



## **I Forum Energetyki Rozproszonej Jak uwolnić lokalną energię?**

# **POTENCJAŁ ROZWOJU ENERGETYKI ROZPROSZONEJ I PROSUMENCKIEJ W POLSCE**

**Jan Popczyk**

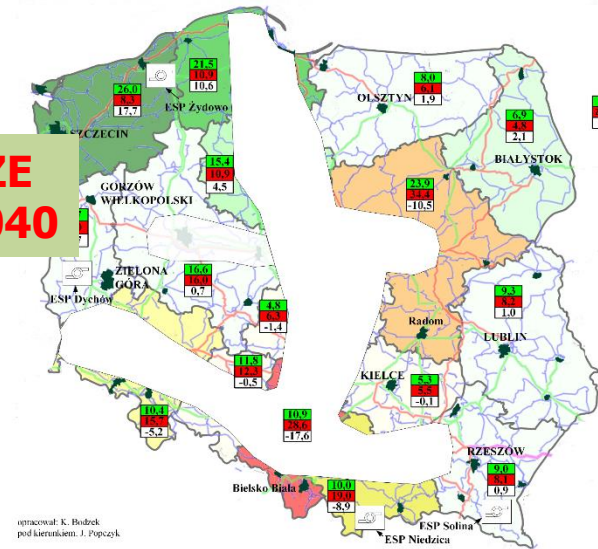
**Powszechna Platforma Transformacyjna Energetyki 2050**

[www.ppte2050.pl](http://www.ppte2050.pl)

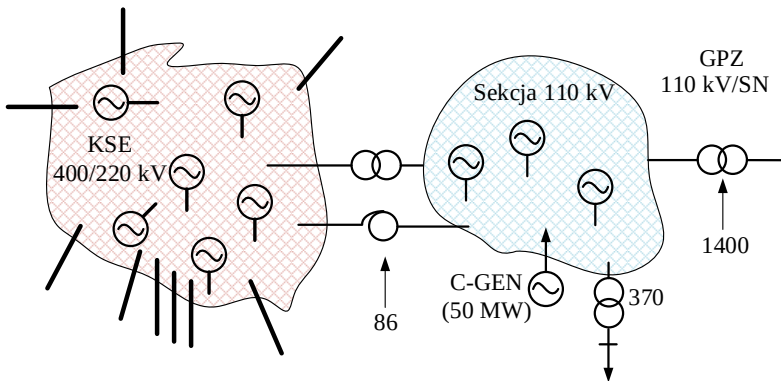
**Kraków, 25 marca 2019**

## rynek wschodzący 1

# 100% EP/ER OZE w horyzoncie 2040



## rynek schodzący 1



# transformacja energetyki

## struktura (w %) bilansu krajowego 2050

**5** – **μEB**  
**10-15** – **EB**  
**20-25** – **EW**  
**30** – **PV**  
**30** – **offshore**

**100%  
EP/ER OZE  
+ offshore  
w horyzoncie 2050**

## rynek wschodzący 2



## **„3x3” FUNDAMENTALNE PODSTAWY TEORETYCZNE I PRAKTYKA TRANSFORMACYJNA**

porządek fundamentalny transformacji energetyki, nazwany umownie „3x3”, na który składają się: triplet paradygmatyczny, 3-etapowa (3-celowa) praktyczna transformacja oraz 3-płaszczyznowo uwarunkowane decyzje mikroekonomiczne (przede wszystkim powszechne decyzje prosumenckie)

## **WYBRANE WYNIKI BADAŃ DLA WIRTUALNEGO MINISYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO (WME) ŚCIŚLE POWIĄZANEGO Z PRZYKŁADOWYM CERTYFIKOWANYM KLASTREM ENERGII (roczne zużycie energii ~ 140 GWh)**

### **RÓG OBFITOŚCI**

systematyka zasobów z rogu obfitości  
w środowisku cen krańcowych (cenotwórstwa czasu rzeczywistego)  
z pułapem cenowym (RB): ~ **13 tys. PLN/MWh** (od 2021: ~ **10 tys. € – RB/UE**)  
i cenami dobowymi na rynku RDN (2018): **52 €/MWh** w Polsce, **43-47 €/MWh**  
w Niemczech i w Skandynawii oraz **61-65 €/MWh** we Włoszech i w Wielkiej  
Brytanii

