



**Politechnika  
Śląska**



**Centrum  
Energetyki Prosumenckiej**



**Wydział  
Elektryczny**

**Konwersatorium Inteligentna Energetyka  
Centrum Energetyki Prosumenckiej**

**TRANSFORMACJA (POLSKIEJ) ENERGETYKI  
Z MONO RYNKIEM ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE W CENTRUM**

**Jan Popczyk, z Zespołem**

**Gliwice, 30 czerwca 2017**

**(9. zaktualizowana wersja; startowa wersja datowana 28 marca 2017)**

**POMIĘDZY RETROSPEKCJĄ (25 lat do tyłu) i ANTYCYPACJĄ (35 lat do przodu)**

**1990 → 2017 → 2050**

## **Bardziej szczegółowe datowanie**

<b>1980-1990</b>	<b>Czas „podziemnego/oddolnego” konsolidowania koncepcji reformy strukturalnej polskiej elektroenergetyki , wbrew polityce rządu</b>
<b>1990-1995</b>	<b>Reforma strukturalna (decentralizacyjno-rynkowa), włączenie KSE w przestrzeń europejskiego (UCPTE) bezpieczeństwa elektroenergetycznego</b>
<b>1997</b>	<b>Uchwalenie ustawy Prawo energetyczne</b>
<b>2000</b>	<b>Utworzenie PKE (Południowy Koncern Energetyczny) – zapoczątkowanie odwrotu reformy rynkowej</b>
<b>2006-2016</b>	<b>Powrót do etatyzmu: recentralizacja elektroenergetyki, powrót subsydiowania skrośnego (w tym nasilenie socjalizacji taryf), powrót do rachunku wyrównawczego (charakterystycznego dla elektroenergetyki okresu 1945-1990) za pomocą cen transferowych w grupach elektroenergetycznych i przepływów kapitałowych do grup węglowych</b>
<b>2017</b>	<b>Polska: rynek mocy – budowa podwalin pod inwestycje w energetyce węglowej i jądrowej (oraz pod kolonizację energetyki)</b>
<b>2020-2021</b>	<b>UE: rozliczenie celów 3x20, wejście w transformacyjne środowisko rynkowe Pakietu Zimowego (z prosumenckim mono rynkiem energii elektrycznej OZE w tendencji, w tym z przemysłem 4.0)</b>
<b>2040-2060</b>	<b>Świat: strefa „cienia” (czas kolejnej zmiany paradygmatu rozwojowego)</b>

# BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE

co się kryje pod pojęciem bezpieczeństwa energetycznego w drugiej połowie drugiej dekady XXI wieku ?

## 1. Bezpieczeństwo KSE (Krajowy System Elektroenergetyczny) ?

istnieje wielkie, bardzo kosztowne wyzwanie techniczne (zagrożenie), które trzeba systematycznie redukować (istota bezpieczeństwa KSE: odchylenie częstotliwości → utrata stabilności → *black out*) !

## 2. Bezpieczeństwo grup (polityczno-korporacyjnych) interesów ?

istnieją wielkie interesy, które trzeba obnażyć (rynk paliw kopalnych, a w elektroenergetyce: miliardowe inwestycje w źródła wytwórcze → opłata systemowo-sieciowa → subsydiowanie skrośne między grupami odbiorców i ceny transferowe w skonsolidowanych grupach przedsiębiorstw) !

## 3. Bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej użytkownikom ?

istnieje rynkowy róg obfitości, ale poza modelem rozwoju naśladowczego, do wykorzystania w ramach modelu innowacji przełomowej (trzeba z niego skorzystać, w szczególności w modelu rozwoju endogenicznego: *prosumenci*, niezależni inwestorzy, klastry, ...) !

Energetyka

przez kolejne lata będzie areną brutalnej wojny propagandowej

## **UTRATA PRZEZ ENERGETYKĘ WEK KONTROLI NAD RACJONALNOŚCIĄ WŁASNEGO PRZEKAZU**

**(w świetle ekonomiki kosztów krańcowych krótkoterminowych i długoterminowych  
oraz zasady kosztów unikniętych)**

**zestawienie trzech liczb wykorzystywanych przez energetykę WEK mających  
uzasadniać niezbędną i wielką pilność rynku mocy:**

**420 mld PLN – koszt regulacji Pakietu Zimowego w horyzoncie 2030**

**35 mld PLN – kapitalizacja czterech grup**

**10 mld PLN/rok – potrzebne (roczne) wsparcie rynku mocy**

**nowe zasoby do wykorzystania: energetyka NI – 300 mld PLN, EP (segment  
ludnościowy) – 600/90 mld PLN/rok**

- 1. Inwestycje *joint venture, private equity***
- 2. Inwestycje w infrastrukturę multienergetyczną traktowane w kategoriach prosumenckiego majątku**
- 3. Zmiana stylu życia na zrównoważony i obniżka kosztów**

### **JAKIE ZANIECHANIA Z OKRESU 20 LAT UTRUDNIAJĄ KONSENSUS ?**

- 1. Regres zasady: ceny odzwierciedlają koszty (subsydiowanie skrośne)**
- 2. Brak działań na rzecz zasady: ceny odzwierciedlają wartość (koszty krańcowe ...)**
- 3. Szara strefa pomiarowo-rozliczeniowa**
- 4. Wskaźniki SAIDI, SAIFI: odbiorcy mają prawa, operatorzy mają siłę**
- 5. Odbiorcy wrażliwi: zamiast rynkowych rozwiązań, rynkowe niedomagania**

**kim ma być operator NOP (niezależny operator pomiarów) – dlaczego jest ważny ?**

- 1. Nowym filarem regulacji, umożliwiającym jej odnowę i rozwój**
- 2. Nośnikiem innowacji przełomowych na mono rynku energii elektrycznej OZE**

# O CO CHODZI W TRANSFORMACJI ENERGETYKI ?

## 1. ZAKRES PRZEDMIOTOWY

(transformacja energetyki w mono rynku energii elektrycznej (horyzont 2050))

### CELE ETAPOWE

(szczegółowe cele unijne polityki klimatyczno-energetycznej 2020, 2030; cel globalnej polityki klimatycznej 2050)

## 2. POWIĄZANIE STRUKTURY RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

(ceny, transakcje, net metering, inne mechanizmy rynkowe)

### Z ELEKTROENERGETYCZNĄ INFRASTRUKTURĄ TECHNICZNĄ/OPERATORSKĄ

(odbiorniki/źródła/sieć – scyfryzowane, wyposażone w infrastrukturę energoelektroniczną; sygnały sterownicze: częstotliwość, napięcie, moc, energia transakcyjna)

## 3. KLASTRY/SPÓŁDZIELNIE ENERGETYCZNE

(przejście w energetyce od modelu egzogenicznego do endogenicznego)

### AUKCJE INWESTYCYJNE

(rozwiązanie służące do wytworzenia – z wykorzystaniem systemu wsparcia w okresie przejściowym, w horyzont 2025 – konkurencyjnego rynku inwestycyjnego na mono rynku energii elektrycznej OZE)

**TRANSFORMACJA ENERGETYKI (CAŁEJ)  
W MONO RYNEK ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE**

# TRANSFORMACJA (POLSKIEJ) ENERGETYKI Z NOWYM RYNKIEM ENERGII ELEKTRYCZNEJ W CENTRUM

## Jądro (zakres) transformacji

**Pasywizacja budownictwa:** technologie domu pasywnego, termomodernizacja 2.0 i 3.0

**Reelektryfikacja:** źródła OZE: wiatrowe – farmy i pojedyncze elektrownie, PV – budynkowe, biomasowe – regulacyjno-bilansujące

**Elektryfikacja ciepłownictwa:** pompa ciepła (monowalentna, zasilana energią elektryczną ze źródeł OZE)

**Elektryfikacja transportu:** samochód elektryczny (zasilany energią elektryczną ze źródeł OZE)

## Środowisko transformacji

**Endogeniczny model rozwojowy:** gospodarka obiegu zamkniętego, synergetyka (energetyka, budownictwo, transport, rolnictwo, gospodarka odpadami)

**Nowa infrastruktura technologiczna rynku energii elektrycznej:** elektronizacja, cyfryzacja

# JĄDRO I ŚRODOWISKO NOWEGO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

## Jądro

**OZE:** technologie wiatrowe, słoneczne, biomasowe w środowisku modelu endogenicznego (gospodarka odpadami, rolnictwo energetyczne)

**Nowe cenotwórstwo i nowe zasoby regulacyjno-bilansujące:** DSM/DSR, TD, CCR, IoT, źródła biogazowe z zasobnikami biogazu, źródła dieslowskie, akumulatory  
**Net metering zastępujący opłatę systemowo-sieciową** (kalibracja aukcji dla osłon OK1 do OK4)

**Niezależni operatorzy sieciowi na rynkach NI/EP<sup>+</sup>** (integracja źródeł z siecią SN/nN)

**Niezależny operator pomiarowo-rozliczeniowy** (infrastruktura nowego typu)

## Środowisko rynkowe

**Doktryna:** 3-biegunowy interaktywny system bezpieczeństwa (WEK-NI-EP), Rada Bezpieczeństwa Energetycznego

**Regulacje:** negocjacyjne w miejsce administracyjnych, *ex post* (antymonopolowe) w miejsce *ex ante*

**Aukcje:** 3 koszyki (klastrowy OZE i regulacyjno-bilansujący → przemysłowy DSM/DSR → rewitalizacyjny WEK; wygaszanie systemów wsparcia w horyzoncie 2025)

**Internet:** publiczna obserwowalność rynku z „dokładnością” do sieciowych profili węzłowych

**TRANSFORMACJA RYNKU WEK<sup>⊖</sup> (NA INFRASTRUKTURZE SIECIOWEJ NN-nN)  
W MONO RYNKI NI/EP<sup>+</sup> (NA INFRASTRUKTURZE SIECIOWEJ nN/SN),  
w horyzoncie 2050**



**„WYGŁADZONY” WYMIAR LICZBOWY  
POLSKIEGO MONO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE**

**200/250 TWh (2050)  
w miejsce  
500/1000/1500 TWh (2016)**

**Kluczowe pytania związane z mono rynkiem energii elektrycznej  
(łącznie nierozdzielnie kontekst globalny i polski)**

<b>Gdzie:</b>	świat, UE, Polska, region, gmina/miasto, klaster ? <b>(wszędzie !)</b>
<b>Kiedy:</b>	horyzont: 2050, 2040, 2030 ?
<b>Dlaczego:</b>	powody: trendy/megatrendy, a z drugiej strony ograniczenia starej ekonomiki WEK (zwrot na kapitale oraz ceny uśrednione w ramach monopolu), czy parytet sieciowy OZE istniejący już w środowisku nowej ekonomii cen krańcowych (cenotwórstwo czasu rzeczywistego) i nowej ekonomiki klastrowej (ze zminimalizowaną regulacją <i>ex post</i> w miejsce obecnej totalnej regulacji <i>ex ante</i> ), czy też innowacje przełomowe i rozwój endogeniczny ? <b>(wszystkie)</b>
<b>Jak:</b>	globalna polityka klimatyczna, unijny Pakiet Zimowy, polska polityka energetyczna, klastry; czy całkiem oddolnie (prosumenci i niezależni inwestorzy, działający w konflikcie z obowiązującym nurtem polityczno-korporacyjnym) ?

## ROZLEGŁE UWARUNKOWANIA

### CENY I INWESTYCJE W EUROPIE !!!

#### ceny hurtowe energii elektrycznej i paliw kopalnych (spadki do końca 2016 roku)

energia elektryczna	– ceny najniższe od 12 lat
węgiel	– Europa już się nie „zajmuje” cenami węgla (na marginesie: po 2008 roku ceny <b>spadły</b> , do połowy 2016, o 80%)
gaz	– od 2013 roku ceny <b>spadły</b> , do połowy 2016, o 50%
ropa	– od 2014 roku ceny <b>spadły</b> , do połowy 2016, o 60%

#### ceny końcowe energii elektrycznej i gazu

energia elektryczna	– od 2008 roku ceny <b>wzrosły</b> , do połowy 2016, o 3%
gaz	– od 2008 roku ceny <b>wzrosły</b> , do połowy 2016, o 2%

#### inwestycje w źródła wytwórcze energii elektrycznej w 2016 roku

OZE – 93%

gaz – 6%

węgiel – 1%

#### decyzja stowarzyszenia Eurelectric, podjęta na początku 2017

europejskie przedsiębiorstwa energetyczne zaprzestają od 2020 całkowicie inwestycji w bloki węglowe, wyjątkiem są przedsiębiorstwa polskie i greckie

## **PROGNOZOWANIE !!!**

**Czy grożą nam błędy z przeszłości? Już je popełniliśmy!!!**

### **POLSKA PROGNOZA 2000 z początku lat 70'**

**Moc elektryczna szczytowa: 105 GW  
Roczna produkcja energii elektrycznej : 600 TWh**

**Roczne wydobycie węgla kamiennego: 270 mln ton  
Roczne wydobycie węgla brunatnego: 120 mln ton**

**Roczny import ropy naftowej: 90 mln ton**

-----  
WYBRANE PROBLEMY ROZWOJU ENERGETYKI W POLSCE DO ROKU 2000  
PAN Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju. Studia, Tom LIII  
PWN, Warszawa 1975

## PEŁNY (ROZSZERZONY) BILANS !!!

<b>Polski bilans (2015) dla paliw kopalnych (bez OZE), uwzględniający kontekst mono rynku energii elektrycznej OZE 2050, TWh</b>			
		(·) 1/2/3/4/5 <sup>1</sup>	Stosunek 5/(·)
<b>Węgiel kamienny</b>	energia elektryczna	<b>(43)</b> 56/70/200/210/520	<b>12</b>
	ciepło	<b>(9)</b> 60/66/82/87/220	<b>25</b>
<b>Węgiel brunatny</b>	energia elektryczna	<b>(40)</b> 50/62/180/190/270	<b>7</b>
<b>Ropa</b>	paliwa transportowe	<b>(50)</b> /200/210/260/273/340	<b>7</b>
<b>Gaz</b>	energia elektryczna	<b>(3)</b> 4/5/10/11/13	<b>4</b>
	ciepło	<b>(17)</b> 110/120/126/133/170	<b>10</b>
<b>Razem</b>		<b>(162)</b> 480/533/859/906/1533	<b>10</b>

<sup>1</sup> (·) – Odpowiednik OZE, 1 – energia zużyta przez odbiorcę, 2 – energia wprowadzona do sieci, 3 – energia dostarczona do elektrowni/elektrociepłowni/kotłowni/rafinerii, 4 – energia wydobyta ze złoża, 5 – energia „utracona” (wydobyta + pozostawiona w złożu).

# **DWA PROCESY PRZEBUDOWY WSPÓŁCZESNEJ POLSKIEJ ENERGETYKI W MONO RYNEK ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE 2050, TRZY SEGMENTY W KAŻDYM**

Zakresy dwóch procesów transformacyjnych polskiej energetyki (2016 → 2050),

każdy z trzema charakterystycznymi segmentami składowymi

## **Energetyka (proces I)**

1. Zakres współczesnego rynku  
użytkowania energii elektrycznej  
125 TWh → 95 TWh (OZE)

2. Elektryfikacja ciepłownictwa  
200 TWh<sub>c</sub> → 30 TWh (OZE)

3. Elektryfikacja transportu  
200 TWh<sub>ch</sub> → 50 TWh (OZE)

## **Elektroenergetyka (proces II)**

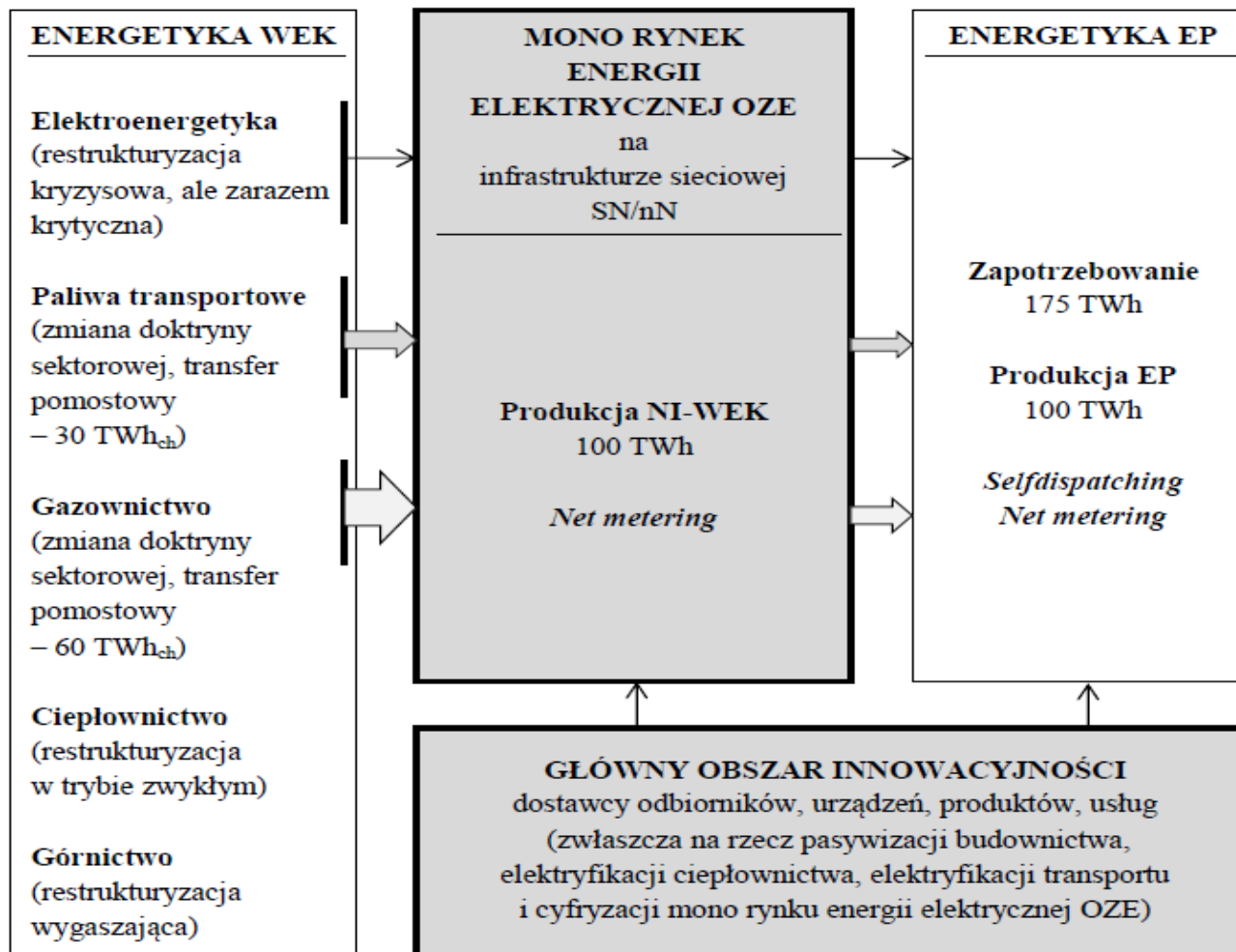
1. Wiejska  
37 TWh (30%) → 57 TWh, OZE (32%)

2. Miejska  
57 TWh (45%) → 90 TWh, OZE (52%)

3. Przemysłowa  
31 TWh (25%) → 28 TWh, OZE (16%)

**BUDOWANIE ŚRODOWISKA TRANSFORMACJI POLSKIEJ ENERGETYKI  
W HORYZONCIE 2050**

Procesy społeczne i gospodarcze  
**POTRZEBA NOWEJ UMOWY SPOŁECZNEJ  
W SPRAWIE ENERGETYKI**  
(w postaci rządowej krajowej doktryny energetycznej)



# TRZY FILARY TRANSFORMACJI POLSKIEJ ENERGETYKI W MONO RYNEK ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE

## TRZY PRAKTYCZNE/GLÓWNE OBSZARY/KIERUNKI DZIAŁAŃ NA RZECZ UKSZTAŁTOWANIA W POLSCE MONO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE

### Regulacje/działania (rządowe)

ogłoszenie  
doktryny  
energetycznej

zarządzanie  
aukcjami OZE  
(do 2025 roku)

zastąpienie opłaty  
systemowo-sieciowej  
*net meteringiem*

rozwój – klastry  
(energetyka NI/EP)

restrukturyzacja  
(elektroenergetyka WEK)

### MONO RYNEK ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE

synergetyka

cyfryzacja

niezależni  
(po wydzieleniu)  
operatorzy  
OSD (SN/nN)

rewitalizacja  
bloków 200 MW  
do potrzeb pracy  
podstawowej

**POTENCJAŁ INWESTYCYJNY SEGMENTU LUDNOŚCIOWEGO ENERGETYKI EP  
W TRANSFORMACJI CAŁEJ ENERGETYKI**

<b>1</b>	<b>Dochody rozporządzone gospodarstwa domowego (3 osoby), tys. PLN</b>	<b>miesięczne</b>	<b>3,5</b>
		<b>roczne</b>	<b>42</b>
<b>2</b>	<b>Roczne wydatki gospodarstwa domowego na energię elektryczną i paliwa (około 20% dochodów rozporządzalnych), tys. PLN</b>		<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Roczny potencjał inwestycyjny segmentu ludnościowego energetyki EP w transformacji energetyki (i w zwiększaniu własnego majątku), mld PLN</b>		<b>90</b>
<b>4</b>	<b>Wartość domów/mieszkań ludności, bln PLN</b>		<b>2,8</b>



## SZACUNKI SKUTKÓW TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ W ASPEKCIE BILANSÓW ENERGETYCZNYCH I KOSZTÓW USŁUG ENERGETYCZNYCH

Potrzeby energetyczne	2016		Horyzont czasowy: 2020(2025) / 2030(2040) / 2050	
	Bilans	Koszty	Bilans	Koszty
<b>Gospodarstwo domowe (dom jednorodzinny) – 2020(2025)</b>				
<b>Energia elektryczna</b>	4 MWh	3 tys. PLN	~3 MWh	< 2 tys. PLN
<b>Potrzeby ciepłownicze</b>	35 MWh (ciepło)	7 tys. PLN	~3 MWh (energia elektryczna)	< 2 tys. PLN
<b>Potrzeby transportowe</b>	10 MWh (paliwo)	5 tys. PLN	~3 MWh (energia elektryczna)	< 2 tys. PLN
<b>Razem</b>	~50 MWh	15 tys. PLN	~10 MWh	< 6 tys. PLN
<b>Gmina wiejska – 2030(2040)</b>				
<b>Energia elektryczna</b>	10 GWh	6 mln PLN	8 GWh	< 5 mln PLN
<b>Potrzeby ciepłownicze</b>	90 GWh	10 mln PLN	10 GWh (energia elektryczna)	5 mln PLN
<b>Potrzeby transportowe</b>	30 GWh	20 mln PLN	10 GWh (energia elektryczna)	5 mln PLN
<b>Razem</b>	130 GWh	~35 mln PLN	~30 GWh	< 15 mln PLN
<b>Kraj – 2050</b>				
<b>Energia elektryczna</b>	125 TWh	60 mld PLN	95 TWh	60 mld PLN
<b>Potrzeby ciepłownicze</b>	200 TWh	30 mld PLN	30 TWh (energia elektryczna)	20 mld PLN
<b>Potrzeby transportowe</b>	200 TWh	100 mld PLN	50 TWh (energia elektryczna)	30 mld PLN
<b>Razem</b>	525 TWh	190 mld PLN	175 TWh	110 mld PLN

# ŁAŃCUCH TECHNOLOGICZNY I KRAJOBRAZOWY ENERGETYKI WEK ORAZ MIEJSCE ŹRÓDEŁ W ENERGETYCE NI/EP

## Elektrownie węglowe



## Stacje NN



106

Linie 220, 400 kV

Linie 110 kV



12 tys. km

35 tys. km



## Linie nN



wiejskie – 260 tys. km

## GPZ

(stacje 110 kV/SN)



1400

## Linie SN

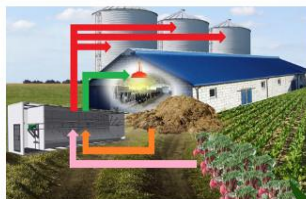


wiejskie – 200 tys. km  
miejskie – 100 tys. km

## Stacje SN/nN



wiejskie – 160 tys.  
miejskie – 100 tys.



mikrobiogazownia  
(10-40) kW<sub>el</sub>



biogazownia  
(0,5-1) MW<sub>el</sub>



Elektrownia wiatrowa  
(2-3) MW<sub>el</sub>

# **ANALIZA SWOT DLA MONO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE ROZWAŻANEGO W KATEGORIACH INNOWACJI PRZEŁOMOWEJ**

**SWOT TRANSFORMACJI POLSKIEJ ENERGETYKI**  
 problemem nie jest już bezpieczeństwo energetyczne,  
 problemem jest opór grup interesów

**Struktura analizy SWOT**  
 (**S** – strengths, **W** – weaknesses, **O** – opportunities, **T** – threats)  
 w kontekście transformacji energetyki

<b>czynniki/wyróżniki</b>	pozytywne	negatywne
<b>wewnętrzne</b> mono rynek energii elektrycznej OZE	<b>S</b>	<b>W</b>
<b>zewnętrzne</b> energetyka WEK w szerokim środowisku, od rządowej polityki energetycznej (krajowej) aż po transformację cywilizacyjną (globalną)	<b>O</b>	<b>T</b>

Macierz SWOT – macierz  $W$  (wyróżników) →

$$W \begin{bmatrix} w_{11}(m) & w_{12}(d) \\ w_{21}(s) & w_{22}(z) \end{bmatrix}$$

$m = 1, 2, 3, \dots$  – **mocne strony**

$d = 1, 2, 3, \dots$  – **deficyty**

$s = 1, 2, 3, \dots$  – **szanse**

$z = 1, 2, 3, \dots$  – **zagrożenia**

## MOCNE STRONY

$m = 1$	<b>Potencjał rozwojowy mono rynku energii elektrycznej OZE – rozwój endogeniczny i nowe: technologie, ekonomika, uwarunkowania społeczne, metoda energetyki</b>
$m = 2$	<b>Dwa już istniejące sieciowe parytety cenowe: 1° - inteligentnej infrastruktury i źródeł OZE w środowisku krańcowych kosztów krótkookresowych (cenotwórstwa czasu rzeczywistego) oraz 2° - efektywności energetycznej i źródeł OZE w środowisku kosztów unikniętych (krańcowych kosztów długoterminowych/inwestycyjnych). Potencjał (startowy) tych parytetów tylko w segmencie ludnościowym EP i tylko dla dwóch technologii, LED i PV (łącznie z inteligentną infrastrukturą) obejmuje nie mniej niż 20% obecnego krajowego rynku energii elektrycznej WEK<sup>⊖</sup> (mechanizm rynkowy pobudzenia: ujawnienie elastyczności cenowej popytu na rynku WEK<sup>⊖</sup> za pomocą substytucji prosumenckiej na rynku NI/EP<sup>⊕</sup>)</b>
$m = 3$	<b>Potencjał dyfuzji mono rynku energii elektrycznej OZE do środowiska (całej) energetyki prosumenckiej. Bazą tej dyfuzji są: efektywność usług multienergetycznych, przekształcenie kosztów zakupu energii i paliw (około 180 mld PLN/rok) w inwestycje prosumenckie, kapitał niezależnych inwestorów (nie mniejszy niż 300 mld PLN) oraz kompetencje młodego pokolenia w segmencie ludnościowym EP w zakresie szeroko rozumianej cyfryzacji</b>
$m = 4$	<b>Potencjał transformacyjnej redukcji rocznego (pierwotnego) rynku paliw kopalnych „1500/1000/500” TWh w mono rynek energii elektrycznej OZE „250/200” TWh</b>

## DEFICYTY

$d = 1$	<b>Brak (na razie) dostatecznie rozwiniętego centrum kompetencyjnego, stworzonego przez krajowe środowisko uznające nieuchronność transformacji energetyki, zdolnego odpowiadać nadszarpnięciu na gwałtownie narastające potrzeby w zakresie kształtowania rynku energii elektrycznej OZE</b>
$d = 2$	<b>Brak podręczników (z jednej strony jest to w pewnym stopniu słabość środowiska pro-transformacyjnego, ale brak ten ma też drugi wymiar, mianowicie oznacza obiektywnie, że zmiana, w skali globalnej, paradygmatu rozwojowego energetyki jest wprawdzie nieodwracalna, ale jeszcze się nie zakończyła)</b>
$d = 3$	<b>Brak (na razie) kapitału społecznego, działającego na rzecz transformacji energetyki, a z drugiej strony rozwijającego się w środowisku tej transformacji (według przykładów z bliskiego i bezpośredniego otoczenia Polski: Szwajcaria, Austria, Niemcy, i przede wszystkim Skandynawia)</b>
$d = 4$	<b>Niezdolność (na razie) środowisk prorozwojowych do stworzenia przekazu medialnego w sprawie rynku energii elektrycznej OZE, adresowanego do społeczeństwa, zmuszającego rząd do zaniechania petryfikacji energetyki (włączenia Polski w globalny nurt transformacji energetyki)</b>

**ILE KONKURENCJI, ILE MONOPOLU  
co zrobiono z zasadą TPA w ciągu ostatnich 20 lat ?**

<b>8 składników cenowych w taryfie G (2014) po konsolidacji</b>	<b>Cena, PLN/MWh</b>
<b>zakup energii elektrycznej od wytwórców</b>	<b>182</b>
<b>wartość praw majątkowych</b>	<b>26</b>
<b>podatki (VAT, akcyza)</b>	<b>136</b>
<b>koszty własne i marża sprzedawców</b>	<b>53</b>
<b>opłata jakościowa OSP</b>	<b>8,5</b>
<b>opłata przejściowa KDT</b>	<b>5,0</b>
<b>koszty OSP (opłata stała i zmienna)</b>	<b>29</b>
<b>koszty OSD (opłata stała i zmienna)</b>	<b>184</b>
<b>razem</b>	<b>624</b>

**W kontekście zasobników (awaryjnych źródeł zasilania) brakuje składnika związanego z odszkodowaniami za przerwy w zasilaniu (wskaźniki **SAIFI/SAIDI**)**



## SZANSE

$s = 1$	<b>Zmiana (transformacja) cywilizacyjna (świata/globalna) obejmująca sferę realnej gospodarki (rewolucja technologiczna, nowa ekonomia) oraz procesy społeczne (rewolucja społeczna w szerokim znaczeniu)</b>
$s = 2$	<b>Ratyfikacja (globalna) układu paryskiego 2015 (w ciągu niespełna roku), a z drugiej strony szybkie przesuwanie w globalnym przekazie politycznym akcentów z polityki klimatycznej i bezpieczeństwa energetycznego na transformację energetyki jako platformę innowacyjności przełomowej i kształtowania nowego globalnego układu sił</b>
$s = 3$	<b>Realizacja reelektryfikacji OZE strefy euroatlantyckiej w trybie innowacji przełomowej, a z drugiej strony odejście od modelu naśladowczego rozwoju (pierwotnego) całej energetyki i budowa mono rynku energii elektrycznej OZE przez Indie, potencjalnie przez Afrykę, a w dużym stopniu także przez Chiny. Potencjał obniżki krańcowych kosztów transformacyjnych (horyzont 2050) zaspokajania potrzeb energetycznych (w skali globalnej w wypadku gospodarstwa domowego jest to obniżka z 1000 do 900 \$/rok, Berlin 2017)</b>
$s = 4$	<b>Szokowe wygaszenie w latach 2015-2016 inwestycji na rynkach energetyki paliw kopalnych, w tym przede wszystkim na rynkach wytwarzania energii elektrycznej, i ich alokacja na mono rynki energii elektrycznej OZE, przy jeszcze bardzo dużym potencjale obniżki cen technologii na tych ostatnich do 2020 roku (zwłaszcza cen akumulatorów elektrycznych, ogniw fotowoltaicznych, samochodów elektrycznych, pomp ciepła, technologii domów pasywnych i technologii z obszaru inteligentnej infrastruktury)</b>



## ZAGROŻENIA

$z = 1$	<b>Krajowy korporacyjno-rządowy opór transformacyjny mający przyczynę w braku transformacyjnych kompetencji oraz w interesach grupowych (w tym w interesach bezproduktywnej infrastruktury, rozrastającej się szybko pod wpływem wsparcia dla energetyki, realizowanego w Polsce w systemie etatystycznym)</b>
$z = 2$	<b>Zdezorientowane/zmanipulowane społeczeństwo, poddane przez krajowe grupy interesów, w tym przez grupy syndykalistyczne, nowoczesnym technikom oddziaływania realizowanym (świadomie lub nie) z uwzględnieniem podatności ludzi na ucieczkę od wolności (a także podatności ludzi na syndrom sztokholmski); z drugiej natomiast strony problemy społeczne związane z nieuchronnością bardzo trudnej restrukturyzacji naprawczej całej energetyki, w tym górnictwa węgla kamiennego</b>
$z = 3$	<b>Polityczno-korporacyjny, terroryzm energetyczny (naftowo-gazowy) ze strony państw o niskich standardach demokratycznych oraz interesy globalnych, z obszaru państw demokratycznych, korporacyjnych dostawców dóbr inwestycyjnych dla energetyki WEK</b>
$z = 4$	<b>Pogłębienie marginalizacji Polski w UE (dwóch prędkości), związane z blokowaniem unijnej transformacji energetyki; wejście w strefę (jedną z trzech na świecie) postkolonializmu realizowanego przez globalny korporacjonizm</b>

