



Instytut Energetyki Odnawialnej



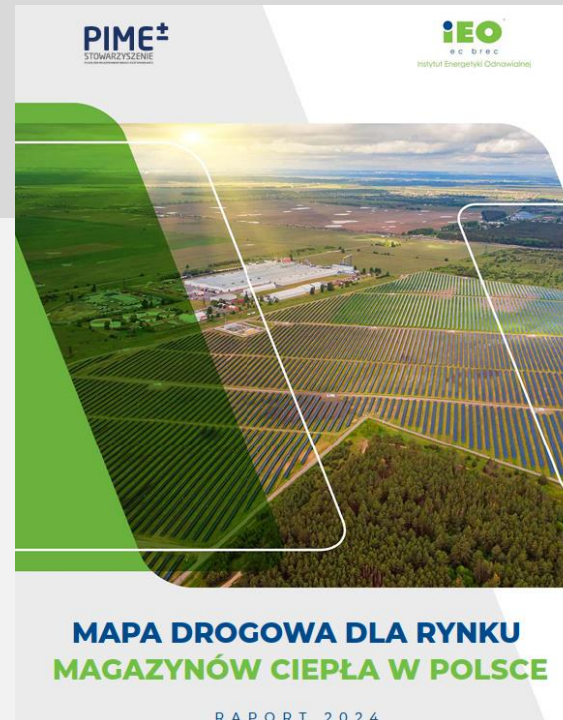
„Mapa drogowa dla rynku magazynów ciepła”

Prezentacja wyników raportu

CENTRUM PRASOWE PAP, 05/09/2024

Grzegorz Wiśniewski

Instytut Energetyki Odnawialnej



Mapa drogowa dla rynku magazynów ciepła

Wydawca i autorzy

Wydawca Raportu Polska Izba Magazynowania Energii

- Kierownik projektu: Krzysztof Kochanowski

Zespół autorski Instytutu Energetyki Odnawialnej

Autor koncepcji raportu

- Grzegorz Wiśniewski
- Redakcja naukowa: Mariusz Twardawa i Grzegorz Wiśniewski

Autorzy:

- dr inż. Jacek Gajkowski
- Krzysztof Kalinowski
- dr inż. Tomasz Kowalak
- Sebastian Orzechowski,
- dr inż. Mariusz Twardawa
- dr inż. Konrad Wiśniewski
- Grzegorz Wiśniewski

Współpraca:

- Katarzyna Bassa,
- Marta Skowrońska

Partnerzy i Patronaty

PARTNERZY GŁÓWNI



PARTNERZY TOWARZYSZĄCY



PARTNERZY RAPORTU



PATRONAT



Harmonogram prac

Spis treści

Prace koncepcyjne i merytoryczne nad raportem:

➤ **styczeń- kwiecień 2024**

Prezentacja wstępnych wyników raportu oraz konsultacje z ekspertami, administracją i przemysłem (konferencja w PAP):

➤ **14 maja 2024**

Dialog z przemysłem (partnerami) celem opracowania rekomendacji:

➤ **31 lipca 2024**

Prezentacja finalnej wersji raportu – premiera (Centrum prasowe PAP)

5 września 2024

Kolejne prezentacje branżowe:

- Kongres Branży Technologii Grzewczych **10/9/24**, Ptak Expo, Nadarzyn, PIME
- XXVIII Forum Ciepłowników Polskich **15/9/24**, Międzyzdroje, IGCP

Słowo wstępne: Urszula Zielińska, Dorota Zawadza-Stępniak, Grzegorz Onichimowski

1. Wstęp

2. Definicje, klasyfikacja i stan rozwoju magazynów ciepła

3. Rola magazynów ciepła w ogrzewnictwie w budynkach mieszkalnych i obiektach użyteczności publicznej (konsumenci, prosumenci)

4. Magazyny ciepła w ciepłownictwie systemowym i energetyce (magazyny niskotemperaturowe i wysokotemperaturowe)

5. Potencjał przemysłowy, local content (magazyny krótko- i długoterminowe)

6. Scenariusz rozwoju zastosowań wybranych instalacji magazynów ciepła w Polsce do 2030r (magazyny ciepła w ogrzewnictwie – dobowe i w ciepłownictwie- sezonowe)

7. Ekonomia magazynów ciepła (dobowo-godzinowe i sezonowe)

8. Potencjał magazynów ciepła w zwiększaniu elastyczności systemu elektroenergetycznego i zagospodarowywaniu nadwyżkowej energii OZE (sector coupling, regulacje, power-to-heat, silniki gazowe)

9. Magazyny ciepła w planach przedsiębiorstw ciepłowniczych - wyniki badań ankietowych (plus wypowiedzi przedstawicieli przedsiębiorstw ciepłowniczych dotyczące kierunków transformacji)

10. Podsumowanie i rekomendacje

Komentarz interesariuszy z obszaru administracyjno/regulacyjnego o sector coupling i magazynowaniu w ciepłe nadwyżek OZE

Urszula Zielińska - sekretarz stanu w Ministerstwie Klimatu i Środowiska

*Kiedy podczas sejmowych debat sceptycy transformacji do znużenia powtarzają pytanie: a co zrobić, kiedy nie wieje i nie świeci? – ja odpowiadam, że znacznie większym dziś wyzwaniem jest pytanie zgoła inne: **co zrobić, kiedy wieje i świeci w nadmiarze?***

Rola magazynów ciepła w efektywnym zarządzaniu nadwyżkami energii jest kluczowa dla stabilizacji całego systemu energetycznego. Znajduje to odzwierciedlenie w dokumentach strategicznych, za które odpowiedzialne jest Ministerstwo Klimatu i Środowiska.

Grzegorz Onichimowski - prezes Polskich Sieci Energetycznych

*Okresowe redukcje OZE nie są niczym dziwnym w systemach elektroenergetycznych z wysokim udziałem OZE. Musimy jednak dążyć do minimalizowania konieczności ograniczania ich generacji. Konieczny jest szereg zmian technicznych i rynkowych, a **jednym z elementów tej układanki jest elektryfikacja ciepłownictwa i rozwój magazynowania ciepła.***

Stworzy to biznesową możliwość wykorzystania nadwyżek energii elektrycznej i związanych z nimi niskich cen.

Ciepłownictwo ma szansę stać się źródłem elastyczności przy stosunkowo niskim nakładzie środków wykorzystując cenne zasoby, jakimi są już istniejące sieci ciepłownicze.

Dorota Zawadzka-Stępniak - prezes Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

*Elektryfikacja ciepłownictwa jest wskazywana jako **szansa na zwiększenie wykorzystania energii elektrycznej z OZE.** W tym celu rozważane jest wdrożenie technologii Power to Heat, która opiera się na konwersji energii elektrycznej na ciepło, bądź chłód **za pomocą pomp ciepła i kotłów elektrodowych.***

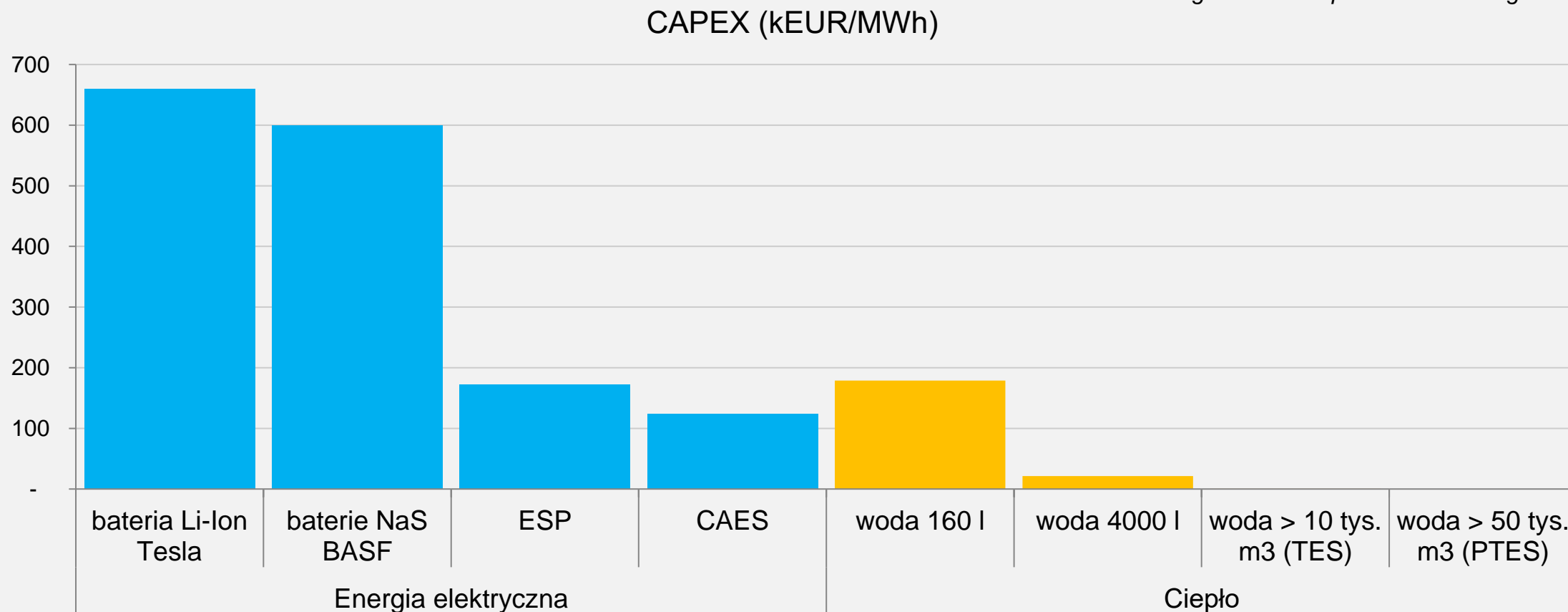
Kluczową rolę przewiduje się dla magazynów ciepła, których znaczenie będzie rosło wraz z rozwojem rozproszonych źródeł odnawialnych. Magazyn ciepła ma szansę stać się ważnym elementem stabilizującym pracę sieci tym bardziej, **jest to rozwiązanie wielokrotnie tańsze od innych rodzajów magazynowania energii**

Wprowadzenie

*Magazyny ciepła wspierają wszystkie technologie wytwarzania energii
ale tworzą przede wszystkim miejsce na ekspansję OZE
w systemach elektroenergetycznych i ciepłowniczych*

Wymagane nakłady kapitałowe na różnego typu magazynów energii

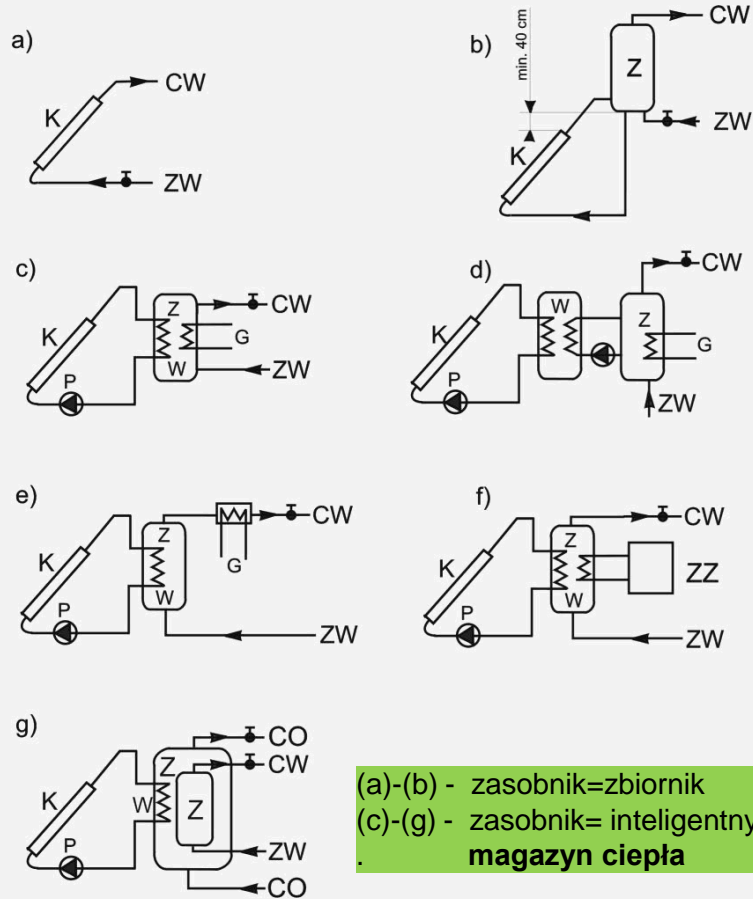
Źródło: JRC, Ares(2019)6698473 - RE:
Integration of the power and heating sector - Study



Max cykl rozładowania magazynu energii 2- 20 godzin

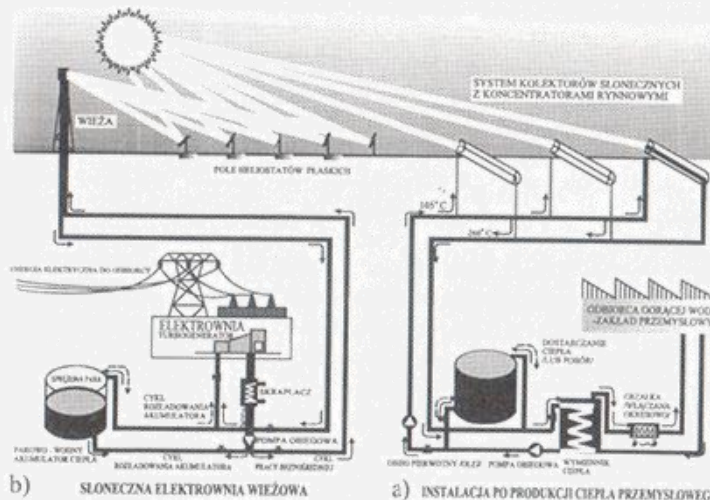
Max cykl rozładowania magazynu energii 20-4000 godzin

„Stare” technologie magazynowania energii z OZE (słonecznej) w zasobnikach ciepłej/gorącej wody, akumulatorach ceramicznych i solankach **w nowej odsłonie**



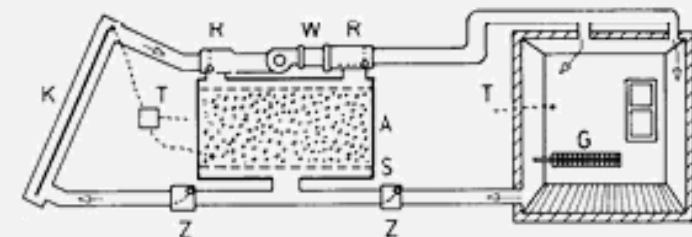
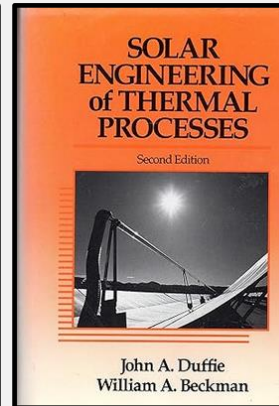
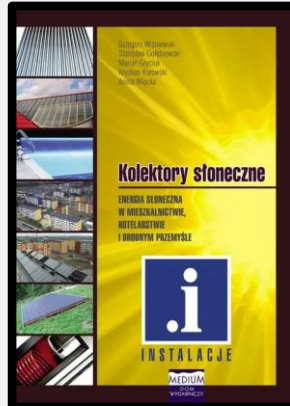
(a)-(b) - zasobnik= zbiornik
 (c)-(g) - zasobnik= inteligentny magazyn ciepła

Układy do podgrzewania wody kolektorami słonecznymi: K - kolektor, Z - zasobnik, P - pompa cyrkulacyjna, W - wymiennik (wężownica), G - grzałka elektryczna, R - regulator (termostat różnicowy), GP - grzejnik przepływowy, CW - ciepła woda, ZW - zimna woda, CO - centralne ogrzewanie, ZZ - zewnętrzne źródło ciepła

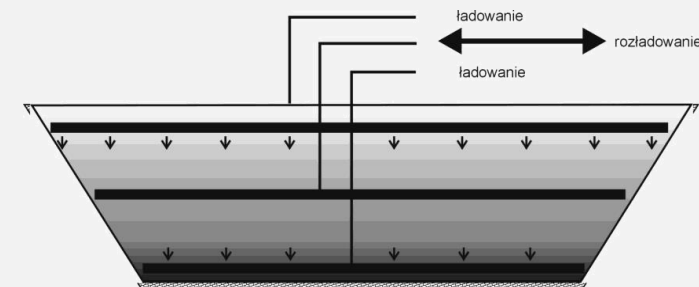


Słoneczne instalacje wysokotemperaturowe z koncentраторami promieniowania słonecznego:
 a) produkcja ciepła przemysłowego z parabolicznymi kolektorami słonecznymi,
 b) słoneczna elektrownia wieżowa z układem koncentраторów