# **PODSTAWY TEORETYCZNE**

## **TRIPLET PARADYGMATYCZNY**

(paradygmaty: prosumencki, egzergetyczny, wirtualizacyjny)

### **FUNDAMENT MONIZMU ELEKTRYCZNEGO OZE 2050**

**prawa termodynamiki (sprawność egzergetyczna)  
i elektrotechniki (elektromagnetyzm)**

**+**

**technologie (inżynieria materiałowa oraz chemiczna i procesowa)**



**od keynsowskiej ekonomii (polityka energetyczna)  
do konkurencyjnego rynku energii elektrycznej (ryнку czasu  
rzeczywistego z cenami jednoskładnikowymi)**

**z**

- taryfami (cenami) dynamicznymi ( $\Delta t = 5$  minut, lub więcej)  
i/lub handlem pakietowym**
- usługami systemowymi zredukowanymi do regulacji  
częstotliwościowej (pierwotnej, wtórnej),  
→ opłatą sieciową naliczaną wg zasady  
zmodyfikowanego znaczka pocztowego  
i/lub *net meteringu***

## PARADYGMAT EGZERGETYCZNY (2)

**Punkt wyjścia do sformułowania paradygmatu:  
równanie na sprawność egzergetyczną  
(J. Szargut: Termodynamika techniczna. Gliwice 2011)**

$$\eta_B = \frac{B_{u\dot{z}} - B_{sn} + L_{u\dot{z}} + E_{el\dot{u}z} + \Delta B_{\dot{z}ru\dot{z}} + \Delta B_{uu\dot{z}}}{B_N + L_N + E_{elN} + \Delta B_{\dot{z}rN}}$$

**gdzie:  $B_{u\dot{z}}$  – użyteczna egzergia produktów użytecznych procesu,  $B_{sn}$  – egzergia surowców nieenergetycznych,  $L_{u\dot{z}}$ ,  $E_{el\dot{u}z}$  – użyteczna praca, użyteczna energia elektryczna uzyskana w procesie,  $\Delta B_{\dot{z}ru\dot{z}}$  – przyrost egzergii zewnętrznych źródeł ciepła, których ogrzewanie lub ochładzanie jest zadaniem procesu,  $\Delta B_{uu\dot{z}}$  – użyteczny przyrost egzergii układu,  $B_N$  – egzergia substancji napędowych (paliw),  $L_N$ ,  $E_{elN}$  – praca napędowa, napędowa energia elektryczna, odpowiednio,  $\Delta B_{\dot{z}rN}$  – spadek egzergii zewnętrznego źródła ciepła napędowego**

# WSPÓŁCZYNNIKI TRANSFORMACYJNE

obecnej energii końcowej  $E_k$ , w energię/egzergię użyteczną  $E/B_{uż}$   
(monizm elektryczny)

| Rynek energetyczny  |                 | „czynnik”<br>napędowy      | jednostka<br>„wiążąca” | oszacowanie                              |                                       |
|---------------------|-----------------|----------------------------|------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|
|                     |                 |                            |                        | wzór                                     | liczbowe                              |
| energia elektryczna |                 | ludność,<br>gospodarka     | kWh/(os.,<br>PKB)      | (-)                                      | 1                                     |
| ciepło              | grzewcze,<br>CG | ludność,<br>mieszkalnictwo | kWh/m <sup>2</sup>     | $\frac{E_{PH}}{E_g} \cdot \frac{1}{COP}$ | $\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} = 0,1$ |
|                     | CWU             | ludność                    | kWh/os.                | $\frac{1}{COP}$                          | $\frac{1}{3} = 0,3$                   |
| transport           |                 | ludność,<br>transport      | kWh/sam.               | $\frac{\eta_s}{\eta_{EV}}$               | $\frac{0,2}{0,6} = 0,3$               |

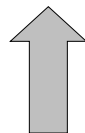
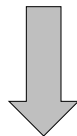
W paradygmacie egzergetycznym (w równaniu na sprawność egzergetyczną) brakuje inwestycji,  
a ogólnie środowiska społeczno-ekonomicznego  
**Dlatego potrzebne są dwa dalsze paradygmaty**

