



# IDEA

INTERDISCIPLINARY DIVISION  
FOR ENERGY ANALYSES

## Elektryfikacja ciepła z perspektywy systemu elektroenergetycznego, Czyste Ciepło 2050

Karol Wawrzyniak

Interdyscyplinarny Zakład Analiz Energetycznych, NCBJ

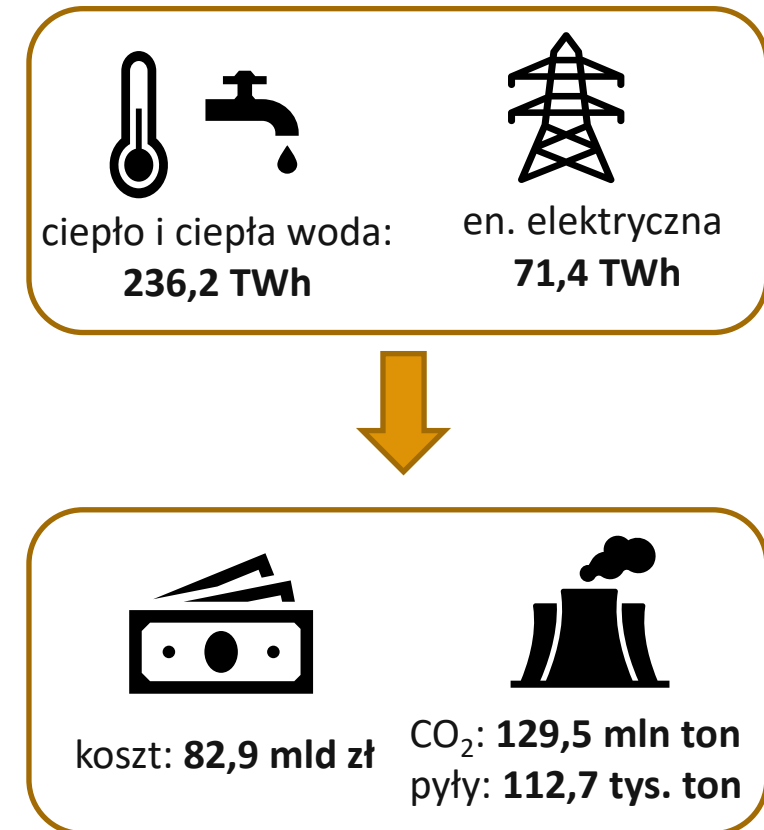
# Agenda

- Obecne i przyszłe trendy – wyniki modelowania
- Spodziewane zmiany w profilach przepływów mocy oraz ich skutki dla KSE
- Możliwe rozwiązania w celu zachowania tempa transformacji
- Usługa autobilansowania jako przykład kompleksowego rozwiązania
- Autobilansowanie – wyniki numeryczne
- Podsumowanie

# Hipoteza: spodziewany jest znaczący wzrost popytu na energię elektryczną

- Opracowanie planu transformacji sektora energetyki rozproszonej do roku 2030 dla kraju w kontekście pokrycia lokalnego zapotrzebowania (bez przemysłu)<sup>1</sup>.
- Analiza scenariuszowa **optymalnej kosztowo transformacji** mixu energetycznego w scenariuszach **redukcji smogu oraz emisji CO<sub>2</sub>**.
- Analiza konkurencyjności wybranych technologii ciepłych oraz odnawialnych źródeł energii przy szczegółowym uwzględnieniu zależności wskroś-sektorowych (sector-coupling ciepło i prąd).

## Scenariusz Bazowy (business as usual)



# Sektor mieszkaniowy – popyt, podaż

Grupy odbiorców		Liczba obiektów	Całkowite zapotrzebowanie roczne (ciepło i ciepła woda, energia użytkowa)
Domy jednorodzinne		6.7 mln	96,3 TWh
Domy wielorodzinne		0.5 mln	68,2 TWh
Obiekty biurowe, usługowe, użyteczności publicznej	 	0.5 mln	75,2 TWh

\*Na podstawie danych: KAPE, GUS, KOBIZE.

