



Politechnika  
Częstochowska



Wydział Infrastruktury  
i Środowiska

# Webinarium PZITS

„Neutralność węglowa budynków nowych i istniejących okiem inżynierów branży sanitarnej – problem czy szansa” – rozważania wstępne odnośnie rozpoczynającego się procesu transformacji energetycznej

**Neutralność węglowa w zakresie ciepła sieciowego**

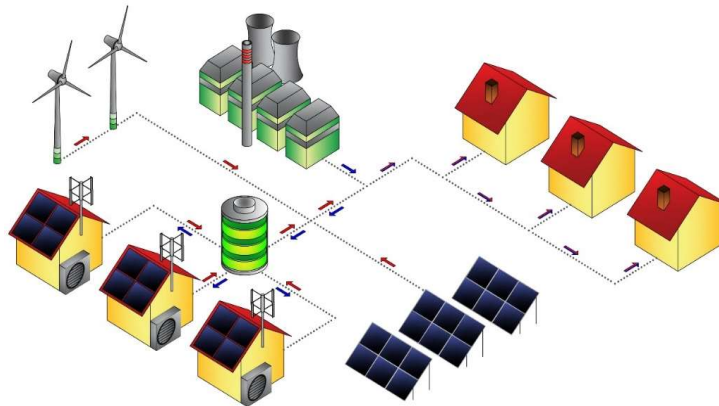
dr hab. inż. Michał Turski, prof. PCz



# Interpretacja idei miasta przyszłości

## Miasto przyszłości

- Zwiększenie interaktywności i wydajności infrastruktury
- Podniesienie świadomości mieszkańców
- Zrównoważony rozwój
- Ograniczenie zużycia energii
- Wykorzystanie OZE



## System budowlano-instalacyjny



EK



EP



CO<sub>2</sub>

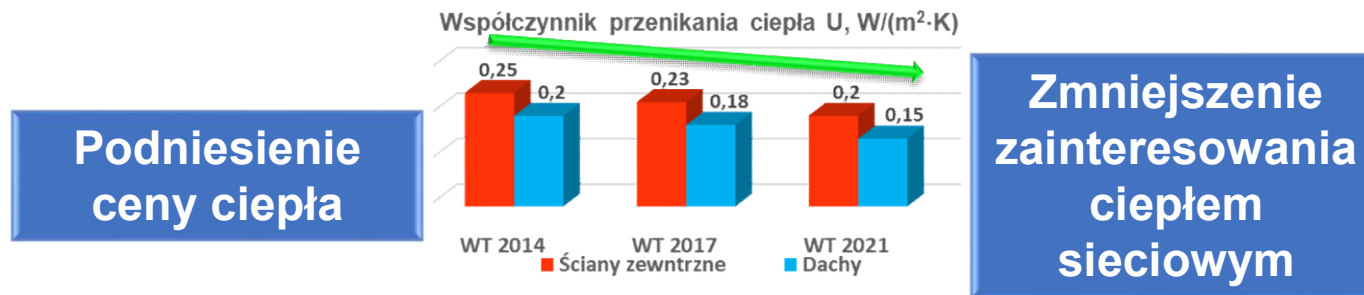
Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2002  
Zmniejszenie zużycia EK, EP, < 32,5%  
2030 r.

Fit for 55  
Zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> < 55% 2030 r.,  
Neutralność klimatyczna 2050 r.

Dz. U. 2022 poz. 1385 Prawo energetyczne  
Efektywny energetycznie system ciepłowniczy  
lub chłodniczy wykorzystuje co najmniej:

- ↑ 50% OZE lub,
- ↑ 50% ciepła odpadowego lub,
- ↑ 75% kogeneracji.