Źródła: publikacje sprzed 20-30 lat

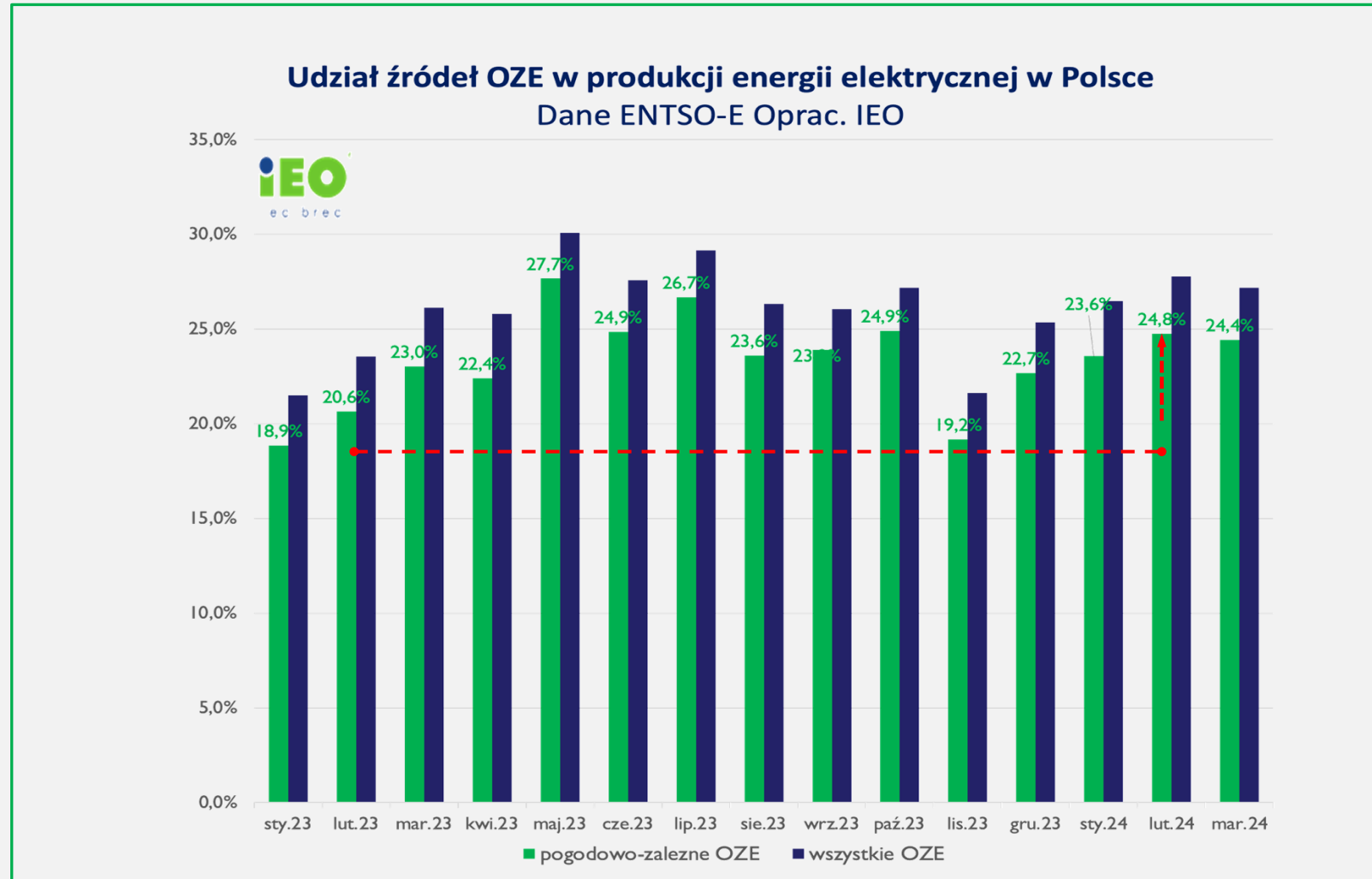


Magazyn ciepły kamienny w systemie ogrzewania pomieszczeń energią słoneczną: K - kolektor, A - akumulator, S - siatka akumulatora, R - rozdzielacz, W - wentylator, Z - zasuwa, G - istniejący grzejnik, T - termostat



Magazyn ziemny wodny sezonowy (PTES) na potrzeby systemów ciepłowniczych

Wg Solar Heat Europe - pojemność magazynów ciepła współpracujących w UE z kolektorami słonecznymi w 2021r. wynosiła 190 GWh/dobę (łącznie pojemność magazynów energii elektrycznej wynosiła wtedy 8,3 GWh)



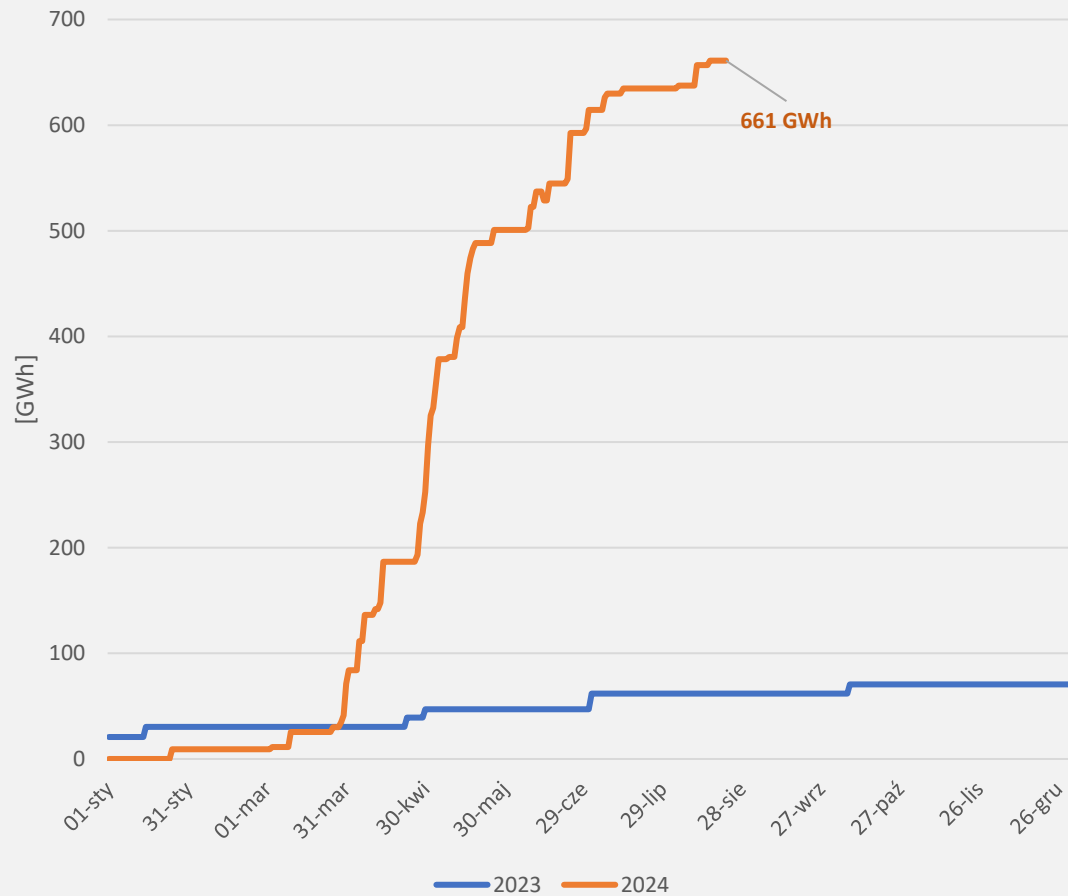
Udział źródeł pogodozależnych w 2023 roku:

- w generacji OZE – 87,9%
- w generacji ogółem – 23,7%

Rok do roku rosną ograniczenia generacji pogodozależnych OZE w KSE

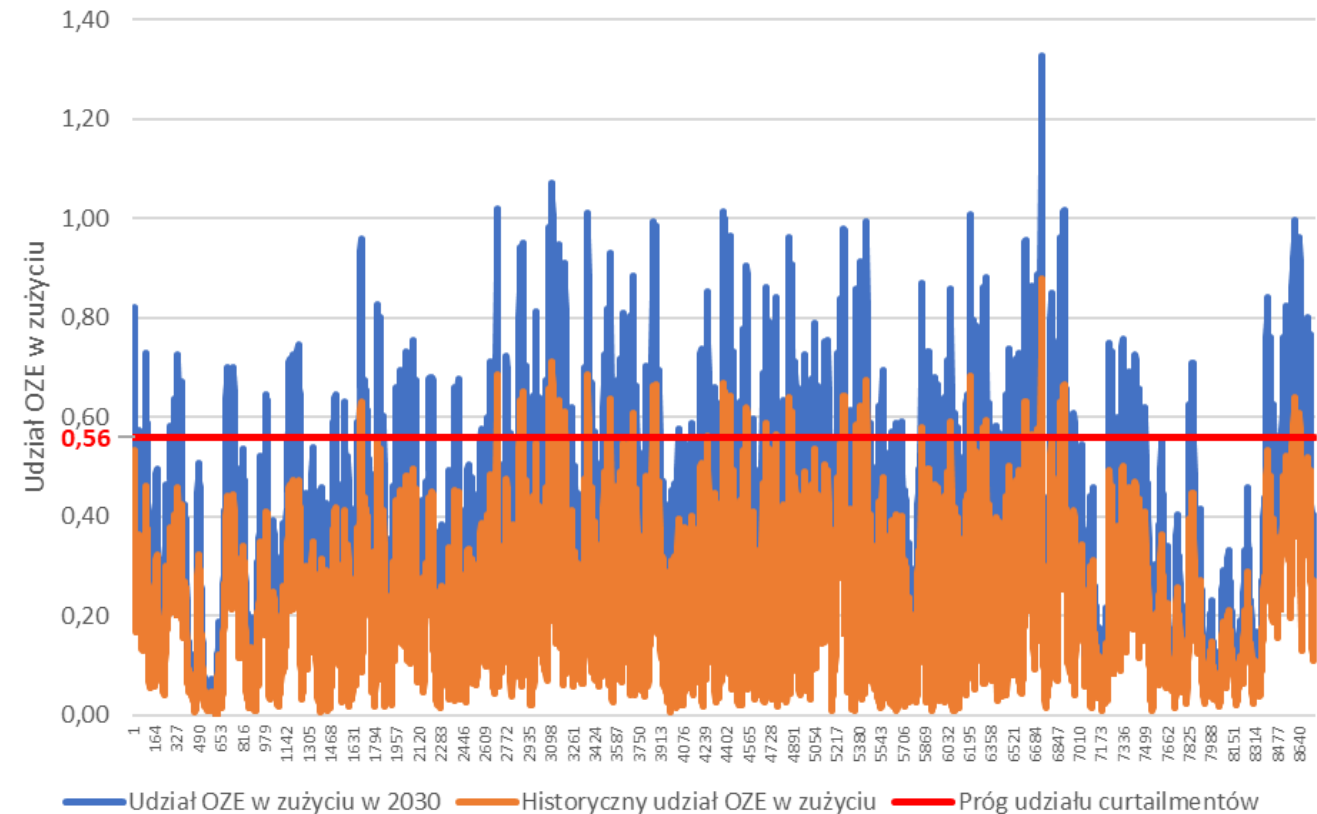
W 2024r. - do 22 sierpnia 2024 ograniczenia OZE wyniosły 3% generacji OZE (661 GWh), zachodziły przy przekroczeniu **56%** udziału energii z OZE

Narastająca suma curtailmentów w poszczególnych dniach w latach 2023-2024
oprac. IEO, na podst. PSE



W 2030 roku ograniczenia OZE mogą wynieść 17%

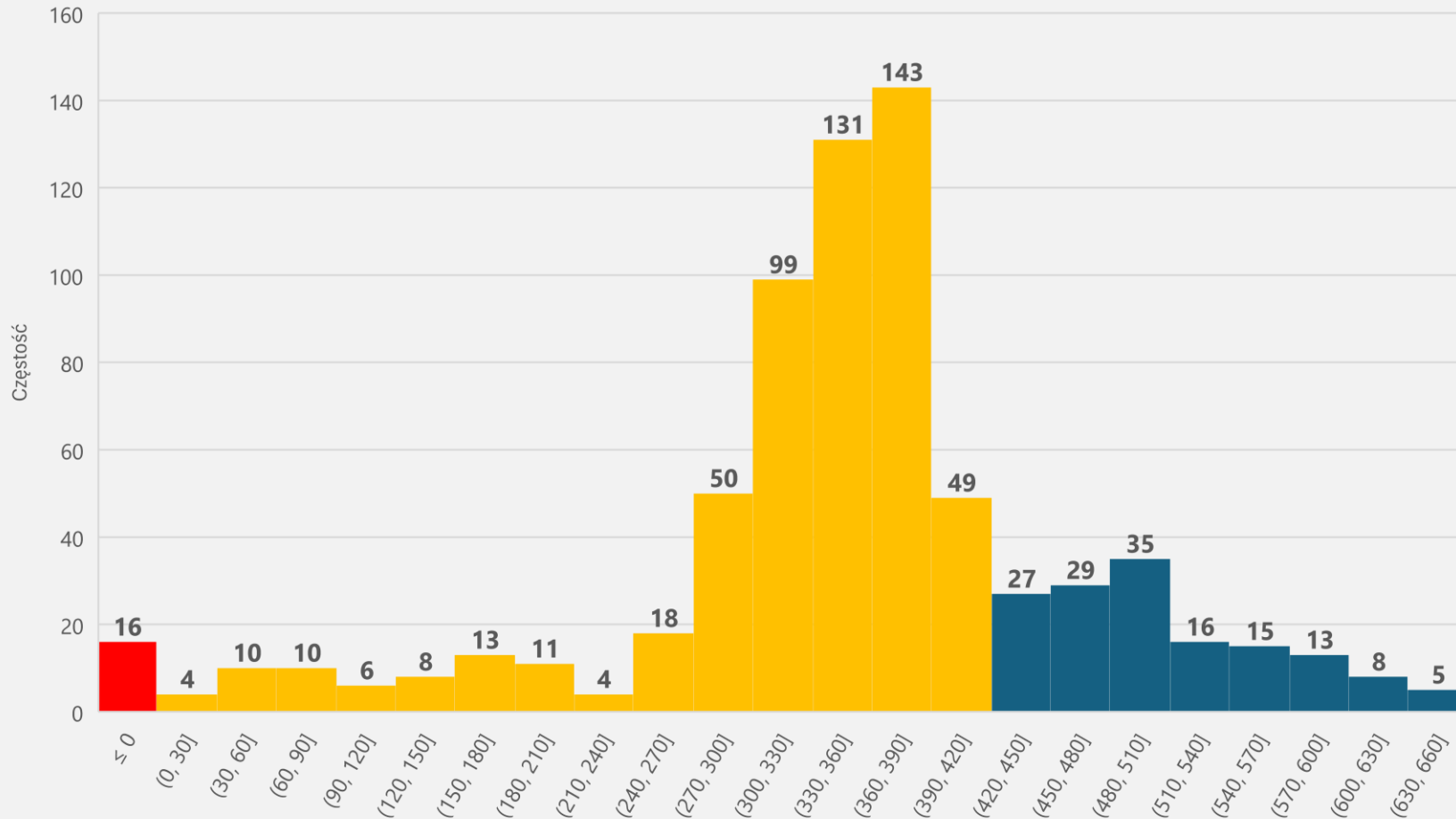
Relacja historycznego udziału OZE w zużyciu do estymowanego odpowiednika w 2030





Rozkład poszczególnych cen [PLN/MWh] w kwietniu 2024

oprac IEO na podst. ENTSO-E



udziały cen energii elektrycznej niższych od cen ciepła
ceny ujemne energii elektrycznej

wg URE na dzień 31 marca br. średnie ceny ciepła wynosiły ok. 430 zł/MWh (119 zł/GJ).

W kwietniu przez 665 godzin ceny hurtowe energii elektrycznej ceny energii elektrycznej na rynku RDN były niższe od cen ciepła

Przez 16 godzin ceny energii elektrycznej miały wartość ujemną

Czynniki wzrostu potencjału rozwoju magazynowania energii ciepłej (OZE, elektryfikacja i sector coupling):

- ✓ Konieczność dalszego, szybkiego wzrostu udziałów energii z pogożozależnych OZE celem ograniczenia emisji do atmosfery i śladu węglowego oraz obniżenia cen energii elektrycznej dla przemysłu, usług i MŚP
- ✓ Zasadność ekonomiczna i ekologiczna zagospodarowanie nadwyżek energii elektrycznej z OZE w KSE (ultra niskie ceny energii elektrycznej i/lub narastające włączenia generacji OZE w okresach nadpodaży energii słonecznej i wiatrowej)
- ✓ Objęcie definicją magazynowania energii magazynów P2X, w tym P2H („prąd na ciepło”) – dyrektywa 2019/944 wychodzi naprzeciw potrzebom elektryfikacji ciepłownictwa z wykorzystaniem OZE
- ✓ Rozwój prosumenckich instalacji OZE, w szczególności instalacji PV i „kanibalizm” cen energii w szczytach generacji PV przy braku bieżącej autokonsumpcji wyprodukowanej energii
- ✓ Wprowadzania taryf dynamicznych dla gospodarstw domowych i spodziewane otwarcia rynku (doliny cenowe) na elektryfikację ogrzewnictwa i przygotowania ciepłej wody użytkowej
- ✓ Rozwój programów z systemem wsparcia do inwestycji w małe (prosumenckie) i duże (ciepłownicze) magazyny ciepła
- ✓ Konieczność dostosowania ciepłownictwa do wymagań dyrektyw UE i osiągnięcia statusu przedsiębiorstw efektywnych energetycznie poprzez inwestycje w zeroemisyjne OZE, w tym P2H i kolektory słoneczne

Magazyny ciepła

Klasyfikacja i technologia

Magazynowanie nośników energii w ustawodawstwie europejskim nabiera znaczenia dla sector coupling i rozwoju magazynów ciepła

Definicja wg UE:

„**Magazynowanie energii**” oznacza odroczenie, w systemie energetycznym, końcowego zużycia energii elektrycznej w stosunku do momentu jej wytworzenia lub przekształcenie jej w inną postać energii, umożliwiającą jej magazynowanie, a następnie ponowne przekształcenie takiej energii w energię elektryczną **lub wykorzystanie jej w postaci innego nośnika energii**.