# MŁODE POKOLENIE + INTERNET + TRANSFORMACJA ENERGETYKI

## ANALIZA „SWOT”

### SZANSE, SILNE STRONY

1. Powszechny zasób wiedzy
2. Otwarty poligon wymiany doświadczeń
3. Przestrzeń weryfikacyjna koncepcji i strategii

**INTERNET**

1. Horyzont: 2030/2050
2. Platforma innowacji przełomowych
3. Platforma konsolidacji kapitału społecznego

**TRANSFORMACJA ENERGETYKI**

1. Umiejętności międzynarodowe
2. Obyte z nowymi technologiami
3. Dążące do „zaistnienia”
4. Zorientowane na nowy styl życia (np. mniejsze przywiązanie do posiadania)

**MŁODE POKOLENIE**

### ZAGROŻENIA, SŁABE STRONY

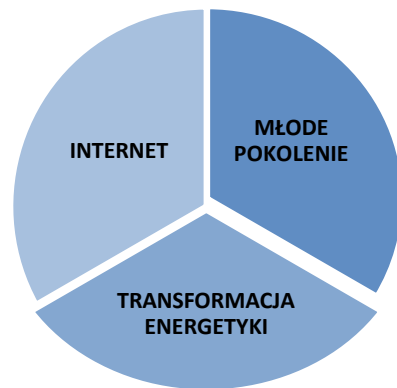
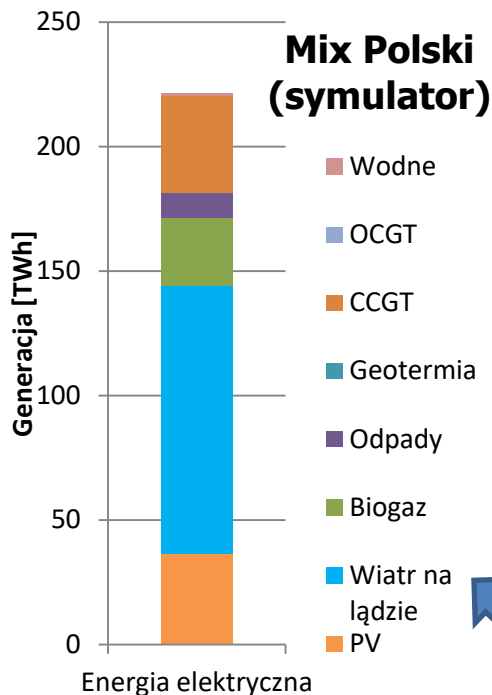
1. Przytłaczający ogrom informacji
2. Wielki potencjał dezinformacyjny
3. Wielki balast „informacji” bezwartościowych

1. Konieczność selekcji informacji i „panowania” nad złożonością transformacji
2. Konieczność zmian mentalnych w społeczeństwie
3. Potrzeba nowych kompetencji i nowego opisu energetyki

1. Nieświadome rangi wyzwań w energetyce
2. Przyzwyczajone do dobrobytu (użyteczności)
3. Silnie dotknięte deficytem wychowania progresywnego

# MŁODE POKOLENIE + INTERNET + TRANSFORMACJA ENERGETYKI

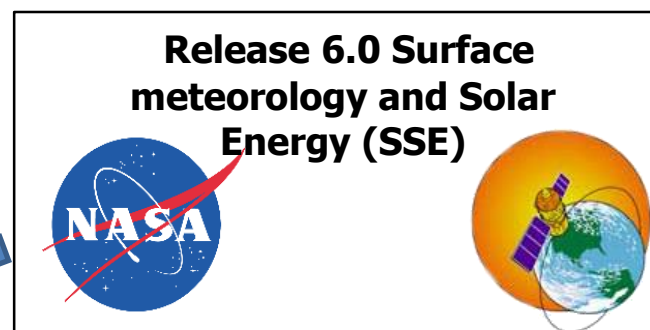
przykład synergii: WERYFIKACJA „FIŃSKIEGO” SYMULATORA ENERGETYKI 2030 NA PRZYKŁADZIE POLSKI



## Ścisłe dopełnienie

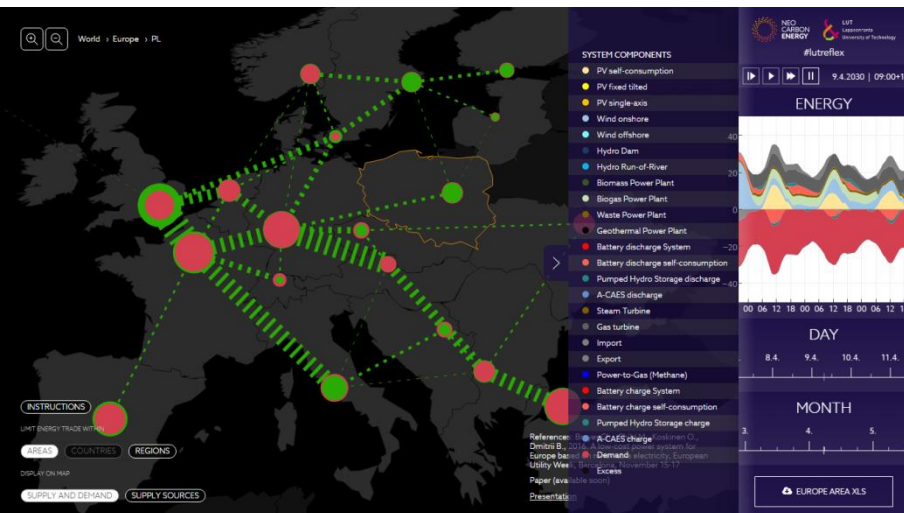
Eliminacja wad i słabości  
każdego elementu  
składowego

Interakcja wyzwala ukryty  
potencjał



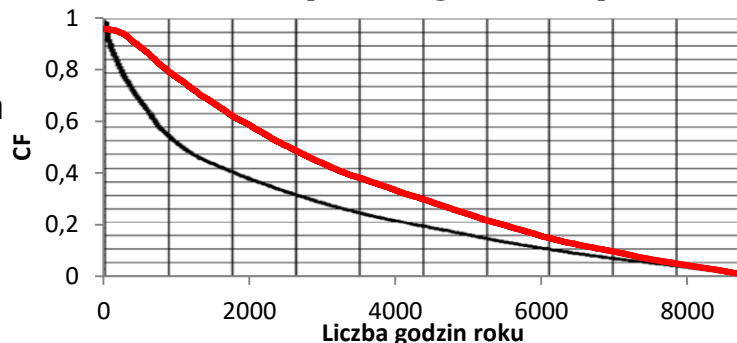
źródło danych

weryfikacja



weryfikacja

Polska (wiatr)  
dane z symulacji i rzeczywiste



mgr inż. Łukasz Kordas

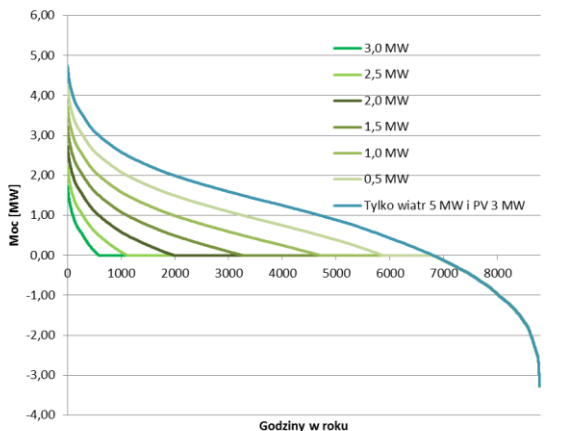
# MŁODE POKOLENIE + INTERNET + TRANSFORMACJA ENERGETYKI przykładowy wynik: KALKULATOR BILANSU KLASTRA ENERGETYCZNEGO

## Propozycja mixu energetycznego dla wybranej gminy wiejskiej (11,5 tys. mieszkańców)

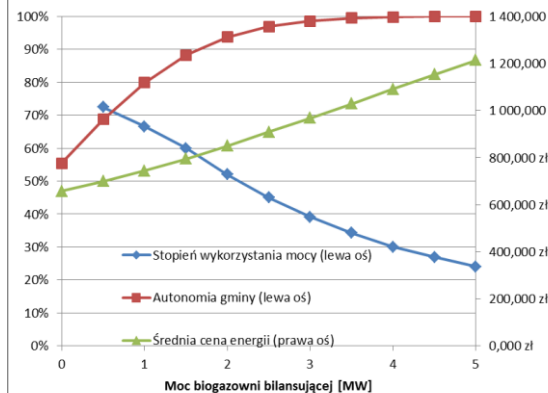
Źródło	Moc sumaryczna MW	Roczny wolumen energii MWh
PV, prosumenckie	3	2950
Wiatr	2+3	12000
Biogazownia bilansująca	2	9120
<b>ZAPOTRZEBOWANIE</b>	<b>Moc szczytowa MW</b>	<b>Roczny wolumen energii MWh</b>
Energetyka gminy	5	23 000

**Średnioroczny stopień samowystarczalności gminy: 94%**  
**Średnioroczna cena energii (obecna ekonomia OZE): 850 PLN**  
**Średnioroczna cena energii (ekonomia OZE 2050): 640 PLN**

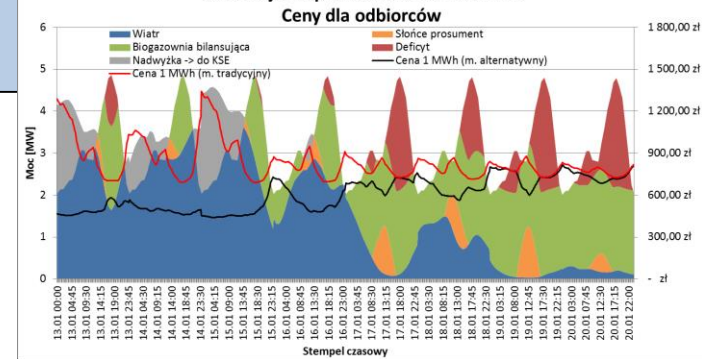
Wpływ mocy biogazowni na krzywą mocy KE



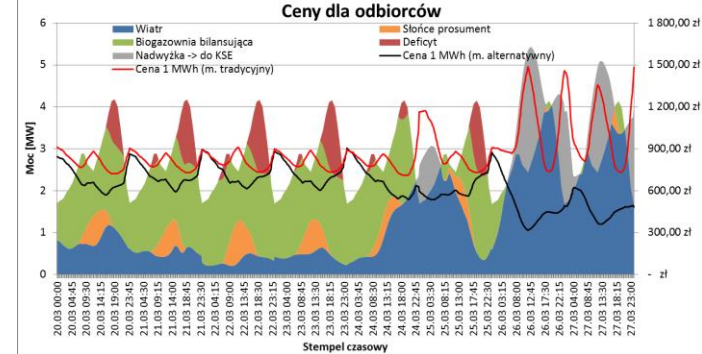
Wpływ mocy biogazowni bilansującej na wybrane parametry



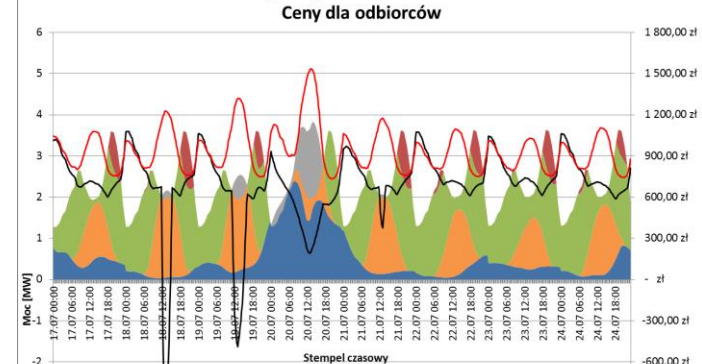
Generacja i zapotrzebowanie - 13-20.01



Generacja i zapotrzebowanie - 20-27.03



Generacja i zapotrzebowanie - 17-24.07



**mgr inż. Łukasz Kordas**

# **ZARYS ROZWIĄZAŃ TRANSFORMACYJNYCH NA NOWYM RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ**

## JAK BARDZO POLSKA ELEKTROENERGTYKA WEK WPADŁA JUŻ W CZARNĄ DZIURĘ ?

**Eurelectric** – ogłoszenie końca inwestycji w źródła węglowe (już w 2016 roku stanowiły one tylko 1% w unijnym portfelu)

**Wielka Brytania** – nowe koncepcje regulacji operatorów sieciowych (podział na część majątkową i usługi bilansujące)

**Niemcy** – kierunek na *selfdispatching* w handlu sąsiedzkim, zasobniki akumulatorowe, elektryfikacja transportu,

**Dania** – koniec aukcji, zapowiedź całkowicie konkurencyjnego rynku inwestycyjnego w segmencie źródeł wytwórczych

**Norwegia** – elektryfikacja transportu

**Szwecja** – kierunek na gospodarkę obiegu zamkniętego

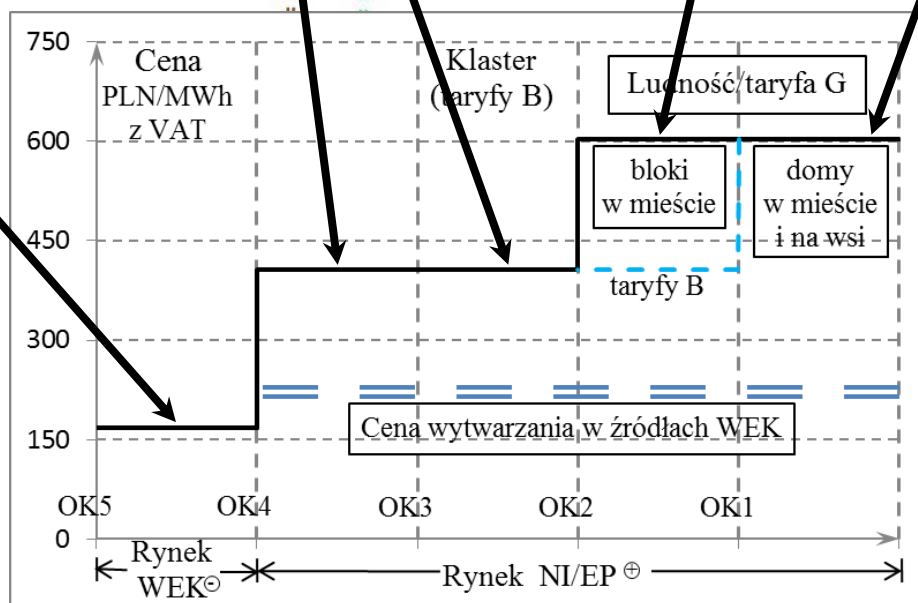
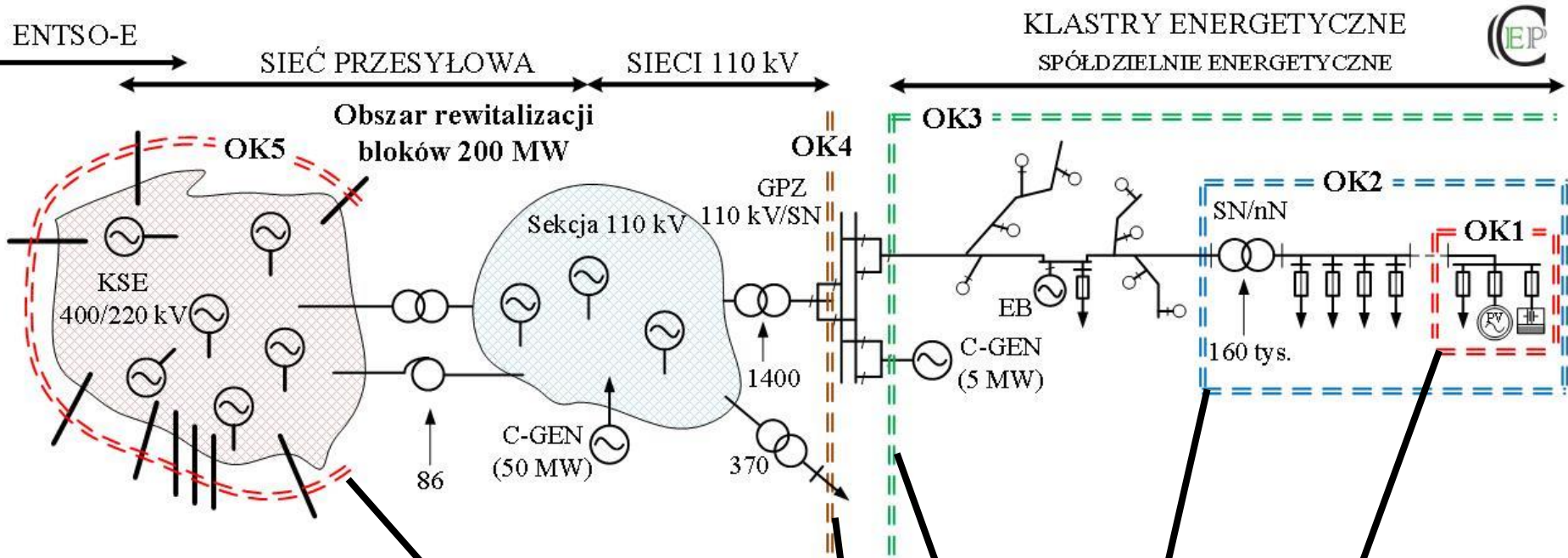
**Finlandia** – kierunek na *selfdispatching* w domach inteligentnych

**PAKIET ZIMOWY**  
wdrożenie w trybie rozporządzenia  
(głosowanie większościowe)



# TARYFY ENERGII ELEKTRYCZNEJ – ODBIORCY KOŃCOWI

## ceny – stan istniejący, struktura sprzed 25 lat



# MIKS ENERGETYCZNY

JEDNOLITY  
RYNEK  
EUROPEJSKI

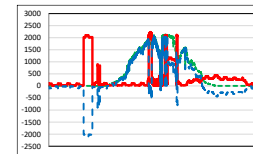
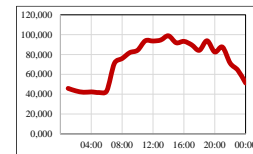
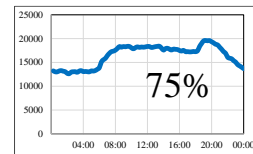
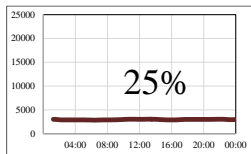
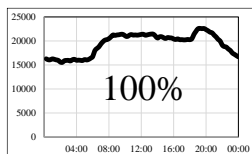
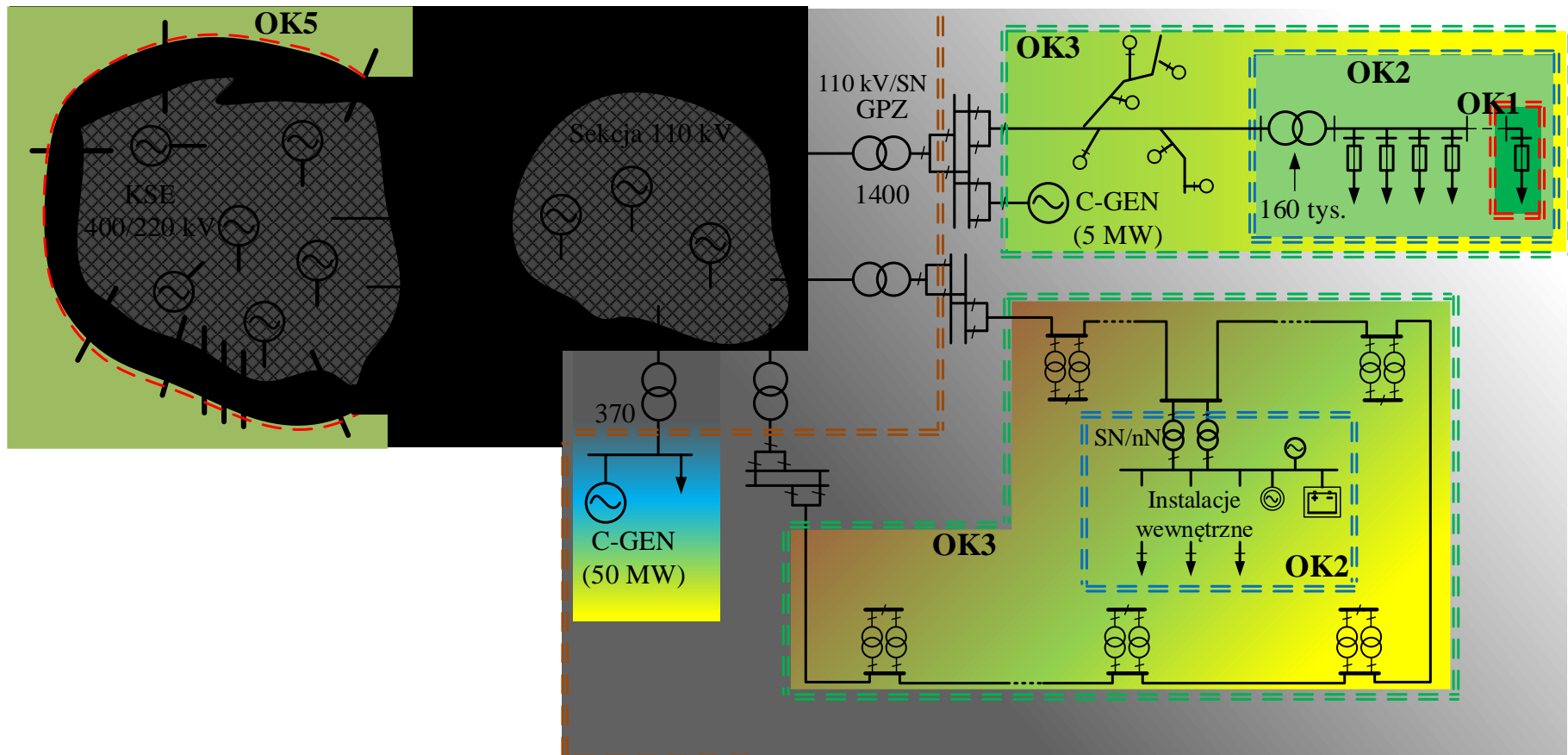
KLASTRY ENERGETYCZNE  
SPÓŁDZIELNIE ENERGETYCZNE  
(obszary wiejskie – 30% rynku)



SIEĆ PRZESYŁOWA

SIECI 110 kV

- OK4 +





**PROPONOWANA KONCEPCJA TRANSFORMACJI RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ**  
**zapewniająca pobudzenie konkurencji oraz pełną ochronę bezpieczeństwa pokrycia**  
**potrzeb energetycznych odbiorców (gospodarki)**

**Rozwiązania/działania (z „rewizją” w latach 2020, 2025, 2030)**

- |   |  |
|---|--|
| 1 | Intensyfikacja rozwiązań klastrowych na rynku energii elektrycznej, w tym zwiększenie zakresu podmiotowego oraz przedmiotowego klastrów    |
| 2 | Transformacja taryf końcowych w cenotwórstwo czasu rzeczywistego (CCR), z ekonomiką cen krańcowych   |
| 3 | Przebudowa systemu operatorskiego, wydzielenie operatorów sieci SN/nN  |
| 4 | Wprowadzenie ekonomiki cen węzłowych na osłonie kontrolnej OK4 (1400 GPZ-ów „zawodowych” i 370 „przemysłowych”)                            |
| 5 | Przebudowa (uzmiennienie” opłaty systemowo-dystrybucyjnej ( <i>net metering</i> i <i>selfdispatching</i> ))                                |
| 6 | Aukcje „kalibrowane” za pomocą ekonomiki kosztów krańcowych długoterminowych (inwestycyjnych), z wykorzystaniem zasady kosztów unikniętych |

**Doktryna energetyczna, regulacje prawne**

- |   |  |
|---|--|
| 1 | Ogłoszenie przez rząd doktryny energetycznej; powołanie rady bezpieczeństwa energetycznego   |
| 2 | Wprowadzenie do ustawy o szkolnictwie wyższym rozwiązań uwzględniających potrzeby cywilizacyjnej transformacji energetyki (kierunki kształcenia, dyscypliny badawcze, centrum badawcze transformacji energetyki) |
| 3 | <b>Uchwalenie Kodeksu (ustawy najwyższej rangi) o usługach energetycznych</b>  |

## **ROZWIĄZANIA/DZIAŁANIA, ZAPISANE BARDZIEJ SZCZEGÓŁOWO**

<b>1</b>	<b>Intensyfikacja rozwiązań klastrowych ..., w tym zwiększenie zakresu podmiotowego klastrów (obszary wiejskie, a także miasta) oraz przedmiotowego (usługi multienergetyczne, z włączeniem w ich zakres termomodernizacji, niskiej emisji i „elektryfikacji” ciepłownictwa, elektromobilności, a także gospodarki obiegu zamkniętego)</b>
<b>2</b>	<b>Transformacja taryf końcowych w cenotwórstwo CCR, z ekonomią cen krańcowych (elastycznością cenową popytu): uwolnienie cen dla odbiorców końcowych, wprowadzenie regulacji ex post (antymonopolowej), w miejsce dotychczasowej regulacji ex ante, wprowadzenie na rynek energii elektrycznej ekonomiki kosztów krańcowych krótkoterminowych (ekonomiki ujawniającej elastyczność cenową popytu)</b>
<b>3</b>	<b>Przebudowa systemu operatorskiego: wydzielenie operatorów sieci SN/nN, ukształtowanie doktryny rozwojowej scyfryzowanej i wysyczonej w układy energoelektroniczne infrastruktury wytwórczo-sieciowej SN/nN</b>
<b>4</b>	<b>Wprowadzenie ekonomiki cen węzłowych na osłonie kontrolnej OK4 (1400 GPZ-ów „zawodowych” i 370 „przemysłowych”)</b>
<b>5</b>	<b>Przebudowa opłaty systemowo-dystrybucyjnej (net metering i selfdispatching)</b>
<b>6</b>	<b>Aukcje: efektywność energetyczna, OZE, inteligentna infrastruktura, rewitalizacja bloków 200 MW – w okresie przejściowym, nie dłużej niż do 2025</b>

# ROZWOJ CENOTWÓRSTWA W PROCESIE TRANSFORMACJI (CAŁEJ) ENERGETKI W MONO RYNEK ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE

1. Trajektoria dochodzenia do **konkurencyjnego** rynku energii elektrycznej (wygaszenie systemów wsparcia, ukształtowanie regulacji – horyzont 2025) – co oznacza konkurencyjność na rynku energii elektrycznej, w szczególności w kontekście opłaty systemowo-sieciowej (możliwej do zastąpienia *net meteringiem*) oraz teoretycznej równości kosztów krańcowych krótkoterminowych i długoterminowych w warunkach optymalnego rozwoju infrastruktury technicznej tego rynku?
2. Ceny krańcowe **krótkoterminowe** (na rynku operatorskim/bieżącym) – czym jest krótkoterminowość w scyfryzowanym środowisku rynkowym: rok (taryfy końcowe G-C-B-A), godzina (hurtowe rynki giełdowe), czy 5 minut ?
3. Ceny krańcowe **długoterminowe** (inwestycyjne) – czym jest długoterminowość w środowisku szokowej przebudowy technologicznej dóbr inwestycyjnych dla energetyki, w tym dla elektroenergetyki: 1-3 miesiące (instalacja źródła PV), 1-2 lata (budowa mikroźródła biogazowego klasy 10-40 kW, budowa źródła biogazowego klasy 1 MW, budowa elektrowni wiatrowej klasy 3 MW, rewitalizacja bloku węglowego klasy 200 MW), czy 50-100 lat (nowy blok węglowy klasy 1000 MW, nowy blok jądrowy klasy 1600 MW) ?
4. Ceny „krańcowe” **transformacyjne** (horyzont 2050) – czym są krańcowe ceny transformacyjne: ile wynoszą ceny na zakończenie pełnej transformacji , a ile w wypadku pełnej petryfikacji ?

# PODSTAWOWE KRYTERIA DO UKSZTAŁTOWANIA ROZWIĄZAŃ NA TRAKTORII DO KONKURENCYJNEGO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

## TRZY KRYTERIA STARTOWE

(do wykorzystania w horyzoncie 2025)

1. **Efektywność użytkowania energii elektrycznej (rozwiązania bezinwestycyjne, w tym w obszarze zarządzania popytem; inwestycje po stronie popytu, w tym w zasobniki)**  
w ekonomice przewaga ekonomiki wskaźników NPV, IRR
2. **Elastyczność cenowa popytu (działanie kosztów krańcowych krótkoterminowych)**  
przewaga ekonomiki behawioralnej
3. **Inwestycje w źródła wytwórcze ( nowe źródła prosumenckie-klastrowe-WEK; źródła OZE, niskoemisyjne pomostowe; źródła regulacyjno-bilansujące, hybrydowe; inwestycje rewitalizacyjne pomostowe w źródła WEK)**  
przewaga ekonomiki kosztów unikniętych

# JAKI SKUTEK ZAPEWNI MONO RYNEK ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE Z EKONOMIĄ (JEŚLI BĘDZIE STOSOWANA) KOSZTÓW/CEN KRAŃCOWYCH

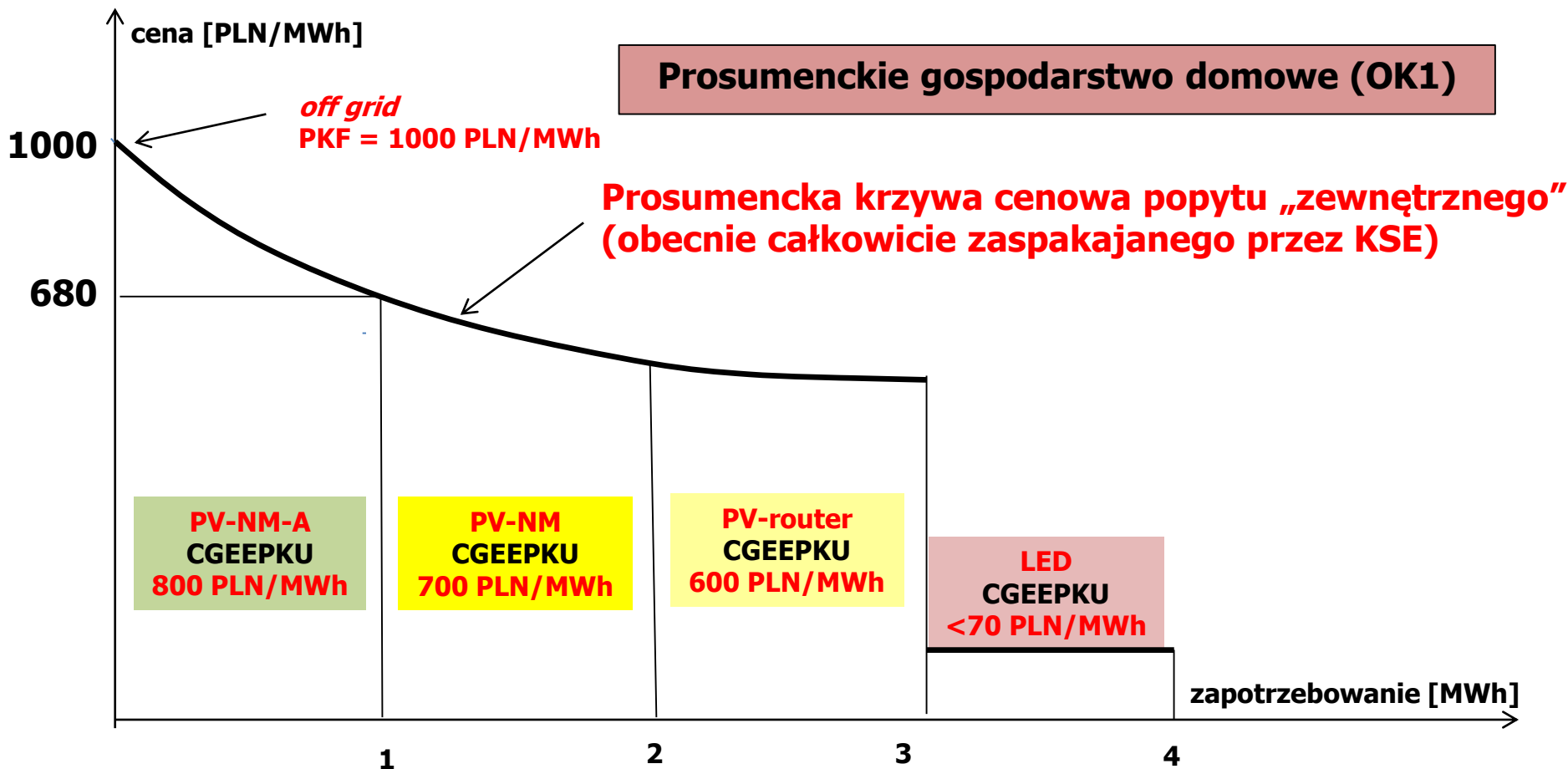
OK	Ceny, PLN/MWh			
	obecny rynek	nowy model rynku	krańcowe ceny transformacyjne (horyzont 2050)	
			miks węglowo-jądrowo-gazowy	mono rynek energii elektrycznej OZE
OK5	140	< 140		
OK4	280 (A)	> 280	580	
OK3	360 (B)	< 360		
OK2	570 (C)	< 570		
OK1	680 (G z VAT)	< 680	1000	600
<b>Roczny koszt usług energetycznych, PLN/gospodarstwo domowe</b>				
OK1	14 000	< 14 000	20 000	6000