# Ryzyka wdrażania nowych rozwiązań



Racjonalne gospodarowanie energią + duża niezawodność



# Perspektywa krótkoterminowa

- Maksymalne wykorzystanie i usprawnienie istniejącej infrastruktury
- Ograniczenie emisji zanieczyszczeń
- Kogeneracja
- Sieci preizolowane
- Modernizacje węzłów cieplnych, pełny podgląd danych i bieżące sterowanie
- Obniżenie parametrów pracy sieci ciepłowniczej
- Zwiększenie ilości rodzajów paliwa (biomasa, gaz ziemny)
- Odnawialne źródła energii i ciepło odpadowe
- Rozbudowanie oferty dla użytkownika
- Centralne magazynowanie ciepła



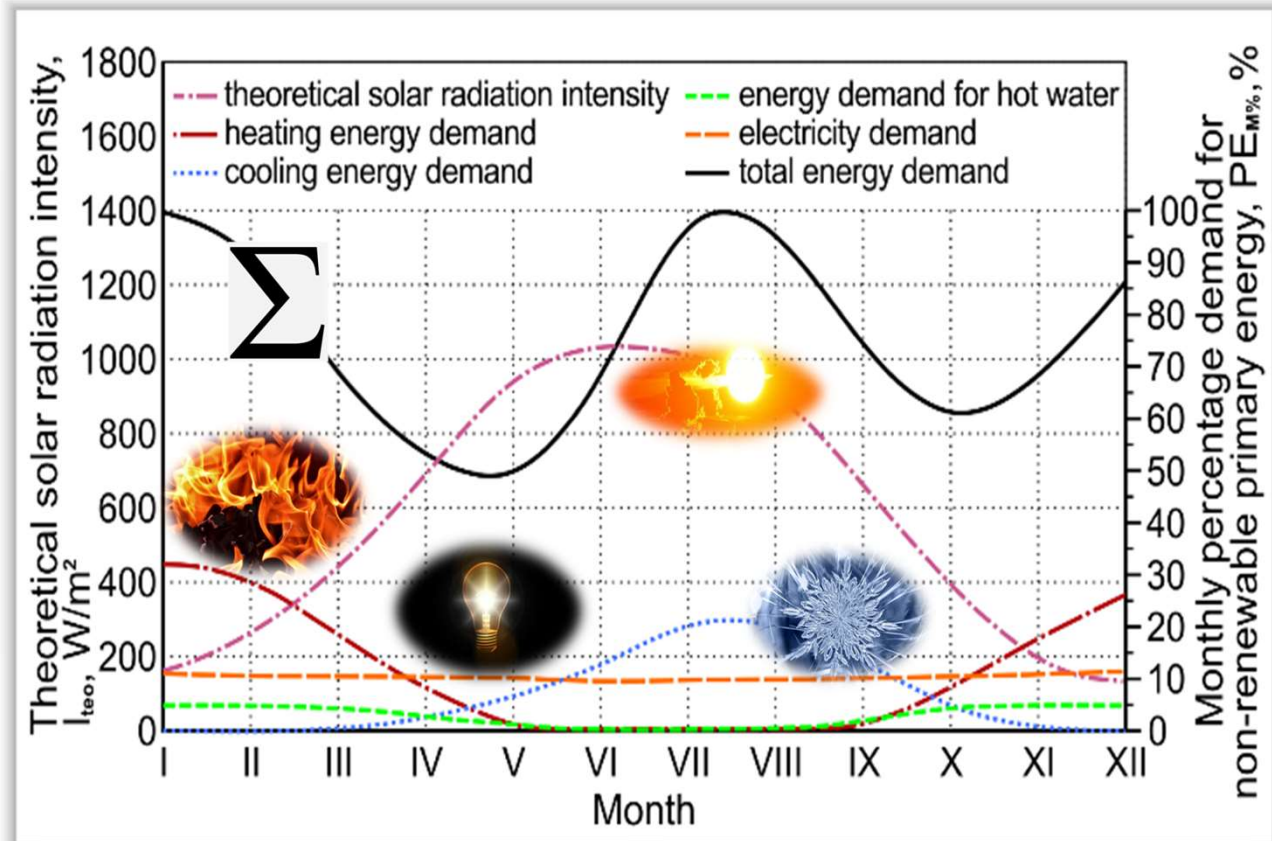
# Perspektywa długoterminowa

- Dywersyfikacja, biogaz, odpady, geotermia
- Decentralizacja
- Trigeneracja
- Rozproszone magazynowanie ciepła
- Nowe technologie magazynowania ciepła
- Lokalnie scentralizowane wytwarzanie chłodu z wykorzystaniem systemów sorpcyjnych
- Nowoczesne systemy monitoringu i sterowania z wykorzystaniem AI
- Efektywny energetycznie system ciepłowniczy i chłodniczy
- System ciepłowniczy 4G
- Nowe systemy projektowane pod paliwa przyszłości i OZE
- Kombinowane połączenie i jednoczesne koordynowanie sieci elektroenergetycznej, ciepłowniczej, chłodniczej oraz gazowej