Art.2 pkt 9 - Dyrektywa 2019/944 z dnia 5 czerwca 2019r w sprawie wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej oraz zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE (Dyrektywa 944)

Definicja w Prawie energetycznym obowiązująca od 2023r :

„**Magazynowanie energii**” – magazynowanie energii elektrycznej lub przetworzenie energii elektrycznej pobranej z sieci elektroenergetycznej lub wytworzonej przez jednostkę wytwórczą przyłączoną do sieci elektroenergetycznej i współpracującą z tą siecią do innej postaci energii, przechowanie tej energii, a następnie wykorzystanie jej w postaci innego nośnika energii

Art. 3 pkt 59

Uwaga: równoległa do definicji „magazynowanie energii elektrycznej” ciągle niezgodna z rozporządzeniem UE 943



Istota zmiany wprowadzonej „Dyrektywy 944” polega na objęciu definicją magazynowania energii elektrycznej zarówno **procesów odwracalnych** (kiedy użyteczną formą energii wykorzystywaną po okresie magazynowania jest energia elektryczna), **jak i nieodwracalnych** (kiedy pozyskana z pierwotnego nośnika energii energia elektryczna po okresie magazynowania w dowolnej formie jest wykorzystana finalnie w formie innej niż energia elektryczna) - np. ciepło w formule power-to heat lub gaz w formule power-to -gas).

Celem ustawodawcy europejskiego było stworzenie podwalin pod jednolitą regulację procesów składających się na tzw. **Sector coupling** jako fundament rozwoju gospodarki obiegu zamkniętego opartego na rozwoju bezpaliwowych źródeł odnawialnych energii elektrycznej, nie blokowanego ograniczeniem zdolności systemu elektroenergetycznego do natychmiastowego wchłonięcia zmiennych w czasie nadwyżek energii elektrycznej generowanych w tych źródłach.

Magazynowanie nośników energii

Magazynu odwracalne (P2P)

Magazyny nieodwracalne (P2X, P2H)

ALTERNATYWĘ DLA ROZBUDOWY ŹRÓDEŁ WYTWÓRCZYCH, W SZCZEGÓLNOŚCI WYKORZYSTUJĄCYCH PALIWA KOPALNE

ALTERNATYWĘ DLA ROZBUDOWY SIECI

ALTERNATYWĘ DLA MOCY PRZYŁĄCZENIOWEJ/UMOWNEJ ODBIORCY

BUFOR KOMPENSUJĄCY SKUTKI PRZERW W ZASILANIU („BIG UPS“)

BUFOR HARMONIZUJĄCY BIEŻĄCY BILANS MOCY W SYSTEMIE ELEKTROENERGETYCZNYM POPRZECZ PRZESUNIĘCIEM W CZASIE – zgodnie z bieżącym zapotrzebowaniem – energii z intermitentnych źródeł pogodowo-zależnych

PODSTAWĘ ŚWIADCZENIA USŁUG SYSTEMOWYCH:

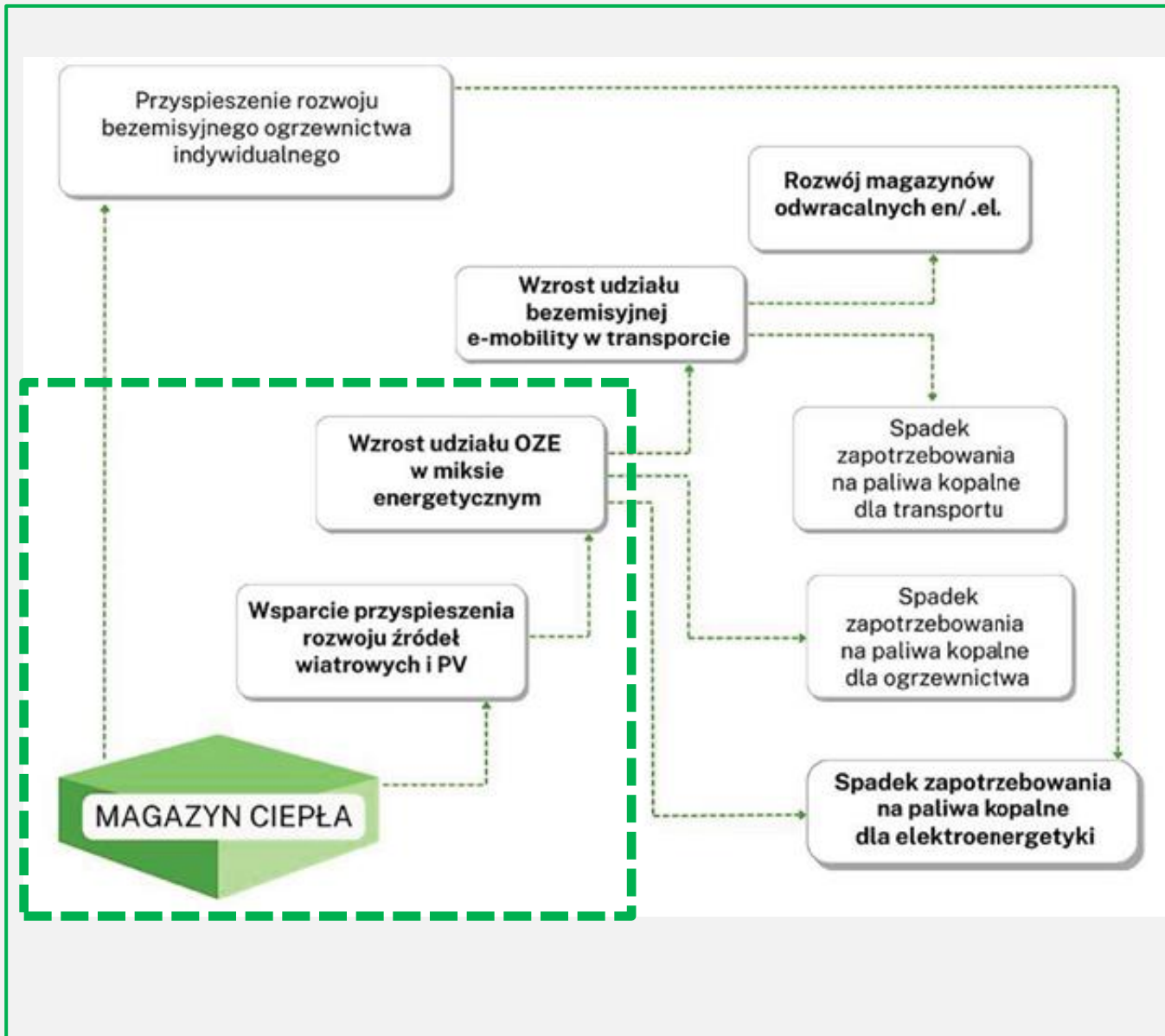
ZWIĄZANYCH z częstotliwością:

- ✓ regulacja pierwotna
- ✓ regulacja wtórna
- ✓ regulacja trójna
- ✓ alternatywa dla pracy źródeł wytwórczych z zaniżeniem lub z przeciążeniem
- ✓ interwencyjna redukcja poboru mocy
- ✓ inercja syntetyczna

NIEZWIĄZANYCH z częstotliwością:

- ✓ regulacja napięcia i mocy biernej (w szczególności w warunkach braku generacji mocy czynnej)
- ✓ praca kompensatorowa
- ✓ zdolność do restartu po black'outcie
- ✓ kompensacja lokalnych zaburzeń jakości energii

Warunkiem uczestnictwa magazynów energii we wszystkich ww. formach świadczenia usług systemowych jest cyfryzacja dająca możliwość agregowania procesu zarządzania nimi.



Klasyfikacja użytkowa związana jest przede wszystkim z zastosowaniem magazynów ciepła:

- Prosumenckich
- Przemysłowych
- Ciepłowniczych

Ciepło niesystemowe

Gospodarstwa domowe,
485 PJ/rok

Ciepło systemowe

Przemysł
i budownictwo,
196 PJ/rok

Handel, usługi
i inne,
66 PJ/rok

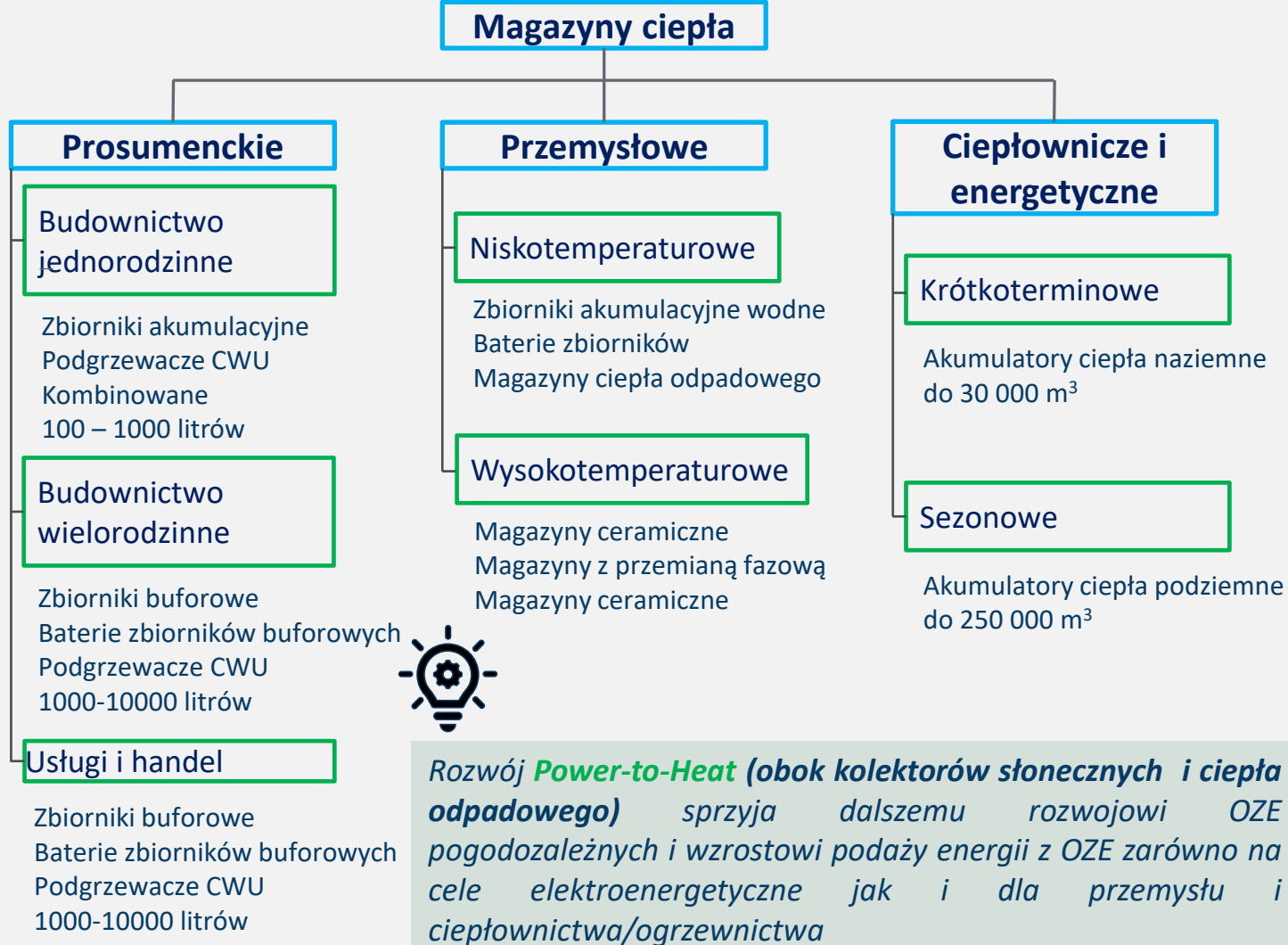
Gospodarstwa
domowe,
163 PJ/rok

Przemysł
i budownictwo,
50 PJ/rok

Handel,
usługi
i inne,
23 PJ/
rok

Magazyny ciepła wykorzystują:

- szeroki zakres dostępnych technologii i cech konstrukcyjnych
- różne źródła ciepła



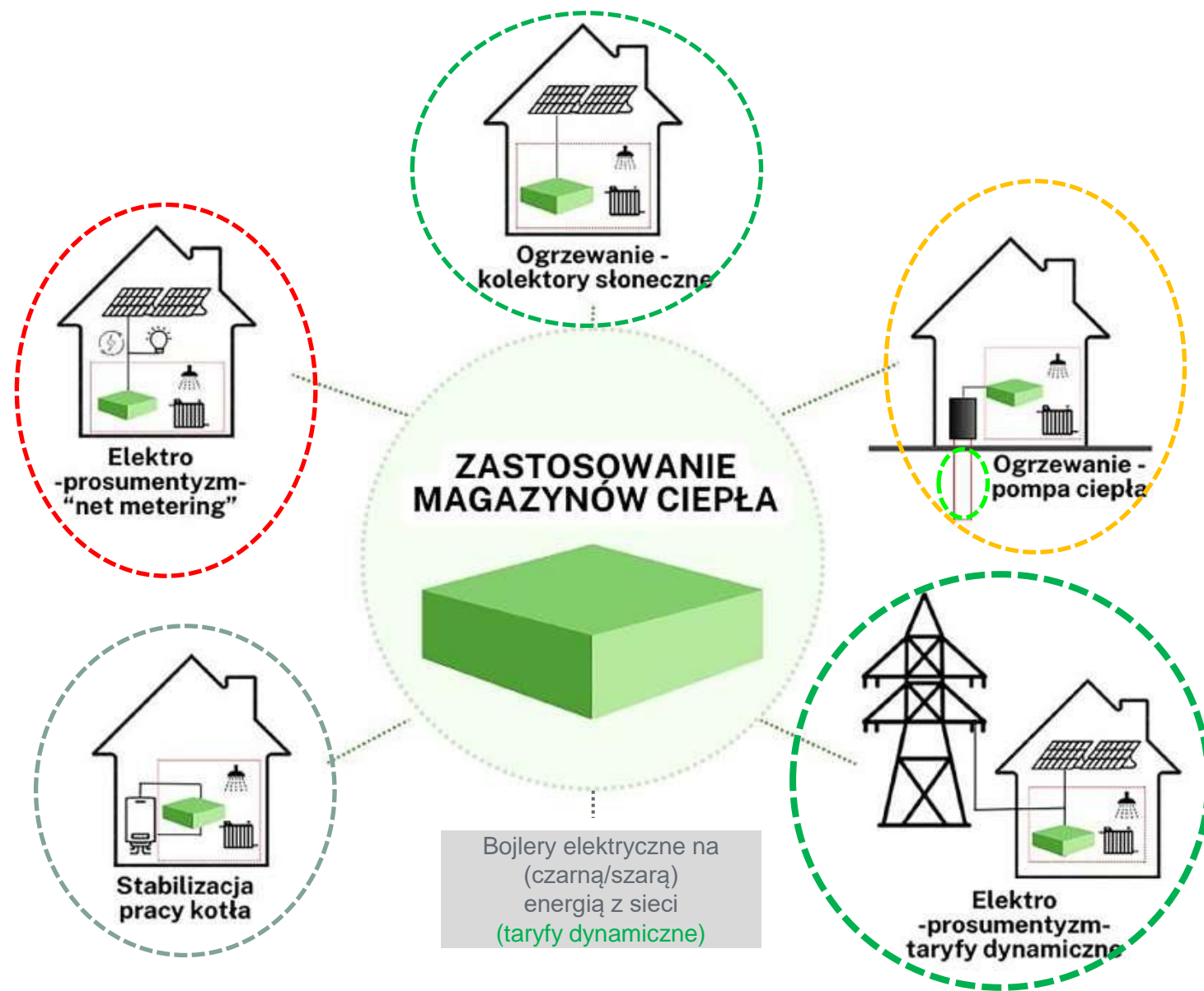
Kategoryzacja magazynów ciepła, temperatura, czas magazynowania i dojrzałość techniczna

	Temperatura magazynowania, °C						Czas magazynowania			Poziom gotowości technologicznej		
	0	100	500	900	1600	2400	Godziny	Dni	Tygodnie	1-3	4-6	7-9
	Poniżej zera	Niska	Średnia	Wysoka	Wysoka +	Wysoka ++						
Ciepła jawne	Większość technologii jest w stanie objąć szeroki zakres temperatur						Większość technologii jest w stanie obsłużyć okresy w ciągu dnia do wielu dni, przy czym kilka jest w stanie obsłużyć do miesięcy (np. woda)			Większość technologii jest już dostępna na rynku z historią demonstracji i przypadków wdrożenia		
Grafit												
Ceramika, krzemionka i piasek												
Stopione sole												
Beton												
Skąła												
Stal												
Wody podziemne												
Woda												
Ciepło utajone	Określone zakresy temperatur obsługiwane przez określone technologie (np. lód dla subzera, sole nieorganiczne dla wysokich temperatur)						Większość technologii osłuży okresy w ciągu dnia do wielu dni			Duży zakres dojrzałości technicznej, przy czym niektóre są już dostępne na rynku, a inne w fazie badań i rozwoju		
Metale mikrokapsułkowane												
Sole nieorganiczne i mieszaniny eutektyczne												
Sód												
Inne ciekłe metale												
Stopiony stop aluminium												
Woski parafinowe, kwasy tłuszczowe												
Sól uwodniona												
Mieszanki słonowodne												
Lód												
Ciekły powietrze												
Ciepło termochemiczne	Obejmuje mniejszy zakres temperatur ze względu na mniejszą różnorodność dostępnych technologii						Potencjał do obsługi w ciągu dnia do miesięcy			Stosunkowo rosnący się obszar z większością technologii w fazie badawczo-rozwojowej lub pilotażowej		
Przechowywanie reakcji chemicznych												
Absorpcja												

Poziomy gotowości technologicznej (TRL) to skala używana do oceny poziomu dojrzałości konkretnej technologii: 1–3 technologie do eksperymentalnego potwierdzenia koncepcji; 4–6 technologie do demonstracji w odpowiednim środowisku; 7–9 technologie do stosowania w środowisku operacyjnym

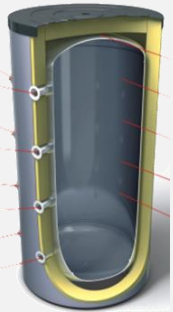
Magazyny ciepła w ogrzewnictwie

***Budynki mieszkalne, obiekty usługowe
i użyteczności publicznej***

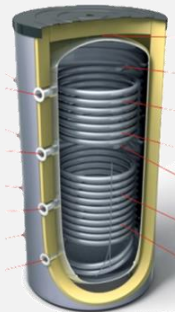


W budownictwie jednorodzinym dominują przede wszystkim magazyny wykorzystujące jako czynnik roboczy **wodę**.