## Technologie wytwórcze

  
MPC, CHP,  
biomasa, gaz

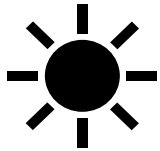
  
kotły na paliwo stałe,  
biomasa

  
termomodernizacja

  
pompy ciepła

  
małe elektrownie wodne

  
wiatraki prosumenckie

  
PV

# 4 scenariusze – założenia i wyniki

- Zbadane zostały 4 scenariusze: bazowy ("business as usual"), min. kosztów, umiarkowany oraz zero smogu.
- W scenariuszu bazowym utrzymany jest obecny stan miksu wytwórczego - nie jest przeprowadzane zadanie optymalizacji.
- W pozostałych 3 scenariuszach optymalizator szuka konfiguracji miksu, która minimalizuje koszty przy narzuconych ograniczeniach emisyjnych.

## Założenia

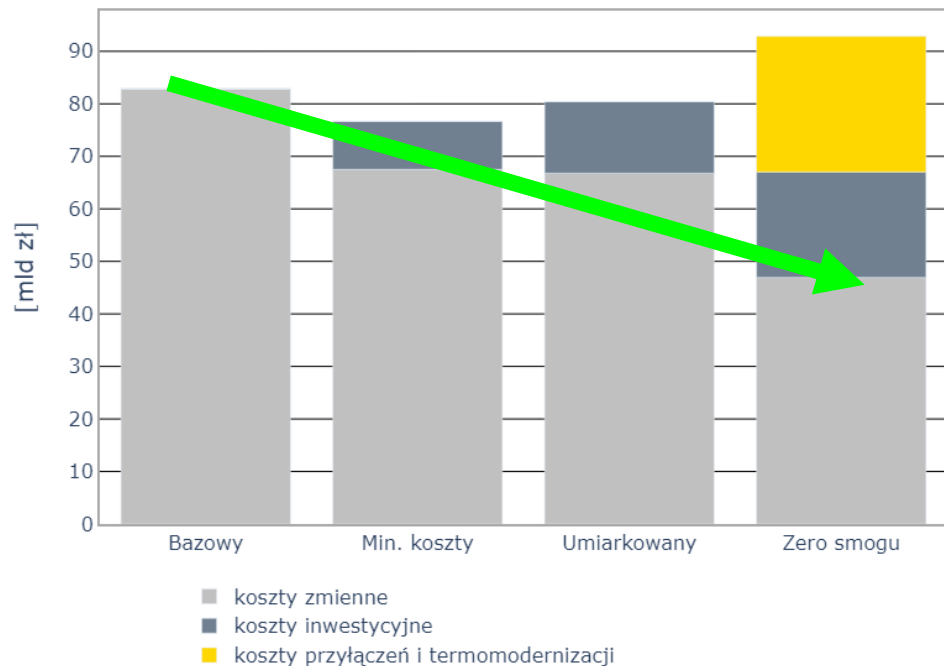
Scenariusz	Redukcja CO2 [%]	Redukcja pyłów [%]
Bazowy	0%	0%
Min. kosztów	brak ograniczenia	brak ograniczenia
Umiarkowany	30%	50%
Zero smogu	50%	100%

## Wyniki

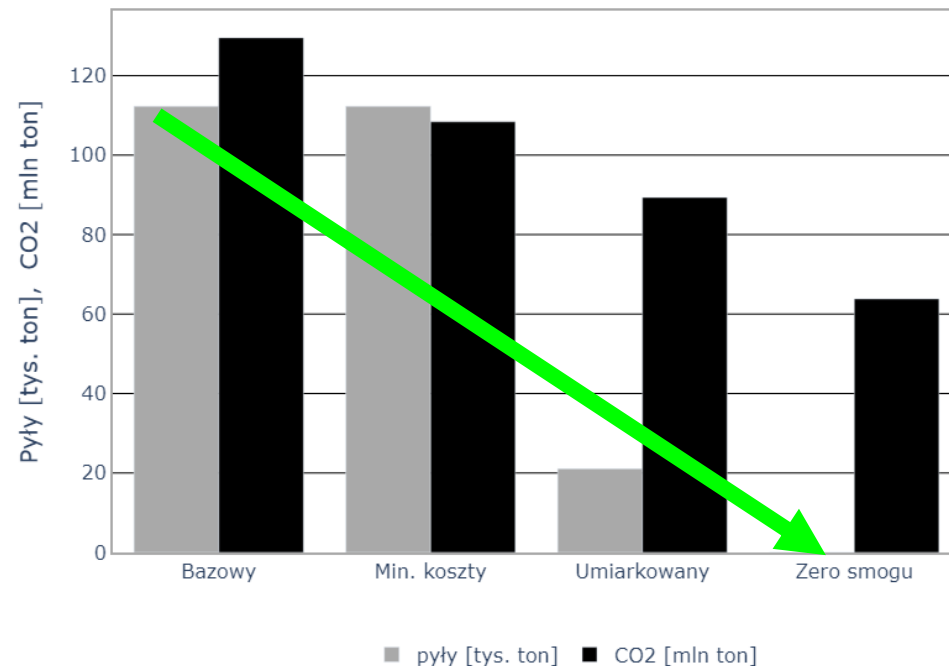
Scenariusz	Koszty (%)	CO2 [mln t]	Pyły [tys t]
Bazowy	100%	129	112
Min. koszty	93%	108	112
Umiarkowany	97%	89	21
Zero smogu	112%	64	0