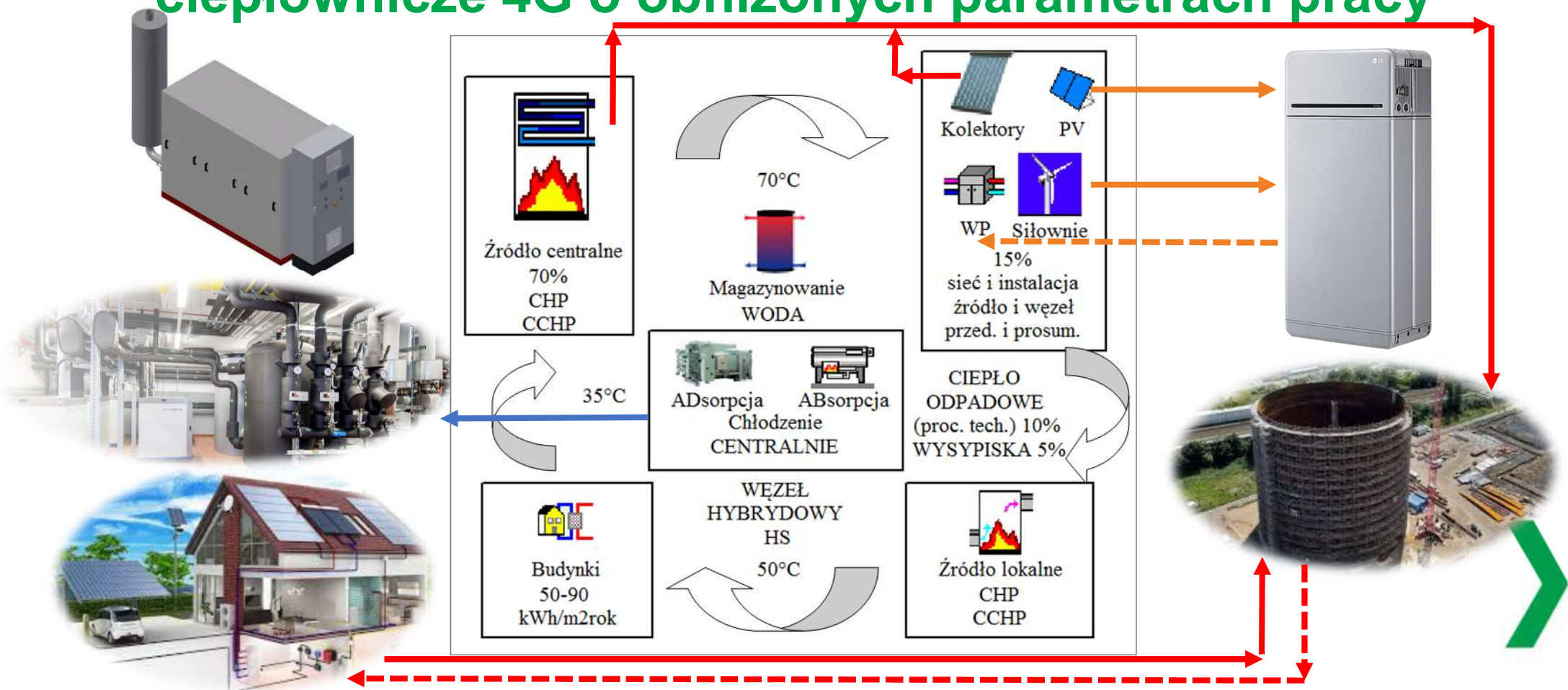
# Specyfika OZE

- Stochastyczny charakter podaży
- Wykorzystanie energii zależy od:
  - pory roku
  - pory dnia
  - warunków atmosferycznych
- Niekoherentność podaży energii z chwilowym zapotrzebowaniem na energię





# Proponowane rozwiązanie – hybrydowe sieci ciepłownicze 4G o obniżonych parametrach pracy



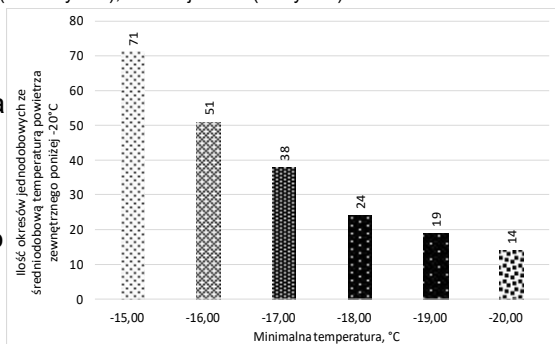
# Dostosowanie systemów ciepłowniczych

Centralne magazynowanie ciepła na zasilaniu oraz rozproszone magazynowanie ciepła na powrocie sieci ciepłowniczej

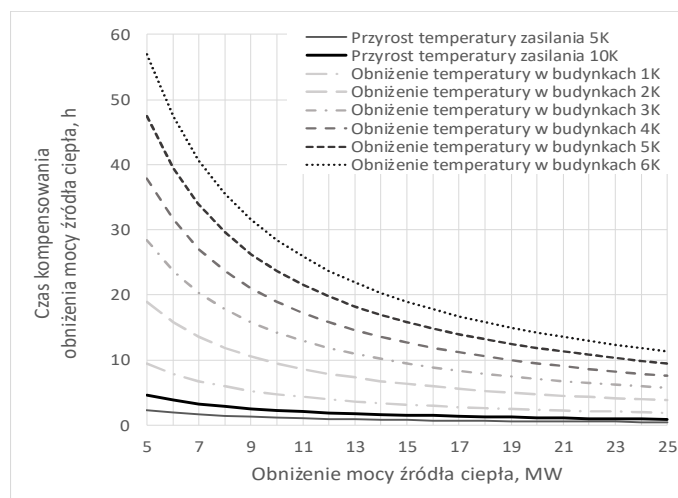