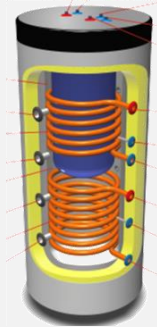
Od wielu lat wykorzystywane są do podgrzewania ciepłej wody użytkowej, ale obecnie również coraz częściej jako magazyny ciepła współpracujące z instalacjami solarnymi i przede wszystkim pompami ciepła na potrzeby ogrzewania. **Pojemność od 100 litrów do 1500 litrów.**



Zasobnik ciepła bez wężownic z możliwością podłączenia kilku źródeł



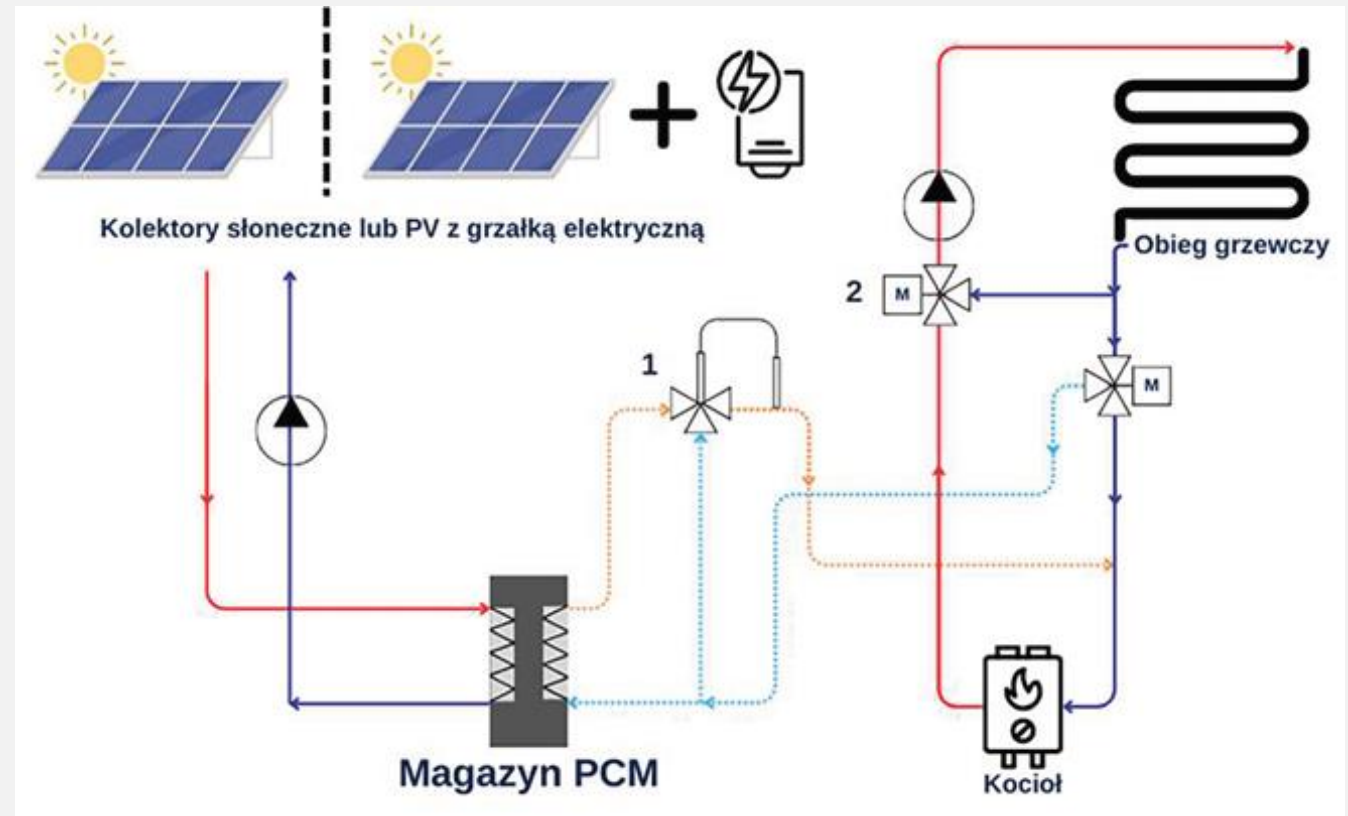
Zasobnik ciepła z dwoma wężownicami



Zasobnik ciepła z dwoma wężownicami i zbiornikiem do podgrzewu CWU

Na rynku się również nowe rozwiązania oparte przede wszystkim na predykcyjnym zarządzaniu produkcji ciepła (**BEMS**) w oparciu o prognozę pogody i predykcję cen energii elektrycznej.

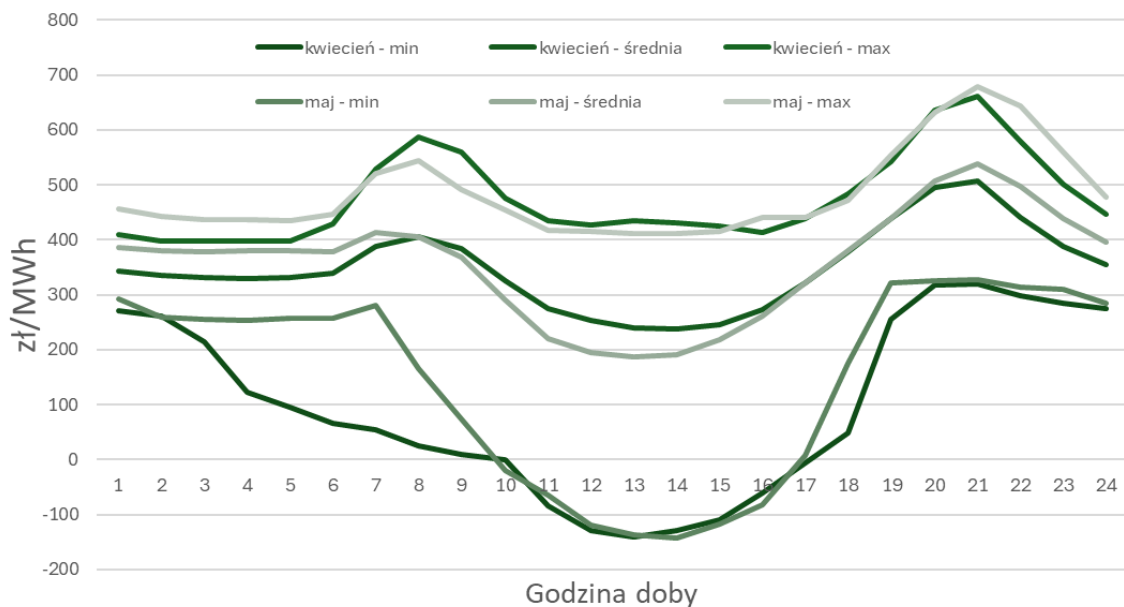
Najnowszym rozwiązaniem jest wykorzystanie nośników zmiennofazowych ciepła - **magazyny PCM oparte na solach** oraz magazynowanie w materiałach ceramicznych



W magazynie ciepła z przemianą fazową (PCM) znajdują się dwa wymienniki ciepła. Pierwszy (pierwotny) służy do poboru ciepła z kolektorów słonecznych (lub paneli PV DC lub AC), a drugi (wtórny) do zasilenia obiegów grzewczych. Woda podgrzana na wtórnym wymienniku ciepła trafia na trójdrogowy zawór mieszający (1), na którym miesza się z wodą z powrotu z obiegów grzewczych w celu uzyskania zadanej temperatury. Zawór trójdrogowy (2) służy do zasilenia obiegu grzewczego wodą o odpowiedniej temperaturze

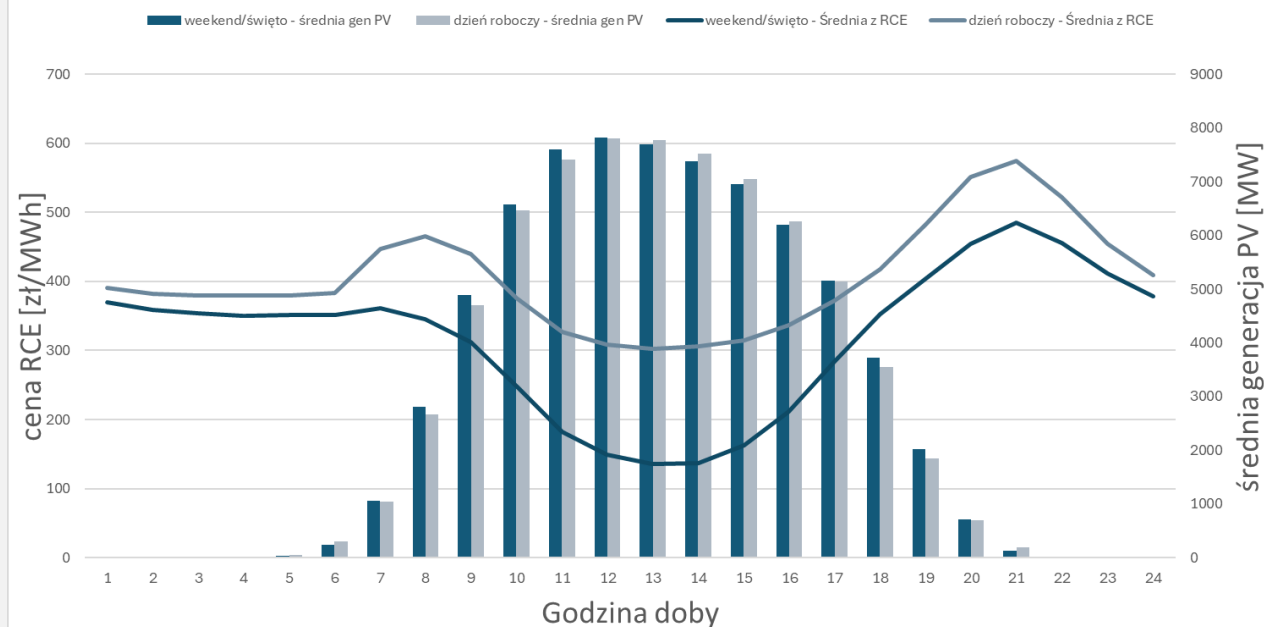
Rozkład indeksu RCE n w poszczególnych godzinach kwietnia i maja 2024

Opracowanie własne na podstawie danych PSE.



Okres magazynowania
w dni robocze majowe

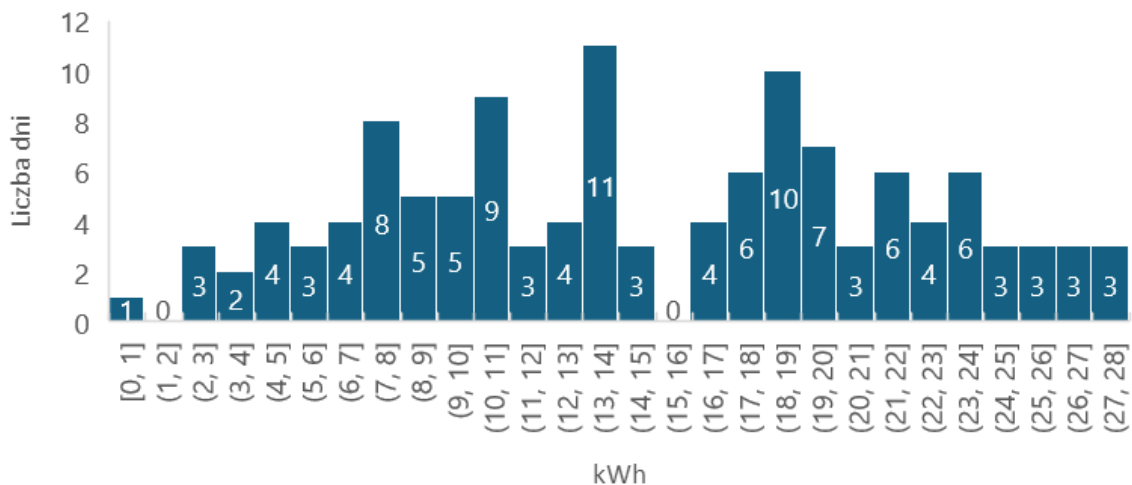
Srednia generacja PV w KSE oraz średnia wartość indeksu RCE w poszczególnych godzinach doby w podziale na dni robocze oraz weekendy i święta.
Opracowanie własne na podstawie danych PSE.



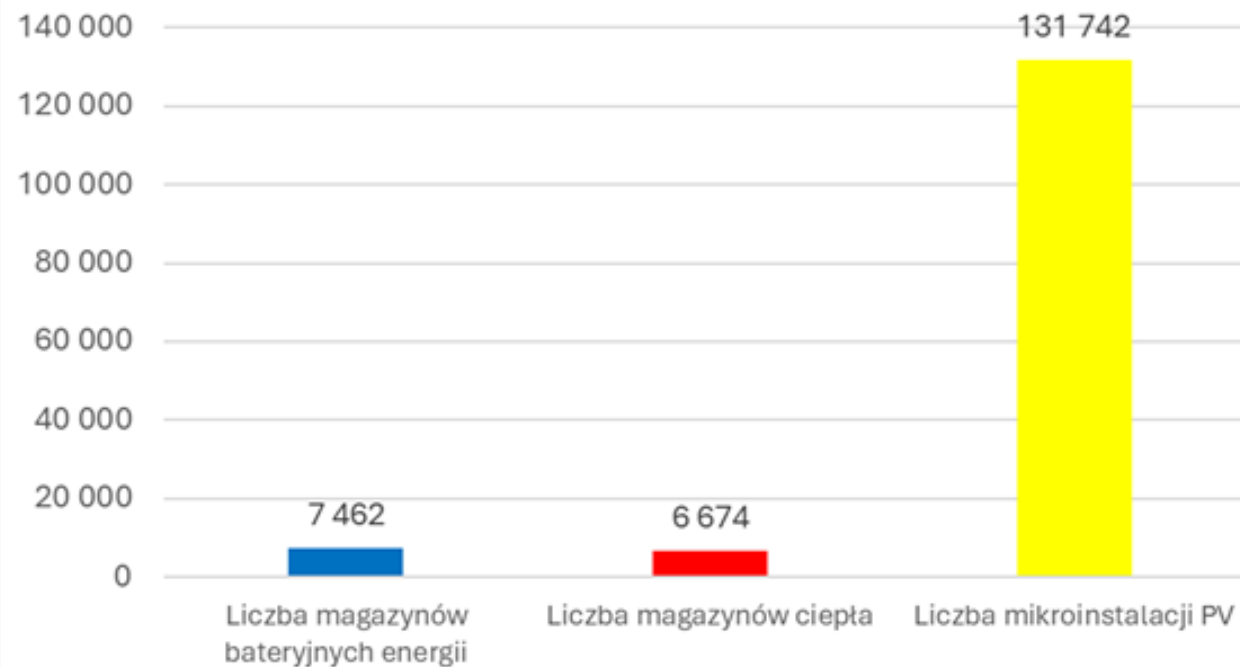
Okres magazynowania
w weekendy 2023

Poziom dziennych nadwyżek energii w okresie maj-wrzesień u typowego mikroprosumenta
(PV 5kWp, zużycie energii 5 MWh)

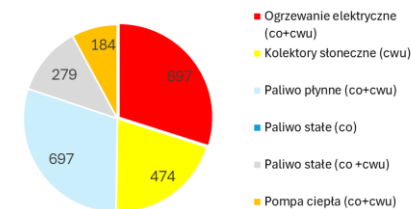
(PV 5kWp, zużycie energii 5 MWh)



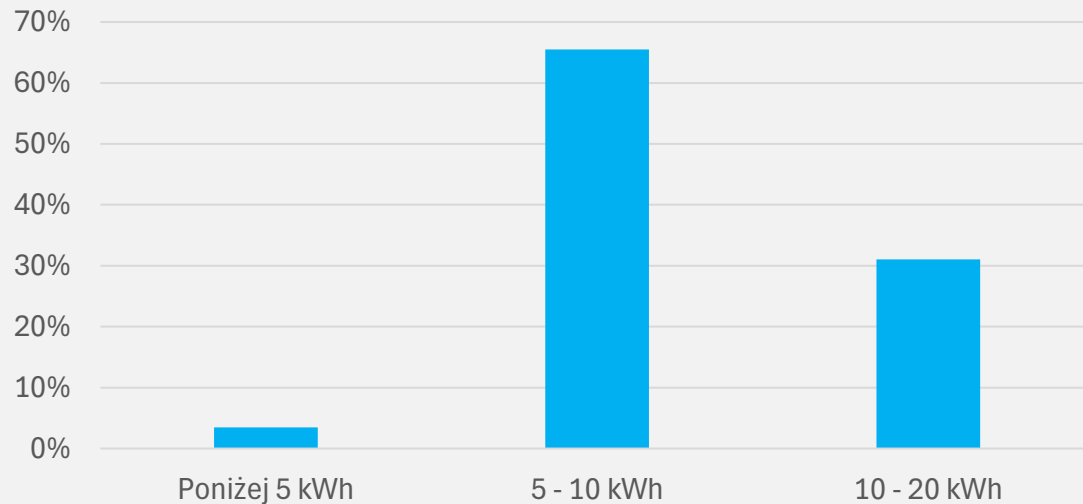
Liczba magazynów ciepła i magazynów bateryjnych w liczbie mikroinstalacji PV wspieranych przez "Mój prąd" w latach 2022- 2024 (stan 31/3/24)



Magazyny ciepła zainstalowane w budynkach w latach 2011-2023 [tys. szt.]