# Wyniki – koszty oraz emisje

Zamortyzowany koszt całkowity (rocznie)

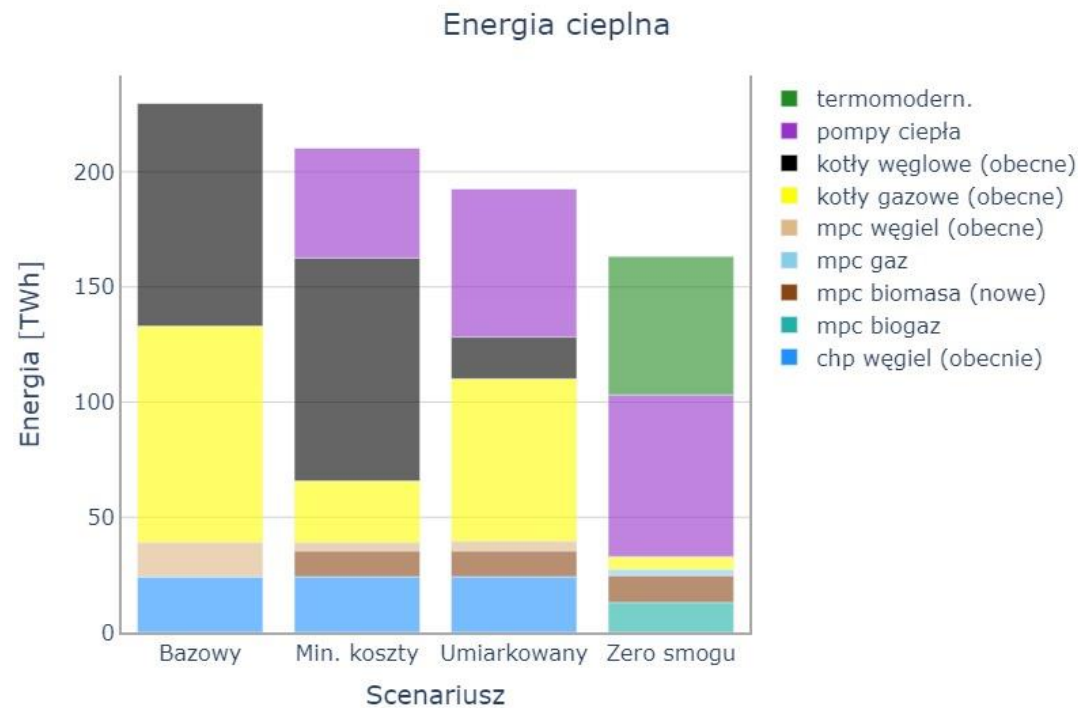
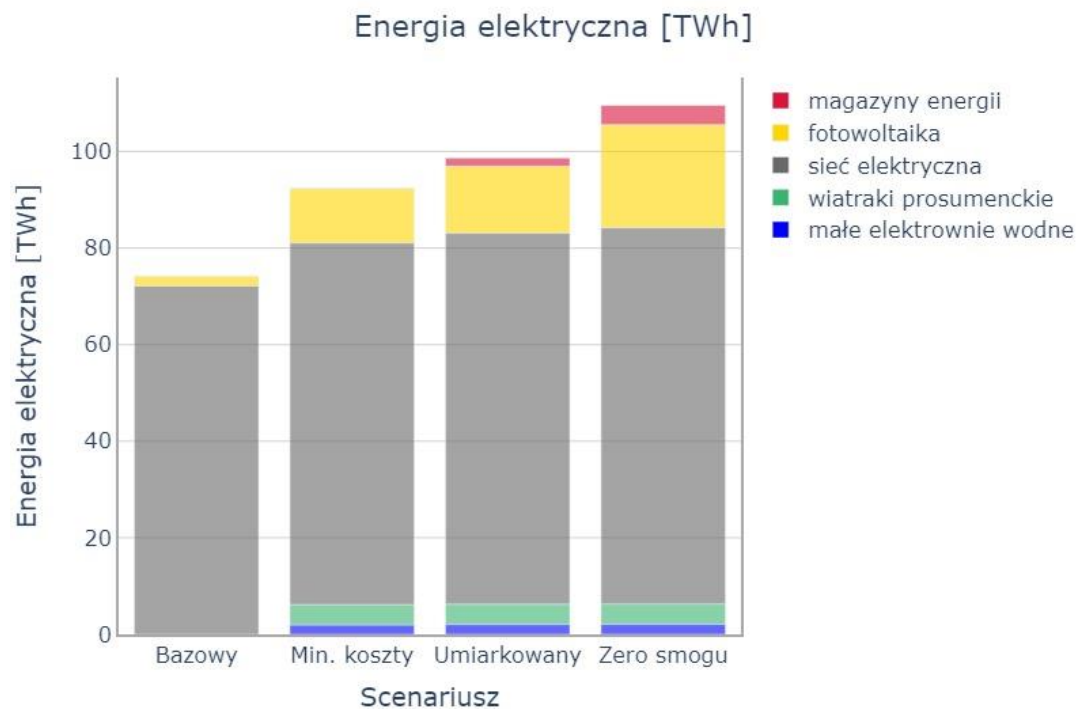