## Wytwarzanie energii elektrycznej, PLN/MWh

1. Obecna cena (uśredniona) na rynku wytwarzania – 180
2. Ceny z krajowych analiz inwestycyjnych: bloki węglowe – 350
3. Ceny z jednolitego rynku unijnego: bloki jądrowe – 500; źródła PV – 350, źródła wiatrowe (lądowe) – 350, źródła biogazowe bilansujące – 500

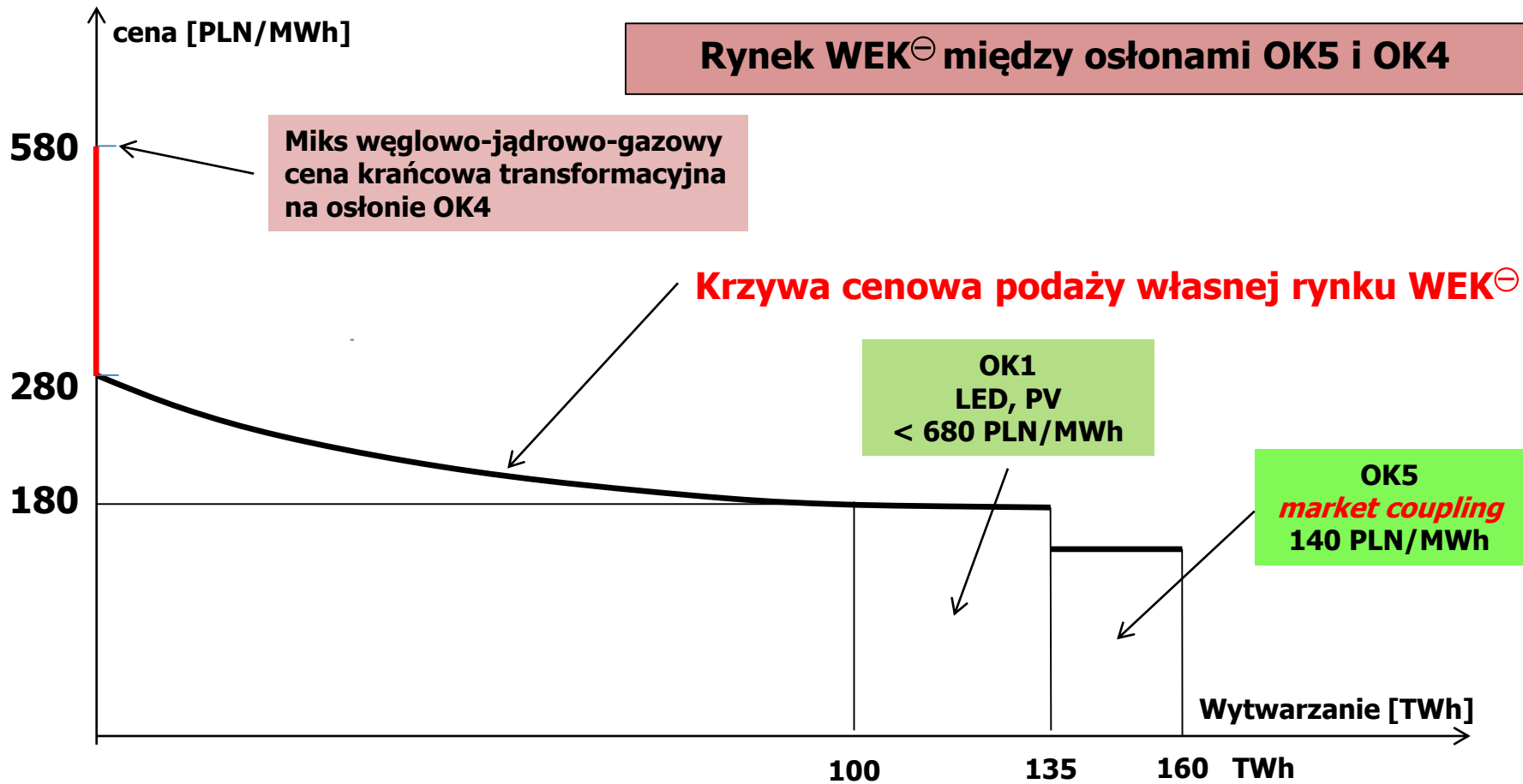
**Magazynowanie/akumulatory, cena za pojemność – 800 PLN/kWh**

**METODA NOWEJ ENERGTYKI: KOSZTY KRAŃCOWE, ZASADA KOSZTÓW UNIKNIĘTYCH**  
**PROSUMENCKIE KOSZTY KRAŃCOWE DŁUGOOKRESOWE (INWESTYCYJNE)**  
**CENA GRANICZNA ENERGII ELEKTRYCZNEJ DO ANALIZY PROSUMENCKICH KOSZTÓW**  
**UNIKNIĘTYCH (CGEEPKU)**



**Koszty uniknięte (krańcowe długookresowe)  
w praktyce inwestycyjnej prosumenta z segmentu ludnościowego**

**METODA NOWEJ ENERGTYKI: KOSZTY KRAŃCOWE, ZASADA KOSZTÓW UNIKNIĘTYCH**  
**KOSZT KRAŃCOWY TRANSFORMACYJNY NA RYNKU WEK<sup>⊖</sup>**  
**(OK5 – *market coupling*; OK4 – RB, RDN, RDB; OK1/OK2/OK3 – CCR)**  
**KOSZTY KRAŃCOWE DŁUGOOKRESOWE (INWESTYCYJNE)**  
**CENY GRANICZNE ENERGII ELEKTRYCZNEJ DO ANALIZY ALOKACJI WYTWARZANIA**  
**POZA RYNEK WEK<sup>⊖</sup>**



**Alokacja wytwarzania poza rynek WEK<sup>⊖</sup>**

**POWIĄZANIE STRUKTURY RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ  
Z  
ELEKTROENERGETYCZNĄ INFRASTRUKTURĄ  
TECHNICZNĄ/OPERATORSKĄ**



## PRZEBUDOWA RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

### **RYNEK WEK (hurtowy)**

między osłonami OK5 i OK4  
OK5 – *market coupling*  
OK4 – ceny węzłowe GPZ

operator OSP  
wsparcie: operatorzy OSD(110 kV)

### **KONWERGENTNY RYNEK WEK-NI-EP**

(końcowy, w „dużej” osłonie OK4)  
wirtualne rynki NI/EP w osłonach OK2, OK3

operatorzy OSD(SN/nN)  
wsparcie: operatorzy OHT(NI)

## DOSTOSOWANIE SYSTEMU OPERATORSKIEGO (do nowego rynku)

sieć zamknięta 400/220/110 kV  
operator OSP  
wsparcie: operatorzy OSD(110 kV)

sieci otwarte WEK – SN/nN  
operatorzy OSD(SN/nN)  
wsparcie: operatorzy OHT(NI)

prosumenci  
*net metering*  
wsparcie operatorskie: prosumencki *selfdispatching*

**KTO KOGO  
CHCE ZMIENIĆ/WYKORZYSTAĆ ?**

**PYTANIE ZADANE W INNEJ, ROZSZERZONEJ WERSJI**

**czy elektroenergetyka WEK w Polsce**

**pozostanie na ścieżce wykorzystania *smart grid* w trybie innowacji przyrostowej, do obsługi energetyki węglowej i jądrowej ?**

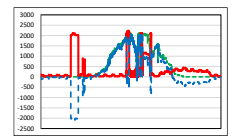
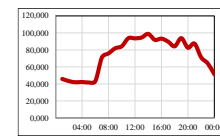
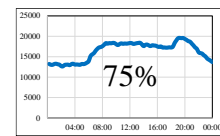
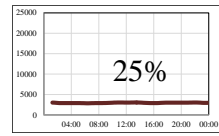
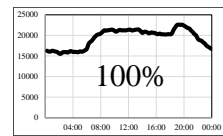
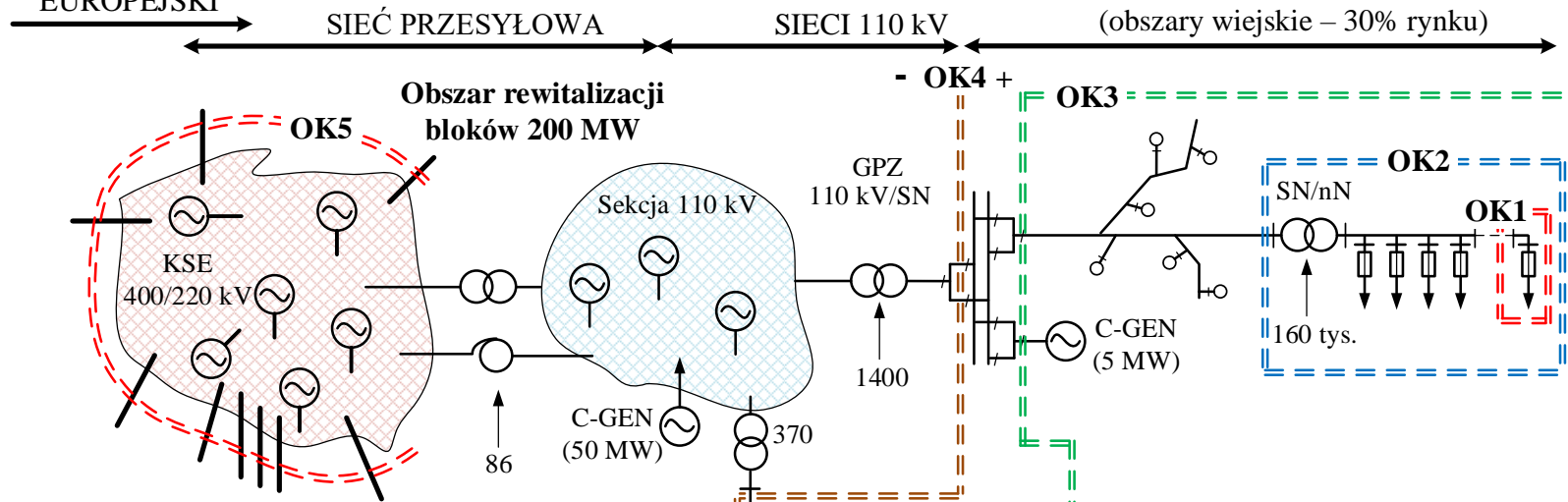
**czy też Polska**

**wykorzysta historyczną szansę i za pomocą koncepcji oraz infrastruktury *smart grid* przeprowadzi transformację energetyki w trybie innowacji przełomowej (wycofa się z polityki blokowania zmian, odstąpi od rozwoju w trybie naśladowczym, i wejdzie na ścieżkę, na którą wchodzi świat, czyli budowania mono rynku energii elektrycznej OZE) ?**

# NOWE UKŁADANIE ELEKTROENERGETYKI

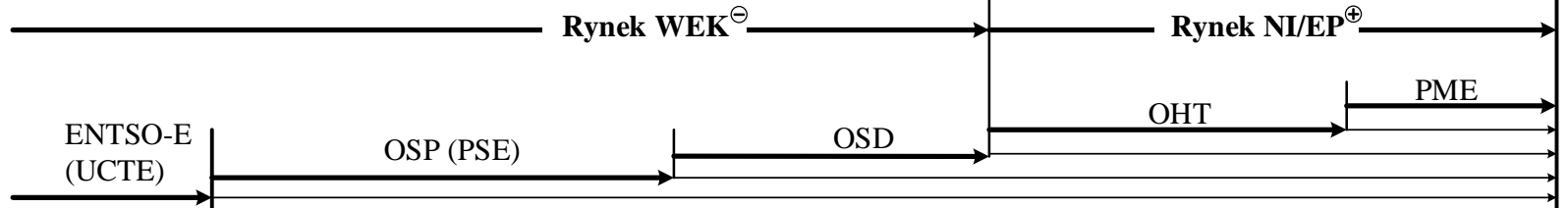
JEDNOLITY  
RYNEK  
EUROPEJSKI

KLASTRY ENERGETYCZNE  
SPÓŁDZIELNIE ENERGETYCZNE  
(obszary wiejskie – 30% rynku)



regulacja sekundowa (pierwotna), minutowa (wtórna),  
godzinowa (trójna)

regulacja minutowa, sekundowa,  
milisekundowa






Cena CK w grupie obecnych  
taryf G, PLN/MWh

→ trajektoria WEK<sup>-</sup>: 460 + 440 + 100 = **1000**  
→ trajektoria NI/EP<sup>+</sup>: 400 + 80 + 120 = **600**

# JAK WYKORZYSTAĆ DOŚWIADCZENIA Z DZIEDZINY NAPĘDÓW W PROCESIE ALOKACJI ZASOBÓW REGULACYJNO-BILANSUJĄCYCH NA RYNEK NI/EP<sup>⊕</sup>

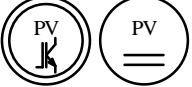









		1960	1970	1980	1990	2000
<b>Silniki</b>		Prądu stałego (DC)			Prądu przemiennego (AC) (indukcyjne asynchroniczne, synchroniczne)	
<b>Przekształtniki</b>		Generator spalinowy	Układ Leonarda		Cyklokonwertery	Przekształtniki tranzystorowe (PWM)
<b>Sterowanie</b>		Analogowe	Analogowo-cyfrowe		Cyfrowe (mikroprocesory), ASIC	
<b>Algorytmy sterowania</b>		Sterowanie sekwencyjne, Regulatory PI			Sterowanie wektorowe	Systemy antywibracyjne
<b>Wydajność</b>	<b>Precyzja (%)</b>	DC 0,25	AC 1,0		0,05	0,01
	<b>Dynamika (rad/s)</b>	2 DC	15 - 20 AC		60	500 - 1000
	<b>Zakres prędkości</b>	1:5 DC	1:40 AC		1:200	1:1000 -

# ALBUM ŹRÓDEŁ WYTWÓRCZYCH NA RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ WRAZ Z SYMBOLAMI





Symbol	Komentarz
	<b>Źródło wytwórcze bez przekształtnika</b> (źródło napięciowe)
	– możliwa regulacja pierwotna i wtórna – możliwa praca źródła w trybie jednostki grafikowej
	<b>Źródło wytwórcze z przekształtnikiem</b> (źródło prądowe)
	– praca z maksymalną mocą (mppt) – i/lub źródło bilansujące

**J. Popczyk z Zespołem**






## Technologie rozproszone – rynek NI/EP<sup>⊕</sup>

Nazwa	Akronim	Symbol	Przyłącze, osłona	Komentarz
Źródło PV	PV		nN, (OK1, OK2)	do 40 kW
Przemysłowe źródło PV	PPV		SN, OK4	do 1 MW
Mikro elektrownia wiatrowa	μEW		nN, (OK1, OK2)	do 40 kW
Mała elektrownia wiatrowa	mEW		SN, (OK3, OK4)	40 kW do 200 kW
Elektrownia wiatrowa	EW		SN, (OK3, OK4)	klasy 2-3 MW
Mikro elektrownia biogazowa	μEB		nN, OK2	do 40 kW
Elektrownia biogazowa	EB		SN, (OK3, OK4)	klasy 1 MW
Mikro elektrownia wodna	μEWO		nN, (OK3, OK4)	do 40 kW
Mała elektrownia wodna	mEWO		SN, (OK3, OK4)	40 kW do 200 kW
Mały blok gazowy <i>combi</i>	mBC		SN, (OK3, OK4)	klasy 1 MW

## Technologie rozproszone – rynek NI/EP<sup>⊕</sup>

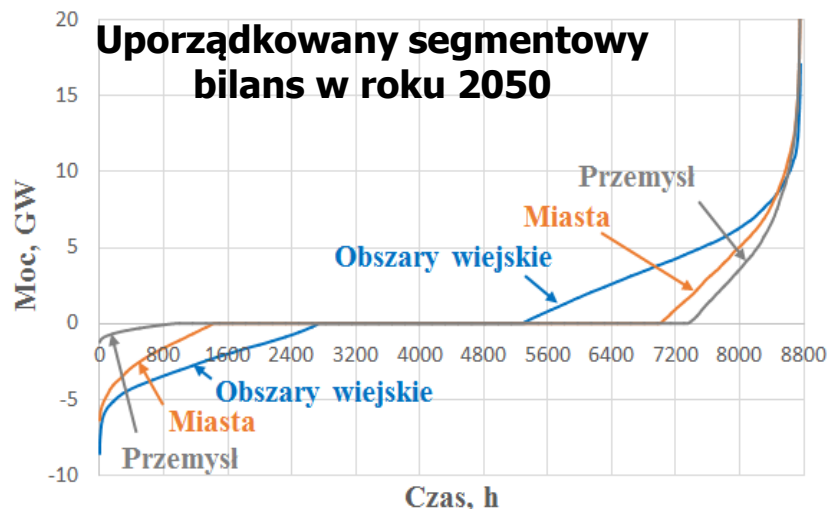
Nazwa	Akronim	Symbol	Przyłącze, osłona	Komentarz
Przemysłowe gazowe źródło kogeneracyjne	PGK		SN, OK4	do 1 MW
Elektrownia dieslowska	ED		SN, OK3	klasy 0,5-1 MW
Bateria akumulatorów	AKU		nN, OK1 SN, (OK2 - OK4)	do kilkuset kW
Technologia C-GEN	C-GEN		SN, (OK3, OK4)	klasy 5 MW

## Źródła wytwórcze wielkoskalowe – rynek WEK<sup>⊖</sup>

Nazwa	Akronim	Symbol	Przyłącze, osłona	Komentarz
Blok węglowy	BW		(NN,WN), OK5	do 1000 MW
Blok gazowy <i>combi</i>	BC		(NN,WN), OK5	do 450 MW
Farma wiatrowa	FW		(NN, WN), OK5	do kilkudziesięciu MW
Farma wiatrowa morska	FWM		(NN, WN), OK5	do kilkuset MW
Elektrownia wodna	EWO		SN, (OK3, OK4)	do kilkuset MW

# WYNIKI BADAŃ SYMULACYJNYCH POLSKIEGO MONO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE 2050: WSTĘPNA WERYFIKACJA RACJONALNOŚCI GŁÓWNEJ HIPOTEZY ROBOCZEJ DLA KRAJU

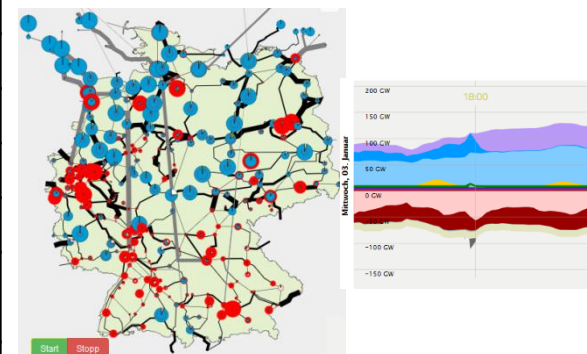
Roczne zapotrzebowanie na mono rynku energii elektrycznej – **200 TWh**  
 Dopuszczalny **deficyt** – **5 %**  
 Roczna produkcja – **196 TWh**  
 Produkcja w źródłach OZE – **70%** (138 TWh)  
 Transfer paliw – **30%** (58 TWh)  
 Brak elektrowni węglowych



## Struktura źródeł wytwórczych 2050 (OK4)

Technologia	Produkcja TWh/rok	Moc GW	Wykorzystanie h/rok
Źródła PV	22,7 (11,6 %)	24,5	926
Elektrownie wiatrowe lądowe	53,0 (27,0 %)	27,0	1963
Elektrownie wiatrowe morskie	14,5 (7,4 %)	4,0	3628
Inne źródła OZE	21,9 (11,2 %)	2,7	8000
Magazyny energii	-	12 GWh*	-
Elektrownie biogazowe z zasobnikiem	26,3 (13,4 %)	3,3	8000
Bloki combi	33,4 (17,0 %)	6,0	5574
Silniki diesla	24,8 (12,6 %)	6,5	3821
<b>SUMA</b>	<b>196,2 (100 %)</b>	<b>74</b>	

## Podobne badania – projekt kombikraftwerk 2 (Niemcy)





# TRANSFORMACJA USŁUG SYSTEMOWYCH NA RYNKU WEK<sup>⊖</sup> W ROZPROSZONE ZASOBY REGULACYJNO-BILANSUJĄCE NA RYNKACH NI/EP<sup>⊕</sup>: PRAKTYKA I KONCEPCJE

## Bilans mocy czynnej (częstotliwości) – czas dostępu do zasobów regulacyjnych

Rynek WEK <sup>⊖</sup>	Rynki NI/EP <sup>⊕</sup>	Czasy (dynamika)
<b>regulacja pierwotna: max 30 s</b>	<b>superkondensatory akumulatory przekształtniki</b>	<b>&lt;1 s (ms)</b>
<b>regulacja wtórna: 15 s – 15 min.</b>	<b>regulacja mocy odbiorników (DSM/DSR)</b>	<b>sekundy</b>
<b>regulacja trójna: 15 minut ... godziny (zależnie od czasów grafikowania)</b>	<b>generatory spalinowe (biogaz, metan, diesel)</b>	<b>minuty</b>
	<b>odbudowa SOC zasobników</b>	<b>godziny</b>

# TRÓJBIEGUNOWY OBSZAR KONWERGENCJI WYMAGAŃ JAKOŚCIOWYCH NA MONO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

## WEK

**cel nadrzędny:** inwestycje, stabilność systemu  
**parametry:** częstotliwość, napięcie, SAIDI, SAIFI, moc bierna, wyższe harmoniczne, straty sieciowe, ...

## PME (odbiorcy)

**cel nadrzędny:** koszt usług multienergetycznych (energia elektryczna, ciepło, transport)  
**parametry:** strumień światła, temperatura, zasięg, ...

## Obszar konwergencji wymagań i parametrów

**cel nadrzędny:** zysk ze sprzedaży  
**parametry:** bezpieczeństwo użytkowania infrastruktury, kompatybilność energetyczna, elektryczna i elektromagnetyczna, trwałość urządzeń, serwis, ...

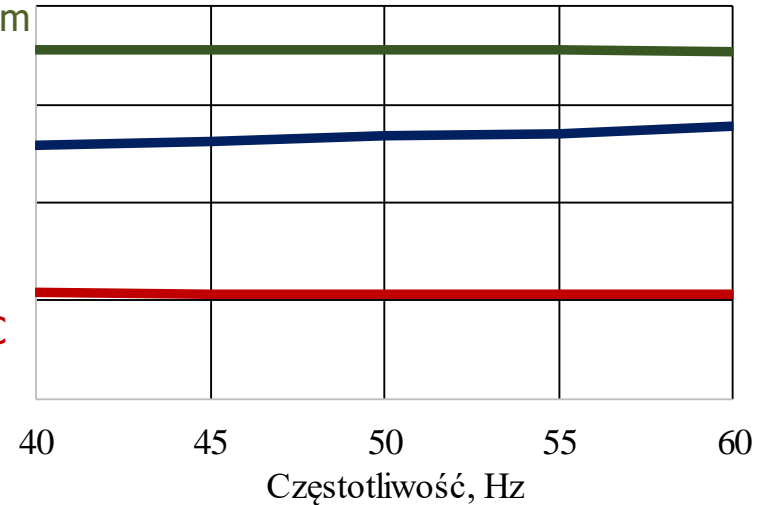
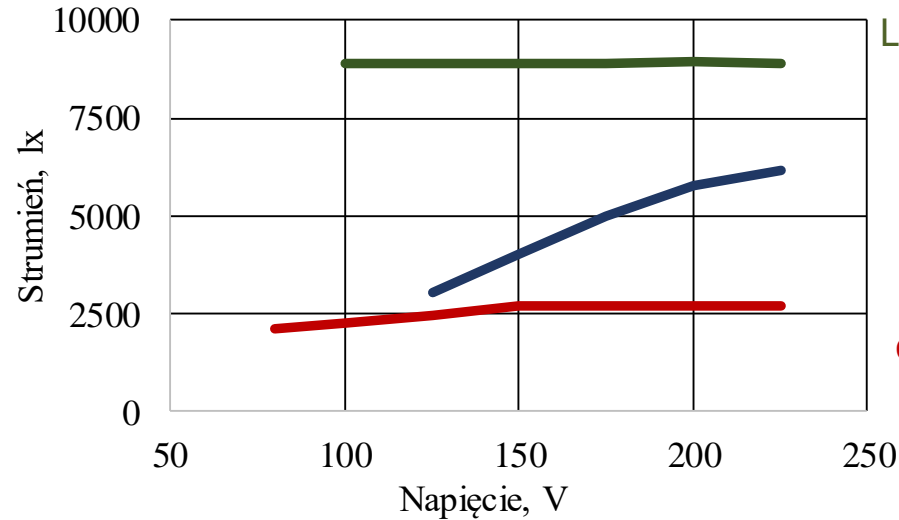
## Dostawcy urządzeń (odbiorniki, źródła, zasobniki, IoT)

# REAKCJA WYBRANYCH URZĄDZEŃ (ODBIORNIKÓW) NA ZMIANY JAKOŚCI ENERGII

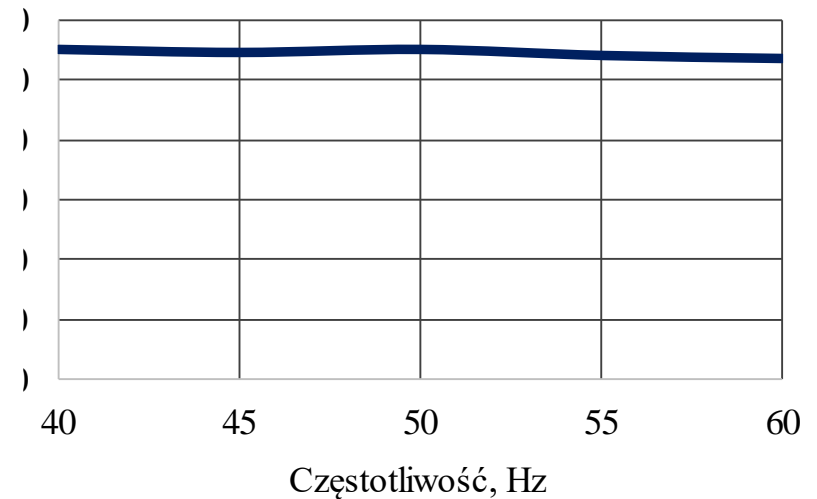
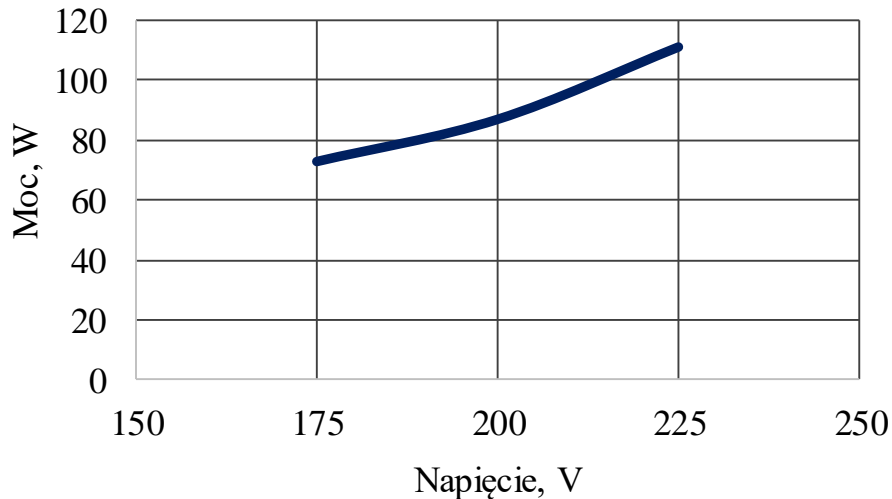
## Weryfikacja eksperymentalna

### Oświetlenie

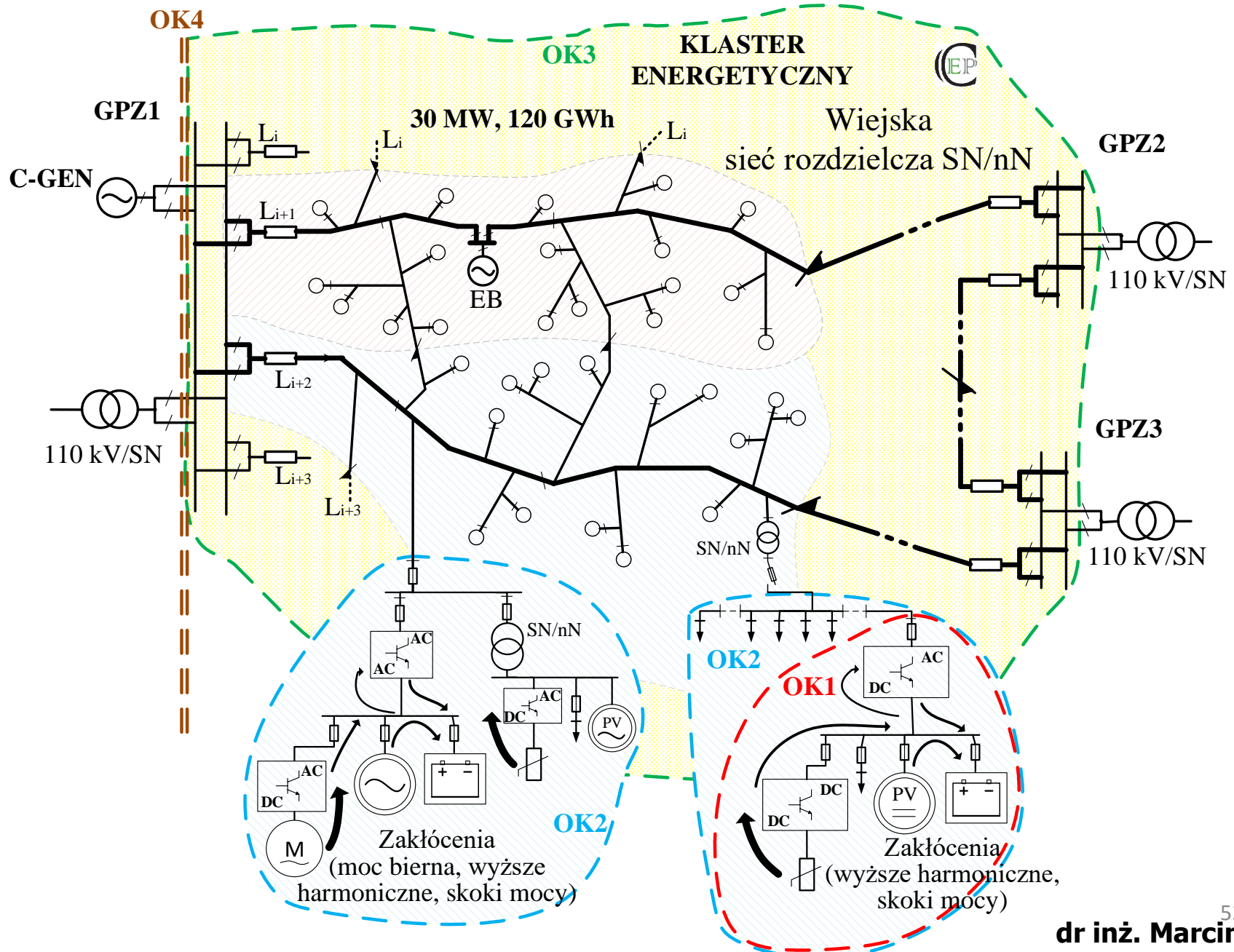
LED z zasilaczem impulsowym 8 W  
Światłówka komp. 9 W  
LED z dzielnikiem RC 3,6 W



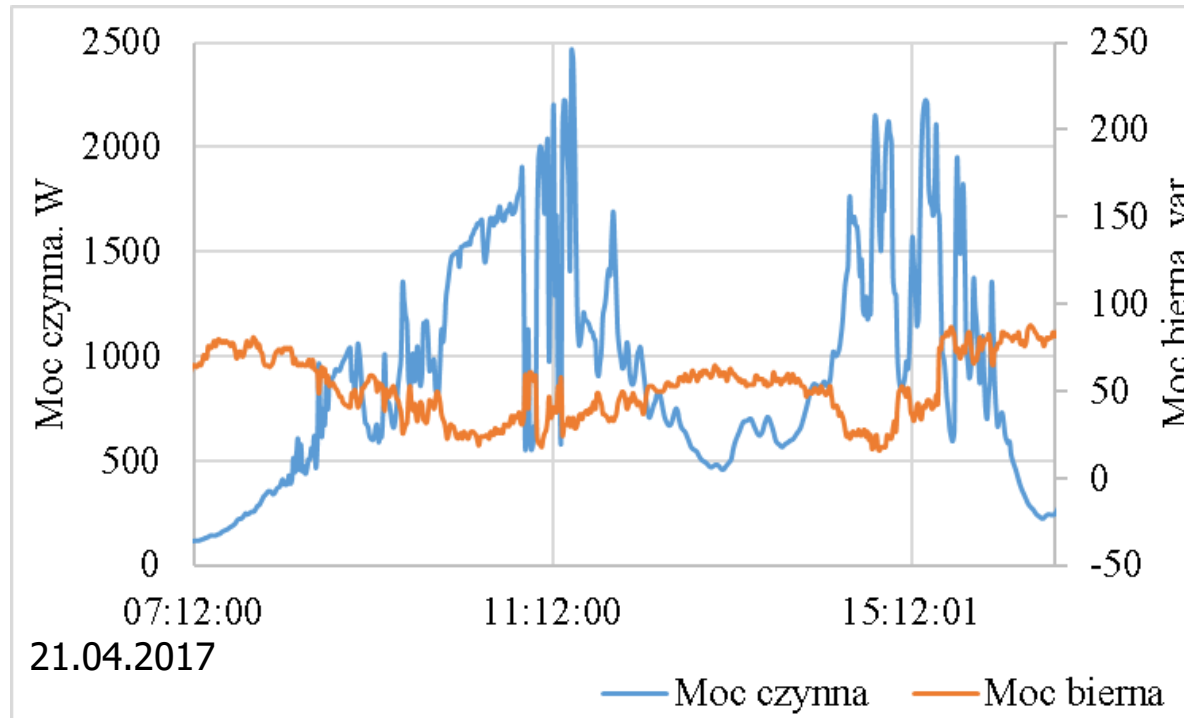
### Napęd z falownikiem (np. pralka), stała prędkość