Struktura sprzedaży prosumenckich magazynów energii elektrycznej w 2023 roku w zależności od pojemności



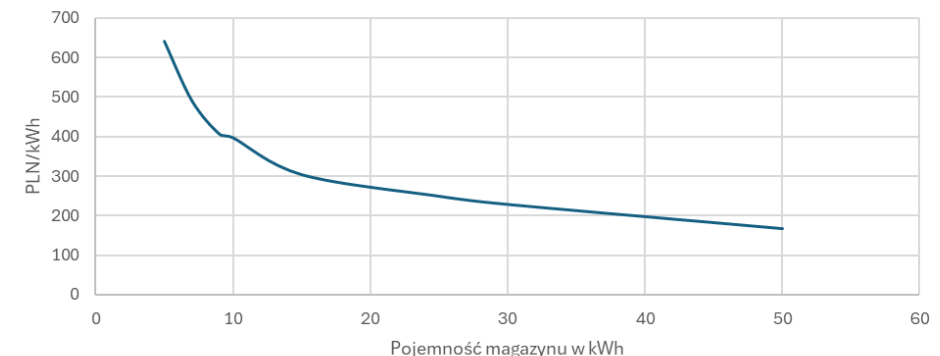
Małe pojemności **magazynów BESS** wystarczające jedynie na krótkoterminowe magazynowanie energii z domowych PV (1-2 godziny maksymalnie)

Z pozyskanych od NFOŚiGW danych wynika, że średnia pojemność magazynu energii elektrycznej w gospodarstwie domowym zakupiona w programie Mój prąd 4.0 wyniosła **7,3 kWh**, a średnia pojemność magazynu ciepła – **192 litry**.

Dla porównania pojemności **magazynów ciepła**:

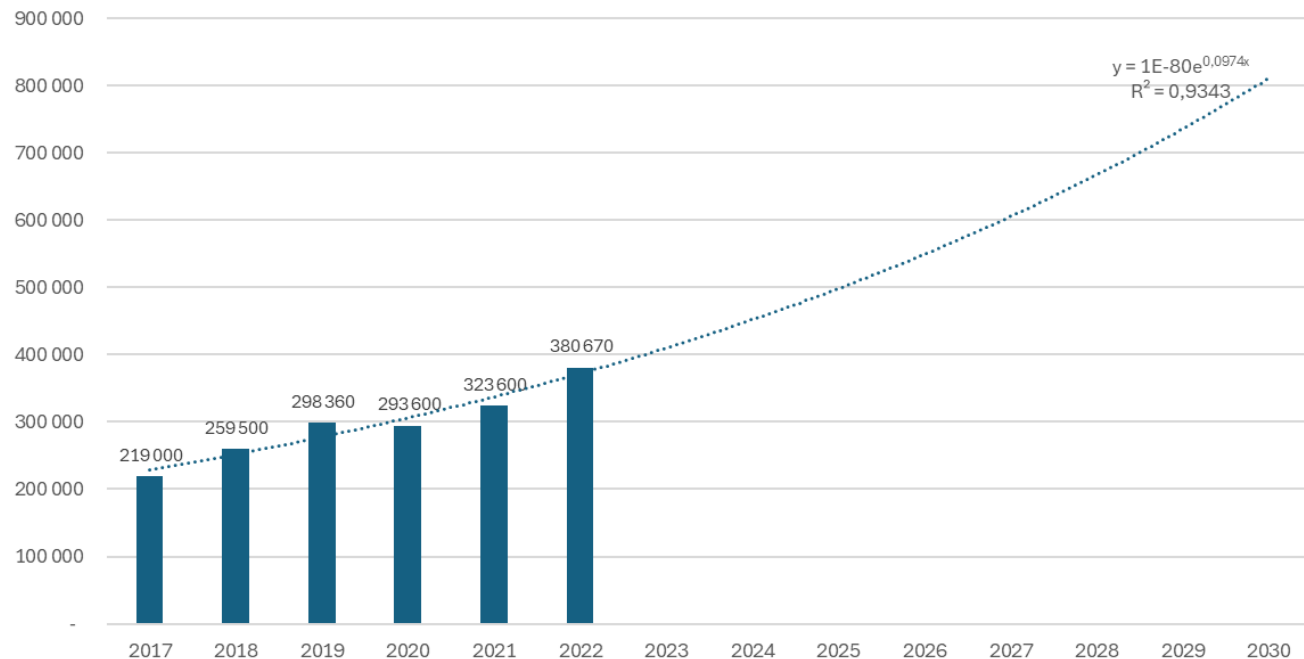
- 200 l, delta T=88 K: **18 kWh**
- 400 l, delta T=88 K: **36 kWh**
- 400 l, delta T=60 K: **28 kWh**

Średni koszt magazynu ciepła wraz z montażem w zależności od jego wielkości (zakres 100-1000 l)

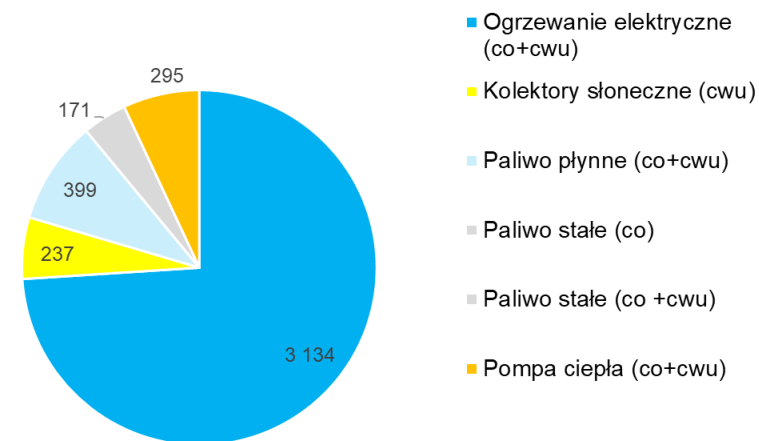


Obecny potencjał wykorzystania energii elektrycznej w ogrzewnictwie indywidualnym (bez taryf dynamicznych)

Sprzedż zasobników i buforów w latach 2018-2022
Dane statystyczne 2017-2022 SPIUG, założenia do prognozy IEO



Scenariusz rozwoju magazynów ciepła w latach 2024-2030 roku [tys. szt.]
w budynkach mieszkalnych o różnych sposobach zaopatrzenia w ciepło



Wg NSP Ludności i Mieszkań na koniec 2021r. na terenie kraju usytuowanych było **15,3 mln. mieszkań w 6,9 mln budynków** (6,3 mln - budynki jednorodzinne) oraz **17,2 mln różnych źródeł ciepła**
Wg SPIUG liczba magazynów ciepła w 2022r. wynosiła **2,3 mln szt.**
Wg IEO w latach 2022-2023 przybędzie **4,3 mln szt.** magazynów ciepła
Liczba domowych magazynów ciepła w 2030 roku – 6,6 mln szt.

Przy 6,6 mln wodnych magazynów ciepła (8kWh/dobę) prognozowanych na 2030r. łączna **pojemność dobową wyniosłaby 53 GWh**, a roczna **19 TWh/rok**. Tyle magazynów pracujących przy „nocnej taryfie” w szczycie generacji PV latem o 13:00, mogłoby zagospodarować, przy mocy grzałki 0,8 kW) **5 GW nadwyżkę mocy z elektrowni PV** (ograniczenie curtailment).

Magazyny ciepła w ciepłownictwie

Krótkoterminowe (godzinowe i dobowe) magazyny ciepła w systemach ciepłowniczych (układy kogeneracyjne i ostatnio power2heat)

Magazyny krótkoterminowe wykorzystywane są do akumulacji ciepła na przestrzeni godzin lub dni do:

- Wspierania nieelastycznych technologii paliw kopalnych, przede wszystkim dla układów kogeneracyjnych w celu wyrównania dysproporcji pomiędzy zapotrzebowaniem na energię elektryczną lub ciepło
- Wdrożenia koncepcji **P2H** gdy magazyn ciepła musi przejąć i przechować energię do momentu kiedy pojawi się zapotrzebowanie
- Pełnią rolę magazynów ciepła dla niewielkich instalacji **kolektorów słonecznych** lub dużych pracujących latem
- Współpracy z sezonowymi magazynami ciepła zapewniając szybką reakcję na nagłe zapotrzebowanie ciepła

lokalizacja	pojemność [m3]
EC Toruń	12 000
Elektrownia Ostrołęka	13 000
EC Białystok	13 000
EC Czechnica	13 000
EC Kraków	18 000
EC Bielsko Biała	20 000
EC Poznań	24 000
EC Siekierki	30 000

Łączna moc – ok. 1 GW



Magazyn ciepła Na terenie EC Czechnica-2 (fot. PGE Energia Ciepła)



Veolia Energia Poznań - akumulator ciepła

Dane techniczne akumulatora ciepła	
wysokość	63 m
pojemność	24 tys. m ³
średnica	24 m
zmagazynowana energia	ok. 4 tys. GJ
temp. wody	98°C
roczna redukcja zużycia węgla	11,5 tys. ton
roczna redukcja zużycia oleju lekkiego	320 ton
roczna redukcja emisji CO ₂	24 tys. ton
nakłady	41,7 mln zł
dofinansowanie ze środków UE	21 mln zł

Technologia OZE	Pojemność cieplna [kWh/m ³]	Objętość [m ³] (ekw. 1 m ³ wody)	Przybliżony koszt na ekw. 1 m ³ wody
Magazyn krótko- lub średniookresowy dla elektrociepłowni miejskiej	45–65	12 000–30 000	1300–1700 zł/m ³

Cele nałożone na państwa członkowskie EU w zakresie udziału OZE w sektorze ogrzewania i chłodzenia nie są osiągalne bez magazynów energii



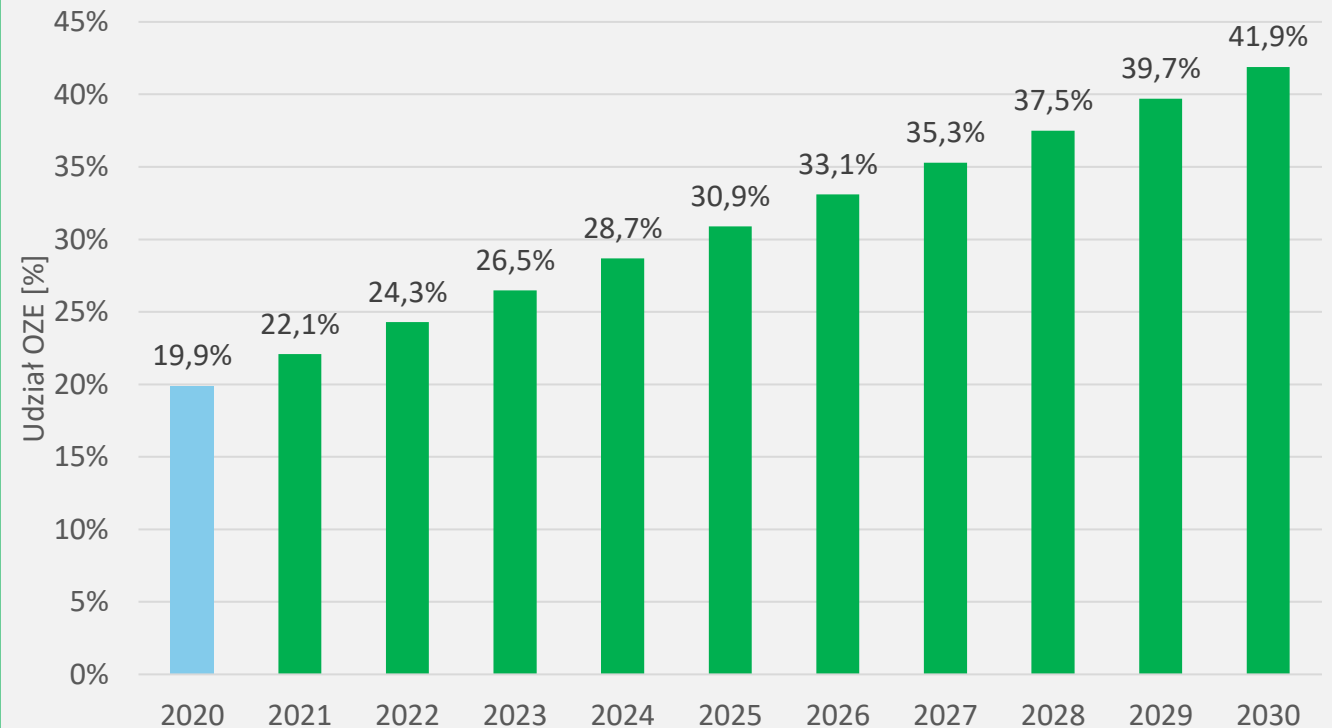
Zgodnie z dyrektywą RED III wymagany na poziomie kraju roczny wzrost limitu ciepła z OZE o 2,2 pp. w systemach ciepłowniczych powinien zostać przeniesiony z poziomu krajowego na wytwórców ciepła systemowego (czekamy na wdrożenie).

Zgodnie z RED III udział ten powinien być liczony w odniesieniu do zużycia energii (ciepła) brutto, ale nie ma dostępnych oficjalnych danych GUS w takim ujęciu. Zbliżone dane dotyczące **produkcji i rozdysponowania** wytworzonego ciepła systemowego w 2020 r. podaje URE.