Emisje pyłów i CO2



- **Scenariusz "zero smogu" jest droższy od bazowego jedynie o 12%.** Zamortyzowany koszt ograniczenia emisji CO2 o 50% oraz całkowitego ograniczenia smogu wynosi 10 mld zł rocznie.

# Energia

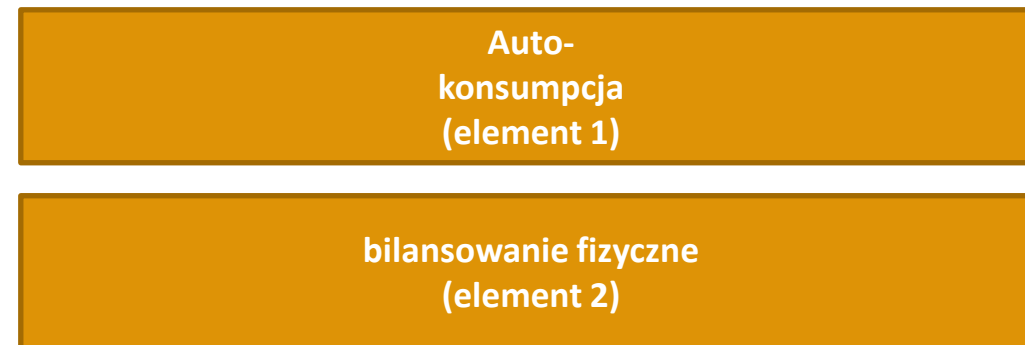


- Redukcja niskich emisji oraz emisji CO<sub>2</sub> wymusza większe wykorzystanie **pomp ciepła oraz PV, pojawiają się magazyny e.e.**
- **Zwiększa się pobór mocy i energii z sieci elektroenergetycznej**
- **Zmienia się charakter rozpiętów, sieć staje się wąskim gardłem**
- **W Polsce mamy 260 tys stacji trafo SN/nN, brak automatyki**

# Jakie są możliwe rozwiązania poza modernizacją?

## Bilansowanie lokalne:

- Zwiększenie poziomu lokalnej autokonsumpcji
- Utrzymanie stabilnych przepływów przez infrastrukturę = utrzymanie zadanego poziomu autokonsumpcji w krytycznych okresach
- Różne poziomy lokalności



Rozwiązanie prawne	Cecha charakterystyczna	Rodzaj bilansowania
Prosument, linia bezpośrednia	Za licznikiem	dobowe
Zbiorowy prosument	W ramach jednego obiektu	dobowe
parki przemysłowe, klastry, spółdzielnia, społeczność energetyczna, etc	Poniżej transformatora SN/nN lub WN/SN	dobowe oraz sezonowe

## Niezbędna legislacja:

- Kompleksowa implementacja dyrektyw REDII i EMD w zakresie:
  - zbiorowy prosument, obywatelskie społeczności energetyczne, społeczności energetyczne OZE, aktywny grupowy odbiorca, linia bezpośrednia
- Zmiany w zakresie ustawodawstwa klastrów energii oraz spółdzielni energetycznych.
- Odejście od rozwiązania magazynu wirtualnego