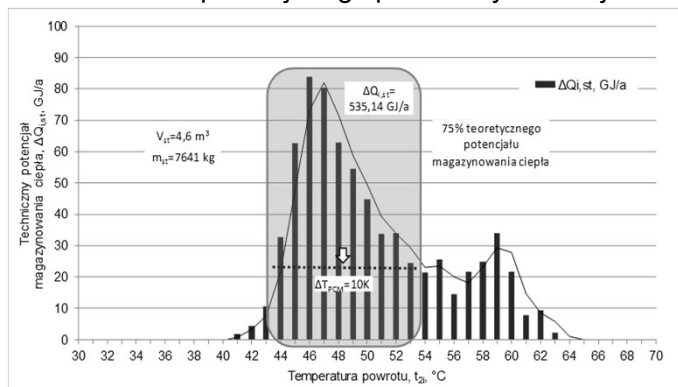
Wielkość	Centralne magazynowanie	Rozproszone magazynowanie
Efekt energetyczny, TJ/sezon	123	123
Względny efekt energetyczny, %	5,1	6,38
Efekt ekonomiczny, mln €	1,32	1,32
Względny efekt ekonomiczny, %	5,24	6,38
Efekt ekologiczny–zmniejszenie emisji całkowitej, Gg/sezon	15	15,1
Efekt ekologiczny–zmniejszenie emisji równoważnej, Mg/sezon	45	46
Względny efekt ekologiczny, %	5,1	6,17
Zmniejszenie dobowych wahań temperatury czynnika zasilającego, %	21,4	-
Zmiana dobowych wahań temperatury czynnika powrotnego*, +/- %	+41,9	-30,2
Zwiększenie średniej wartości temperatury powrotu, %	3,1	0,1