# PROPAGACJA ZAKŁÓCEŃ

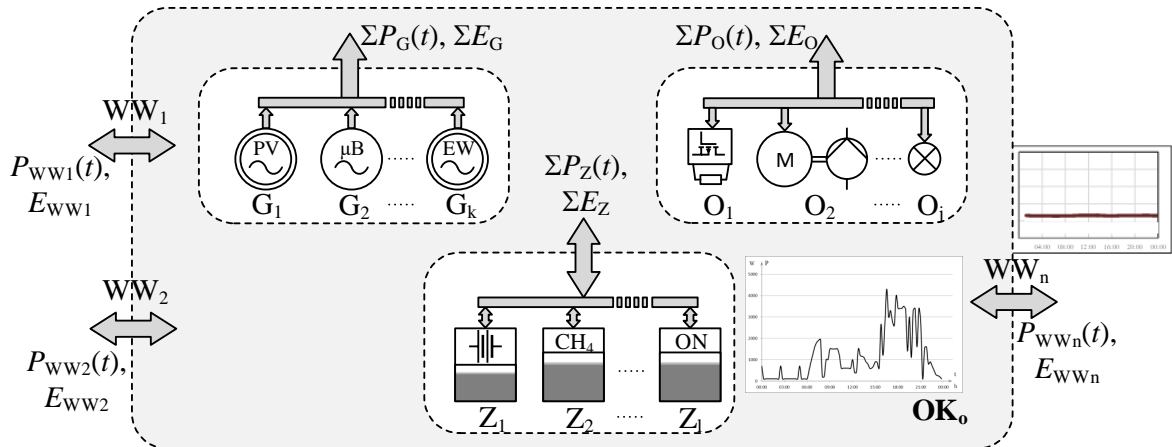


## Źródło PV 2,5 kW – falownik Fronius



$$\text{tg}\varphi = 0,02 \dots 0,2$$

# ANALOGIE MIĘDZY BILANSAMI ENERGII SAMOCHODU HYBRYDOWEGO (HEV) I OK4+ USŁUGI REGULACYJNO-BILANSUJĄCE W OK4+



## Bilans energii

$$\sum E_{ww} + \sum E_{ww(z)} \cdot \eta_z = \sum E_o - \sum E_G - \sum E_{G(z)} \cdot \eta_z - \sum E_{G(NM)} \cdot WNM$$

## Usługi w OK

$$\sum E_{ww}(t) = 0$$

## Usługi w WW

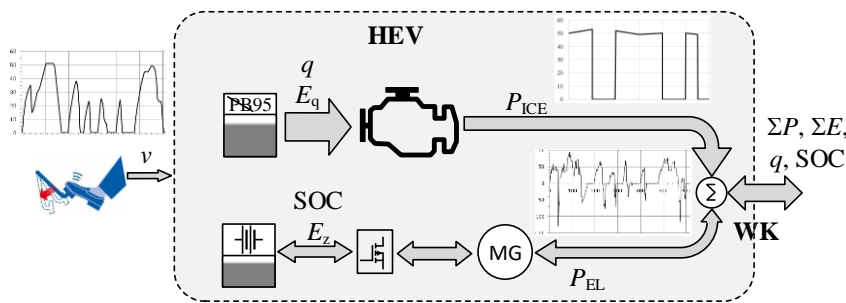
$$\sum E_{ww}(t) \neq 0$$

## Regulacja mocy czynnej

$$\sum P_{ww}(t) = \sum P_o(t) - \sum P_G(t) - \sum P_z(t)$$

$$\sum P_{ww}(t) = 0$$

$$\sum P_{ww}(t) \neq 0$$



$$\sum E_q + \sum E_{q(z)} \cdot \eta_z = \sum E_v - \sum E_{vr(z)} \cdot \eta_z - \sum E_{G(z)} \cdot \eta_z$$

## ANALOGIE MIĘDZY ZASOBAMI ENERGETYCZNYMI HEV I OK4+

HEV	OK4+
<p><b>Profil zapotrzebowania na moc (profil prędkości)</b></p> <p><b>Energia odzyskana (hamowanie rekuperacyjne)</b></p> <p><b>Źródło pierwotne (silnik spalinowy: diesel, metan, biogaz, wodór, ...)</b></p> <p><b>Źródło wtórne (akumulator)</b></p>	<p><b>Profil zapotrzebowania na moc (profil odbiorników)</b></p> <p><b>Produkcja wymuszona źródła (OZE, MPPT)</b></p> <p><b>Źródło regulacyjno-bilansujące (silnik spalinowy: diesel, metan, biogaz, wodór, ...)</b></p> <p><b>Zasobnik (akumulator, zasobnik gazu)</b></p>

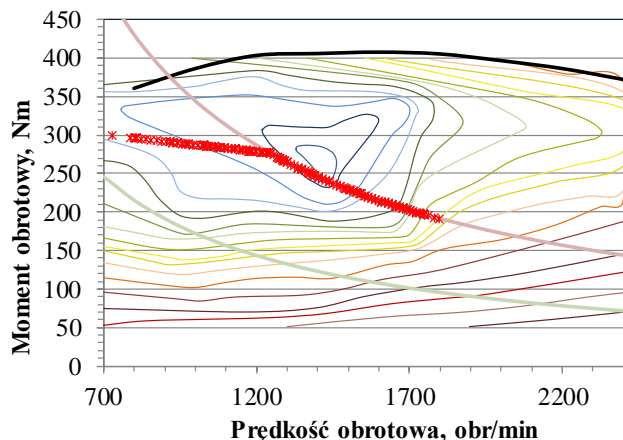
### Analogie między kryteriami sterowania w HEV i OK4+

HEV	OK4+
<p><b>Minimalizacja zużycia paliwa</b></p> <p><b>Wielokryterialna minimalizacja kosztu globalnego*</b> obejmującego zużycie paliwa (w tym paliwowy ekwiwalent sprawności przetwarzania energii elektrycznej i odzysku energii hamowania) oraz trwałości zasobnika (koszt magazynowania energii)</p>	<p><b>Maksymalizacja wykorzystania energii OZE na potrzeby własne, <i>self dispatching</i> (WEK – ekonomiczny rozdział obciążenia ERO)</b></p> <p><b>Wielokryterialna minimalizacja kosztu globalnego*</b> obejmującego zakupioną i zużywaną energię oraz paliwa (w tym energetyczny ekwiwalent sprawności przetwarzania energii OZE i współczynnik <i>net meteringu</i>) oraz trwałość zasobników (koszt magazynowania energii)</p>

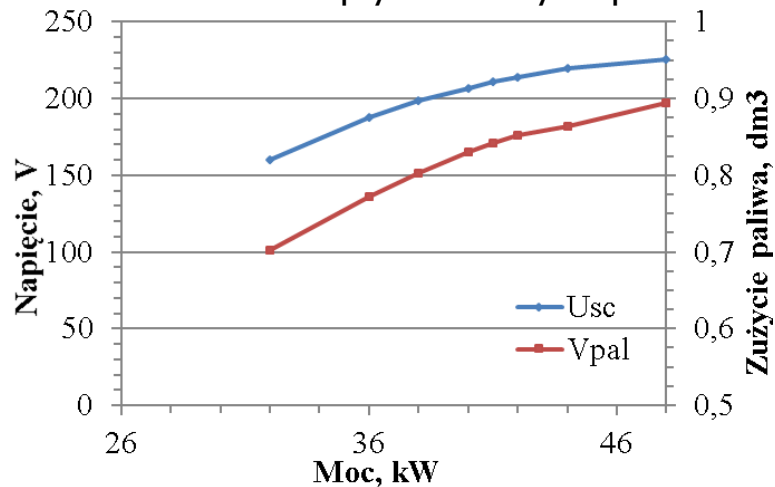
Koszt globalny – ograniczony do obszaru wg slajdu 46, rozpatrywany w kontekście kosztów eksploatacyjnych.

## HEV

Minimalizacja zużycia paliwa – kontrola punktu pracy silnika spalinowego, przekładnie bezstopniowe

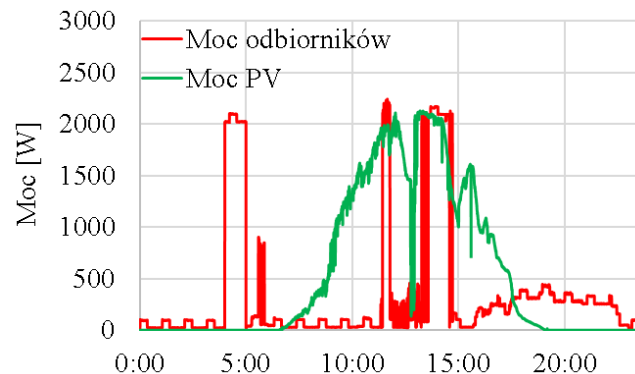


Sterowanie pojemnością i stopniem wykorzystania akumulatora – wpływ na zużycie paliwa

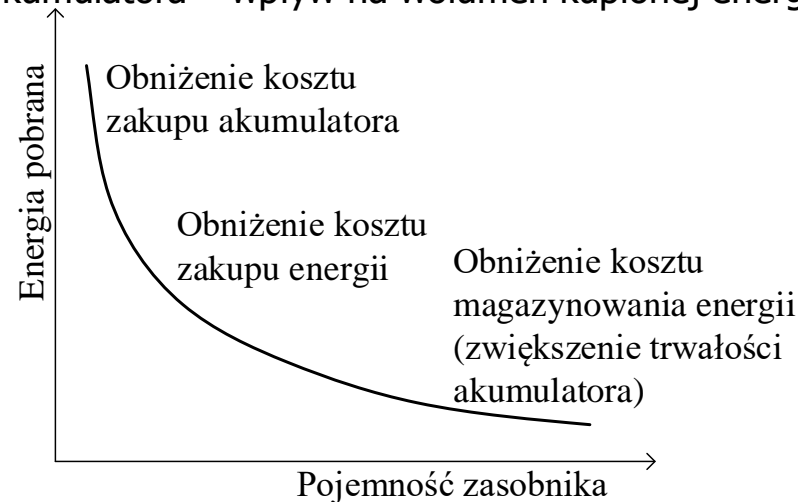


## OK4+

Maksymalizacja wykorzystania energii – sterowanie pracą odbiorników, DSM/DSR

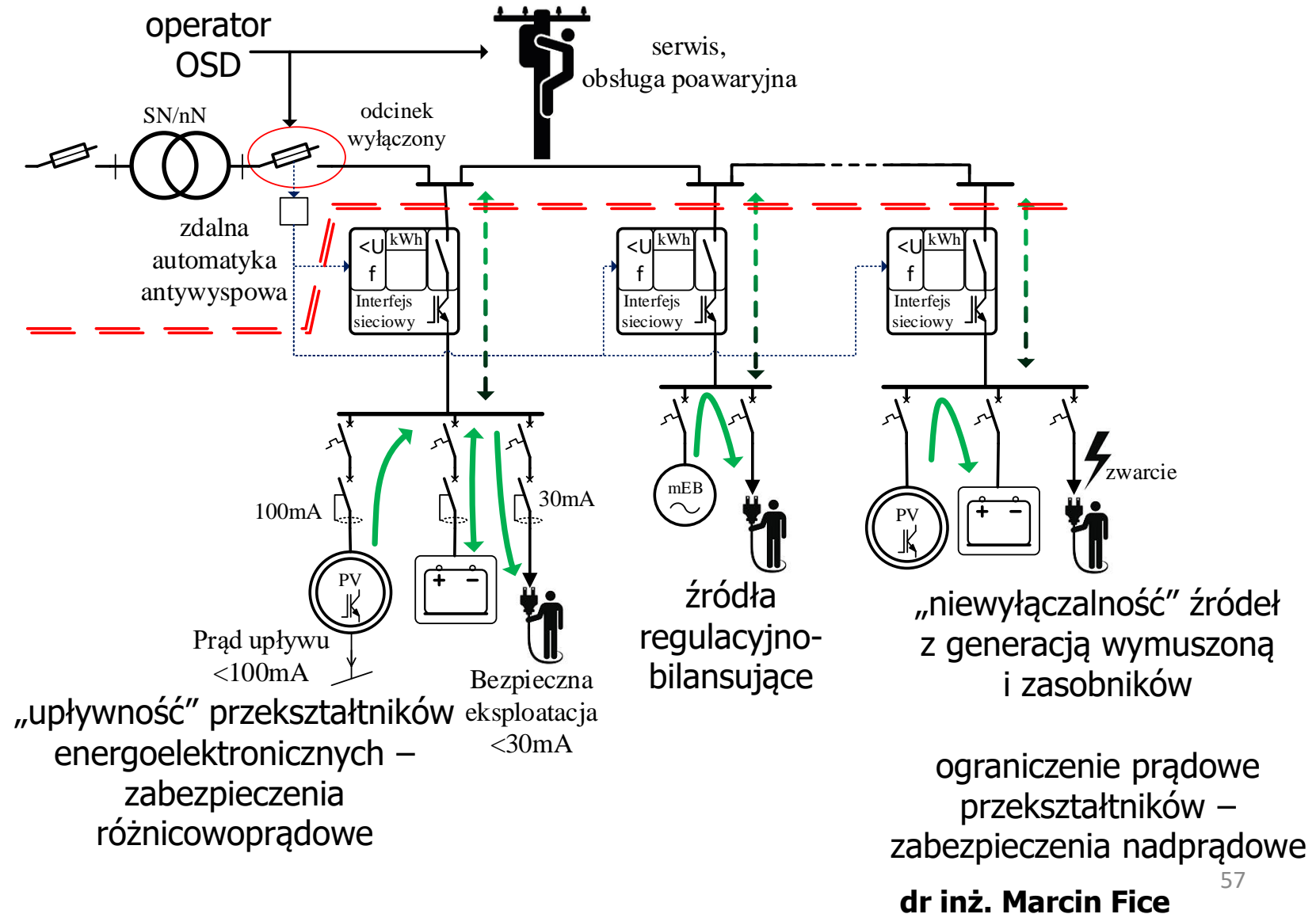


Sterowanie pojemnością i stopniem wykorzystania akumulatora – wpływ na wolumen kupionej energii





# AUTMATYKA ZABEZPIECZENIOWA (OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA) DLA SIECI SEMI OFF-GRID – koordynacja infrastruktury: „ochrona przeciwporażeniowa”, „automatyka zabezpieczeniowa” i „sterowanie”



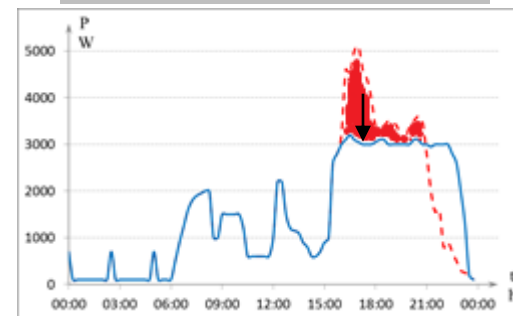
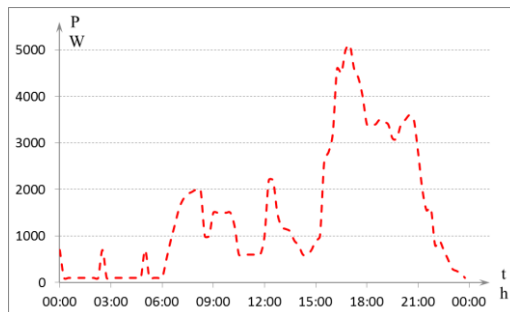
# SYGNAŁY STERUJĄCE / MECHANIZMY RYNKOWE

sygnał/mechanizm

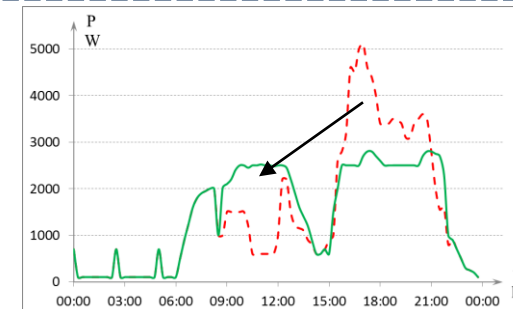
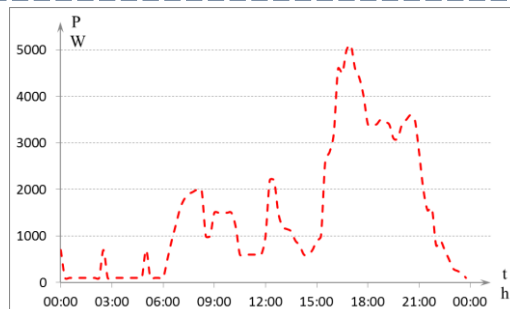
profil - stan początkowy

efekt

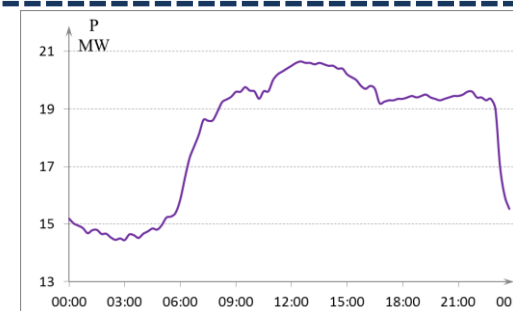
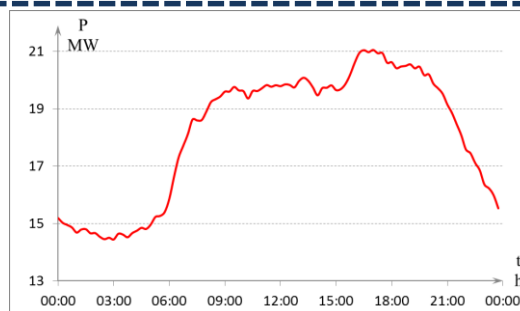
DSM/DSR



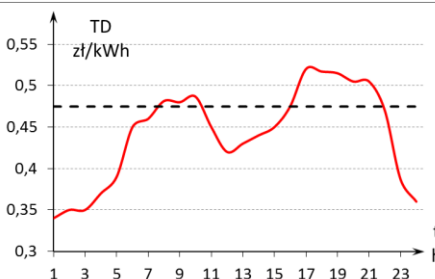
IoT



TD, CCR



taryfa dynamiczna



dr hab. inż. Krzysztof Dębowski



# WYKORZYSTANIE UKŁADÓW ENERGOELEKTRONICZNYCH DO ZARZĄDZANIA PRZEPŁYWAMI NA OSŁONACH OK1 DO OK5: PRAKTYKA I KONCEPCJE

**Funkcjonalności układów energoelektronicznych:**

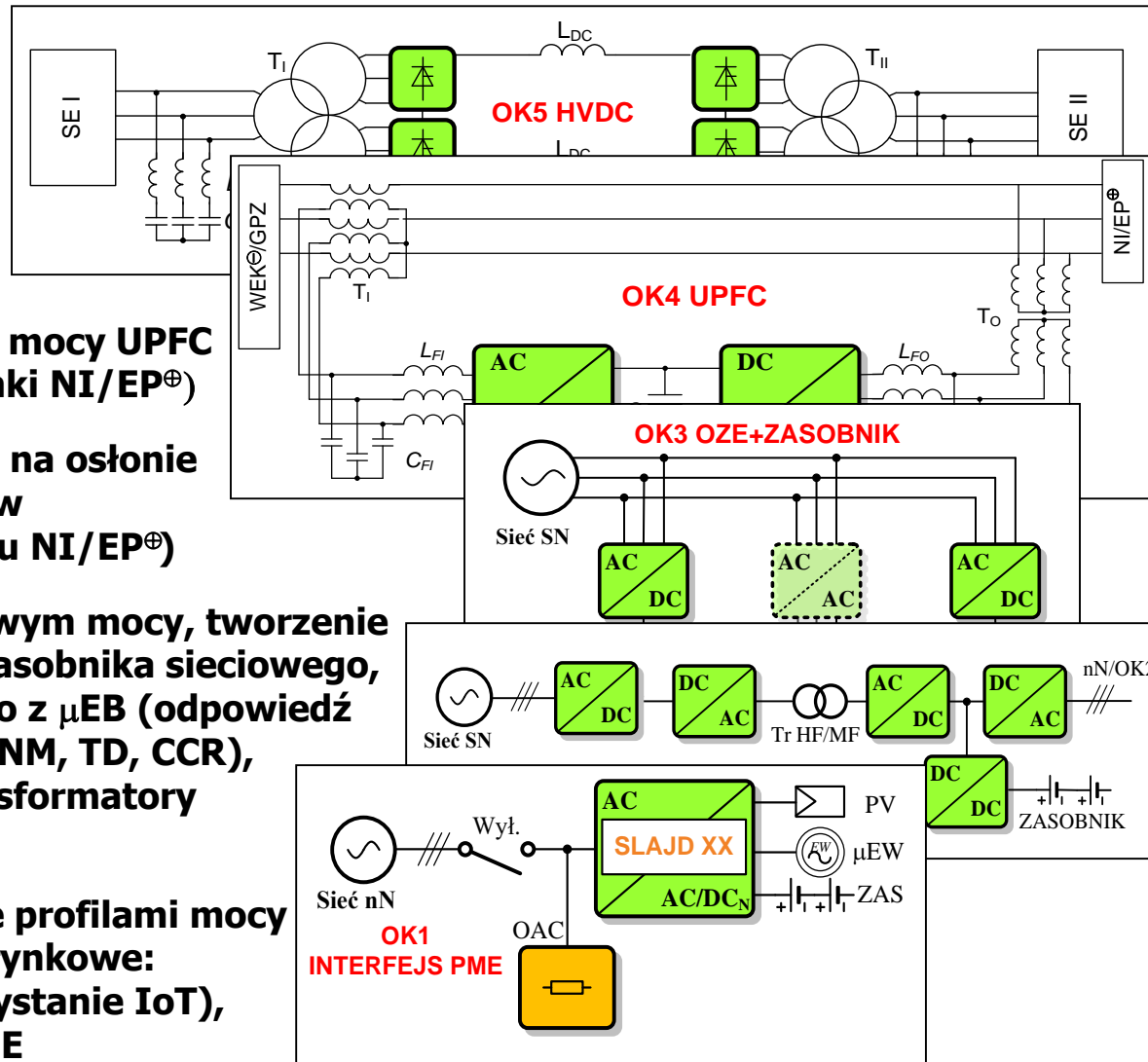
**OK5** – kontrola przepływów, HVDC/przesuwniki fazowe (*coupling market*)

**OK4** – kontrola przepływów, uniwersalne sterowniki przepływu mocy UPFC (sprzęgła łączące rynek WEK<sup>⊖</sup> i rynki NI/EP<sup>⊕</sup>)

**OK3** – algorytmiczne bilansowanie na osłonie wirtualnej (wspomaganie procesów regulacyjno-bilansujących na rynku NI/EP<sup>⊕</sup>)

**OK2** – zarządzanie profilem węzłowym mocy, tworzenie wyspy energetycznej, integracja zasobnika sieciowego, integracja zasobnika regulacyjnego z  $\mu$ EB (odpowiedź na sygnały rynkowe: DSM/DSR, WNM, TD, CCR), przekształtniki zasobnikowe / transformatory energoelektroniczne

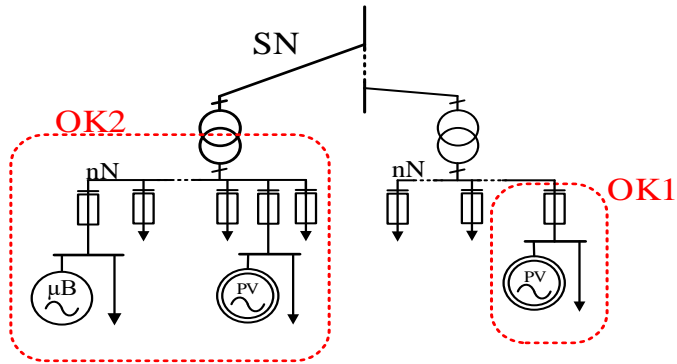
**OK1** – *selfdispatching*/zarządzanie profilami mocy w osłonie (odpowiedź na sygnały rynkowe: DSM/DSR, WNM, TD, CCR, wykorzystanie IoT), prototypowy interfejs sieciowy PME



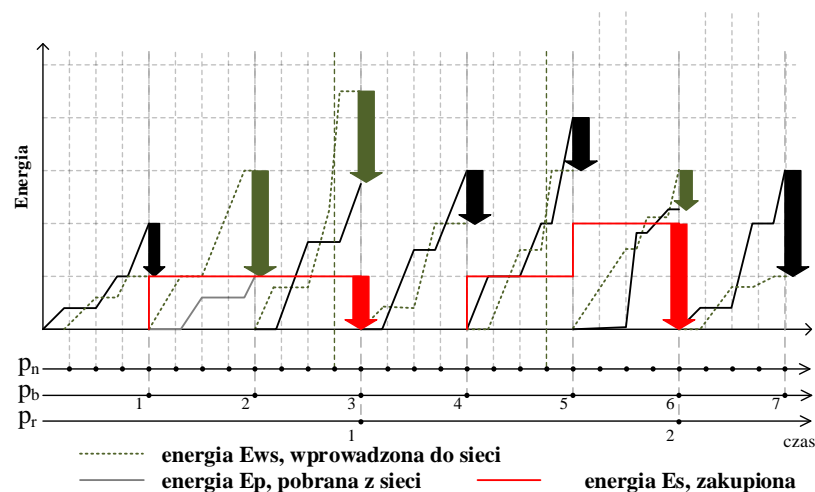
# NET METERING NA OSŁONACH KONTROLNYCH OK1 DO OK3 W MIEJSCE OPŁATY SYSTEMOWO-SIECIOWEJ (DYSTRYBUCYJNEJ): PRAKTYKA I KONCEPCJE

**Net-metering węzły:** układ pomiarowy w węźle przyłączeniowym:

- prosumenckim (PPE)
- spółdzielni energetycznej (transformator SN/nN)

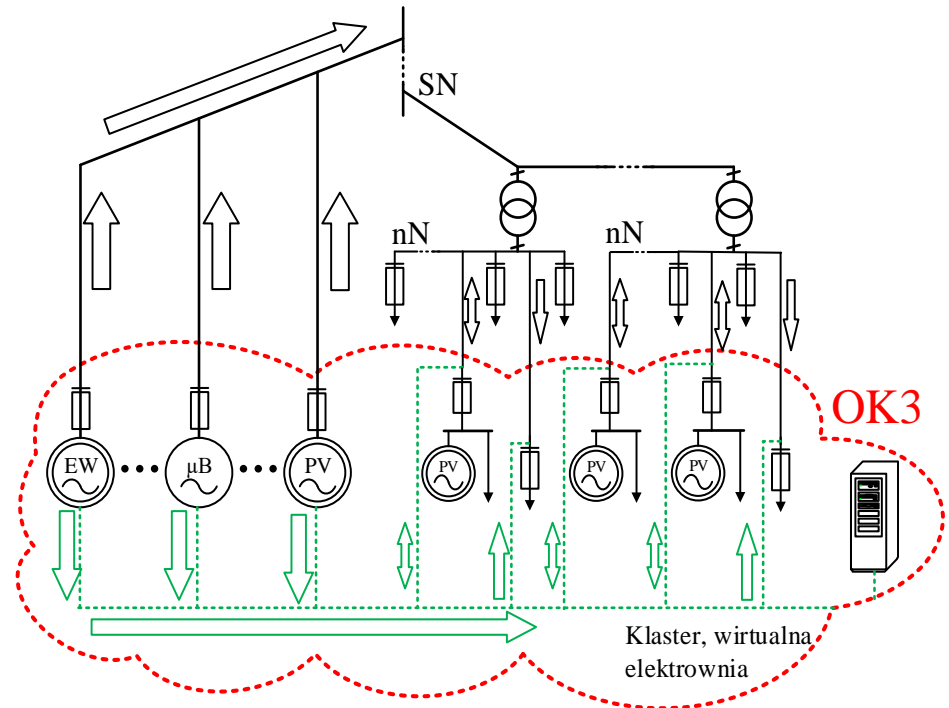


**Procesy naliczania, bilansowania, rozliczeniowy i ich znaczniki czasowe**



**Net-metering wirtualny, algorytmiczny**

– uczestnicy (spółdzielnia energetyczna, klastery, wirtualna elektrownia) rozproszeni w chmurze, przyłączeni do współdzielonej sieci dystrybucyjnej



— połączenia rzeczywiste  
- - - - - połączenia wirtualne

→ przepływy rzeczywiste  
→ przepływy wirtualne

# SYMULATOR LabVIEW DO BADAŃ ROZWOJOWYCH MONO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE (BADANIA NA MIEDZIANEJ PŁYTCIE)

Sześć modeli komputerowych do opisu wszystkich technologii wytwórczych (17 technologii w 7 kategoriach)  
 Wykorzystanie rzeczywistych profili produkcji oraz zapotrzebowania z podziałem na trzy segmenty (obszary wiejskie, miasta, przemysł) dla roku 2015

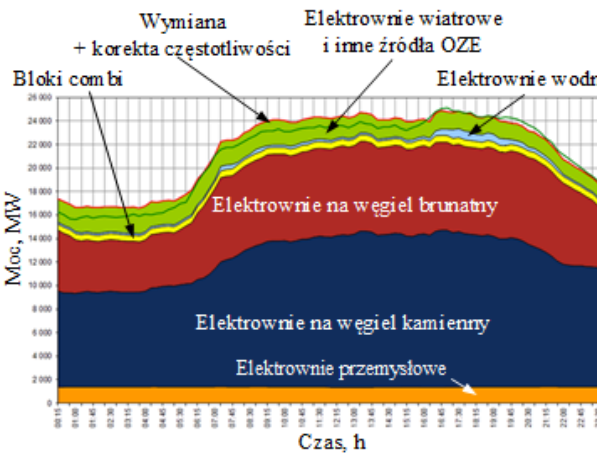
Dwa algorytmy pracy źródeł wytwórczych  
 2015 – praca grafikonowa – rynek bilansujący  
 2050 – metoda nowej energetyki – bilansowanie w elektrowniach wirtualnych, klastrach/spółdzielniach energetycznych

## MODELE KOMPUTEROWE TECHNOLOGII

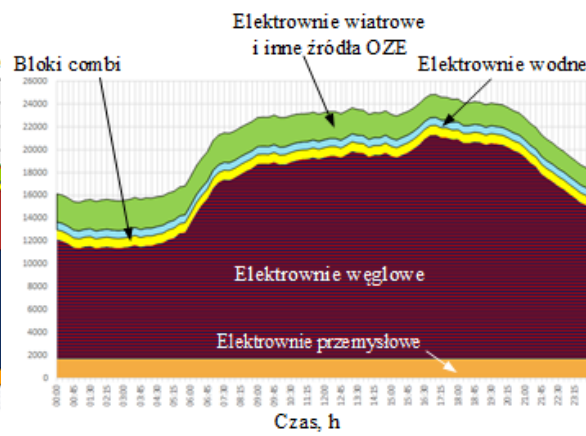
2015	2050
Źródła o stałej/zadanej mocy elektrociepłownie przemysłowe elektrownie wodne	Źródła o stałej/zadanej mocy elektrownie wodne inne źródła OZE
Źródła z produkcją wymuszoną elektrownie wiatrowe źródła PV	Źródła z produkcją wymuszoną elektrownie i mikro elektrownie wiatrowe źródła PV, elektrownie wiatrowe morskie
Biogazownie z i bez zasobnika rolnicze z oczyszczalni ścieków i wysypisk	Biogazownie z zasobnikiem rolnicze z oczyszczalni ścieków i wysypisk
Transfer paliwowy mikro bloki Combi	Transfer paliwowy mikro elektrownie diesla mikro bloki Combi
Elektrownie węglowe elektrownie węglowe współspalanie	-
Magazyny energii elektrownie szczytowo-pompowe	Magazyny energii elektrownie szczytowo-pompowe akumulatory

