sprężonym powietrzu jest rozwijana i wdrażana w różnych częściach świata. Wraz z postępem technologicznym i ciągłymi badaniami nad usprawnianiem procesu magazynowania energii w sprężonym powietrzu, można oczekiwać, że te systemy staną się coraz bardziej efektywne, wydajne i ekonomiczne.
- W miarę jak koszty energii odnawialnej będą spadać, magazyny energii w sprężonym powietrzu staną się bardziej opłacalne, a ich rola w zapewnianiu stabilności sieci energetycznych będzie coraz ważniejsza.



# Dziękuję za uwagę

**dr Przemysław Jura**  
Prezes Zarządu  
Instytut Nauk Ekonomicznych i Społecznych

Kraków 30.03.2023