\* – + zwiększenie (niekorzystne); - zmniejszenie (korzystne)

Częstość występowania minimalnych temperatur powietrza zewnętrznego



Magazynowanie z wykorzystaniem ciepła utajonego przemiany fazowej



Rodzaj PCM	Temperatura topnienia, °C	Utajone ciepło przemiany fazowej, kJ/kg	Przewodność cieplna, W/m·K	Gęstość, kg/m³
$K_2HPO_4 \cdot 7H_2O$	45	145	0.105	416.2
$Zn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	45	110	0.103	137
$CaCl_2 \cdot 4H_2O$	45.3	70	0.103	1830
$Mg(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	47	142	0.125	552
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	47	153	0.191	540
$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	47	155	0.017	1643
$Na_2SiO_3 \cdot 4H_2O$	48	168	0.265	115
$K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$	48	99	0.174	252
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	48.5	210	0.107	1666
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	48.5	202	0.163	490
$Ca(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	51	104	0.164	228
$Zn(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$	55	68	0.103	1693
$FeCl_3 \cdot 2H_2O$	56	90	0.171	1730
$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	57	169	0.265	2050
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	58	151	0.504	1979
$MgCl_2 \cdot 4H_2O$	58	178	0.264	1899
$CH_3COONa \cdot 3H_2O$	58	265	0.136	1450

Czas kompensowania obniżenia mocy źródła ciepła przy wykorzystaniu pasywnego sposobu magazynowania ciepła



# Przykładowe wyniki

- Względne efekty energetyczne, ekonomiczne i ekologiczne magazynowania ciepła jawnego wyniosły od 5,1% do 6,38%.
  - Poprawa sprawności systemu wyniosła 21 punktów procentowych przy zastosowaniu rozproszonego magazynowania ciepła z wykorzystaniem ciepła utajonego przemiany fazowej.
  - Obniżenie mocy źródła wyniosło 17,3% przy wykorzystaniu pasywnego sposobu magazynowania ciepła.
- Turski M., Kępa A. Systemy zaopatrzenia budynku w energię, a spełnienie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. COW, nr 10, pp. 38-43, ISSN 0137-3676, 2023
  - Turski M. Magazynowanie ciepła w miejskich systemach ciepłowniczych. Instal, nr 10, pp. 27-32, ISSN 1640-8160, 2023
  - Trzciński Ł., Turski M. Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń przez zastosowanie systemu off-grid z magazynowaniem energii. Główny Instytut Górnictwa, Innowacyjna Zielona Gospodarka: 97–107, Katowice 2022, ISBN 978-83-65503-35-0
  - Turski M. Zasadność magazynowania nadwyżek ciepła w miejskich systemach ciepłowniczych. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2022, ISBN 978-83-7193-903-7
  - Trzciński Ł., Turski M. Magazynowanie energii elektrycznej w systemie off-grid. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2022, ISBN 978-83-7193-903-7
  - Turski M., Jachura A. Life Cycle Assessment of Dispersed Phase Change Material Heat Accumulators for Cooperation with Buildings in the District Heating System. Energies 15 (16) (2022) pp. 1–24 (5771)
  - Turski M. Potencjał magazynowania ciepła akumulatorów PCM w miejskim systemie ciepłowniczym w układzie rozproszonym. Rynek Energii, nr 6(157), pp. 36-43, KAPTINT, ISSN 1425-5960, 2021
  - Jachura A., Turski M. Ocena środowiskowa zastosowania odpadu w kolektorze słonecznym. Rynek Energii, nr 5(156), pp. 30-35, KAPTINT, ISSN 1425-5960, 2021
  - Turski M., Jachura A. Energetyczne, ekonomiczne i środowiskowe aspekty magazynowania ciepła w systemie ciepłowniczym. Rynek Energii, nr 4(155), pp. 52-60, KAPTINT, ISSN 1425-5960, 2021
  - Turski M. Dobór i efekt zastosowania zmiennofazowego akumulatora ciepła w miejskim systemie ciepłowniczym. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2020, ISBN 978-83-7193-752-1
  - Turski M., Sekret R., Distribution and forecast of air temperature in determining of heat output of the district heating substation with heat storage, E3S 116, 00094, 2019
  - Turski M., Nogaj K., Sekret R. The use of a PCM heat accumulator to improve the efficiency of the district heating substation Energy 187 (2019) pp. 1–13 (115885)
  - Turski M., Sekret R. Buildings and a district heating network as thermal energy storages in the district heating system, Energy & Buildings 179 (2018) pp. 49–56