Doba największego zapotrzebowania 07.01.2015

Profil rzeczywisty

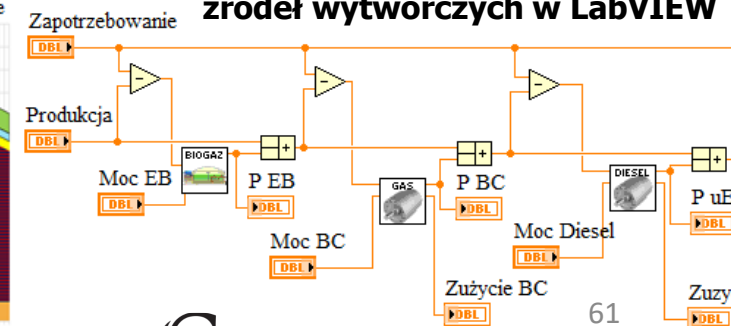


Profil symulowany



bilansowanie

Fragment algorytmu pracy źródeł wytwórczych w LabVIEW



# STRUKTURA SYSTEMOWO-SIECIOWA MONO RYNEK/RYNKI ENERGII ELEKTRYCZNEJ (MREE)

**Adekwatność mechanizmów rynkowych (cenowych) i infrastruktury technicznej (odbiorników, sieci, źródeł oraz systemów zarządzania, czyli automatyki i sterowania) – nowy fundament rynku**

## Struktura regulacyjno-bilansująca

1. Pierwsza strefa synchroniczna (ISS) – system 110/220/400 kV – rynek hurtowy
2. Druga strefa synchroniczna (IISS) – infrastruktura sieciowa SN/nN – rynki klastrowe
3. Inna obiektowa infrastruktura synchroniczna – infrastruktura SN/nN – prosumenci (*self dispatching*)

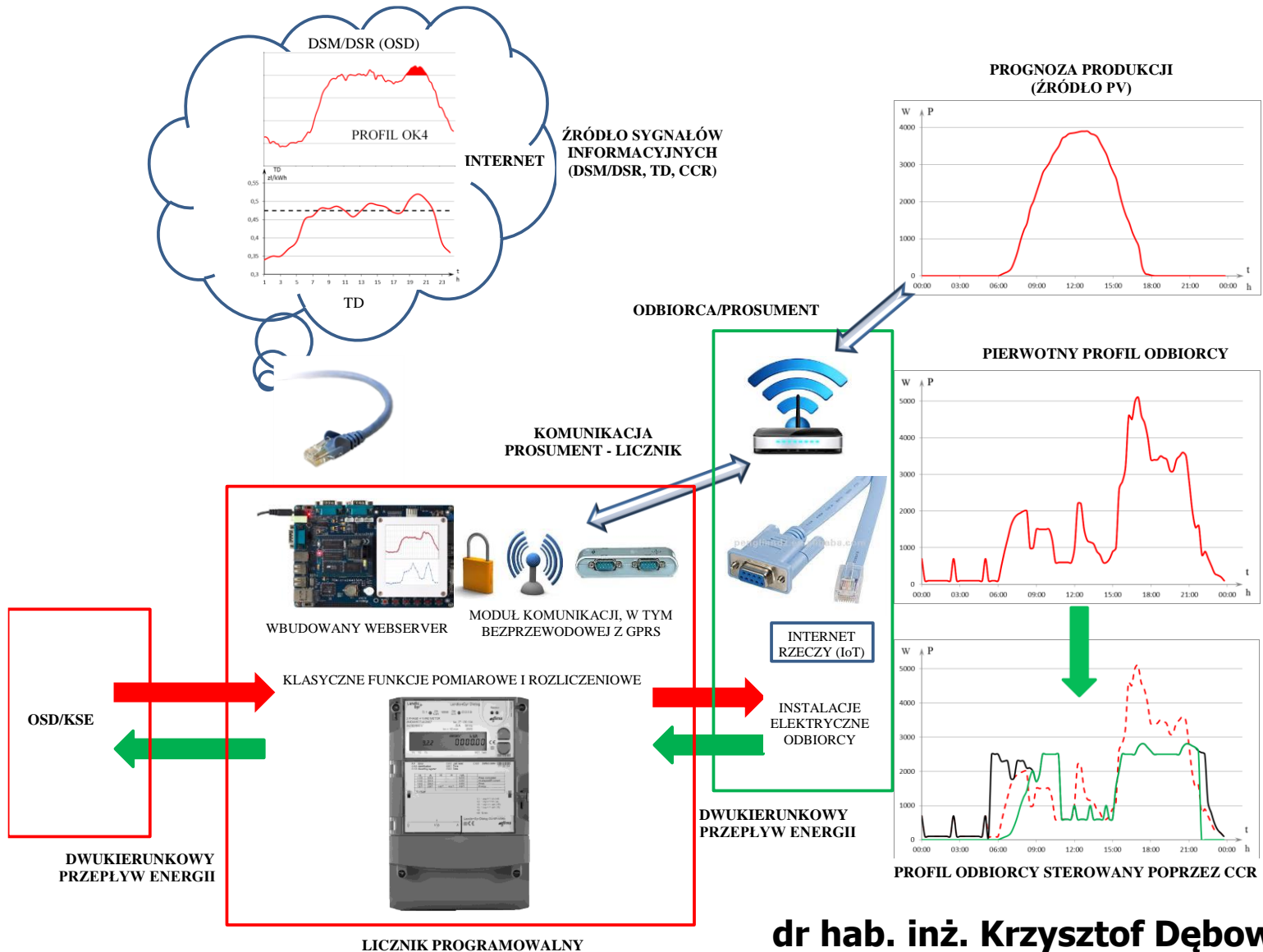
## Struktura sygnałów sterujących

1. Częstotliwość (ISS-IISS)
2. Moc (wszystkie osłony kontrolne)
3. Energia (osłony z aktywnym *net meteringiem*)

## Ceny jako sygnały sterujące

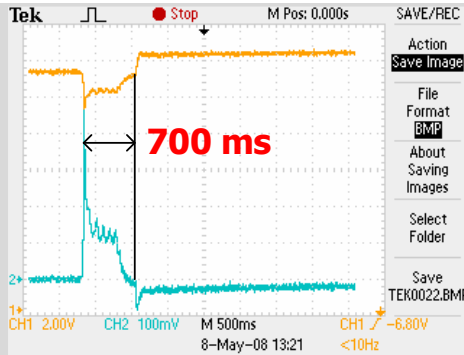
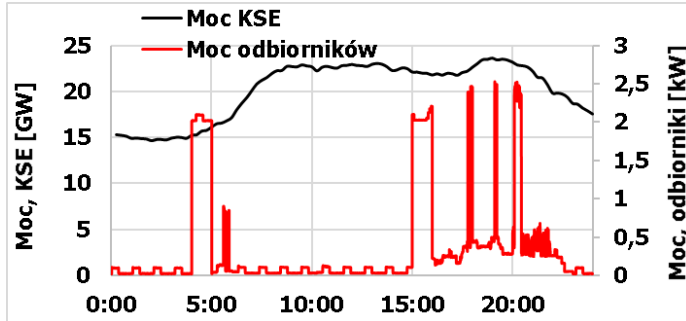
1. Rynek bilansujący (głównie OK4)
2. *Market coupling* (OK5)
3. Rynki TGE (głównie OK4)
4. Rynek/rynk MREE (OK1 do OK4; NI/odbiorcy/prosumenci; DSM/DSR, TD, CCR, IoT)

# FUNKCJONALNOŚCI LICZNIKÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ NA OSŁONACH OK1 DO OK4 W KONTEKŚCIE CENOTWÓRSTWA CCR: PRAKTYKA I KONCEPCJE



# ZARZĄDZANIE PRZEPŁYWAMI NA OSŁONACH OK1 ORAZ OK2 Z DOKŁADNOŚCIĄ DO REGULACJI PIERWOTNEJ W KASE: SYMULATOR *HARDWAROWO-SOFTWAROWY* (wersja laboratoryjna)

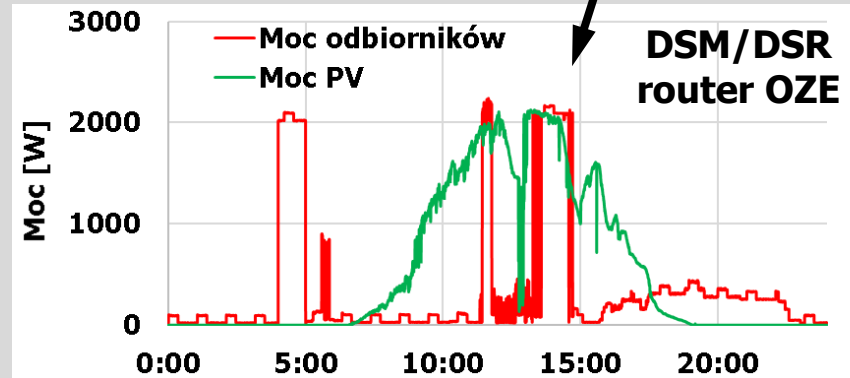
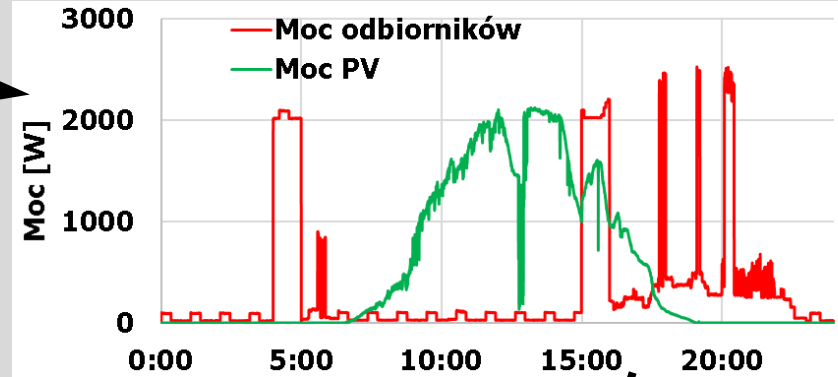
## Regulacja pierwotna i wtórna



**generatory  
spalinowe  
(czas rozruchu  
ze stanu zimnego)**

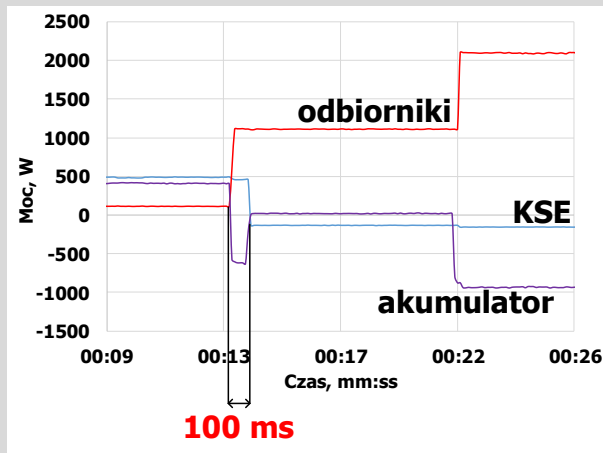


## Regulacja i bilansowanie na rynkach NI/EP<sup>+</sup>



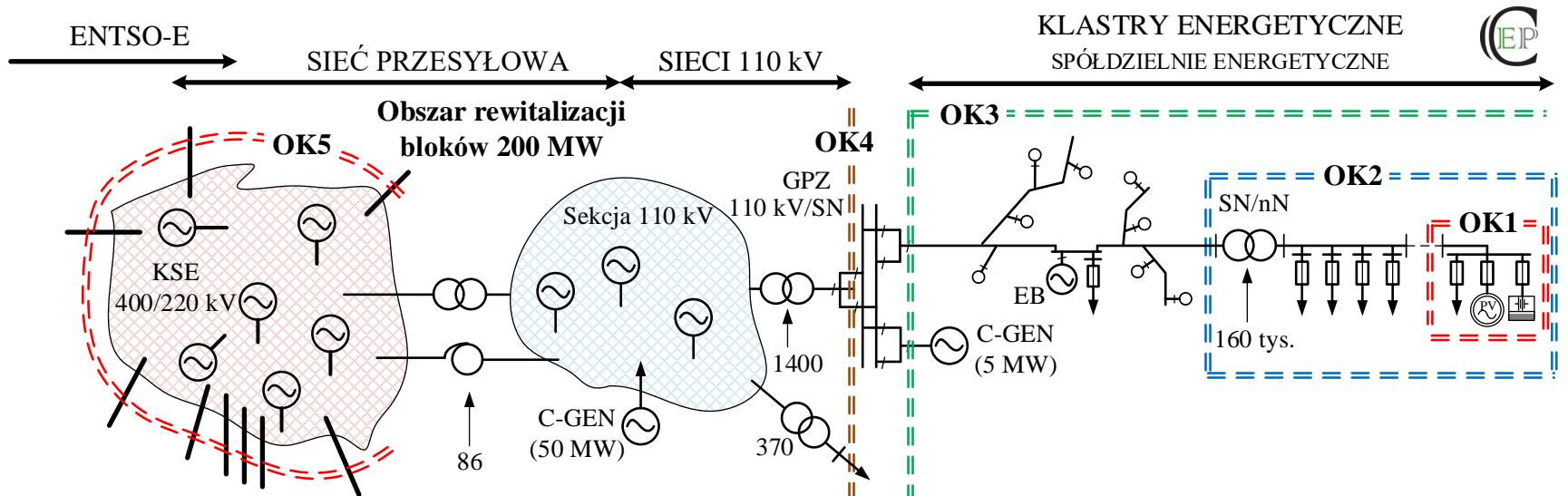
**DSM/DSR  
router OZE**

**akumulator  
(dynamika  
regulacji)**





# OBSZARY REGULACJI CZĘSTOTLIWOŚCI I MOCY



I strefa synchroniczna

II strefa synchroniczna

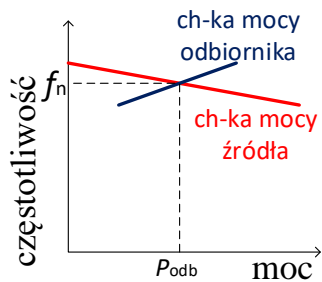
**Priorytet: regulacja częstotliwości**  
**Sygnal: zapotrzebowanie na moc**

**Priorytet: regulacja mocy**  
**Sygnal: napięcie, częstotliwość**

Jednostki wytwórcze centralnie dysponowane

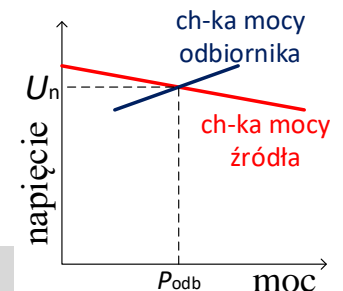
Źródła wiatrowe i biogazowe, generatory spalinowe DSM/DSR (OHT)

PME: PV, przekształtniki,  $\mu$ EB, akumulatory, SC, strażnik mocy



<49,98 Hz, 50,02 Hz>  
**stan pracy normalnej**

<49,8 Hz, 49,98 Hz> i <50,02 Hz, 50,2 Hz>  
 odchyłka quasi-stacjonarna  
 (49,2 Hz, 49,8 Hz) i (50,2 Hz, 50,8 Hz)  
 maksymalna odchyłka dynamiczna  
**regulacja pierwotna i wtórna**



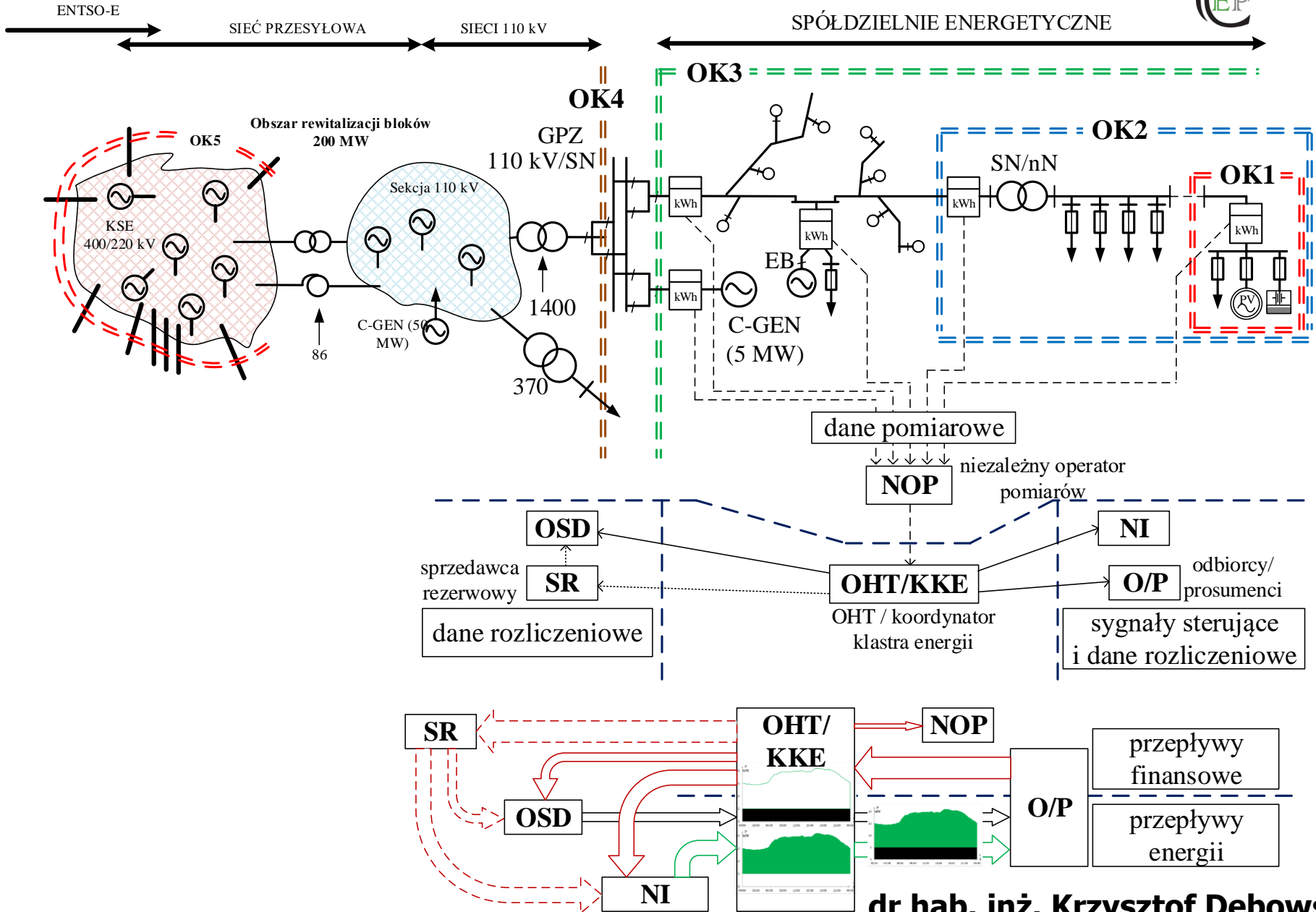
<48 Hz, 49 Hz>  
**awaryjny zrzut obciążenia**

<48 Hz **black out**

(42,5Hz, 57,5Hz)  
**wyspa OK4, OK3, OK2, off-grid OK2, OK1**

# PRZEPŁYWY ENERGII I ROZLICZENIA FINANSOWE

KLASTRY ENERGETYCZNE  
SPÓŁDZIELNIE ENERGETYCZNE



**dłaczego**  
**NIEZALEŻNI OPERATORZY POMIARÓW**  
**są potrzebni?**

**bo**  
**SZYBKI I OTWARTY MONO RYNEK ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE**  
**jest nieuchronny**

**a co to jest?**  
**jest to:**

**RYNEK, NA KTÓRYM BALASTEM (DLA UŻYTKOWNIKÓW USŁUG**  
**MULTIENERGETYCZNYCH) STAJE SIĘ ENERGETYKA WEK**

**jakie muszą mieć kompetencje i jakie potrzeby muszą zaspakajać operatorzy NOP?**

**trzy obszary kompetencji i potrzeb:**

- 1. Zdolność działania w strefie cienia operatora OSD(SN/nN), tzn. zdolność działania w środowisku ograniczeń systemowo-sieciowych infrastruktury SN/Nn, integrującej otwarty zbiór technologii wytwórczych NI z otwartym zbiorem prosumenckich infrastruktur multienergetycznych**
- 2. Zdolność do obsługi rozliczeń na rynku cenotwórstwa czasu rzeczywistego (CCR), czyli na rynku, na którym czasy transakcyjne w tendencji będą kilkuminutowe, np. równe 5 minut**
- 3. Otwarcie, w tendencji, na implementację, do billingu na otwartym mono rynku energii elektrycznej OZE, dwóch przełomowych technologii: po pierwsze, pełnego (źródło-odbiornik) Internetu IoT, a po drugie, technologii *blockchain* (umożliwiającej transakcje na kryptowalutach, np. na kryptowalucie *bitcoin*)**

## Dokładność pomiaru – układy pomiarowe i parametry metrologiczne

### Dokładność rozliczeń – mechanizmy matematyczne

#### **Bilansowanie mocy/energii**

Dla instalacji trójfazowych stosowane bilansowanie/rozliczanie fazowe sumaryczne lub z rozdzieleniem faz

**Efekt:** możliwość uzyskania dwóch różnych **równoprawnych** wyników w tym samym okresie; dla OZE jedno- i dwu-fazowych zawyżanie kosztów energii

**Rozwiązanie:** bilansowanie fazowe sumaryczne mocy/energii w liczniku, a nie u operatora

#### **Rozliczanie energii biernej**

Opłata naliczana za całą energię bierną w okresie rozliczeniowym przy okresowych tylko przekroczeniach współczynnika mocy biernej

**Efekt:** opłaty również za okres kiedy nie było przekroczenia współczynnika mocy biernej

**Rozwiązanie:** naliczanie opłat na podstawie rzeczywistego odczytu z licznika

#### **Okresy bilansujące i rozliczeniowe**

Możliwość ustalenia dowolnego okresu bilansowania *net meteringu*, tożsamego z okresem rozliczenia wyrównawczego, nie dłuższego niż 365 dni

**Efekt:** wprowadzenie rozliczenia prognozowanego – kredytowanie operatora.

**Rozwiązanie:** rozdzielenie okresów bilansowania *net meteringu* od rozliczenia wyrównawczego; rozliczenie tylko na podstawie rzeczywistego odczytu

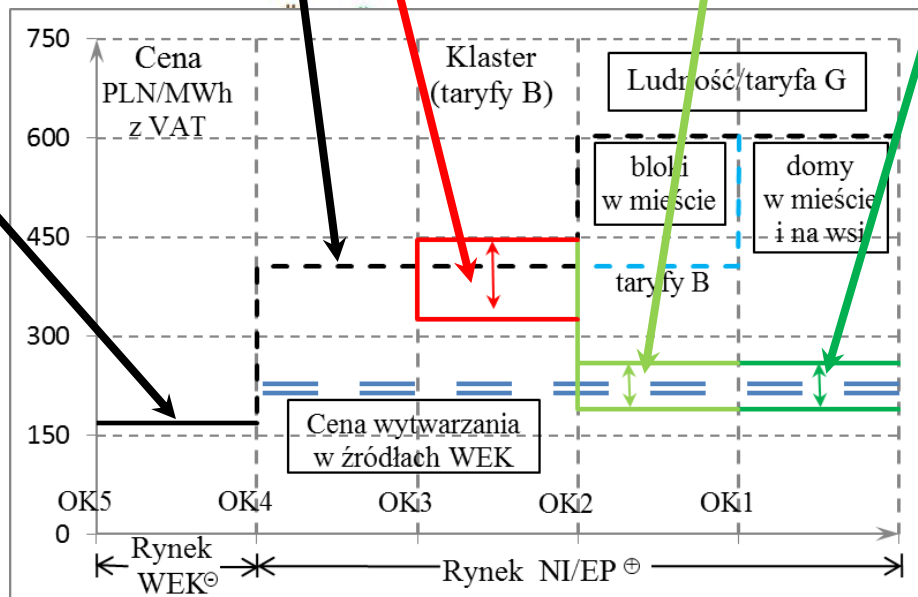
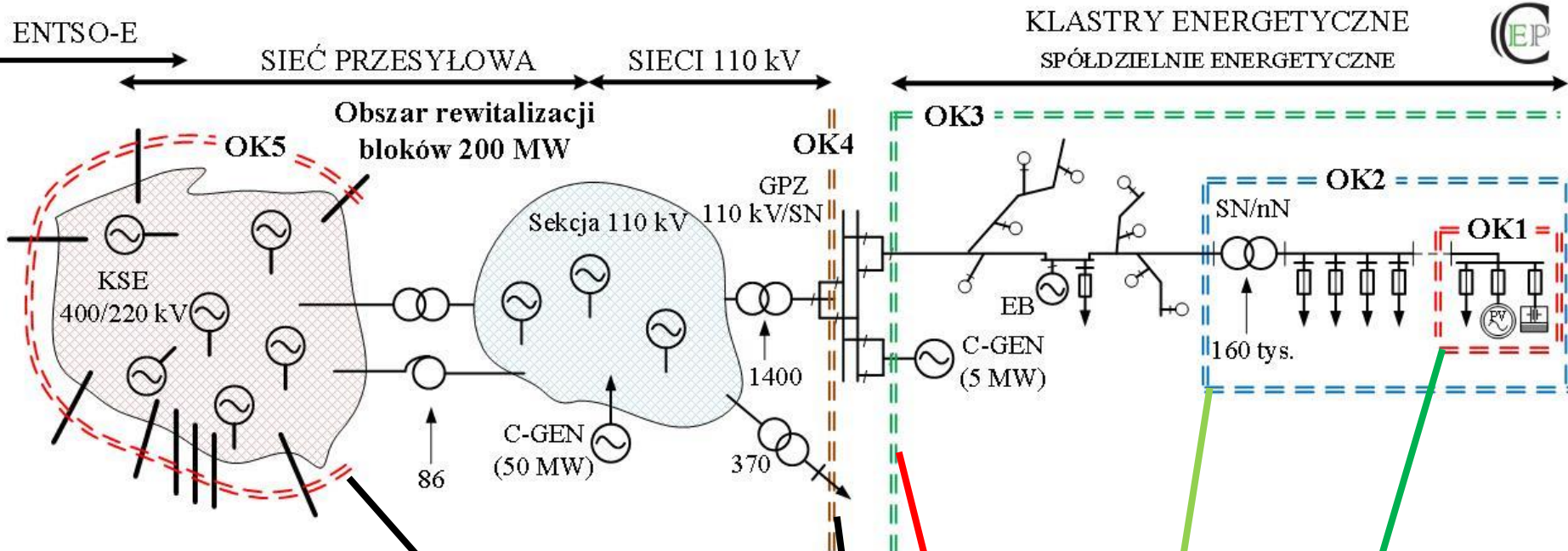
#### **Rozliczanie taryf wielostrefowych**

Uznaniowe ustalanie proporcji energii wprowadzanej do sieci w zależności od proporcji poboru w okresach taryfy wielostrefowej

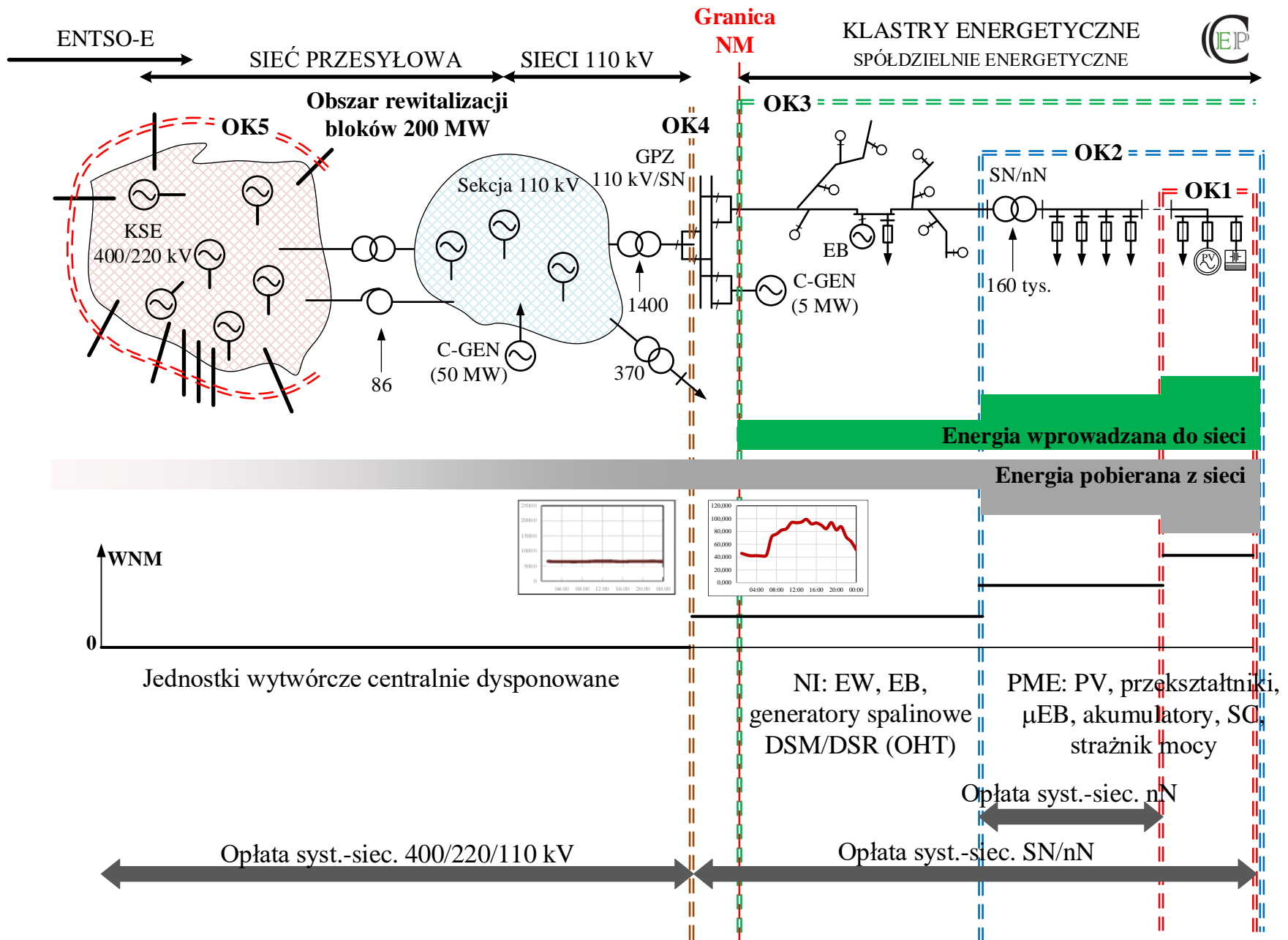
**Efekt:** przeniesienie rozliczenia energii fizycznie wprowadzonej do sieci w droższej taryfie do taryfy tańszej; zawyżanie kosztów za energię.