Wg URE w 2020 roku udział ciepła z OZE w produkcji ciepła wyniósł **10,1%**, ciepła odpadowego (z odzysku) **9,79%**, a to oznacza, że cele na kolejne lata można liczyć od 19,89%,

Źródło: Dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł energii

Szacowany udział OZE w okresie 2021-2030 dla krajowego ciepłownictwa



Szybki wzrost udziałów OZE (zwłaszcza zeroemisyjnych) tworzy potencjał dla rozwoju magazynów ciepła, w szczególności sezonowych

Wielkoskalowe sezonowe magazyny ciepła

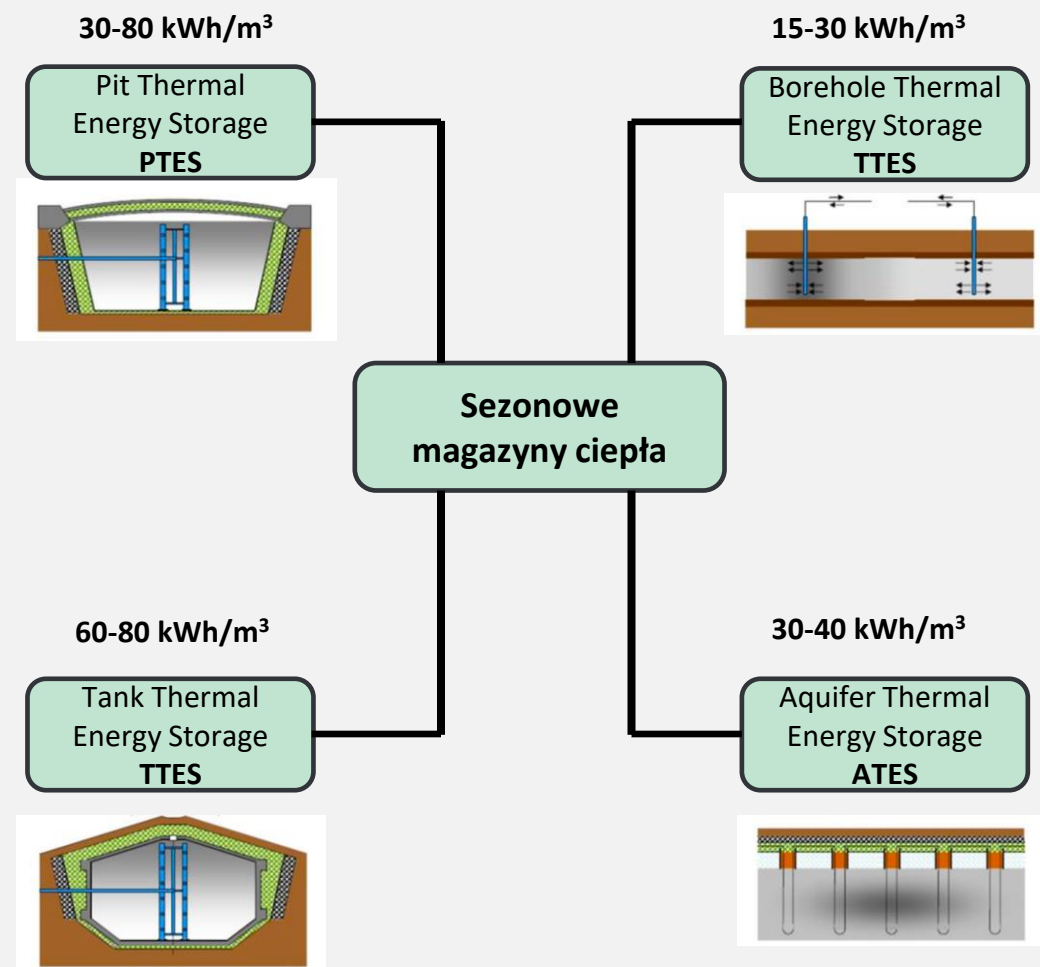
-Rozwiązanie na szybki wzrost udziałów OZE w ciepłownictwie

Magazyn wodny naziemny TTES – czynnik akumulacyjny stanowi woda. Energia cieplna jest pobierana lub ładowana przez pompowanie gorącej wody bezpośrednio lub za pomocą wymienników ciepła. Główne zastosowanie sezonowych akumulatorów TTES to współpraca z dużymi systemami kolektorów słonecznych w celu produkcji gorącej wody grzewczej lub ciepłej wody użytkowej. Często są one elementami obiegów hydraulicznych elektrociepłowni. Koszt **110 - 200 EUR/m³** (dla TTES powyżej 2000 m³)

Magazyn w warstwie wodonośnej ATES – wykorzystuje do przechowywania ciepła podziemne naturalne warstwy wodonośne. Ciepło jest magazynowane w wodzie, jak również w otaczającym gruncie. Warstwy wodonośne składają się z piasków, żwirów, skał piaszczowców oraz wapieni. Najlepsze warunki panują wtedy, gdy warstwa jest położona pomiędzy dwoma nieprzepuszczalnymi warstwami oraz nie występuje w niej przepływ wody. 50 - 60 EUR/m³ (dla ATES > 10 000 m³ ekwiwalentu wody)

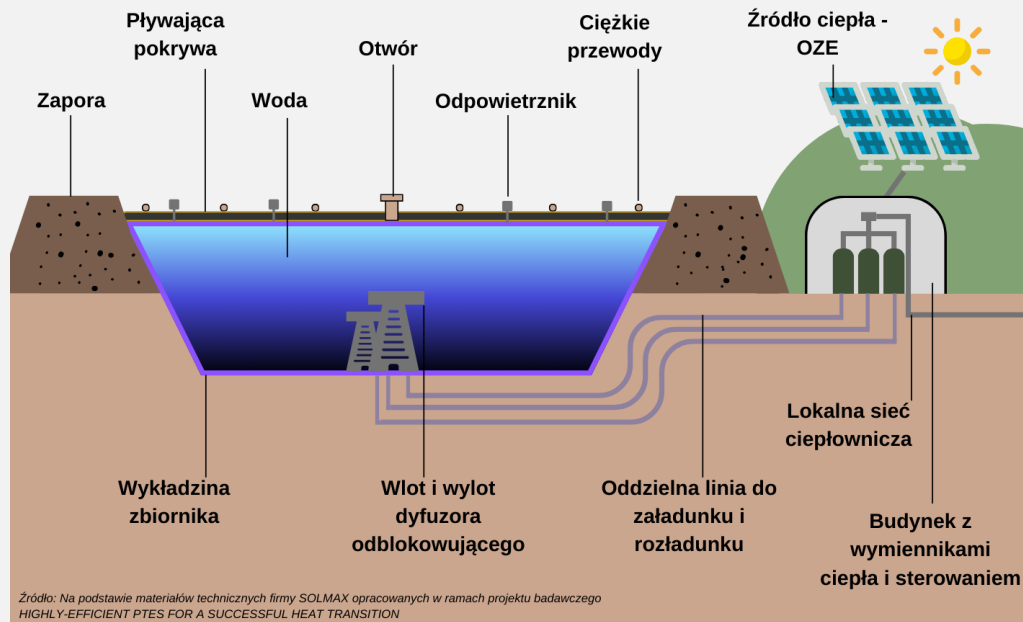
Magazyn gruntowy BTES - ciepło jest magazynowane bezpośrednio w gruncie. Odpowiednim podłożem mogą być skały lub wilgotne gleby. Ładowanie i rozładowanie następuje za pomocą systemu pionowych wymienników ciepła typu „U”, sięgających 30-200 metrów poniżej terenu.

Magazyn wodno-żwirowy zagłębiony w grunt PTES - Cynniki akumulacyjne w tej technologii to woda lub woda i żwir. Zbiornik został zagłębiony poniżej poziomu gruntu oraz zaizolowany folią. Jest on ładowany i rozładowywany przez pompowanie i wypompowywanie z niego wody lub pośrednio przez zespół wymienników rurowych. W celu lepszej izolacji cieplnej zbiornik zabudowuje się sklepieniem od góry. **Koszt 20 - 40 EUR/m³** (dla PTES powyżej 50,000m³)

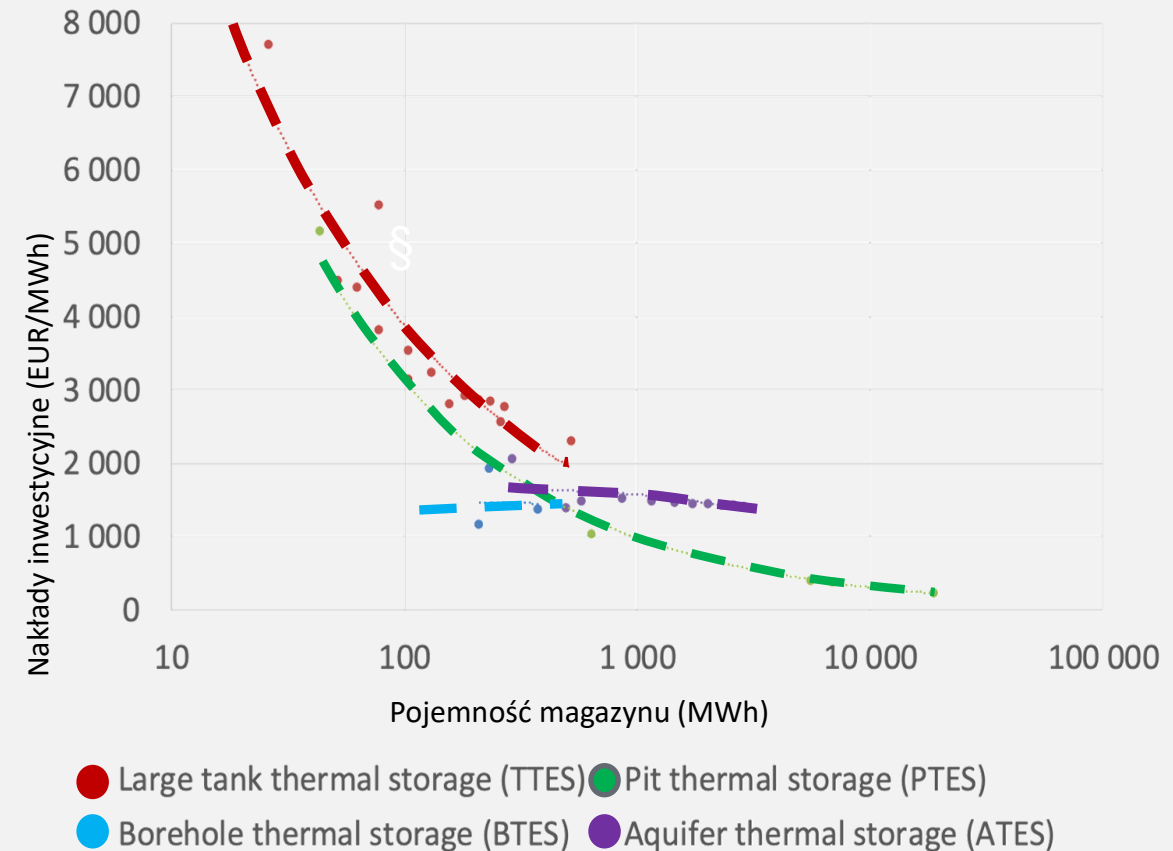


Pit Thermal Energy Storage (PTES) wyborem dla magazynowania energii w ciepłownictwie systemowym

Magazyny ciepła tego typu mogą być budowane **na bardzo dużą skalę**, co jest istotne dla zapewnienia znacznej pojemności magazynowania ciepła **przy stosunkowo niskich kosztach**. Magazyn o większej pojemności ma niższe straty ciepła, zapewniając w ten sposób korzyść finansową w porównaniu z tą samą pojemnością rozłożoną na wiele małych magazynów i pozwalając na lepszą stratyfikację, co jest korzystne z energetycznego punktu widzenia. W magazynach wodnych (PTES) przy wzroście objętości magazynów **z 2 tys. m³ do 70 tys. m³ jednostkowy koszt budowy spada z 250 euro/m³ do 40 euro/m³**. Mając na uwadze parametry techniczne oraz nakłady finansowe na szczególną uwagę zasługują sezonowe wodne magazyny ciepła **PTES**.



Zródło: Na podstawie materiałów technicznych firmy SOLMAX opracowanych w ramach projektu badawczego HIGHLY-EFFICIENT PTES FOR A SUCCESSFUL HEAT TRANSITION



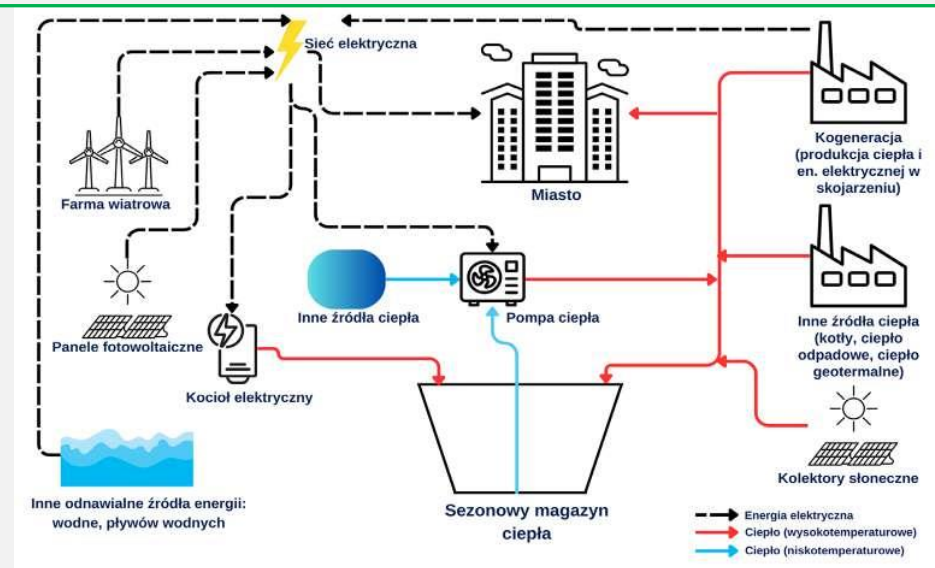
Doczekał C. Smart strategies for the transition in coal intensive regions, Fact Sheet: heat Storages. 2019. Austria.

Rola sezonowych magazynów ciepła w systemie ciepłowniczym z dużym udziałem OZE

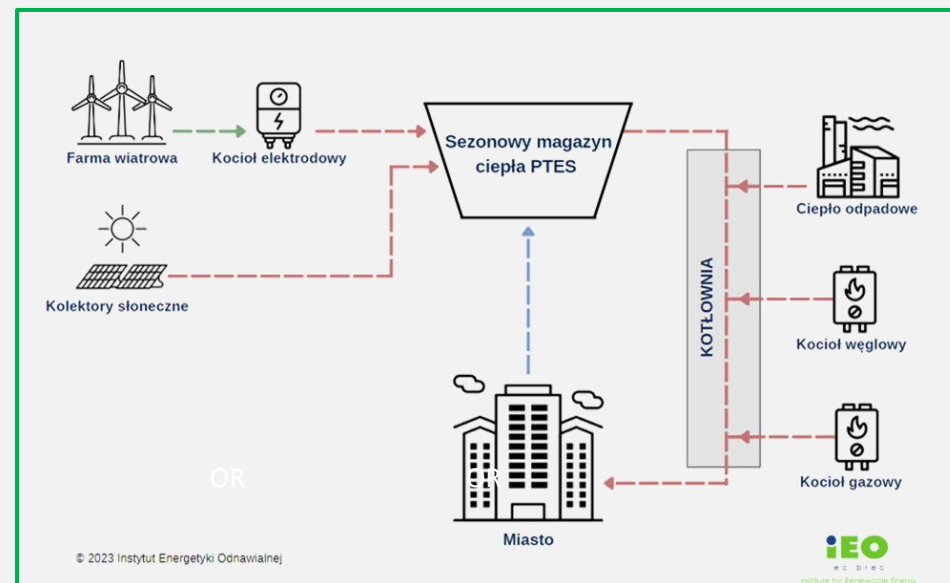
W nowoczesnym efektywnym energetycznie systemie ciepłowniczym ciepło z kolektorów słonecznych i z kotła elektrodowego jest magazynowane w sezonowym magazynie ciepła. Ciepło odpadowe, kocioł węglowy i kocioł gazowy są źródłami pracującymi bezpośrednio na sieć ciepłowniczą. Dodatkowo kocioł węglowy może pracować także na sezonowy magazyn ciepła dla stabilizacji i zwiększenia sprawności pracy. Pierwszeństwo pracy mają źródła OZE (kocioł elektrodowy i kolektory słoneczne lub farmy PV, czyli rozładowanie sezonowego magazynu ciepła), następnie ciepło odpadowe. Źródłem podszczytowym jest kocioł węglowy, a szczytowym kocioł gazowy lub kogeneracja gazowa sterowana cenami energii elektrycznej.

Dla tak zaprojektowanego systemu ciepłowniczego dla średniej wielkości miasta powiatowego w Końskich (25 MW) przechodzącego z węgla w 50% na OZE koszt jednostkowy sezonowego magazynu ciepła 130 000 m³ to 119 zł/m³, a jego udział w nakładach inwestycyjnych wyniósł ok. 32%. Koszt ciepła LCoH wynosi 448 zł/MWh (124 zł/GJ). Wartość ta w ok. 1/3 determinowana jest przez wysokość początkowych nakładów inwestycyjnych (CAPEX).