# Realne działania

Rok 2021

72/21/PU - „Ciepłownia Przyszłości, czyli system ciepłowniczy z OZE” NCBR

## CEL PRZEDSIĘWZIĘCIA

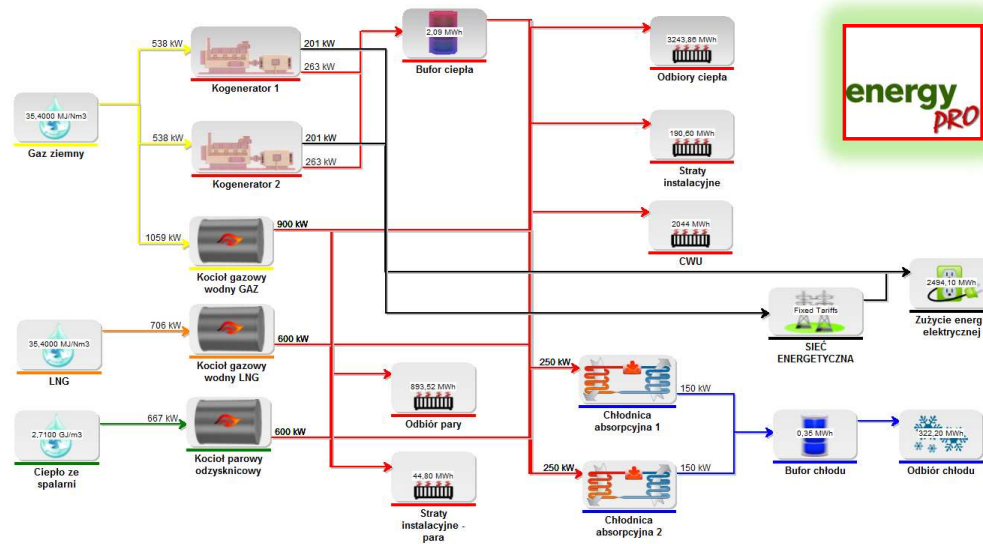
- Przekształcenie istniejącego systemu ciepłowniczego, w którym spalane są paliwa kopalne w nowoczesny, oparty o co najmniej 80% o OZE<sup>1</sup>
- Opracowanie dobrych praktyk modernizowania systemów ciepłowniczych i udostępnienie ich rynkowi

## HARMONOGRAM PRAC B+R

<i>Etap</i>	<i>Opis etapu</i>	Modelowanie w TRNSYS
Etap I	Modelowanie numeryczne rozwiązania badawczego	6 miesięcy
Etap II	Przeniesienie rozwiązania badawczego do rzeczywistych warunków; budowa Demonstratora Technologii	18 miesięcy
Etap III	Optimalizacja pracy Demonstratora Technologii; opracowanie dobrych praktyk dla rynku	20 miesięcy