**Rozwiązanie:** rozliczanie na podstawie rzeczywistego odczytu z licznika

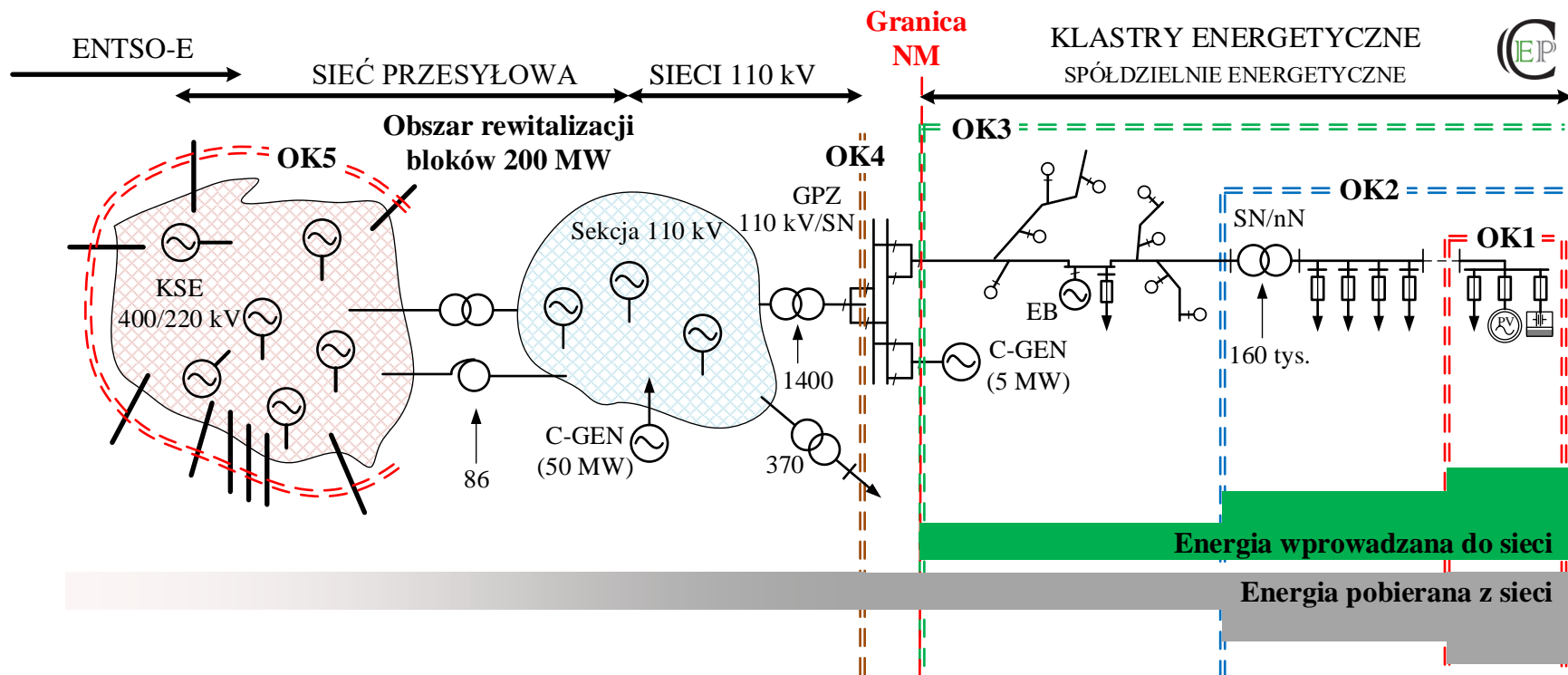
# TARYFY NA MONO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE antycypacja



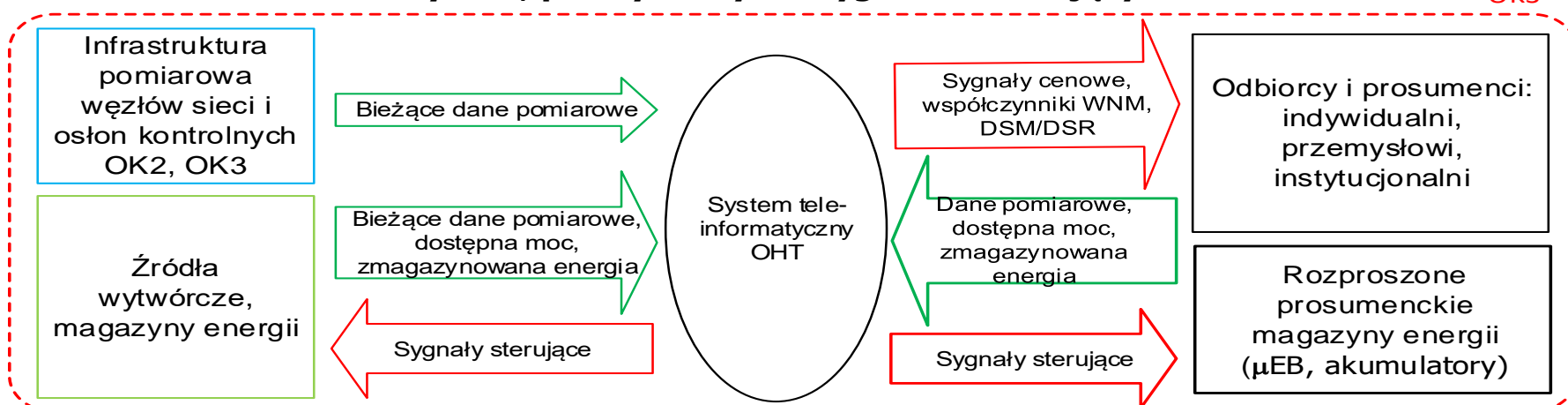
# NET-METERING



# NET-METERING

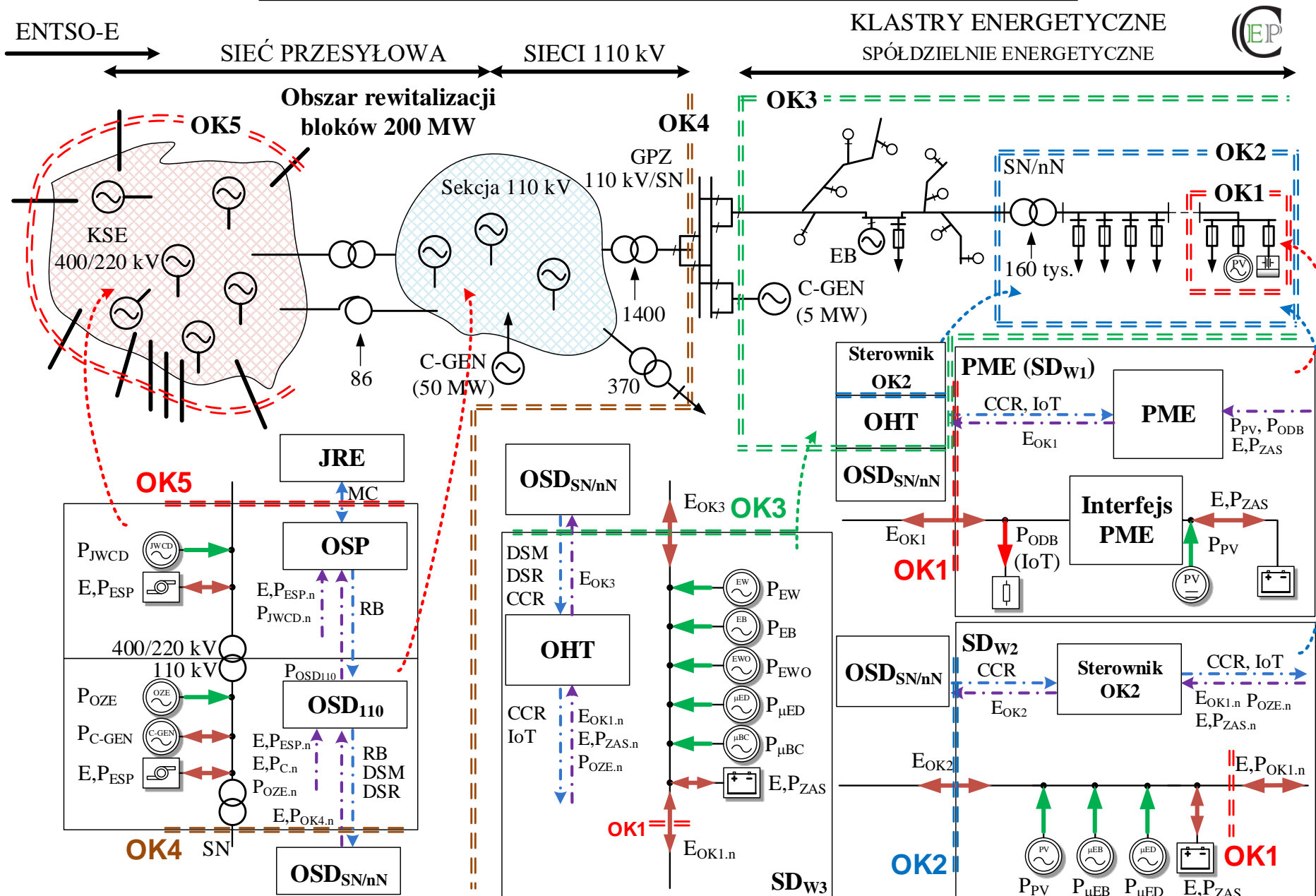


## Infrastruktura teleinformatyczna, przesył danych i sygnałów sterujących:





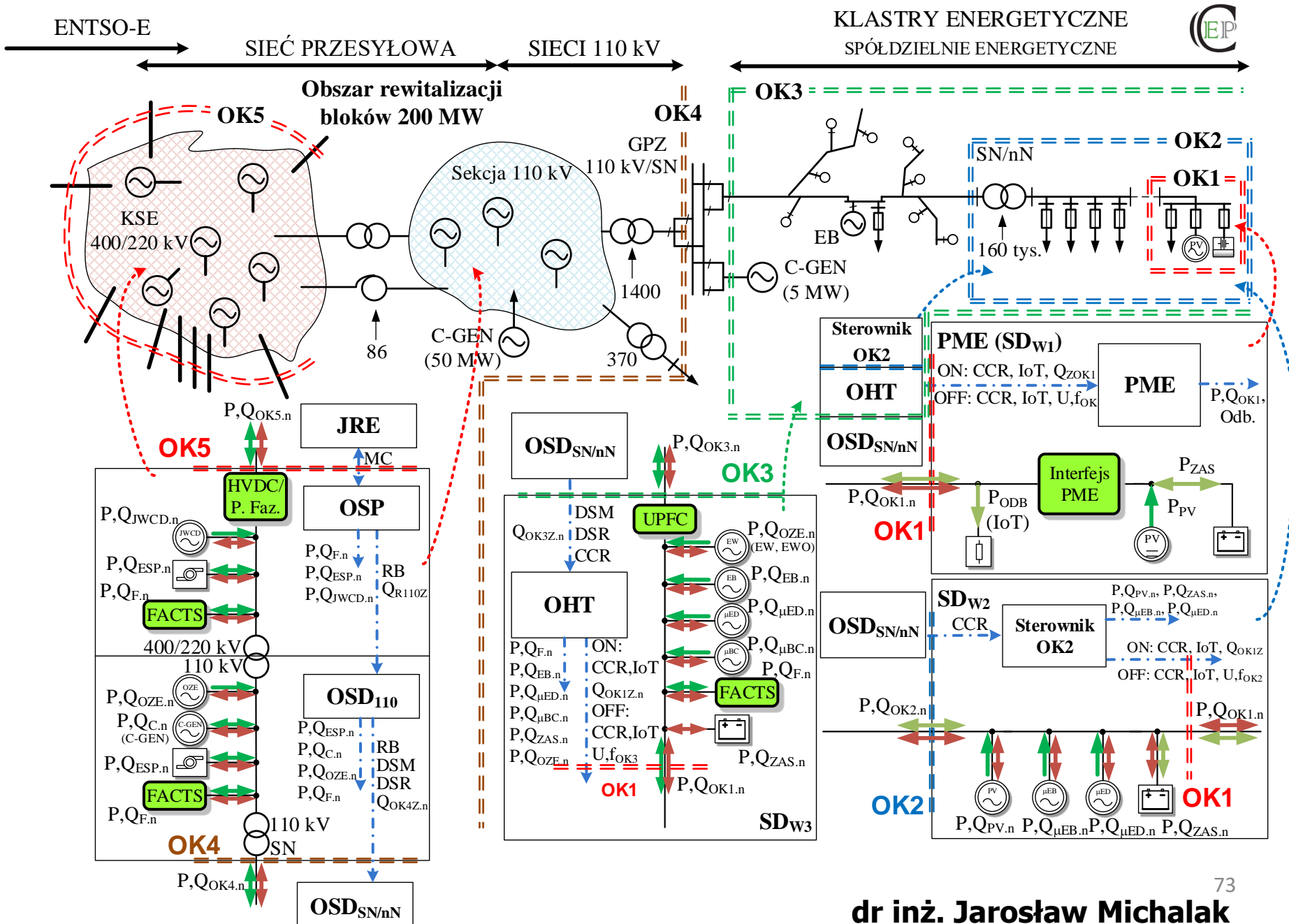
# STRUKTURA STEROWANIA W OBSZARZE ENERGII



dr inż. Krzysztof Bodzek



# STRUKTURA STEROWANIA W DZIEDZINIE MOCY



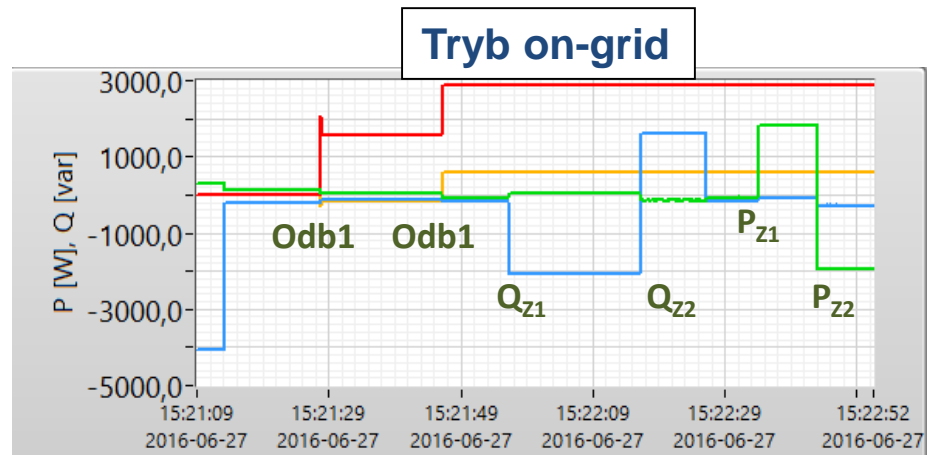
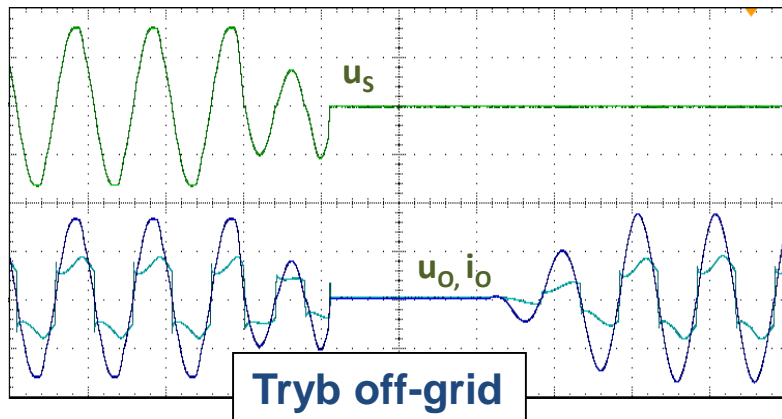
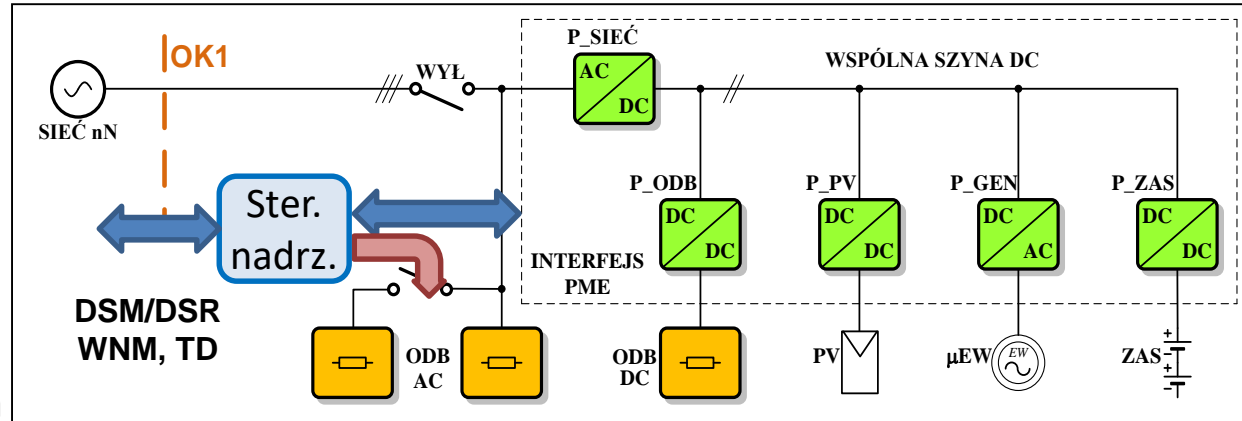
# ZARZĄDZANIE USŁUGAMI ENERGETYCZNYMI PROSUMENTA W OSŁONIE OK1 NA MONO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE: INTERFEJS SIECIOWY PME (wersja prototypowa)

**Ekonomika, komfort , self-dispatching:** zużycia energii na potrzeby własne, tryb off-grid (pewność zasilania), MPPT (OZE)

**Net metering/taryfa dynamiczna, blokowanie odwróconych profili zasilania:** dostosowywanie profili mocy w węźle do potrzeb (tryb on-grid), zerowa moc czynna (tryb semi-off-grid) **priorytety: I. energia na potrzeby własne; II. generacja mocy, III. pobór mocy**

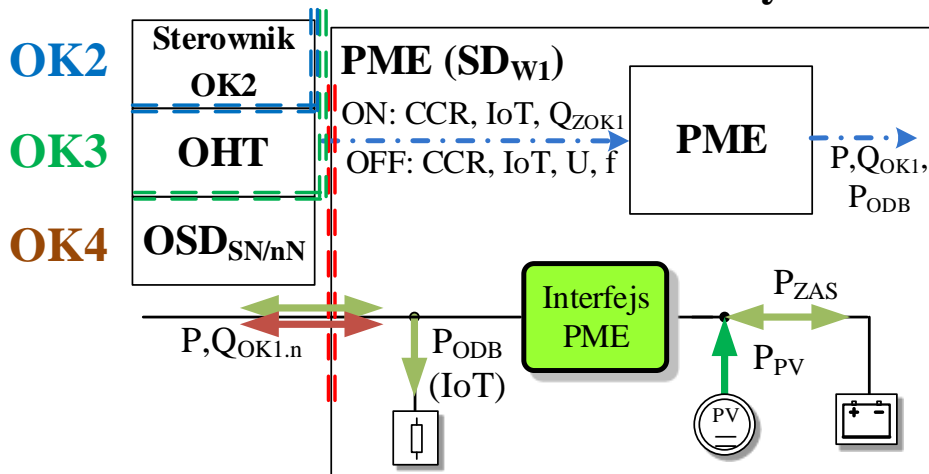
**Funkcje dodatkowe:** redukcja wpływu odbiorników AC na sieć – harmoniczne, symetryzacja prądów, generacja/ pobór mocy biernej na żądanie

## Interfejs PME: modularność, moc 5/3,5 kW (1-f.) ... 10 kW (3-f.)

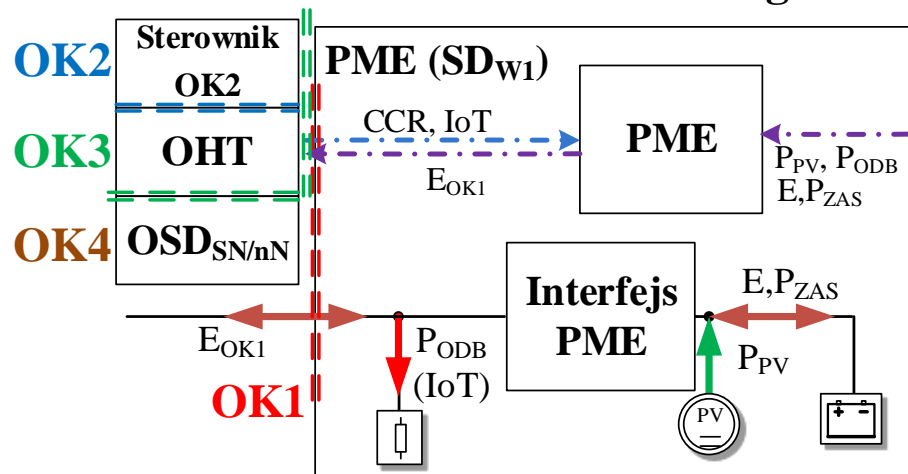


# STEROWANIE W DZIEDZINIE MOCY I ENERGII NA OSŁONIE OK1 W ŚRODOWISKU OSŁONY OK4

## Sterowanie w dziedzinie mocy



## Sterowanie w dziedzinie energii

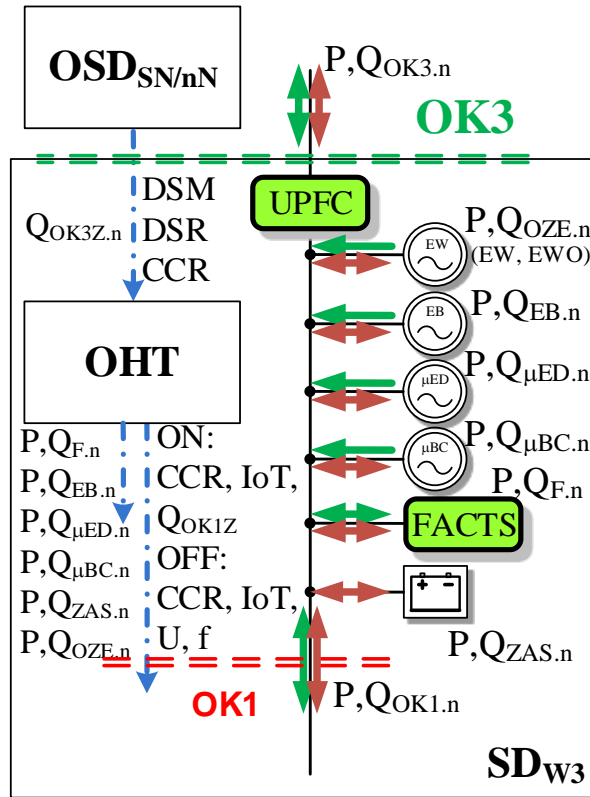


Użytkownik	Oslona wzspolzalna	Funkcje	Wymagania	Warstwa sprzetowa	Sterowanie
odbiorca	<b>OK2, OK3, OK4</b>	- pobór energii	- brak	- zabezpieczenie przedlicznikowe	- brak
„świadomy” odbiorca (prosument)	<b>OK2, OK3, (OK4)</b>	- pobór energii - sterowanie mocą	- sterowane odbiorniki	- programowalny strażnik mocy	- CCR - IoT
prosument z OZE	<b>OK2, OK3, OK4</b>	- pobór/produkcja energii - sterowanie mocą*	- źródła OZE - sterowane odbiorniki i/lub interfejs PME*	- programowalny strażnik mocy z inwerterem fotowoltaicznym i/lub - interfejs PME	- CCR* - IoT* - Q <sub>Z</sub> - U, f (off-grid)
prosument z OZE i AKU	<b>OK2, OK3, (OK4)</b>	- pobór/produkcja energii - sterowanie mocą* - wirtualny magazyn*	- źródła OZE - sterowane odbiorniki i/lub interfejs PME* - akumulator	- programowalny strażnik mocy z inwerterem fotowoltaicznym i/lub - interfejs PME	- CCR* - IoT* - Q <sub>Z</sub> - U, f (off-grid)

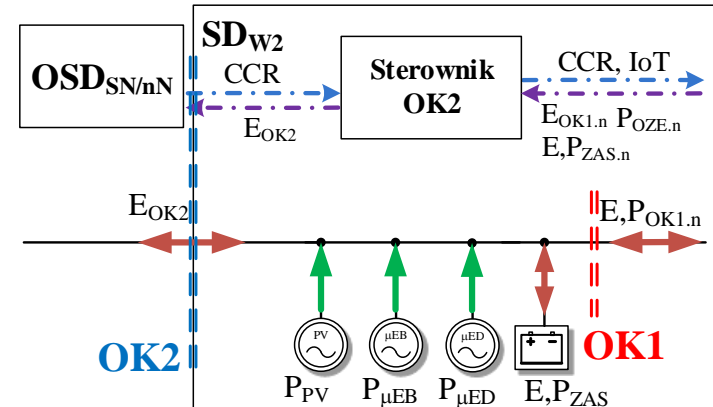
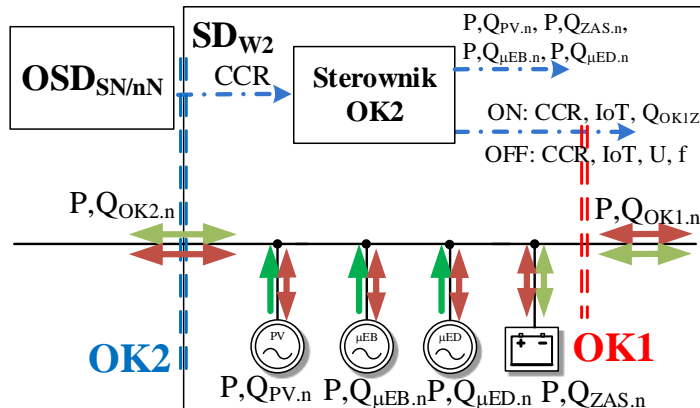
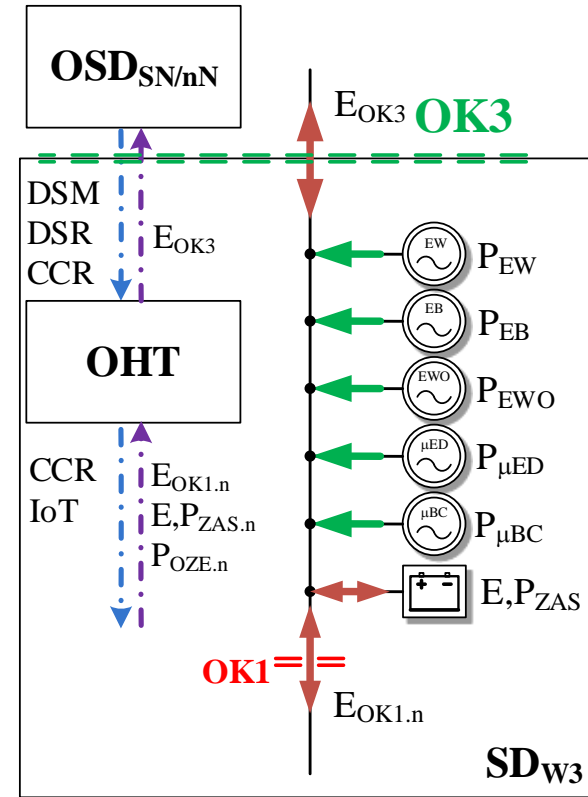
\*opcja

# STEROWANIE W DZIEDZINIE MOCY I ENERGII NA OSŁONACH OK2 ORAZ OK3 W ŚRODOWISKU OSŁONY OK4

## Sterowanie w dziedzinie mocy



## Sterowanie w dziedzinie energii



**OSD<sub>SN/nN</sub>** :rozliczenia (OK3 – OK1), serwis sieci SN/nN

dr inż. Jarosław Michalak, dr inż. Krzysztof Bodzek

## CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW STEROWANIA W OSŁONACH KONTROLNYCH OK2, OK3

Obiekt sterowania	Oslona	Funkcje	Warstwa sprzętowa	Sygnaly sterowania
źródła OZE (z produkcją wymuszoną)	OK2, OK3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- produkcja energii</li> <li>- regulacja pierwotna (ograniczanie mocy czynnej)</li> <li>- generacja mocy biernej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- źródła OZE</li> <li>- przekształtniki energoelektroniczne*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>P_{MAX}</math> OZE</li> <li>- <math>Q_{OZE}</math></li> <li>- U, f (off-grid)</li> </ul>
źródła bilansujące	OK2, OK3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- produkcja energii</li> <li>- bilansowanie mocy</li> <li>- regulacja pierwotna</li> <li>- generacja mocy biernej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- źródła OZE z zasobnikiem (biogazownia)</li> <li>- źródła oparte o silniki Diesla</li> <li>- bloki Combi (tylko OK3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>P_B</math></li> <li>- <math>Q_B</math></li> <li>- CCR</li> <li>- U, f (off-grid)</li> </ul>
zasobniki	OK3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bilansowanie energii</li> <li>- bilansowanie mocy</li> <li>- regulacja pierwotna</li> <li>- generacja mocy biernej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zasobniki energii</li> <li>- przekształtniki energoelektroniczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>P_{ZAS}</math></li> <li>- <math>E_{ZAS}</math></li> <li>- <math>Q_{ZAS}</math></li> <li>- CCR</li> <li>- U, f (off-grid)</li> </ul>
urządzenia FACTS	OK2, OK3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- regulacja pierwotna</li> <li>- generacja mocy biernej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zasobniki regulacyjne</li> <li>- przekształtniki energoelektroniczne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>P_F</math></li> <li>- <math>Q_F</math></li> <li>- U, f (off-grid)</li> </ul>
OK1	OK2, OK3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pobór energii</li> <li>- produkcja energii*</li> <li>- sterowanie mocą*</li> <li>- wirtualny magazyn*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- interfejs PME*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>P_{OK1}</math></li> <li>- <math>E_{OK1}^*</math></li> <li>- <math>Q_{OK1}^*</math></li> <li>- CCR*</li> <li>- IoT*</li> <li>- U, f (off-grid)</li> </ul>

\*opcja

dr inż. Jarosław Michalak, dr inż. Krzysztof Bodzek

# Symulator rozpyłu mocy w sieci nN

## Bilansowanie energii w węzłach

$$P_{Wi}|_t = \sum_{i=1}^n P_{PV_i}|_t - \sum_{i=1}^m P_{O_i}|_t$$

## Dane referencyjne

Węzeł	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Suma
PV, kW	0	6	0	2	0	0	5	2	0	15
Pobór, MWh/rok	3	6	2	4	4,5	2	5	3,5	6	36

Kierunek przepływu mocy

➔ od stacji SN/nN

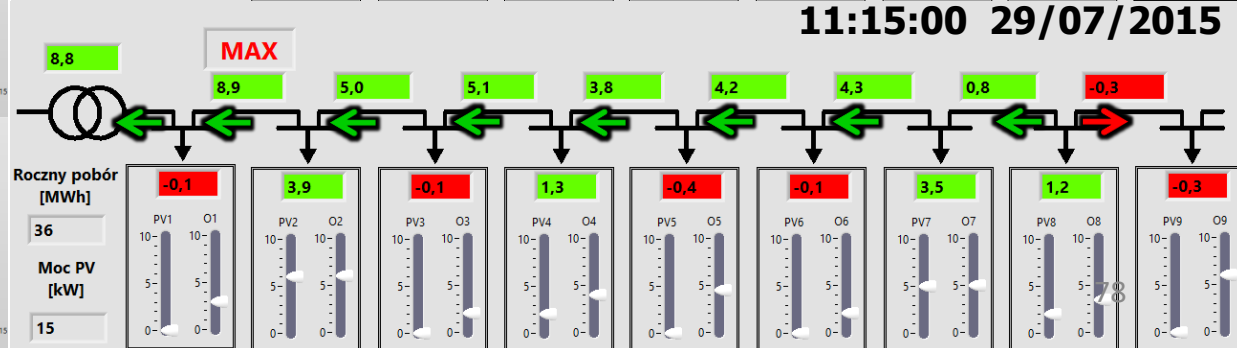
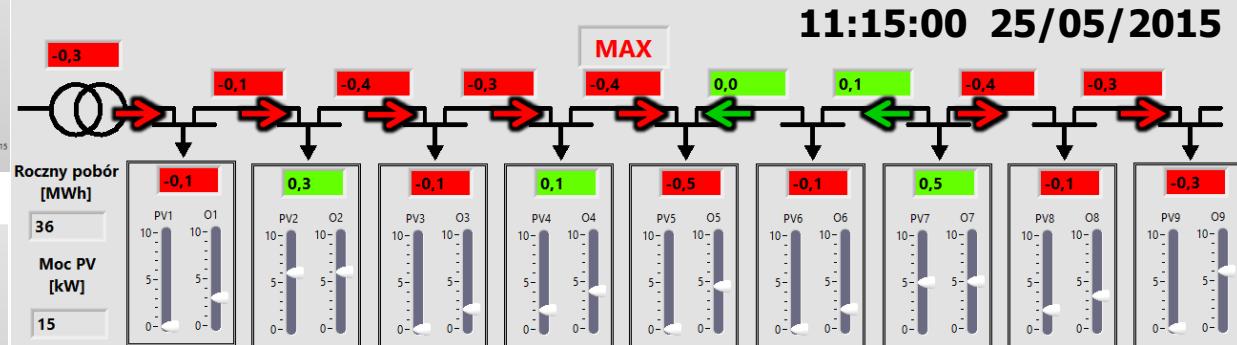
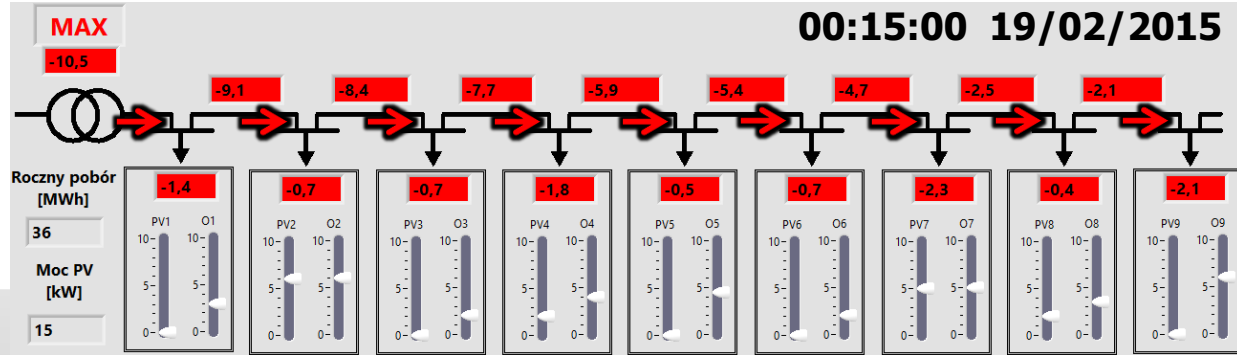
➜ do stacji SN/nN