# Usługa Autobilansowania

## Główne założenia

Auto-  
konsumpcja  
(element 1)

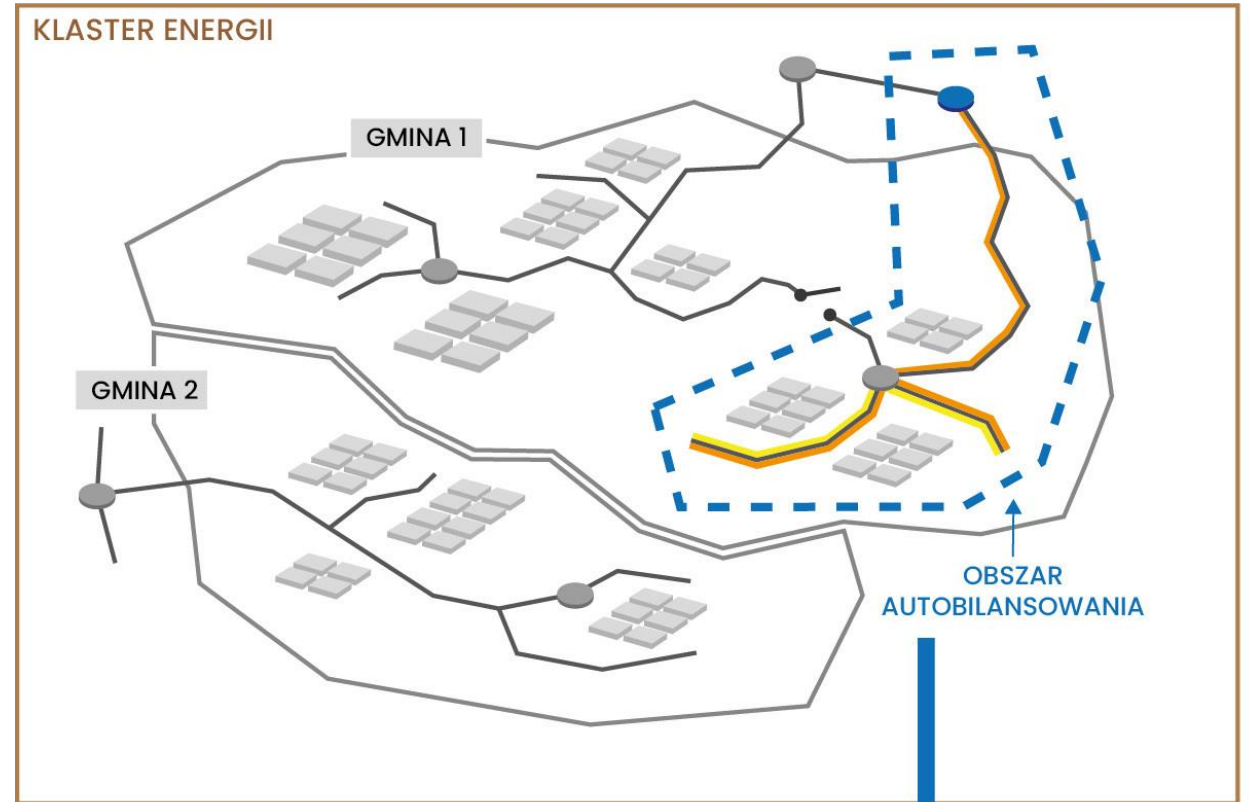
+

bilansowanie  
fizyczne  
(element 2)