# Zrównoważony ekorozwój przedsiębiorstw



$$\Delta Q_{Wn} = Q_{W0} - Q_{Wn+1}, \frac{GJ}{a} \quad (1)$$

$$E_{conE} = \Delta Q_{Wn} \cdot P_{GJ}, \frac{zł}{a} \quad (2)$$

$$E_{colE} = \Delta Q_{Wn} \cdot \Sigma E_u \cdot 10^{-6}, \frac{Gg}{a} \quad (3)$$

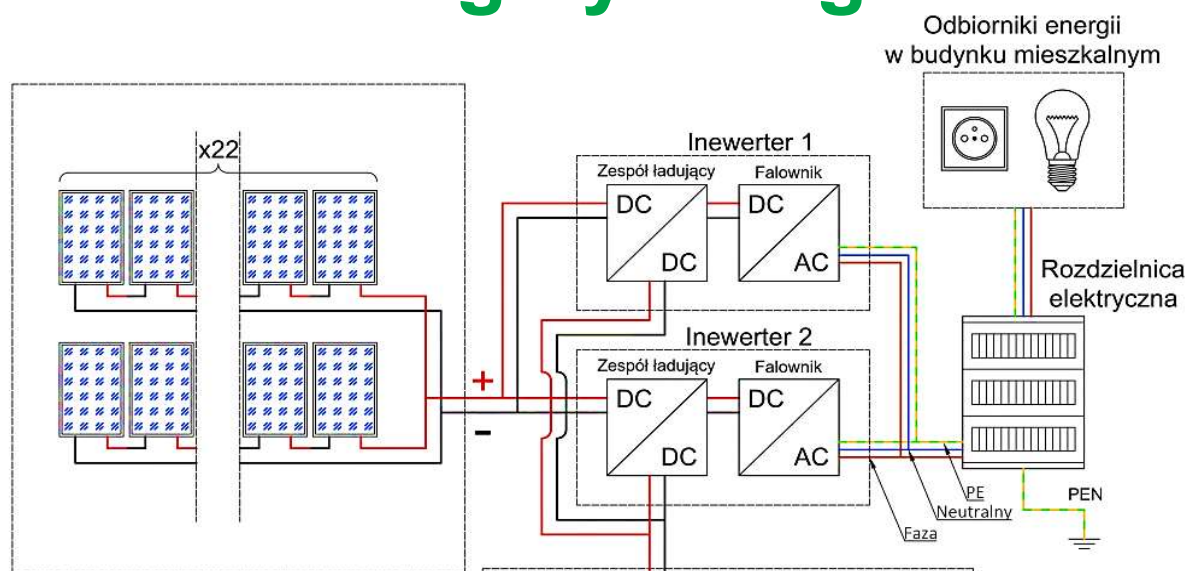
$$E_{colE_{kt}} = \Delta Q_{Wn} \cdot \Sigma (E_u \cdot K_t) \cdot 10^{-3}, \frac{Mg}{a} \quad (4)$$

- Rodzaje usprawnień i przedsięwzięć modernizacyjnych wybranych na podstawie oceny stanu technicznego

Variant	Rodzaj usprawnień lub przedsięwzięć	Sposób realizacji
I	Zmniejszenie zapotrzebowania na energię pierwotną zawartą w paliwie	Zastosowanie kogeneracji zamiast kotła wodnego wysokotemperaturowego
II	Zmniejszenie zapotrzebowania na energię pierwotną zawartą w paliwie	Zastosowanie kogeneracji zamiast kotła wodnego niskotemperaturowego
III	Odzysk ciepła ze spalin – zwiększenie sprawności wykorzystania paliwa	Zastosowanie kondensacyjnych ekonomizerów spalin
IV	Zmniejszenie zapotrzebowania na energię końcową do produkcji chłodu	Zastosowanie opcji free-cooling
V	Zmniejszenie zapotrzebowania na energię pierwotną do produkcji chłodu	Zastosowanie absorpcyjnych agregatów chłodniczych