**MAX** odcinki linii nN z maksymalnym przepływem

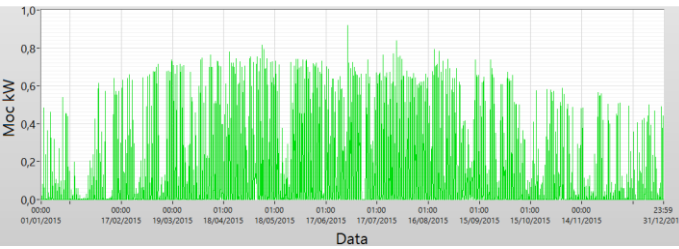
## Przepływ w odcinkach linii nN

$$P_i|_t = \sum_{i=1}^k P_{Wi}|_t$$

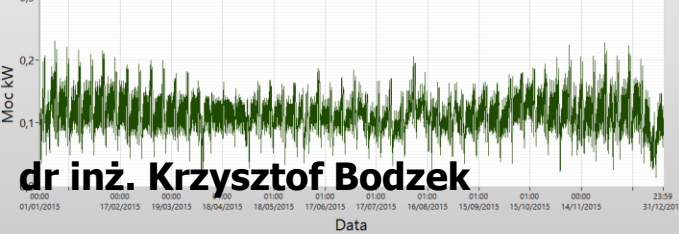
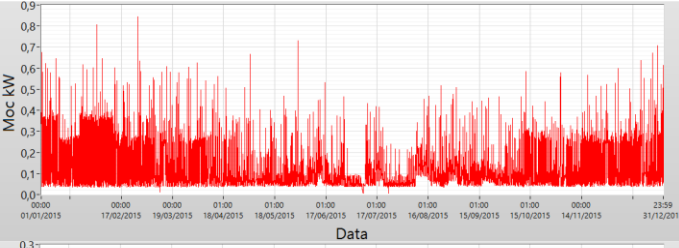
## Rozpył mocy w sieci nN



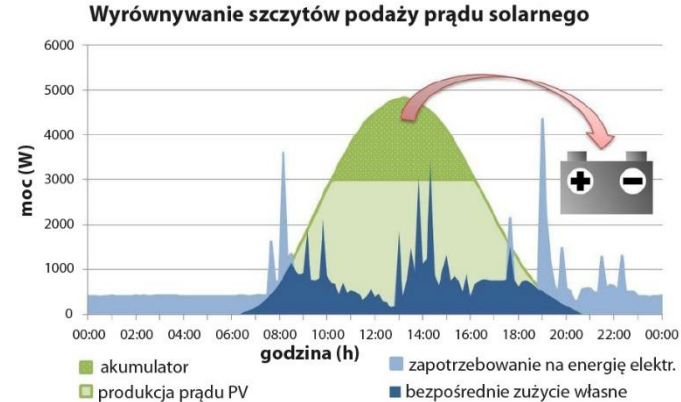
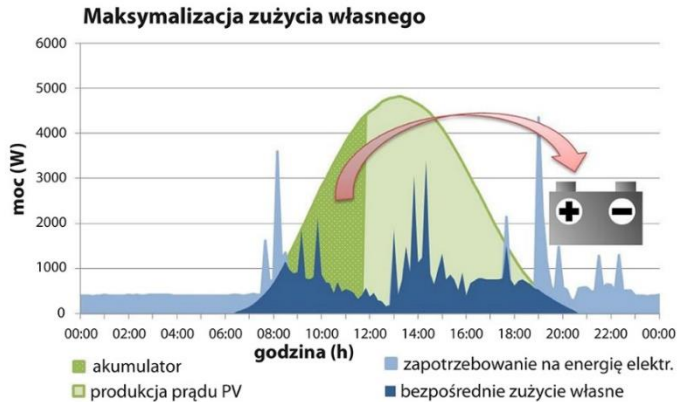
## 15-minutowy profil mocy źródeł PV



## Przykładowe 15-minutowe profile odbiorców



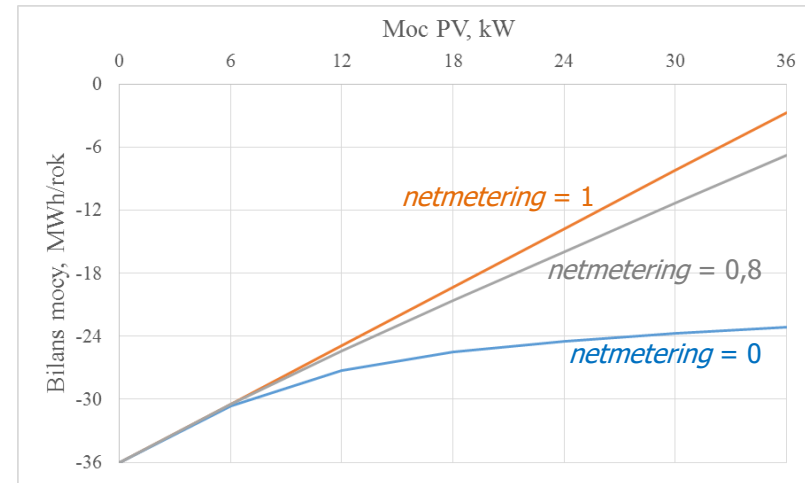
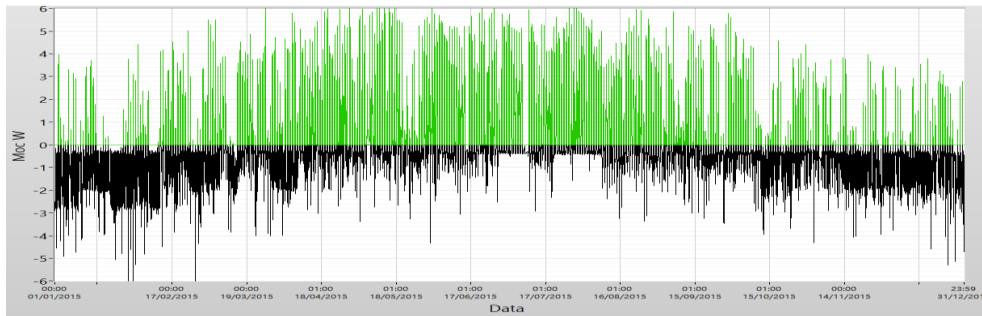
## 1. Wpływ magazynów na rozkład mocy w odcinkach linii nN - algorytmy



Barbara Adamska: „Od produktu niszowego do rynku masowego. Domowe magazyny energii w Niemczech”, magazyn Fotowoltaika 2/2016

## 2. Prosumencki DSM/DSR

*netmetering, selfdispatching, IoT, CCR*



## 3. Analiza czynnikowa

W szczególności dla różnych technologii wytwórczych

**Możliwości integracyjne w dużej mierze zależą od stopnia automatyzacji sieci nN i Sn**



## Strażnik mocy

pomiary, akwizycja, prognozowanie obciążenia i produkcji, sterowanie odbiornikami, protokoły komunikacyjne, informowanie użytkownika

<http://www.convert.com.pl>

<http://www.apator.com>



<https://www.sabur.com.pl>



## Falowniki solarne

możliwość pracy off-grid i on-grid, kompensacja mocy, kilka modułów mppt, system zarządzania pracą akumulatora, zabezpieczenia antywyspowe, redukcja mocy w funkcji napięcia sieciowego

<http://www.sma-solar.pl>

<http://www.zawex.pl/>



<http://www.etsolar.pl>

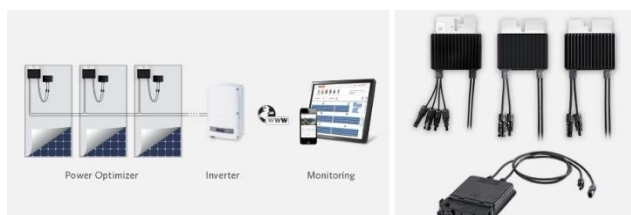


## Interfejs PME

realizacja zadanych profili mocy czynnej i biernej, sterowanie odbiornikami, redukcja wpływu odbiorników na sieć, zarządzanie energią zasobnika i produkcją ze źródeł OZE



## Power optimizer



## Router OZE





**KLASTRY/SPÓŁDZIELNIE ENERGETYCZNE**

**AUKCJE INWESTYCYJNE**

## DOKTRYNA

**Punkt wyjścia: uznanie głębokiego kryzysu polskiego górnictwa i elektroenergetyki (w wypadku elektroenergetyki częściowo jeszcze „ukrytego”) za fakt warunkujący zawarcie umowy społecznej w sprawie doktryny energetycznej dla Polski**

**Trzy „składowe” doktryny energetycznej**

- 1. WEK-NI-EP:** dynamiczny system trójbiegunowego bezpieczeństwa energetycznego w horyzoncie 2050
- 2. Transformacja rynku WEK<sup>⊖</sup>** na infrastrukturze sieciowej NN/110 kV w rynki regulacyjno-bilansujące NI/EP<sup>⊕</sup> na infrastrukturze sieciowej SN/nN; ponadto eliminacja wsparcia w horyzoncie 2025
- 3. Rada Bezpieczeństwa Energetycznego** monitorująca trzy wskaźniki (wskaźnik bezpieczeństwa operacyjnego, wskaźnik ryzyka *stranded costs*, wskaźnik ryzyka niewykorzystania szans rozwojowych)

## KLASTRY

**50 klastrów energetycznych (stan: kwiecień 2017)**  
jest w procesie tworzenia pobudzonym przez ustawę OZE,  
a także przez Pakiet Zimowy (od sierpnia i grudnia 2016, odpowiednio)

**charakterystyczna struktura podmiotowa (szeroka)**  
samorządy, przedsiębiorcy MSP, niezależni inwestorzy NI, prosumenci,  
operatorzy OSD, nauka

**CELE**  
odwzorowujące całościowe potrzeby i zasoby (w tym kompetencje)

**Środowisko**

bezzmogowa i bezodpadowa gospodarka (gospodarka obiegu zamkniętego)

**Energetyka**

mono rynek energii elektrycznej OZE (zaspakajający wszystkie potrzeby energetyczne)

**Gospodarka**

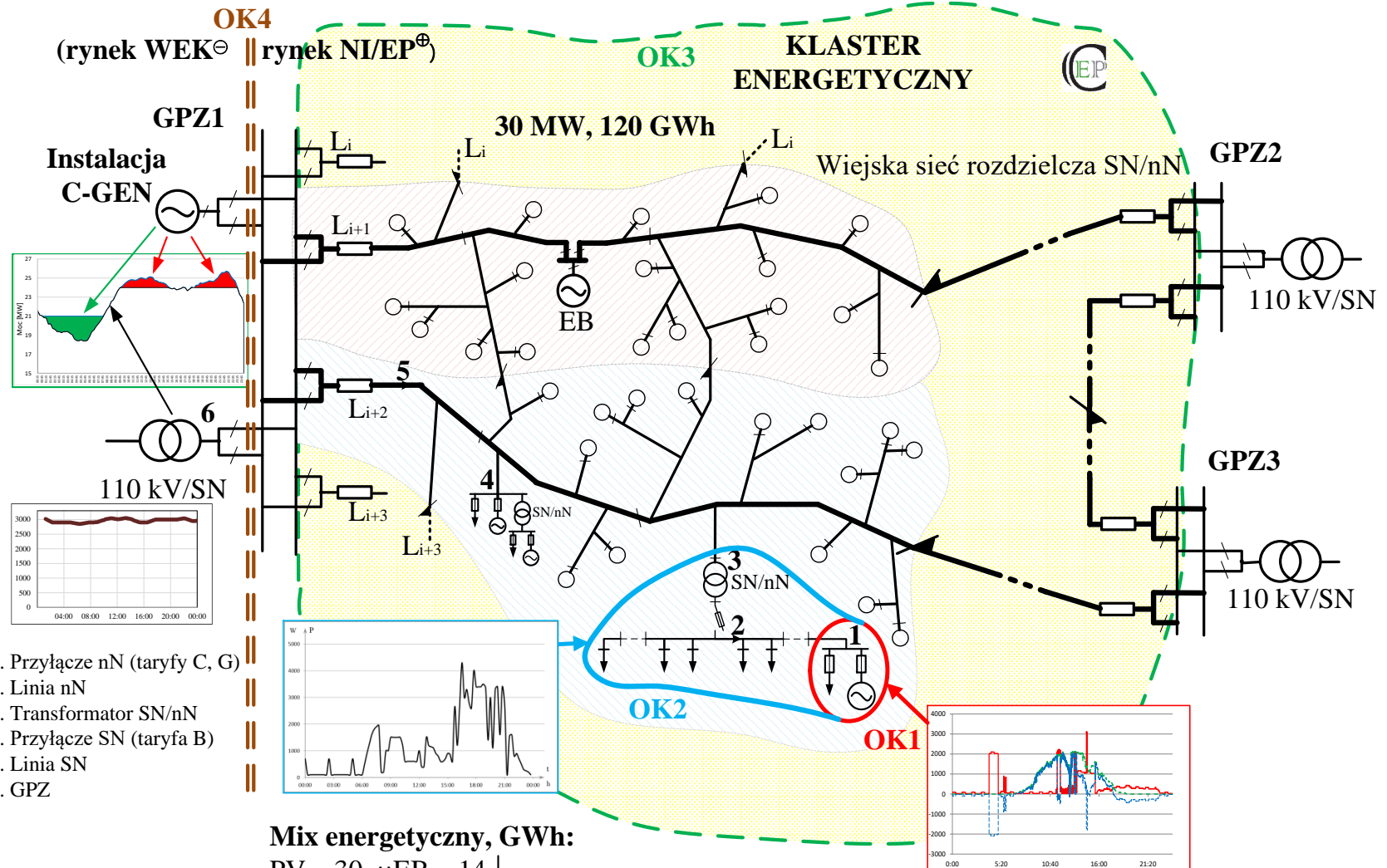
endogeniczna → synergetyka (energetyka, budownictwo, transport, rolnictwo + gospodarka odpadami)

**Cele przełożone na praktykę**  
pasywizacja budownictwa  
elektryfikacja ciepłownictwa  
elektryfikacja transportu

**oraz**

**BUDOWA MONO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE**

# INFRASTRUKTURA SIECIOWA SN/nN KLASTRA REFERENCYJNEGO

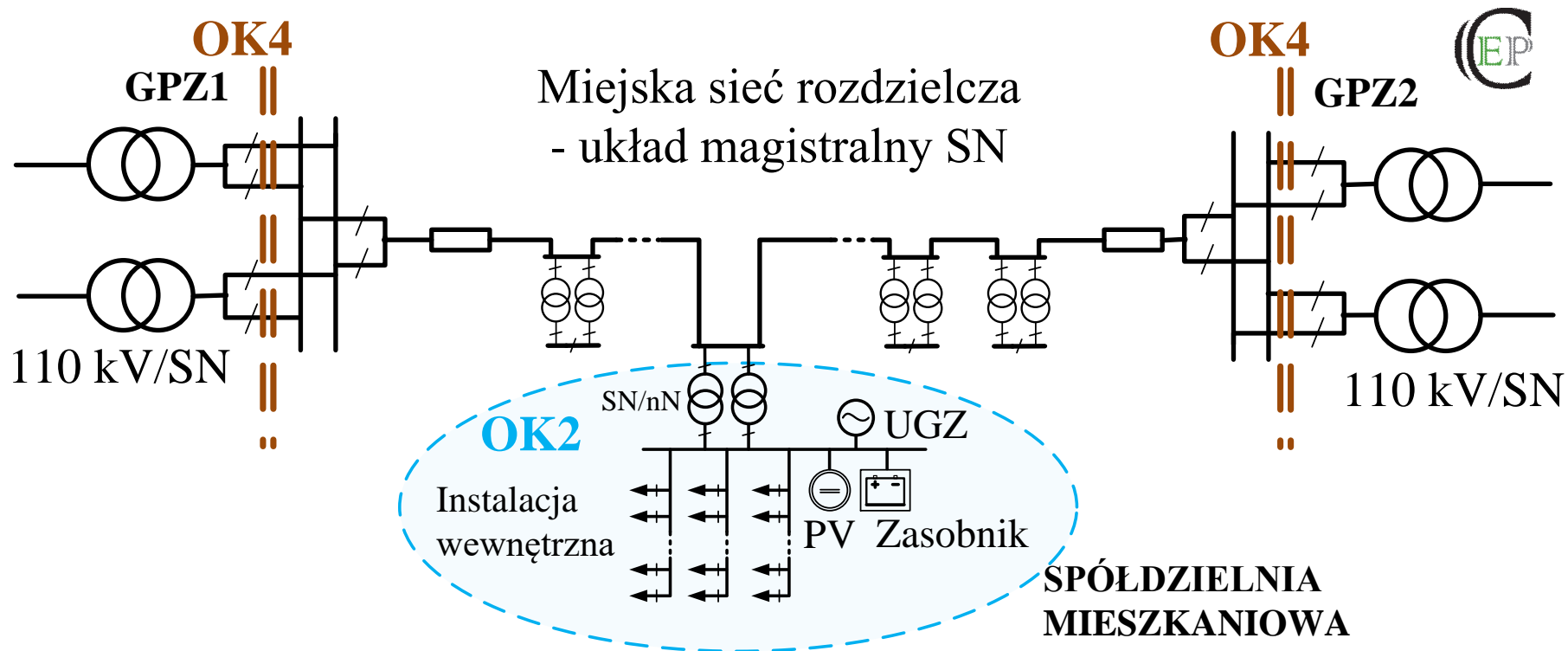


**Mix energetyczny, GWh:**

PV – 30, $\mu$ EB – 14	$\Sigma$ - 133
EW – 22, EB – 32	
C-GEN – 35	

Opracowanie: J. Popczyk  
Opracowanie graficzne: M. Fice

# INFRASTRUKTURA SIECIOWA SPÓŁDZIELNI ENERGETYCZNEJ W MIEŚCIE



Opracowanie: J. Popczyk  
Opracowanie graficzne: M. Fice

## **RYNEK ENERGII ELEKTRYCZNEJ KLASTRA REFERENCYJNEGO**

Potencjał wszystkich (314) potencjalnych klastrów KE na obszarach wiejskich, to około 30% końcowego rynku energii elektrycznej w Polsce

Zapotrzebowanie energii elektrycznej w „100-procentowym” klasterze powiatowym na obszarach wiejskich, korzystającym z sieci SN/nN: **120 GWh/rok**, moc szczytowa – około **30 MW** (roczny czas wykorzystania mocy szczytowej 4000 h/rok)

<b>Wartość roczna rynku energii elektrycznej, z podatkami, około 72 mln PLN, w tym:</b>		
<b>Składowa</b>	<b>mln PLN</b>	<b>%</b>
<b>Podatki, akcyza i VAT</b>	<b>2+10</b>	<b>17</b>
<b>Energia</b>	<b>22</b>	<b>30</b>
<b>Pochodne energii w postaci praw majątkowych, opłaty jakościowej i opłaty przejściowej</b>	<b>3+1,4+0,6</b>	<b>7</b>
<b>Opłata sieciowa na rynku WEK<sup>⊖</sup> za sieci NN i 110 kV</b>	<b>4+7</b>	<b>15</b>
<b>Opłata sieciowa na rynkach NI/EP<sup>Å</sup> za sieci SN i nN</b>	<b>8+7</b>	<b>21</b>
<b>Marże sprzedawców</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
<b>Cena krańcowa na osłonie OK4 (bez podatków) – 275 PLN/MWh</b>		
<b>Wartość początkowa współczynnika WNM na osłonie OK3: z podatkami – 0,65, bez podatków 0,8 (przedział ulg podatkowych dla klastrów)</b>		

# KALIBROWANIE (SKALOWANIE) BILANSU ENERGETYCZNEGO KLASTRA REFERENCYJNEGO

## 2016

1. Baza: **energia elektryczna** –  $\sim 120$  GWh/rok
2. **Ciepło**  $(200/125) \cdot 120$  GWh/rok =  $\sim 190$  GWh/rok
3. **Paliwa transportowe**  $(200/125) \cdot 120$  ) GWh/rok =  $\sim 190$  GWh/rok

## 2050

Zapotrzebowanie na mono rynku energii elektrycznej (po pasywizacji budownictwa, elektryfikacji ciepłownictwa, elektryfikacji transportu, z uwzględnieniem rolnictwa energetycznego i gospodarki obiegu zamkniętego), czyli po wykorzystaniu pełnego potencjału synergetyki w ramach realizacji endogenicznego rozwoju powiatu

**Tylko energia elektryczna:**  $(175/125) \cdot 120 = \sim 170$  GWh/rok

Nadmiar zasobów własnych powiatu (definiowanych w terminach: gospodarki obiegu zamkniętego → synergetyki → modelu rozwoju endogenicznego) wynosi około 50%, czyli jest wystarczający do „oddania” energetyki powiatu w „ręce” mechanizmów rynkowych (trzeba tylko dbać o przestrzeganie zasad rynkowych, o niedopuszczenie do ich „zwyrodnienia”)

## KLUCZOWE WNIOSKI Z WSTĘPNYCH ANALIZ (testy)

### Szacowanie rocznych wartości rynków

#### 2016

1. Energia elektryczna:  $120\ 000\ \text{MWh} \cdot 600\ \text{PLN/MWh} = 72\ \text{mld PLN}$

2. Ciepło:  $190\ 000\ \text{MWh} \cdot 180\ \text{PLN/MWh} = 34\ \text{mld PLN}$

3. Paliwa transportowe:  $190\ 000\ \text{MWh} \cdot 460\ \text{PLN/MWh} = 87\ \text{mld PLN}$

**RAZEM: ~190 mld PLN**, w tym segment ludnościowy około 2/3, czyli ok. 123 mld PLN

**Weryfikacja** (poprzez wykorzystanie do oszacowań dochodów rozporządzalnych ludności przeznaczonych na potrzeby energetyczne):

[90 mld PLN · 0,4 (udział ludności na obszarach wiejskich)] : 314 (liczba powiatów)

= **~120 mld PLN**

#### Horyzont 2040

Nakłady (ceny stałe) potrzebne na zrealizowanie niezbędnych inwestycji wytwórczych w klastrze KE (aby osiągnął on na monorynku energii elektrycznej OZE roczną zdolność produkcyjną energii elektrycznej 170 GWh w horyzoncie 2040), szacuje się na około 550 mld PLN. Są to duże nakłady, ale z drugiej strony są bardzo racjonalne w kontekście celów, którym służą. Pokazuje to najważniejszy test, mianowicie ich porównanie z 25-letnią przeciętną (w okresie 25 lat) wartością rynku energii elektrycznej ( $25 \cdot 145\ \text{GWh}$ ), wynoszącą (bez podatku VAT, w cenach stałych) 2 mld PLN. To oznacza, że nakłady inwestycyjne w wytwarzanie, zapewniające cywilizacyjną przebudowę energetyki w klastrze KE (100% rynku energii elektrycznej) wynoszą 27% wartości rynku



# WYNIKI BADAŃ SYMULACYJNYCH PROCESU TRANSFORMACYJNEGO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE DLA KLASTRA REFERENCYJNEGO NA OBSZARACH WIEJSKICH (HORYZONT 2040)

Symulacja godzinowa bilansów energii elektrycznej klastra KE (osłona OK3)

## Dane wyjściowe

14,3 tys. domów jednorodzinnych w tym:  
4,1 tys. gospodarstw rolnych (do 20 ha)  
350 średnio-towarowych gospodarstw rolnohodowlanych (od 20 do 100 ha)

**Zapotrzebowanie – 120 GWh**

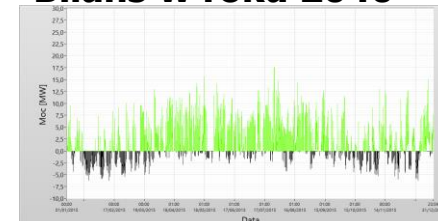
**Moc szczytowa – 21 MW**

**Rzeczywiste profile produkcji i zapotrzebowania w roku 2015**

### Struktura źródeł

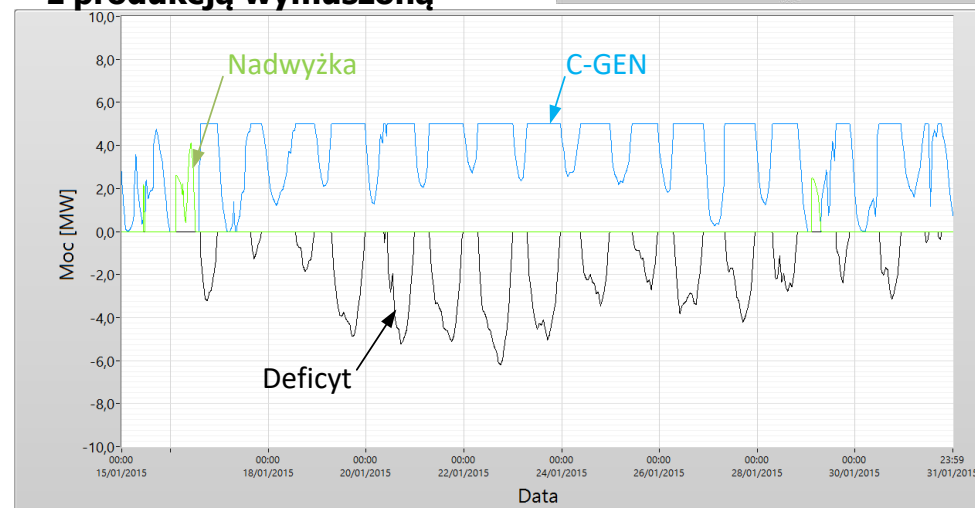
	Moc, MW	Produkcja, GWh
Źródła PV	19,1	17,7
EW	9	22,5
EB i mEB	8,25	72,3
C-GEN	5	15,2
<b>Suma</b>	<b>41,35</b>	<b>127,7</b>
<b>Zapotrzebowanie</b>	<b>21</b>	<b>120</b>
Bilans		
	Moc szczytowa, MW	Energia, GWh
Nadwyżka	17,6	10,2
Deficyt	6,2	3,0

### Bilans w roku 2040

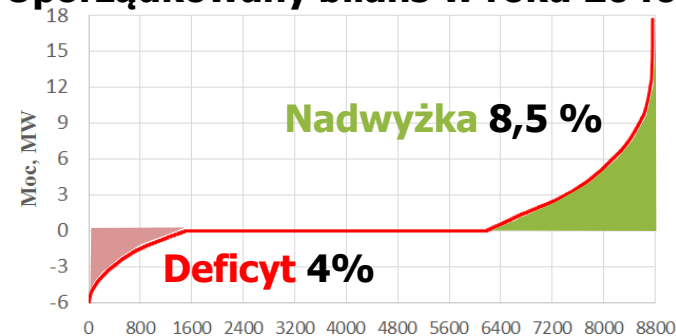


Okres testowy  
15.01.2040-31.01.2040

minimalna produkcja źródeł z produkcją wymuszoną



### Uporządkowany bilans w roku 2040



# NET METERING WEDŁUG USTAWY OZE (ŹRÓDŁA PROSUMENCKIE O MOCY DO 40 kW): PRAKTYKA I POTENCJAŁ

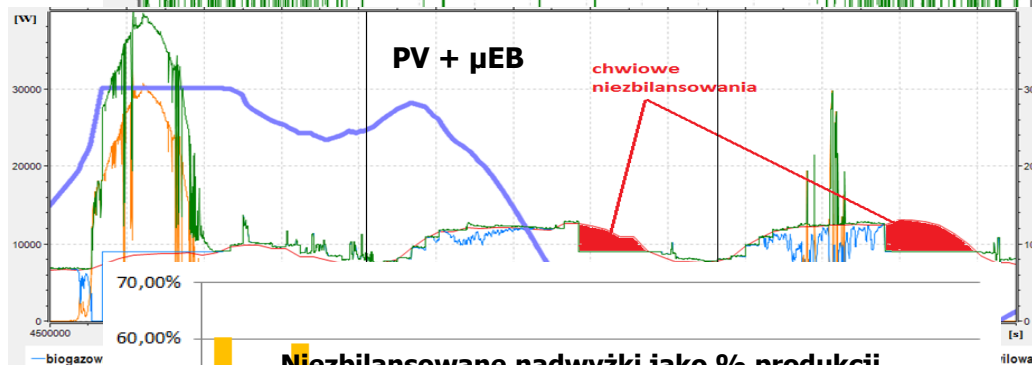
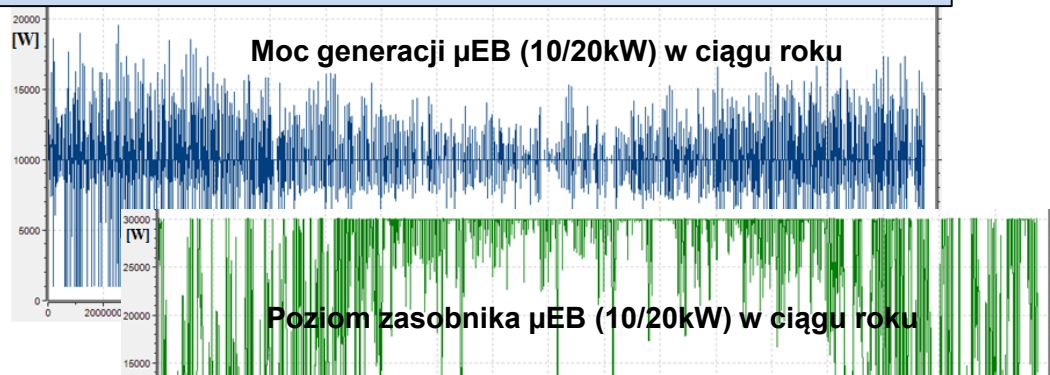
**Praktyka:**  
źródła homogeniczne, np. PV

**Potencjał:**  
struktury heterogeniczne, łączenie zalet różnych technologii źródeł wytwórczych np. PV +  $\mu$ EB

**Przykład**  
Spółdzielnia energetyczna:  
- roczne zapotrzebowanie 286 MWh  
- 3 warianty technologiczne  
- różne okresy bilansowania  
-  $\mu$ EB kontenerowe klasy 10kW (nom. 10kW max. 20kW), zasobnik biogazu 30kWh

## Wyniki

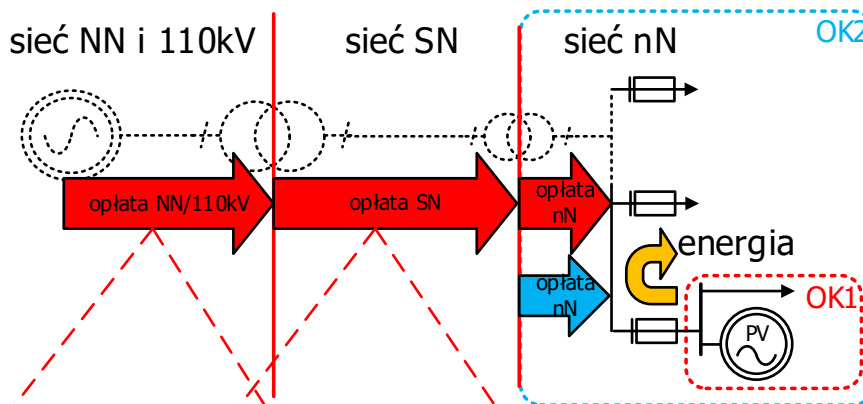
Technologia	Moc	Produkcja roczna	Potrzeby własne
PV	264 kW	238 MWh	94 MWh (39%)
$\mu$ EB	40 kW	267 MWh	263 MWh (99%)
$\mu$ EB+PV	(20+100) kW	227 MWh	196 MWh (86%)



# NET-METERING vs OBECNA OPŁATA SYSTEMOWO-SIECIOWA

## Obecny model net-meteringu - rozptył energii elektrycznej (OK1)

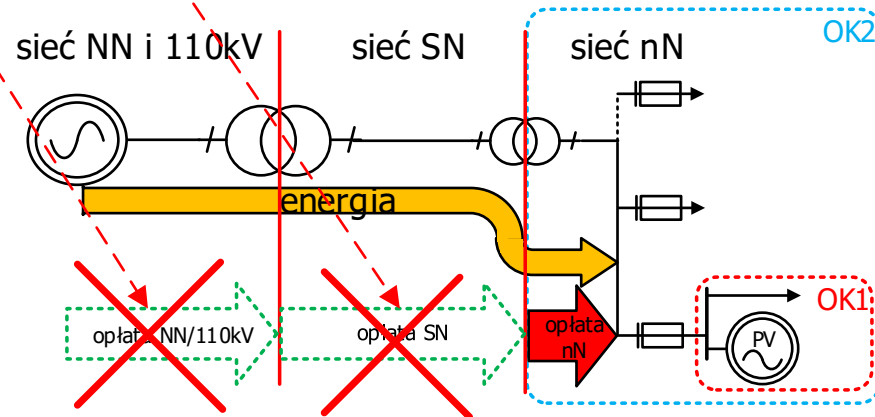
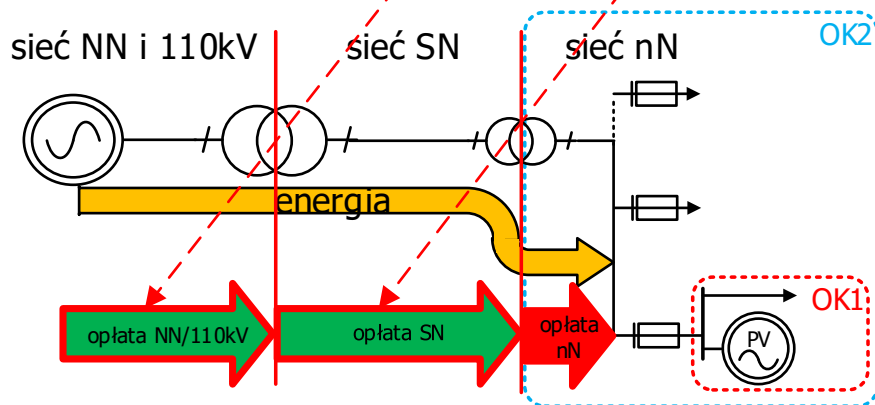
Odbiorca płaci **pełną opłatę systemowo-sieciową** pomimo, że energia przepływa tylko wewnątrz **OK2 (sieć nN)**