=

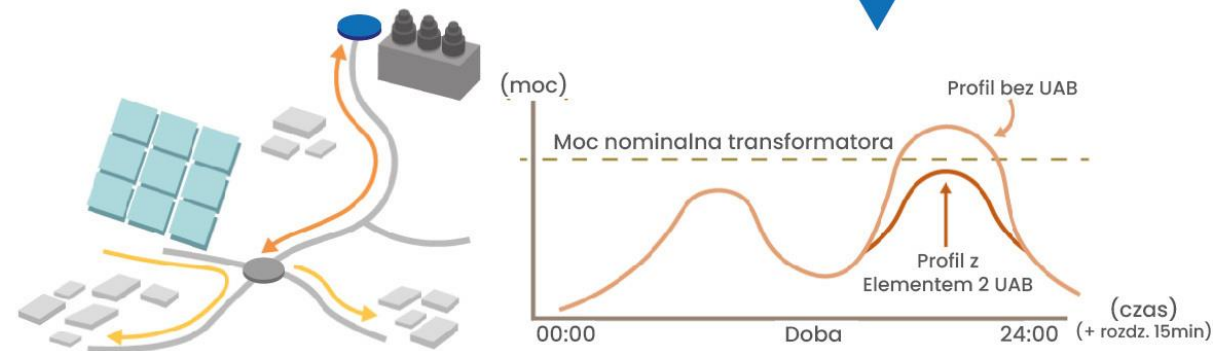
Usługa  
autobilansowaina

- **Rolą klastrów energii jest dostarczenie elastyczności** niezbędnej do zapewnienia optymalnego ekonomicznie rozwoju systemu energetycznego opartego o OZE. W tym celu klastry energii będą realizowały:
  - zwiększenie lokalnego wykorzystania produkowanej lokalnie energii.
  - zwiększenie lokalnej elastyczności i integracja systemowa źródeł rozproszonych.
  - Możliwość wykorzystania zasobów energetyki rozproszonej do obniżania kosztów uzasadnionych OSD.



Element 1 UAB (Autokonsumpcja godzinowa)

Element 2 UAB (Bilansowanie fizyczne)

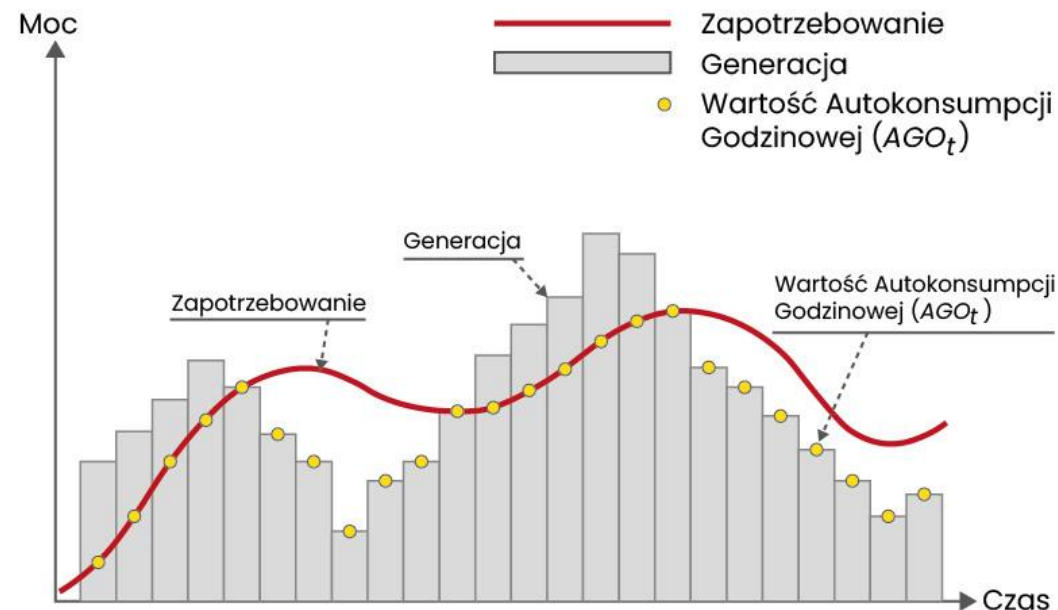


# Element 1: Autokonsumpcja godzinowa

Autokonsumpcja godzinowa występuje w momentach kiedy lokalne zapotrzebowanie na energię jest bilansowane przez lokalną generację. Zjawisko to nie jest stałe w czasie, są dni i godziny kiedy występuje autokonsumpcja oraz dni i godziny kiedy nie występuje.

Tabela ilustrująca koszty uzasadnione OSD obniżane dzięki elementowi 1 UAB: autokonsumpcji godzinowej.

Czynność	Korzyści systemowe/społecznościowe	Element taryfy lub inne opłaty	Proponowana wartość wynagrodzenia
Autokonsumpcja godzinowa	Oszczędności na stratach technicznych w sieci OSD	stawka sieciowa stała i zmienna	15,70 [PLN/MWh]
	Oszczędności na stratach technicznych w sieci OSP	stawka sieciowa stała i zmienna	4,10 [PLN/MWh]
	Obniżenie kosztów zakupu regulacyjnych usług systemowych	stawka jakościowa	10,20 [PLN/MWh]