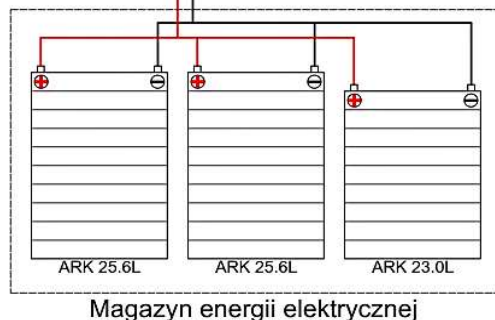
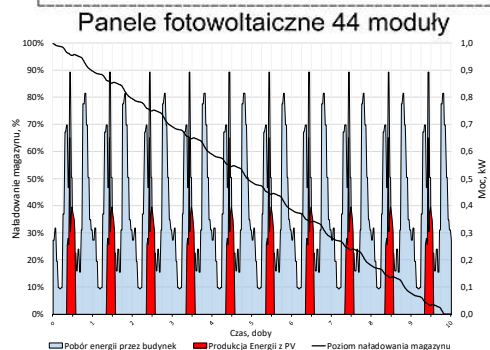
# Dywersyfikacja systemu elektroenergetycznego



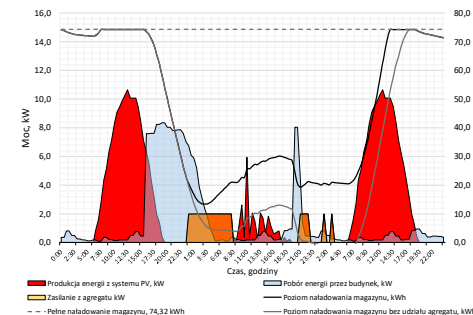
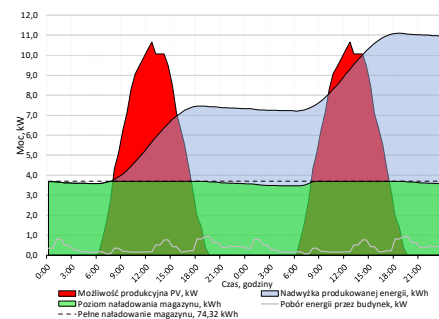
Opis	Symbol	Wartość	Jednostka
Wydajność energetyczna systemu PV wraz ze stratami	$Q_d$	9,37	kWh/24h
Obliczeniowa pojemność magazynu energii	$P_{ME}$	74,95	kWh
Maksymalne dobowe zużycie energii elektrycznej	$P_{Max}$	9,13	kWh/24h
Obliczeniowa powierzchnia PV	$A_{PV}$	80,91	m <sup>2</sup>
Powierzchnia pojedynczego modułu PV	$A_{mod}$	1,85	m <sup>2</sup>
Ilość sztuk modułów Saronic 370W	X	44	szt.
Powierzchnia dobranych paneli fotowoltaicznych	$A_{PV}$	81,40	m <sup>2</sup>
Moc zaprojektowanego układu	-	16,28	kWp

Nazwa modułu	Ilość sztuk	Pojemność [kWh]	Łączna pojemność
ARK 25.6L	2	25,64	51,28
ARK 23.0L	1	23,04	23,04
Suma			74,32

Nazwa modułu	Ilość sztuk	Moc [W]	Sprawność
SPH 6000TL3 BH-UP	2	9000	97,4



Magazyn energii elektrycznej



# Podsumowanie

- Dostosowanie funkcjonalności systemów budowlano- instalacyjnych do idei miast przyszłości nie jest alternatywą a kwestią czasu
- OZE i alternatywy
- Magazynowanie
- Systemy zarządzania i gospodarowania ciepłem
- Predykcja
- AI, Smart





**POLI  
[TECH] >  
NIKA**

**Politechnika  
Częstochowska**



**Wydział Infrastruktury  
i Środowiska**



Wydział Infrastruktury  
i Środowiska



Dziękuję za uwagę