## Pobór energii elektrycznej z sieci

**Obecnie:** sprzedawca płaci **pełną opłatę systemowo-sieciową** wraz z **opłatą NN/110kV i SN**

**Propozycja:** sprzedawca płaci **część opłaty systemowo-sieciowej** opłaty NN/110kV i SN zostały już pokryte



# WYSYCANIE RYNKU ŹRÓDŁAMI OZE W KONTEKŚCIE OGRANICZEŃ SIECIOWYCH

WWS – współczynnik wysycenia sieci źródłami OZE

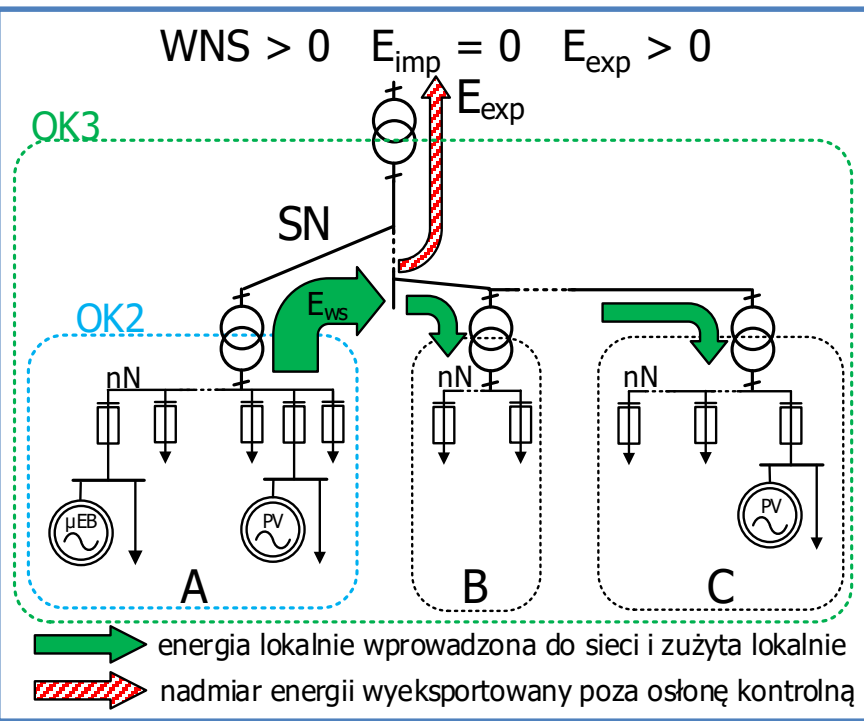
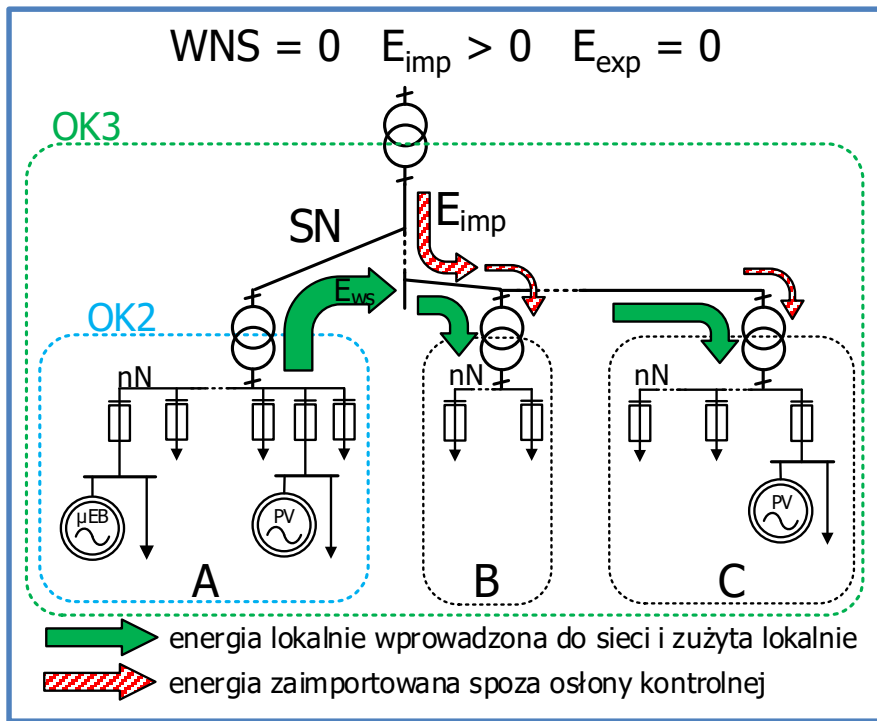
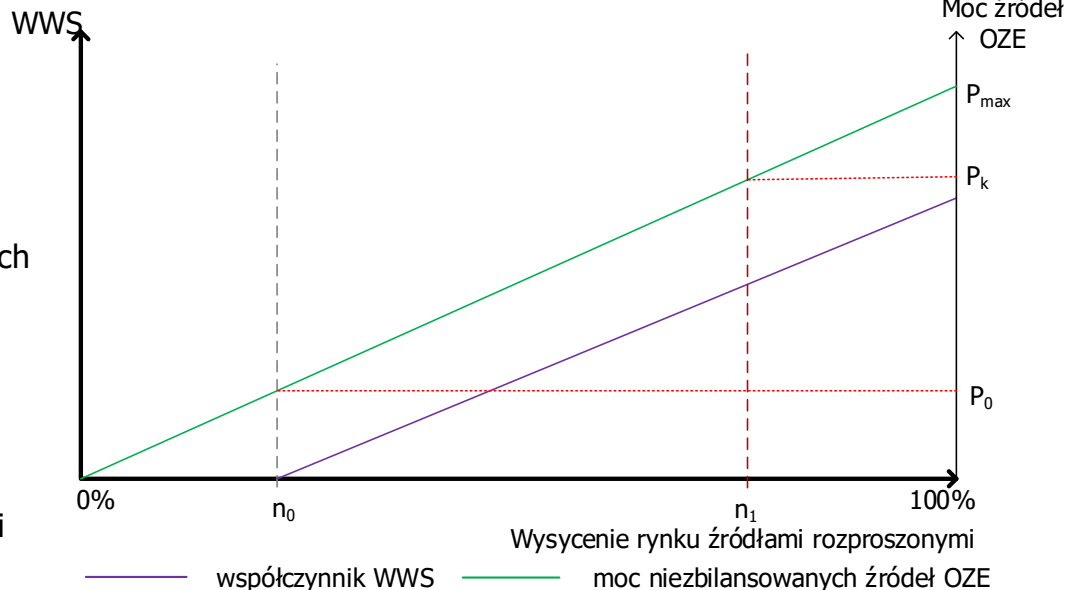
$$WWS = \frac{E_{exp}}{E_{ws}}$$

Moc niezbilansowanych rozproszonych źródeł wytwórczych wewnątrz osłony kontrolnej, dla której:

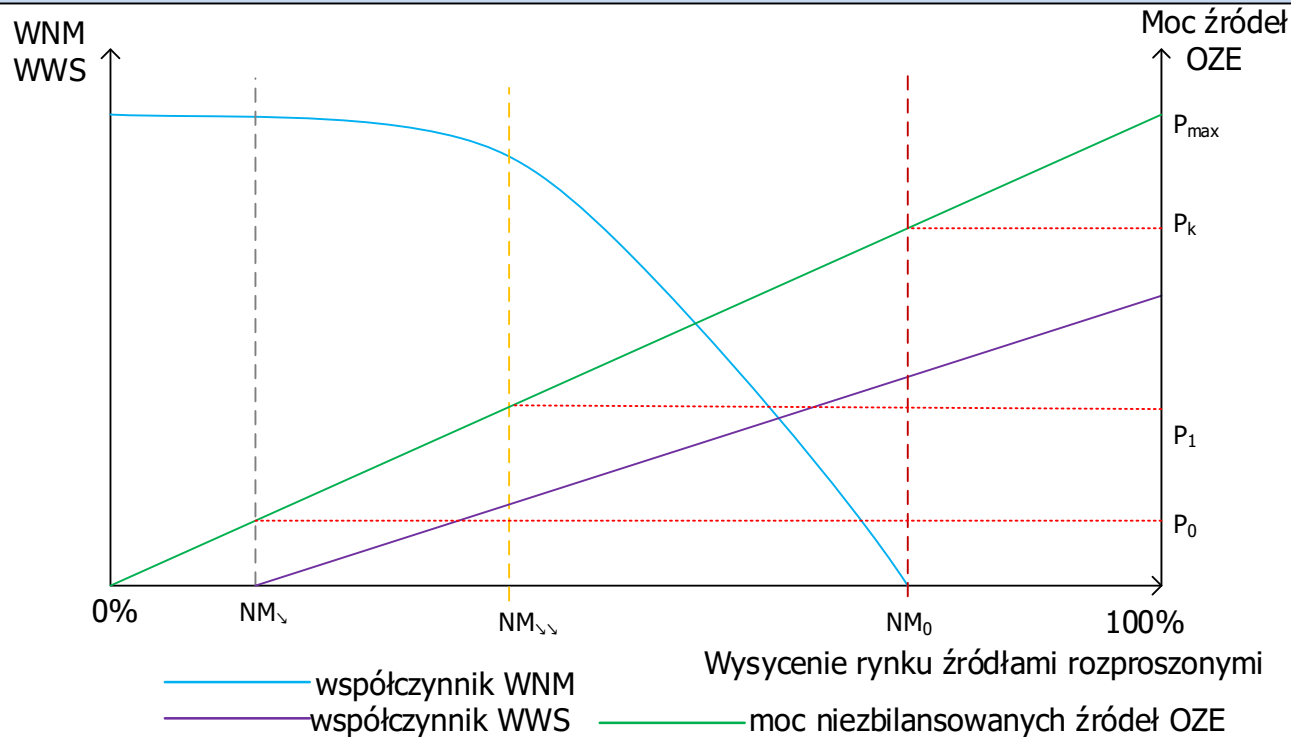
**P<sub>0</sub>** – energia elektryczna  $E_{oze}$  wypływa poza nadrzędną osłonę kontrolną jako ( $E_{exp}$ ) i jest wprowadzana do sieci wyższego poziomu

**P<sub>k</sub>** –  $E_{exp}$  osiąga moc krytyczną, zbliżoną do możliwości technicznych sieci i stacji transformatorowej

**P<sub>max</sub>** – moc maksymalna, granice techniczne sieci i stacji transformatorowej



# ZMIANA WNM W PROCESIE WYSYCANIA RYNKU ŹRÓDŁAMI ROZPROSZONYMI (POSTĘPUJĄCEJ SKUTECZNOŚCI SELF-DISPATCHINGU/SAMOBILANSOWANIA SIĘ RYNKU W OSŁONACH KONTROLNYCH)



- $NM_{\downarrow}$  – rozpoczęcie procesu zmniejszania statycznego współczynnika WNM, energia  $E_{ws}$  wpływa poza **nadrzędną osłonę kontrolną** (jako  $E_{exp}$ ) do osłony wyższego poziomu
- $NM_{\downarrow\downarrow}$  – przyspieszenie zmniejszania statycznego współczynnika WNM i wygaszanie statycznego net-meteringu
- $NM_0$  – całkowite wygaszenie statycznego net-meteringu,  $WNM = 0$

Moc niezbilansowanych wewnątrz OK rozproszonych źródeł wytwórczych, dla której:

$P_0$  – energia elektryczna  $E_{ws}$  wpływa poza nadrzędną OK sieci jako ( $E_{exp}$ )

i jest wprowadzana do sieci wyższego poziomu

$P_1$  – znaczna część  $E_{ws}$  wpływa poza nadrzędną osłonę kontrolną

$P_k$  – poziom krytyczny, wsparcie usługi net-meteringu jest zakończone

$P_{max}$  – moc maksymalna, granice techniczne sieci i stacji transformatorowej

# WSPÓŁCZYNNIK WNM

Technologia		Fotowoltaika							Wiatr						Biogaz							
		1 rok	3 m-ce	24 h	12 h	1 h	15 min	5 min	1 rok	3 m-ce	24 h	12 h	1 h	15 min	5 min	1 rok	3 m-ce	24 h	12 h	1 h	15 min	5 min
Oslona	Czas																					
	Moc																					
OK1	Do 40 kW	0,8 1,0*	1,4 1,7*	1,3 1,6*	D	D	D	D														
	Do 40 kW	0,8 1,0*	1,1 1,3*	1,0 1,2*	D	D	D	D														
OK2	40-200 kW	0,8 0,9*	0,9 1,1*	0,9 1,0*	D	D	D	D								0,8 0,9*	0,8 1,0*	0,9 1,1*	D	D	D	D
	Powyżej 200 kW																					
OK3																						
OK4		0							0						0							

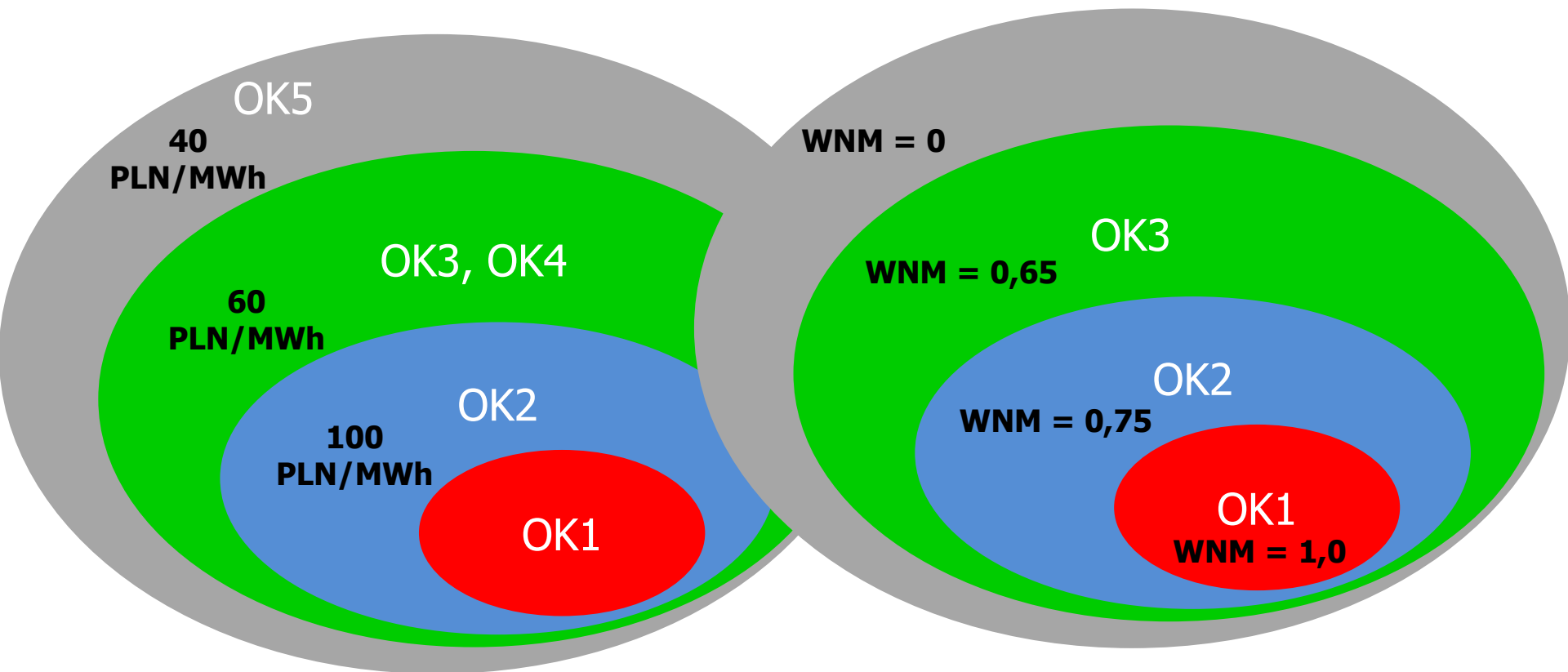
## Założenia:

- Niewielkie wysycenie sieci źródłami OZE dla długich okresów bilansowania (roczne, kwartalne)
- Postępujący rozwój rynku: równomierne zwiększanie wysycenia rynku źródłami rozproszonymi oraz skracania okresów rozliczeniowych i bilansowania -zmniejszanie WNM wraz z rozwojem rynku (wysycaniem źródłami rozproszonymi)
- Rynek dojrzały to rynek szybki wykorzystujący taryfy dynamiczne i dynamiczny net-metering
- Ewolucja stosowanych algorytmów zarządzania energią przez prosumentów
- Podatki płaci sprzedawca

**D** – statyczny net-metering wygaszony na dojrzałym rynku, wprowadzony net-metering dynamiczny jako narzędzie regulacyjne  
**\*** zwolnienie z podatków sprzedawcy i prosumenta, wpływy do budżetu poprzez podatki uzyskane z rozwoju źródeł rozproszonych, wzrost zatrudnienia i konkurencyjności gospodarki, tworzenie nowych technologii

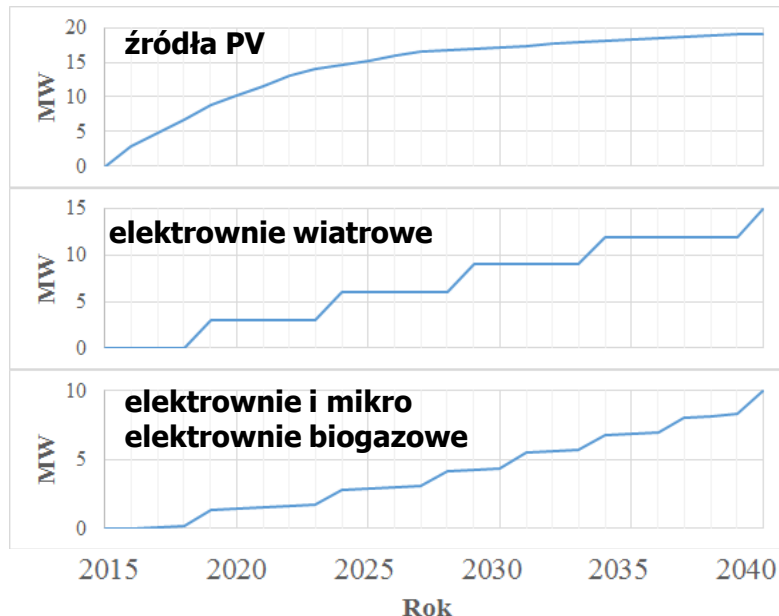
ENERGIA WPROWADZONA DO SIECI A BILANSOWANA OK1 - Fotowoltaika			
Okres bilansowania net-meteringu	Energia wprowadzona do sieci (Ews) przypadająca, na rzecz sprzedawcy (Eu)	Ews rozliczana w ramach net-meteringu	Koszt uniknięty / MWh Ews
brak n-m	100 %	0 %	424 zł
15 min	99 %	1 %	421 zł
1 h	98 %	2 %	417 zł
12 h	75 %	25 %	350 zł
24 h	60 %	40 %	305 zł
3 miesiące	50 %	50 %	275 zł
1 rok	3 %	97 %	138 zł

**SZACOWANE OPŁATY SYSTEMOWO SIECIOWE I WSPÓŁCZYNNIKI WNM  
DLA OSŁON KONTROLNYCH W KLASTRZE  
(roczny okres bilansowania net-meteringu)**

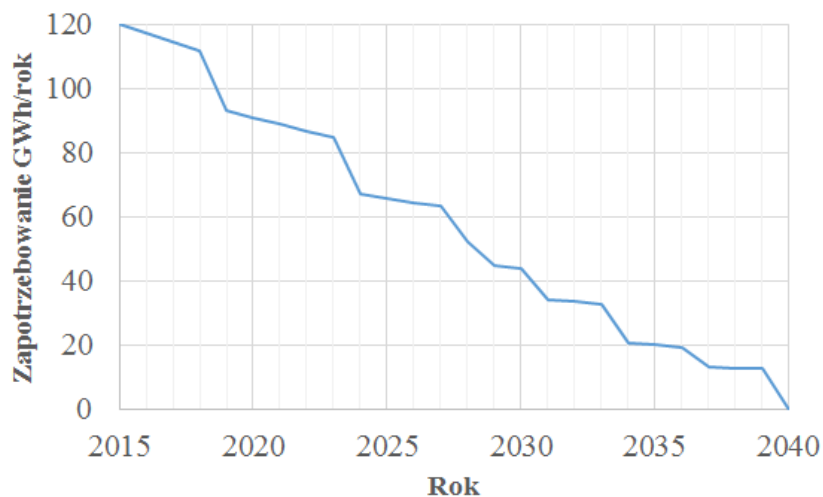


# WYNIKI BADAŃ SYMULACYJNYCH PROCESU TRANSFORMACYJNEGO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ OZE DLA KLASTRA REFERENCYJNEGO NA OBSZARACH WIEJSKICH (HORYZONT 2040)

## Proponowany przyrost mocy źródeł klastrowych



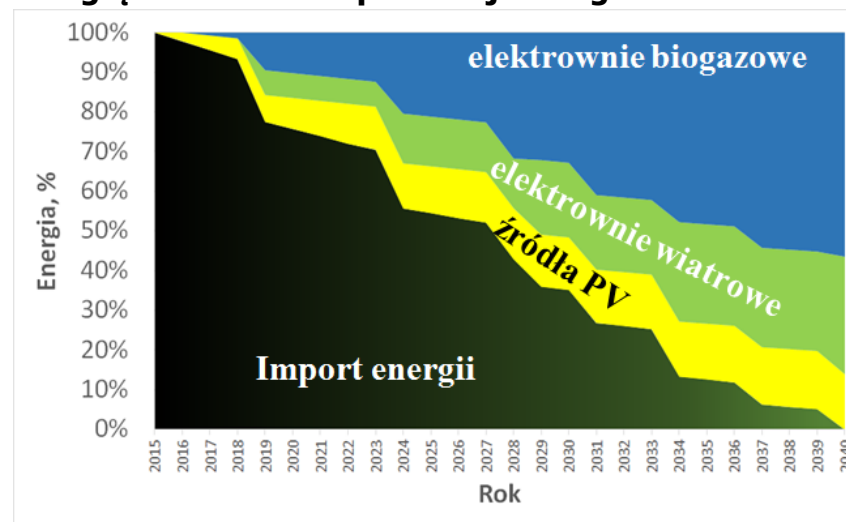
## Zmiana rocznego zapotrzebowanie klastra – osłona OK3



## Proponowana sekwencja aukcji dla klastra

aukcje na rok	Technologia, MW			
	źródła PV	EW	μEB	EB (1 MW)
2017	2,0		0,1	1,0
2018	2,0		0,1	
2019	1,5	3,0	0,1	
2020	1,4		0,1	
2021	1,3		0,1	
2022	1,0		0,1	1,0
2023	0,7		0,1	
2024	0,6	3,0	0,1	
2025	0,5		0,1	

## Względna struktura produkcji energii w klastrze





# **DWA FILARY ROZWOJOWE KLASTRÓW / SPÓŁDZIELNI ENERGETYCZNYCH WYMAGAJĄCE OSADZENIA W REGULACJACH USTAWOWYCH**

## **AUKCJE KLASTROWE (wygasające do 2025 roku)**

### **CELE**

- 1. Osłona bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej dla prosumentów**
- 2. Optymalizacja procesu transformacji energetyki**
- 3. Pobudzenie rozwoju endogenicznego Polski (na początek głównie obszarów wiejskich)**
- 4. Pobudzenie dyfuzji w przestrzeń publiczną wiedzy o (innovacyjnej) energetyce**

## ***NET METERING* (zastępujący opłatę systemowo-sieciową)**

### **CELE**

- 1. Przyspieszenie inwestycji w prosumenckie źródła wytwórcze i *selfdisatching***
- 2. Przyspieszenie rozwoju klastrów/spółdzielni (w tym *selfdispatchingu*)**
- 3. Pobudzenie przebudowy „końcowego” cenotwórstwa energii elektrycznej**
- 4. Pobudzenie restrukturyzacji i modernizacji systemu operatorskiego (sieci SN/nN)**

**USTAWA O AUKCJACH I NET METERINGU  
w klastrach/spółdzielniach energetycznych  
zamiast  
USTAWY O RYNKU MOCY**

## CHARAKTERYSTYCZNE ZADANIA PODMIOTÓW KLASTROWYCH

**Samorządy.** Kreowanie strategii rozwoju gmin/powiatu w zakresie gospodarki obiegu zamkniętego. Szerzej: wykorzystanie lokalnych zasobów i zaspokajanie potrzeb mieszkańców na rzecz: dywersyfikacji rolnictwa, pasywizacji budownictwa, elektryfikacji ciepłownictwa i budowy infrastruktury transportu elektrycznego (likwidacja smogu), cyfryzacji lokalnej gospodarki.

**Niezależni inwestorzy (NI).** Innowacyjne inwestycje na rzecz rozwoju klastrowego mono rynku energii elektrycznej (głównie inwestycje w infrastrukturę techniczną umożliwiającą realizację synergicznych łańcuchów wartości, wymagającą zaawansowanego *know how*).

**Prosumenci (EP).** Inwestycje (własne) na rzecz zaspokojenia własnych potrzeb energetycznych (z wykorzystaniem klastrowych zasobów), ukierunkowane na zwiększenie majątku własnego.

**Operatorzy (OSD).** Restrukturyzacja/rewitalizacja systemu operatorskiego, w szczególności infrastruktury sieciowej SN/nN na rzecz rozwoju mono rynku energii elektrycznej (przystosowanie infrastruktury do nowych potrzeb w zakresie publicznej obserwowalności klastrowego mono rynku energii elektrycznej oraz w zakresie automatyki i sterowania infrastrukturą za pomocą cenowych sygnałów sterowniczych).

**Przedsiębiorcy (MŚP).** Produkty i usługi (deweloperstwo, projektowanie, montaż, serwis) na rzecz rozwoju endogenicznego obszarów wiejskich, w szczególności w części dotyczącej realizacji zadań klastrów energetycznych.

# **SZEROKIE ŚRODOWISKO RYNKOWE SYSTEMU AUKCYJNEGO (obecnie niedostrzegane)**

## **ISTNIEJĄCY KORPORACYJNY RYNEK HURTOWY**

- 1. Usługi techniczne**
- 2. Rynek techniczny/bilansujący**
- 3. Konkurencyjny rynek energii: giełdowy (RDN, RDB, *market coupling*, ...), kontraktowy**

## **ISTNIEJĄCY RYNEK TARYFOWY**

**rynek odbiorców końcowych, „zamrożony” przez ostatnie 25 lat (czyli w okresie kiedy dokonała się powszechna dyfuzja technologii teleinformatycznych do gospodarstw domowych)**

- 1. Taryfy na energię (taryfy: G, C, B, A)**
- 2. Opłaty systemowo-sieciowe (opłaty dystrybucyjne obejmujące opłaty systemowe/OSP)**

## **NOWY RZĄDOWY RYNEK AUKCYJNY**

- 1. Realizacja celów polityki klimatyczno-energetycznej: systemy wsparcia nowych technologii (OZE, zasobniki, automatyzacja/cyfrizacja)**
- 2. Rynek ochrony bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej (rynek mocy?)**

## **NIEISTNIEJĄCY – A POTRZEBNY – KONKURENCYJNY RYNEK INWESTYCYJNY**

- 1. Przebudowa systemu operatorskiego; *net metering* vs opłata systemowo-sieciowa**
- 2. Klastry/spółdzielnie energii; pomostowy, 3-biegunowy (WEK-NI-EP) system bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej**

# RANKING ROZWIĄZAŃ NA TRAKTORII DO KONKURENCYJNEGO RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

## RANKING SIEDMIU ROZWIĄZAŃ/INWESTYCJI

(do wykorzystania w horyzoncie 2025)

1. Wykorzystanie potencjału modernizacji oświetlenia (wykorzystanie **technologii LED**, co najmniej do 5% zużycia energii elektrycznej)
2. Wykorzystanie potencjału **UGZ** (układy gwarantowanego zasilania, do 1000 MW)
3. Wykorzystanie potencjału **DSM/DSR** w segmencie odbiorców przemysłowych (do 2000 MW)
4. Wykorzystanie **net meteringu** jako mechanizmu pobudzenia inwestycji w rozproszone prosumenckie i klastrowe źródła wytwórcze (szacunkowy zakres wartości współczynnika *net meteringu* : 0,65-1,2)
5. Modernizacja cenotwórstwa na rynku odbiorców końcowych i prosumentów, w tendencji przejście do cenotwórstwa **CCR** (cenotwórstwa czasu rzeczywistego), w szczególności traktowanego jako mechanizm bilansowania zmiennego zapotrzebowania oraz produkcji wymuszonej źródeł OZE (skrócenie czasu transakcyjnego nawet do 5 minut)
6. Inwestycje w **mikro-źródła** niskoemisyjne gazowe (kogeneracyjne) i dieslowskie (regulacyjno-bilansujące)
7. Rewitalizacja **bloków 200 MW**, głównie do pracy podstawowej, a niektórych do pracy regulacyjno-bilansującej (54 bloki, 12-14 tys. MW)

# **BRAK SPÓJNOŚCI ROZWIĄZAŃ/REGULACJI ISTNIEJĄCYCH, A TAKŻE PROPONOWANYCH**

## **TRZY CHARAKTERYSTYCZNE PRZYPADKI**

**(możliwości racjonalizacji wykorzystania istniejących zasobów)**

**Efektywność energetyczna: 70 PLN/MWh vs 700 PLN/MWh**

**graniczna cena energii elektrycznej wyznaczająca opłacalność wymiany tradycyjnego oświetlenia na oświetlenie LED**

**VS**

**cena taryfowa (taryfa G)**

**Elastyczność cenowa popytu (ceny krańcowe vs przeciętne): 2500% vs 1%**

**wpływ (procentowy, w zimowym szczycie wieczornym, względem ceny taryfowej/przeciętnej) kosztu jednej 15-minutowej przerwy zasilania odbiorcy w segmencie ludnościowym (roczne zapotrzebowanie odbiorcy 4 MWh, moc szczytowa zapotrzebowania 7 kW, taryfa G, koszt niedostarczonej energii elektrycznej równy 25-krotności ceny) na 15-minutową cenę krańcową**

**VS**

**wpływ tego kosztu na cenę przeciętną**

**Koszty uniknięte: 1600 PLN/MWh vs 12000 PLN/MWh**

**które rozwiązanie powinien wykorzystać operator OSP w sierpniu 2015: wyłączenia odbiorców (na szczęście jeszcze selektywne) czy zasoby UGZ?**

**Cena energii elektrycznej ze źródeł UGZ**

**VS**

**koszt niedostarczonej energii dla odbiorców przemysłowych (25-krotność ceny)**

## **„SIWZ-y” DO AUKCJI**

**„SIWZ-y” dla aukcji powinni opracowywać operatorzy:  
operator OSP/OSD(WEK<sup>⊖</sup>) w wypadku wygasającego rynku WEK<sup>⊖</sup>  
operatorzy OSD(NI/EP<sup>⊕</sup>) w wypadku rozwojowych rynków NI/EP<sup>⊕</sup>**

**W SIWZ-ach powinien być określony mechanizm (środowisko) *net meteringu*, w którym zrealizowane inwestycje, stanowiące wynik aukcji, będą funkcjonować. Chodzi o *net metering* odwzorowujący lokalną kondycję sieci elektroenergetycznych na wszystkich poziomach napięciowych (ich niedoinwestowanie, ale także przeinwestowanie)**

## AUKCJE

**3 segmenty: aukcje klastrowe OZE (a ponadto: zasobnikowe, gazowe i dieslowskie)  
 aukcje przemysłowe DSM/DSR, aukcje rewitalizacyjne na bloki 200 MW  
 pobudzenie aukcji – jesień 2017, wygaszenie aukcji (ostatnie aukcje) – 2025**

Rok	Aukcja startowa	Zasób	Moc, MW
2017	jesienna	<b>budynkowe/dachowe źródła PV (klastry) powyżej 40 kW, z routerem/sterownikiem OZE i akumulatorem (OK2)</b>	<b>500</b>
		<b>mikroelektrownie <math>\mu</math>EB, utylizacyjno-rolnicze (spółdzielnie) 10-40 kW, regulacyjno-bilansujące (OK2)</b>	<b>100</b>
		<b>hydroelektrownie (klastry) &lt; 1 MW, regulacyjno-bilansujące, klastry KE (OK3)</b>	<b>50</b>
		<b>elektrownie w obszarze gospodarki odpadami (klastry) 0,1-0,5 MW, regulacyjno-bilansujące (OK3)</b>	<b>50</b>
		<b>elektrownie biogazowe EB, utylizacyjno-rolnicze (klastry) 0,5-1 MW, regulacyjno-bilansujące (OK3)</b>	<b>100</b>
		<b>elektrownie wiatrowe EW (klastry) 2-3 MW, z regulacją pierwotną (OK3)</b>	<b>200</b>
		<b>DSM/DSR – UGZ (&lt; 0,5 MW) w klastrach (OK3)</b>	<b>100</b>
		<b>Wirtualne elektrownie dieslowskie (niezależni inwestorzy) 0,5-1 MW (moc jednostkowa), regulacyjno-bilansujące (OK3)</b>	<b>50</b>
		<b>DSM/DSR – wielki przemysł (OK4)</b>	<b>1000</b>
		<b>bloki 200 MW (energetyka WEK) rewitalizacja do pracy podstawowej (OK4)</b>	<b>1000</b>