Magazynowanie energii w sezonowych magazynach ciepła w polskich ciepłowniach ma sens ekonomiczny. Dążenie do zwiększania udziałów OZE i spełnienia w tym zakresie wymagań UE oraz uzyskania statusu efektywnego systemu ciepłowniczego może się diametralnie zmienić w sytuacji uzyskania dodatkowych form finansowania (Fundusz Modernizacyjny, KPO)

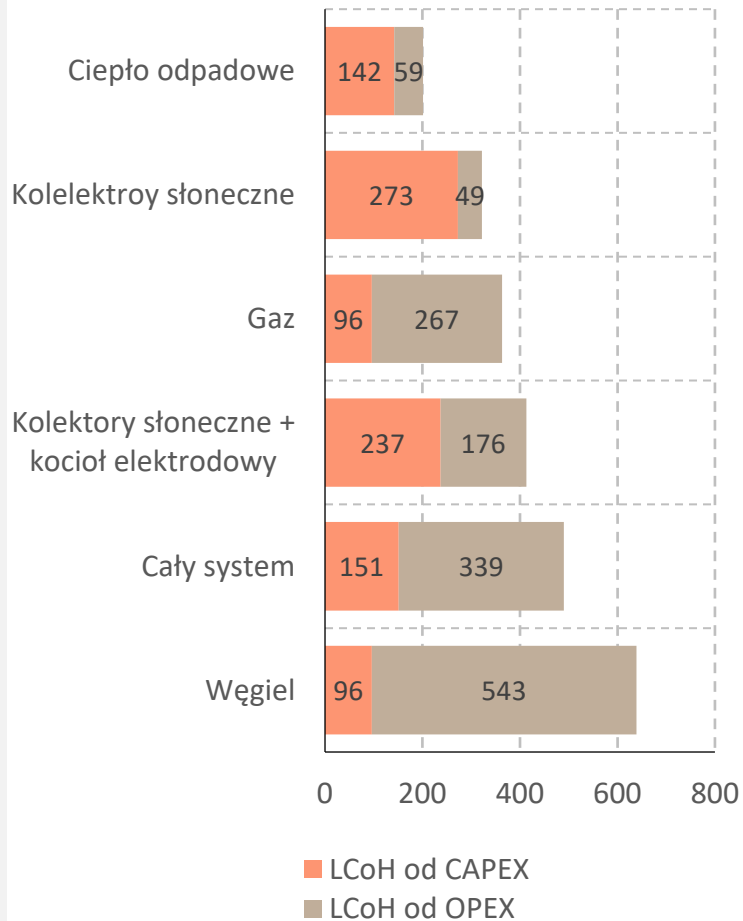


Przykładowy schemat systemu ciepłowniczego opartego na zeroemisyjnych OZE (PEC Końskie)

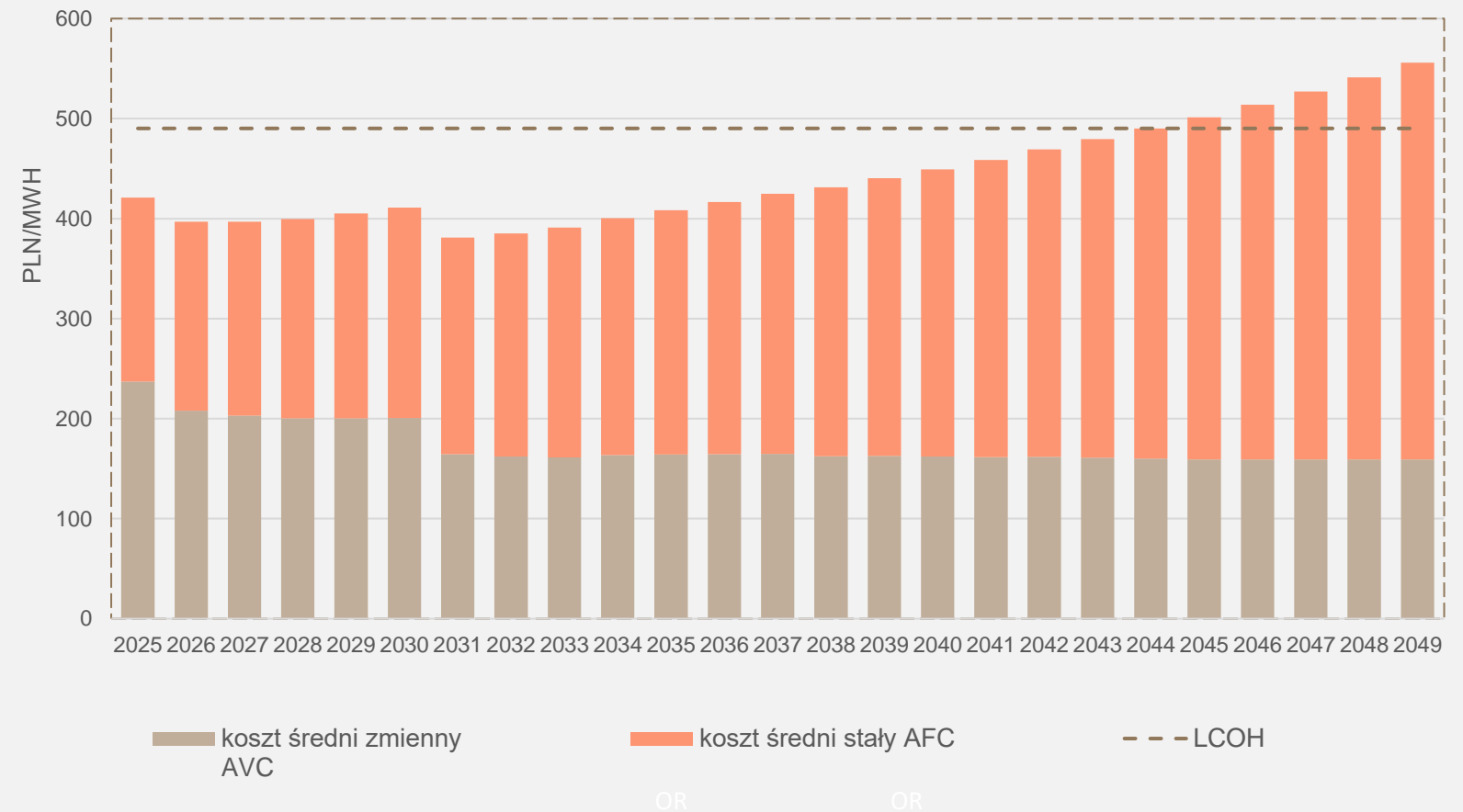


Koszt produkcji ciepła (LCoH) w systemie z magazynem ciepła i 50% udziałem OZE pogodozależnych

LCoH źródeł ciepła [zł/MWh] w podziale na CAPEX i OPEX (rok 2022/2023)

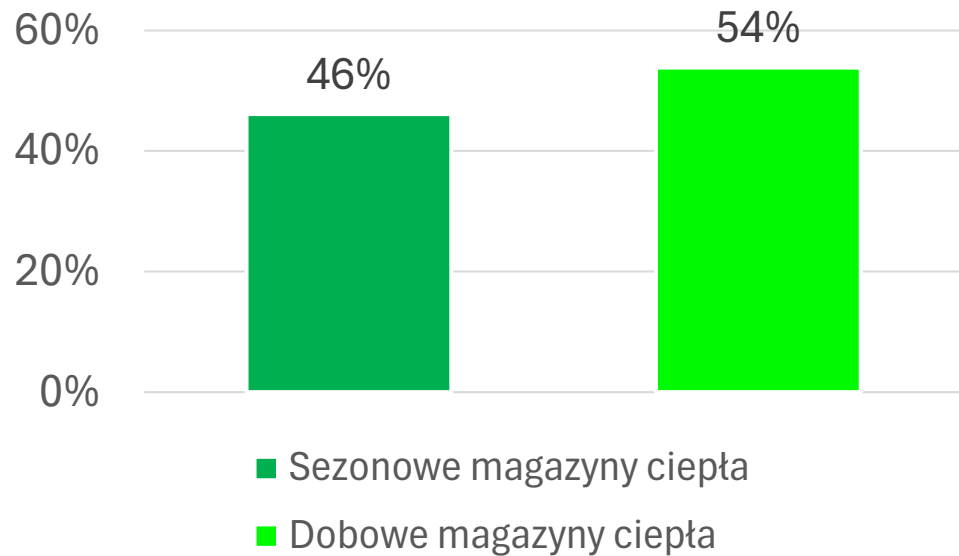


Koszty średnie LCOH ciepła z systemu ciepłniczego z OZE i magazynem ciepła

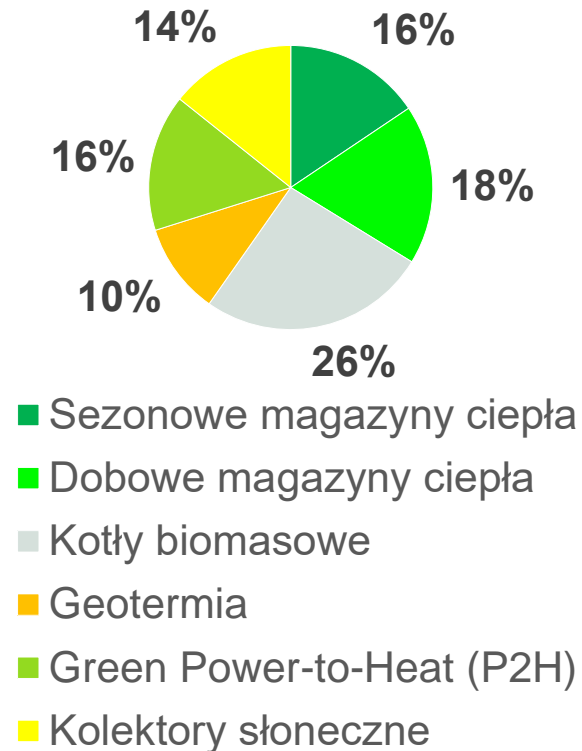


Potencjał rynkowy magazynów ciepła w ciepłownictwie – wyniki badań ankietowych przedsiębiorstw (dzięki uprzejmości IGCP)

Zainteresowanie magazynami ciepła wśród ankietowanych przedsiębiorstw ciepłowniczych



Zainteresowanie technologiami wśród ankietowanych przedsiębiorstw ciepłowniczych



Potencjał magazynów sezonowych w polskim ciepłownictwie systemowym (przy założeniu 50% ciepła z pogodozależnych OZE)

Zakresy mocy ciepłowni	Liczba	Teoretyczna pojemność magazynów ciepła typu PTES	Teoretyczna pojemność magazynów ciepła typu PTES			Potencjał techniczny
			GWh/rok	GW	GWh/dobę	
	szt.	tys. m3				GWh/rok
do 10 MW	35	1 435	72	0,01	0,2	57
10-50 MW	178	63 012	3 154	0,4	8,6	1 892
50 – 125	73	37 960	1 900	0,2	5,2	950
125 – 200	22	21 164	1 059	0,1	2,9	424
200 – 500	33	146 112	7 313	0,8	20	2 194
500 – 1000	16	77 920	3 900	0,4	10,7	780
pow 1000	8	70 842	3 545	0,4	9,7	355
RAZEM		418 445	20 942	2,4	57,4	6 651

Potencjał przemysłowy magazynów ciepła

Local content

Net-zero Industry Act (NZIA) 2024/1735 z 13 czerwca 2024r

Akt o przemyśle neutralnym emisyjnie wspierać będzie local content w technologiach zeroemisyjnych

Celem NZIA jest zapewnienie co najmniej 40% udziału rodzimych zdolności produkcyjnych w UE. Umożliwia stosowanie kryteriów niecenowych (jakościowych), dotacjach i przetargach publicznych (15-30%) z uwagi na zależność importową (>30%) i sector coupling.

	Technologie neutralne emisyjnie wg rozporządzenia NZIA Parlamentu i Rady z 27 maja 2024	Podkategorie technologii neutralnych emisyjnie
1	Technologie energii słonecznej	Technologie fotowoltaiczne Technologie słonecznej termicznej energii elektrycznej Technologie słonecznej termicznej energii termicznej Inne technologie słoneczne
2	Technologie lądowej energetyki wiatrowej i technologie morskiej energii odnawialnej	Technologie lądowej energetyki wiatrowej Technologie morskiej energii odnawialnej
3	Technologie baterii i magazynowania energii	Technologie baterii
4	Pompy ciepła i technologie energii geotermicznej	Technologie magazynowania energii Technologie pomp ciepła Technologie energii geotermicznej
5	Technologie wodorowe	Elektrolizery Wodorowe ogniwa paliwowe Inne technologie wodorowe
6	Zrównoważone technologie biogazu i biometanu	Zrównoważone technologie biogazu Zrównoważone technologie biometanu
7	Technologie CCS	Technologie wychwytywania dwutlenku węgla Technologie składowania dwutlenku węgla
8	Technologie sieci elektroenergetycznej	Technologie sieci elektroenergetycznej Technologie ładowania elektrycznego w transporcie Technologie służące cyfryzacji sieci Inne technologie sieci elektroenergetycznej
9	Technologie energii pochodzącej z rozszczepienia jądrowego	Technologie energii pochodzącej z rozszczepienia jądrowego Technologie jądrowego cyklu paliwowego
10	Technologie zrównoważonych paliw alternatywnych	Technologie zrównoważonych paliw alternatywnych
11	Technologie energii wodnej	Technologie energii wodnej
12	Inne technologie energii odnawialnej	Technologie energii dyfuzji Technologie energetyczne otoczenia inne niż pompy ciepła Technologie biomasy Technologie pozyskiwania biogazu składowiskowego Technologie gazu z oczyszczalni ścieków Inne technologie energii odnawialnej
13	Technologie efektywności energetycznej związane z systemem energetycznym	Technologie efektywności energetycznej związane z systemem energetycznym Technologie sieci ciepłowniczej Inne technologie efektywności energetycznej związane z systemem energetycznym
14	Technologie paliw odnawialnych pochodzenia niebiologicznego	Technologie paliw odnawialnych pochodzenia niebiologicznego
15	Rozwiązania biotechnologiczne w dziedzinie klimatu i energii	Rozwiązania biotechnologiczne w dziedzinie klimatu i energii
16	Transformacyjne technologie przemysłowe na rzecz dekarbonizacji	Transformacyjne technologie przemysłowe na rzecz dekarbonizacji
17	Technologie transportowania i wykorzystywania dwutlenku węgla	Technologie transportowania dwutlenku węgla Technologie wykorzystywania dwutlenku węgla
18	Technologie napędu wiatrowego i elektrycznego w transporcie	Technologie napędu wiatrowego Technologie napędu elektrycznego
19	Inne technologie jądrowe	Inne technologie jądrowe

Lokalizacje krajowych producentów małych magazynów ciepła

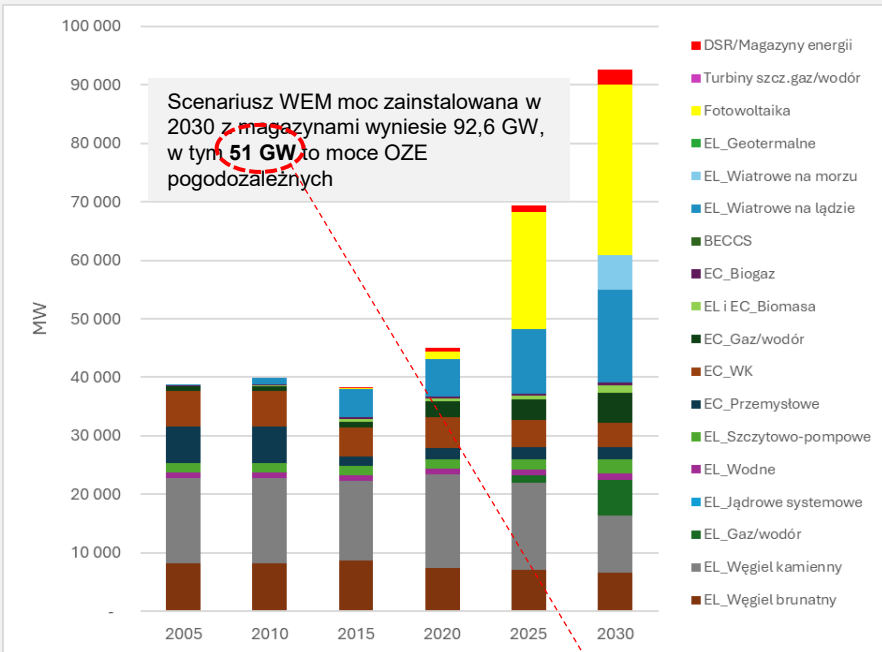


Plus duży krajowy i europejski potencjał innowacyjnych usług w zakresie sezonowych magazynów ciepła wspierany programami NFOŚiGW i NCBR (ARP, PFR?)

**Potencjał magazynów ciepła w
zwiększaniu elastyczności systemu
elektroenergetycznego
i zagospodarowaniu nadwyżkowej
energii OZE**

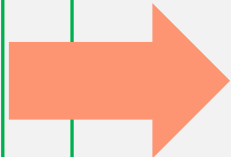
Brak dużych i długoterminowych zdolność magazynowania energii - największą barierą dla rozwoju OZE i stabilizacji systemu energetycznego

Struktura mocy osiąganey w KSE do 2030. KPEIK, scenariusz WEM z marca 2024r.