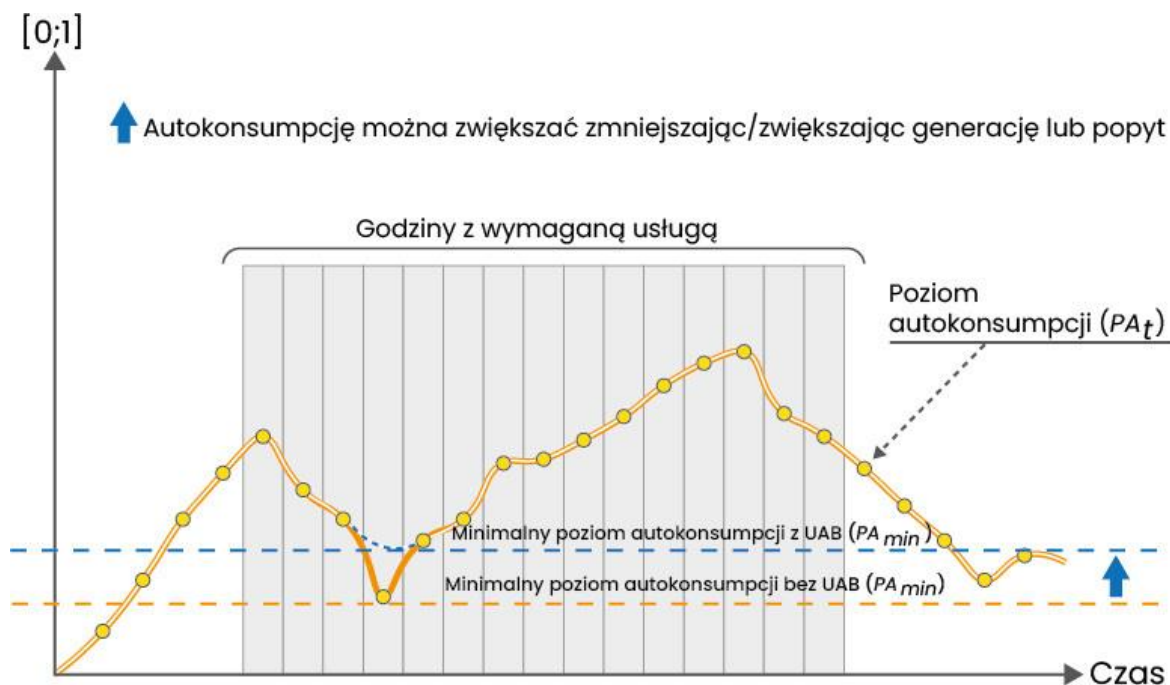
Metoda wyznaczania wartości autokonsumpcji godzinowej ( $AGO_t$ ) w obszarze autobilansowania w oparciu o profile zapotrzebowania (czerwona krzywa) i generacji (szary wykres słupkowy). Wartości autokonsumpcji godzinowej, żółte punkty, oznaczone jako  $AGO_t$  są wyznaczone co godzinę lub co 15 minut, jako minimum wartości sumarycznej z generacji i sumarycznego zapotrzebowania klastra w danym przedziale czasowym w oparciu o odczyty inteligentnych liczników. Wartość autokonsumpcji godzinowej służy do obliczenia rekompensaty za element 1 UAB.

# Element 2: Bilansowanie fizyczne

Bilansowanie fizyczne prowadzi do redukcji mocy szczytowych i oszczędności OSD w obszarze inwestycji w infrastrukturę. **Minimalny poziom autokonsumpcji to jedna wartość dla całego okresu rozliczeniowego**, która służy do wyliczenia rekompensaty za element 2 UAB: bilansowanie fizyczne.

Tabela ilustrująca koszty uzasadnione OSD obniżane dzięki elementowi 2 UAB: bilansowanie fizyczne.

Czynność	Korzyści systemowe/społecznościowe	Element taryfy lub inne opłaty	Proponowana wartość wynagrodzenia
Bilansowanie fizyczne	Ograniczenie dynamiki wzrostu nakładów inwestycyjnych na rozbudowę sieci SN i WN	stawka sieciowa stała i zmienna	108 000 [PLN/MW/rok]
	Oszczędności na podatkach od nieruchomości w związku z ograniczeniem nakładów inwestycyjnych na rozbudowę sieci SN i WN	stawka sieciowa stała i zmienna	54 000 [PLN/MW/rok]

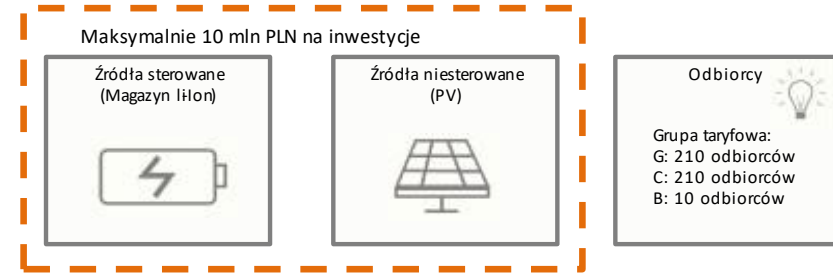


Minimalny poziom autokonsumpcji  $PA_{min}$  wyrażana jest w bezwymiarowych jednostkach w przedziale od 0 do 1, gdzie 0 oznacza brak zbilansowania a 1 oznacza 100% minimalnego zbilansowania fizycznego odbiorców i wytwórców w okresie długoterminowym (np. jeden rok). Element 2 UAB stanowi zachętę do zmniejszenia mocy szczytowych („Peak shaving”), zarówno w kierunku importu jak i eksportu energii.

# Wyniki analizy ekonomicznej



W środowisku ARA (Automated Regulatory Assistance) wykonano szczegółową analizę ekonomiczno techniczną skutków wprowadzenia regulacji (scenariusz "Z UAB"). Założony klaster energii w badaniu składał się z 450 odbiorców i miał do zainwestowania 10 mln PLN. Wyniki modelu optymalizacji miksu w różnych scenariuszach regulacyjnych wyglądają następująco:

- w scenariuszu „Bez usługi” model dobrał inwestycję PV o mocy 3,18 MWp oraz brak inwestycji w magazyny energii.
- w scenariuszu „Z usługą” powstało 3,08 MWp PV oraz 308 kW mocy w magazynach energii.
- bez usługi autobilansowania przewiduje się, że klastry energii nie będą miały wystarczających bodźców ekonomicznych do inwestycji w źródła elastyczności jak magazyny energii.
- **usługa autobilansowania stanowi wystarczający bodziec ekonomiczny do inwestycji w magazyny energii i inne źródła elastyczności.** Rekompensata za UAB dla założonego klastra energii wyniosła ok. 125 tyś PLN rocznie. Proponuje się aby koszt rekompensaty został uznany za **koszt uzasadniony w ramach działalności ustawowej OSD** jako alternatywne rozwiązanie do inwestycji w rozbudowę infrastruktury.



Optymalne inwestycje per scenariusz legislacyjny

Optymalna ekonomicznie moc Zainstalowana dla scenariusza legislacyjnego

bez UAB	3.18 MW	bez UAB	0 MW
z UAB	3.09 MW	z UAB	0.38 MW

Optymalne sterowanie

Efekt legislacji	Wyniki	
	bez UAB	z UAB
Minimalny procent autokonsumpcji	0	10.6 %
Obniżka mocy szczytowej na trafo [MW]	0	0.38
Wynagrodzenie za UAB Elem1 [tys. PLN]	0	88
Wynagrodzenie za UAB Elem2 [tys. PLN]	0	37
Roczne koszty operacyjne [mln PLN]	6,57	6,47

# Podsumowanie

- Udział źródeł ciepła zasilanych e.e. będzie się zwiększał.
- Zapotrzebowanie na energię elektryczną będzie rosło.
- Sieć elektroenergetyczna stanowi wąskie gardło transformacji
- Możemy obejść to wąskie gardło poprzez promowanie obszarów lokalnie bilansujących się.
- Lokalne bilansowanie jest koncepcją bilansowania „tu i teraz”.
- Przyznaje benefity za funkcje systemowe: chwilową autokonsumpcję oraz za ograniczenie przepływów na wybranych elementach sieci.
- Może być implementowane na różnych „poziomach” np. przy pomocy usługi autobilansowania.
- Symulacje pokazują, że pełnienie takiej usługi może dostarczać zachęt ekonomicznych do powstawania społeczności energetycznych.
- Przy okazji: zwiększą się możliwości instalacji źródeł OZE, nie nastąpi przeinwestowanie w infrastrukturę, rozwinię się lokalny przemysł i świadomość społeczna.



# IDEA

INTERDISCIPLINARY DIVISION  
FOR ENERGY ANALYSES

**Dziękuję za uwagę**  
[karol.wawrzyniak@idea.edu.pl](mailto:karol.wawrzyniak@idea.edu.pl)