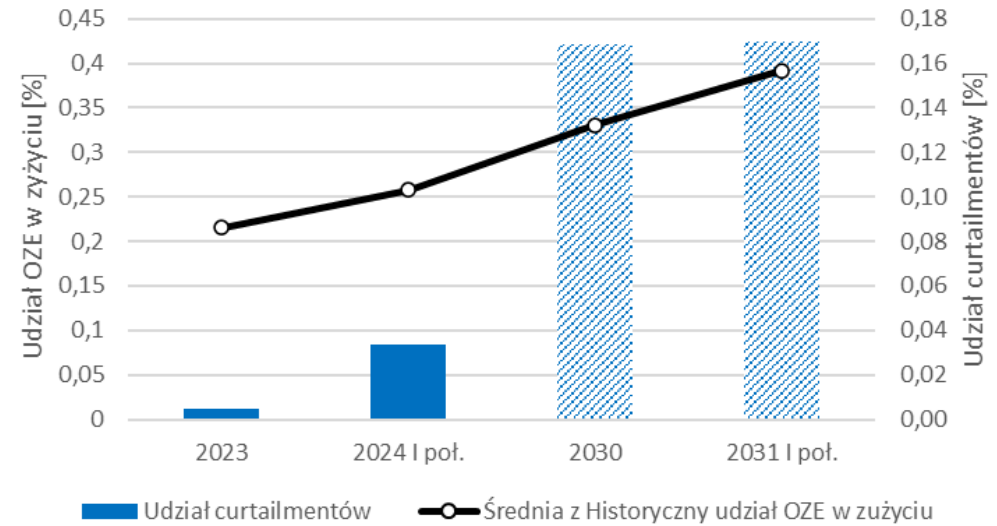


Konrad Purchała, Andrzej Midera: Rynkowe i techniczne środki integracji źródeł odnawialnych w krajowym systemie elektroenergetycznym. Konferencja REE 2024, 23/4/2024

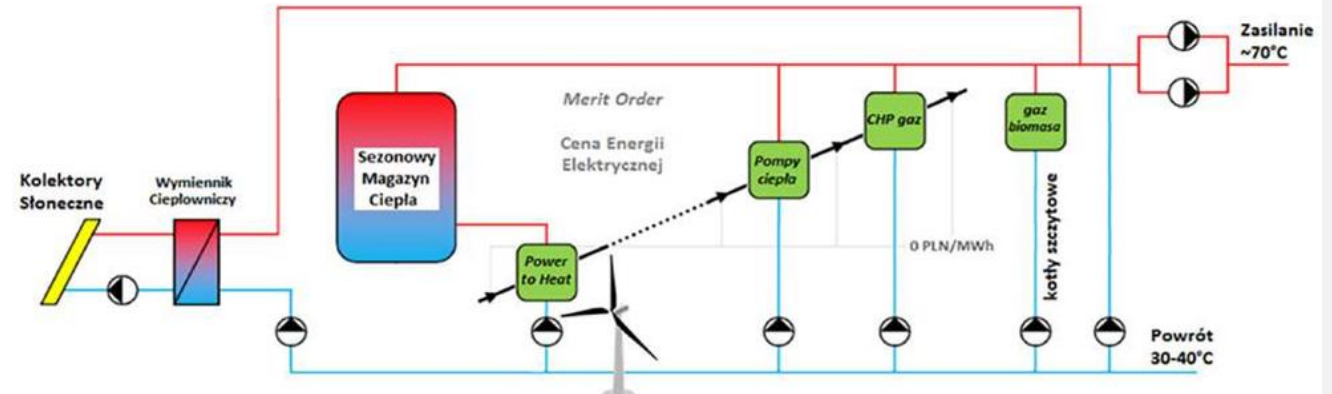
	Istniejące (stan na koniec marca 2024)	Planowane, wydane warunki przyłączenia, (bez mikroinstalacji)	Potencjalna moc do 2030 roku
Lądowe elektrownie wiatrowe	10,1 GW	8 GW	18,1 GW
Morskie elektrownie wiatrowe	0 MW	8,5 GW	8,5 GW
Fotowoltaika	17,9 GW	29,1 GW	47 GW
Sumarycznie FW + PV	28 GW	45,6 GW	73,6 GW
Magazyny energii elektrycznej		20,5 GW	
Potencjalna roczna produkcja energii elektrycznej:			> 100 TWh > 50% zużycia



Udział curtailmentów OZE i udziału generacji OZE w zużyciu



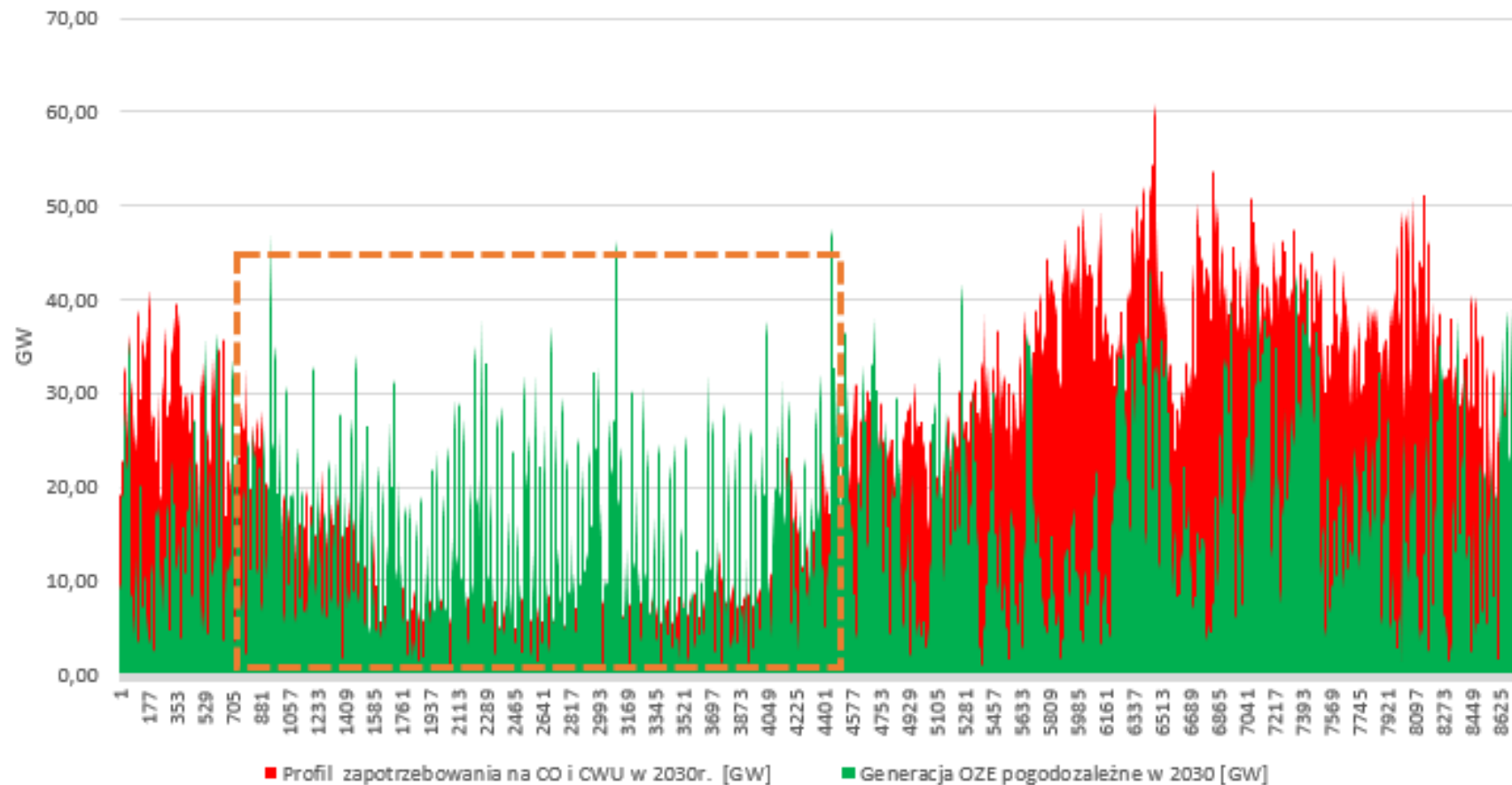
Zarządzanie pracą instalacji ciepłowniczej z wieloma źródłami ciepła, w tym OZE (duński model biznesowy)



Zestawienie szacowanych profili łącznego zapotrzebowania na ciepło systemowe i indywidualne (CO i CWU) w 2030 oraz profil generacji pogodozależnych OZE

Profil całkowitego zapotrzebowania na ciepło systemowe i indywidualne (CO i CWU) oraz profil generacji OZE w 2030r.

oprac. IEO na podstawie danych własnych MKiŚ (KPEiK) i PSE



Linią przerywaną zaznaczono okres, w którym rekomendowane jest wykorzystanie sezonowych magazynów ciepła.

Potencjał sezonowych magazynów ciepła w ciepłownictwie systemowym (i w ogrzewnictwie) do przejmowania nadwyżek energii OZE

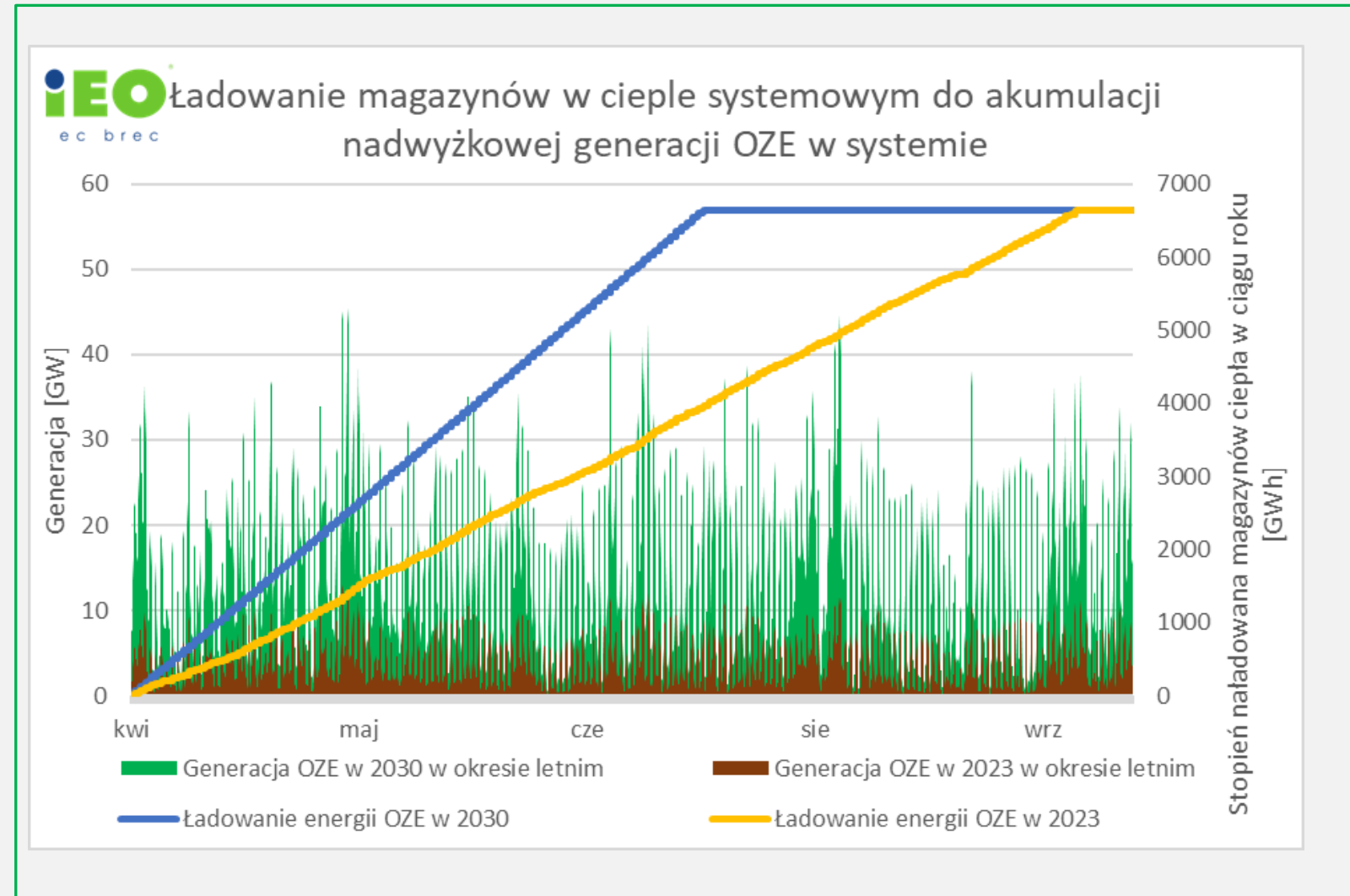
W 2023 roku energia OZE w okresie od kwietnia do września i w godzinach od 10:00 do 14:00, tzw. **godziny curtailmentów i niskich cen energii**, mogłyby być w całości skonsumowana i przekształcona w formę zielonego ciepła. W tym okresie wyprodukowana energia z OZE to **7,048TWh**

Ciepłownictwo systemowe nie posiada obecnie takich możliwości do przejmowania nadwyżek OZE. Przy szacowanej, możliwej technicznie do zrealizowania od 2030 roku łącznej **pojemności magazynów sezonowych 6651, GWh** (slajd 35), byłaby możliwość przejmowania całkowitej generacji OZE od kwietnia aż do końca trzeciej dekady września 2023 roku (**pomarańczowa linia na rysunku**).

Generację OZE w okresach IV-IX w godz. 10:00- 14:00 w 2030 roku oszacowano na **23,34 TWh**. Flota kotłów elektrodowych mogących przenieść tą energię nie byłaby w stanie przy tych założeniach wykonać 100% konwersji energii elektrycznej w ciepło, jak to mogłoby mieć miejsce przy generacji OZE z 2023r. Magazyny sezonowe ciepła w 2030 roku naładują się znacznie szybciej z uwagi na nadwyżki OZE – na koniec czerwca (**niebieska linia na powyższym rysunku**), a wartość przeniesionej energii OZE na ciepłownictwo to blisko 11,5 TWh.

Magazyny ciepła sezonowe w ciepłownictwie w okresie letnim mogłyby przejmować maksymalnie do **12,7 GW mocy OZE** (średnia wartość godzinowa).

Analogicznie: **bufory wodne CWU w ogrzewnictwie (w domach mieszkalnych) będą w stanie przejąć do 5 GW mocy OZE w szczytach jej generacji w okresie kwiecień-wrzesień (6,6 mln małych magazynów ciepła (bojlerów))**.



Kluczowe wnioski

Potencjał magazynów ciepła na 2030 obejmuje **6,6 mln** buforów CWU zdolnych zmagazynować blisko **4,2 TWh** nadwyżek energii z OZE rocznie oraz **200** sezonowych magazynów typu PTES w ciepłownictwie, zdolnych do przeniesienia z lata na sezon grzewczy blisko **11,5 TWh**. Łącznie magazyny ciepła mogą przejąć w każdej godzinie łącznie do **18 GW** niezbilansowanej mocy OZE

Magazyny ciepła mogą odgrywać znaczącą rolę w systemach ciepłowniczych i ogrzewnictwie, ale także **w KSE do zagospodarowania okresowych nadwyżek energii elektrycznej z OZE w formie gP2H** poprzez wykorzystanie nadwyżek energii elektrycznej z pogodozależnych OZE w cyklach zgodnych z profilami cen taryf dynamicznych i dynamiką cen hurtowych. Podstawową funkcją magazynu ciepła jest **zrównoważenie w cyklu dobowym lub sezonowym popytu oraz podaży na energię elektryczną** (dzięki technologii P2H) i **ciepło** (zmiennosc generacji lub nieelastycznosc źródeł)

Polska energetyka potrzebuje magazynów energii długoterminowych (okres magazynowania energii dłuższy niż 8-12 godzin), w tym **w szczególności sezonowych magazynów ciepła**. Wynika to z profilu generacji pogodozależnych OZE **zdominowanego w okresie letnim przez PV** (brak realnej alternatywy)

W ciepłownictwie najkorzystniejszym rozwiązaniem są kotły elektrodowe na tanie pasmo energii z OZE wytwarzanej lokalnie (PV, wiatr) lub zakupionej z gwarancją pochodzenia w umowie PPA. Kotły elektrodowe są szczególnie rekomendowanym rozwiązaniem tam, gdzie nie ma możliwości realizacji innych inwestycji (brak sieci gazowej, zasobów biomasy, terenów pod inwestycje w OZE)

W ogrzewnictwie aktualnie stosowane **magazyny o pojemnościach 150-200 litrów są za małe w stosunku do potrzeb**. Jest potrzeba **zwiększenia pojemności zasobników do 300-400 litrów**, a w sytuacji gdy ograniczeniem w lokalizacji są gabaryty zasobnika rozwiązaniem mogą być kompaktowe (PCM)

Kluczowe rekomendacje

Zacząć od przemysłu- praktyczne **wdrożenie w Polsce procedury NZIA** w sprawie ustanowienia ram środków na rzecz wzmocnienia europejskiego ekosystemu produkcji technologii neutralnych emisyjnie, która wymaga np. by proces wydawania decyzji lokalizacyjnych służących transformacji ciepłownictwa skrócić do 9 miesięcy

Przeгляд i usuwanie ograniczeń formalnoprawnych w zakresie procedur środowiskowych i lokalizacyjnych, które mogą pojawiać się w decyzjach organów wydających odpowiednie pozwolenia prawno-administracyjne. W organach administracji brak wiedzy o **wielkowiarymowych wodnych magazynach ciepła współpracujących z OZE**.

Uwzględnienie w procedurach wydawania/zmiany warunków przyłączenia zgód na budowę magazynu ciepła i kotła elektrodowego jako **czynników łagodzących warunki przyłączenia do sieci** oraz **zgoda na budowę linii bezpośredniej**

NFOŚiGW powinien kontynuować program **OZE - źródło ciepła dla ciepłownictwa**, poszerzając paletę wspieranych technologii współpracujących z magazynami ciepła o **kotły elektrodowe**. Ponadto należy rozważyć **utworzenie nowego programu z Fund. Modernizacyjnego**, przeznaczonego dla inwestycji w magazyny ciepła wspierające cały system ciepłowniczy, a nie tylko pojedyncze źródła

Wsparcie regulacyjne dla operatorów systemów ciepłowniczych zapewniające pełne **pokrycie kosztów zakupu ciepła z OZE wraz z usługą magazynowania tego ciepła** oraz wprowadzenie **zmian w taryfowaniu** ciepła z OZE z magazynami ciepła

Zwolnienie magazynów sezonowych ciepła typu PTES z opodatkowania ich w całości 2 procentową stawką **podatku od nieruchomości**

Ogrzewnictwo: **uzmiennienie taryf dystrybucyjnych**, ulgi podatkowe na budowę domowych magazynów ciepła, **przeгляд przepisów Pe i uOZE dotyczących agregatora**, zmiany w programie „Mój prąd” (częściowo zrealizowane w MP 6.0)



Instytut Energetyki Odnawialnej



W imieniu autorów raportu i PIME dziękujemy za uwagę

5 września 2024

Grzegorz Wiśniewski, prezes zarządu
Instytut Energetyki Odnawialnej

grzegorz.wisniewski@ieo.pl, +48 663 765 333