## (EKLEKTYCZNY) PARADYGMAT PROSUMENCKI (1)

### MAKROEKONOMIA

PKB, rząd, polityka energetyczna, korporacje energetyczne

tak było  
(i ciągle jeszcze jest)



tak będzie  
(tak się dzieje w Europie)

ludzie, decyzje prosumenckie, samorządy, MSP  
MIKROEKONOMIA

## (EKLEKTYCZNY) PARADYGMAT WIRTUALIZACYJNY (3)

„Specyficzny” *market coupling* w postaci transosłonowych platform handlowych między schodzącym rynkiem energii elektrycznej oraz rynkami wschodzącymi 1 i 2

**1. Bezpośrednie nawiązanie do systemu ERO z przeszłości** działającego na miedzianej płycie i na kosztach zmiennych wytwarzania:

$$K(P_G) = \sum_{i=1}^{n_G} k_i(P_{Gi})$$

gdzie:  $K(P_G)$  – całkowity koszt zmienny wytwarzania energii elektrycznej we wszystkich źródłach pracujących w systemie elektroenergetycznym,  $k_i$  – nieliniowa charakterystyka/funkcja określająca koszt zmienny wytwarzania energii elektrycznej w źródle  $i$ ,  $P_{Gi}$  – moc generowana przez źródło  $i$ ,  $n_G$  – liczba źródeł wytwórczych pracujących w systemie.

**2. Wyjście (przyszłość, ale niedaleka)** na „maszynową” platformę transakcji rynkowych koordynowanych/redukowanych przez inteligentną infrastrukturę systemu ograniczeń sieciowych (sieciowe terminale dostępowe, zasada TPA+).



## **TRANSFORMACJA ENERGETYKI 2050 ...**

**... koncepcja transformacji oraz osadzenie w jej środowisku ustrojowego przesilenia kryzysowego w elektroenergetyce**

### **KONCEPCJA TRZECH ETAPÓW/CELÓW**

**Punkt wyjścia: cenowe kryzysowe przesilenie 2018**

## **USTROJOWE PRZESILENIE KRYZYSOWE W ELEKTROENERGETYCE ZE SKUTKIEM W POSTACI PROGRAMU PONAD PODZIAŁAMI**

**wariant optymistyczny (pożądany)**

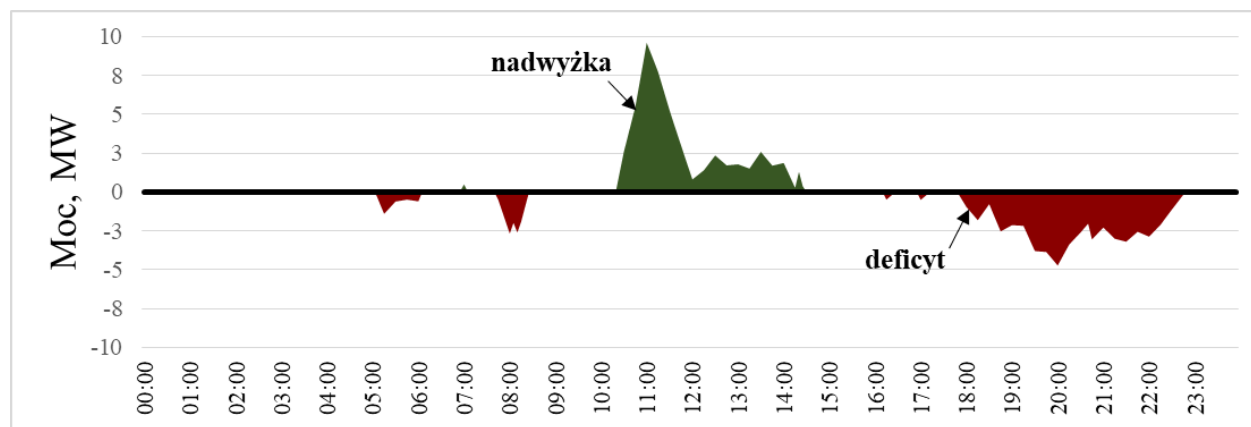
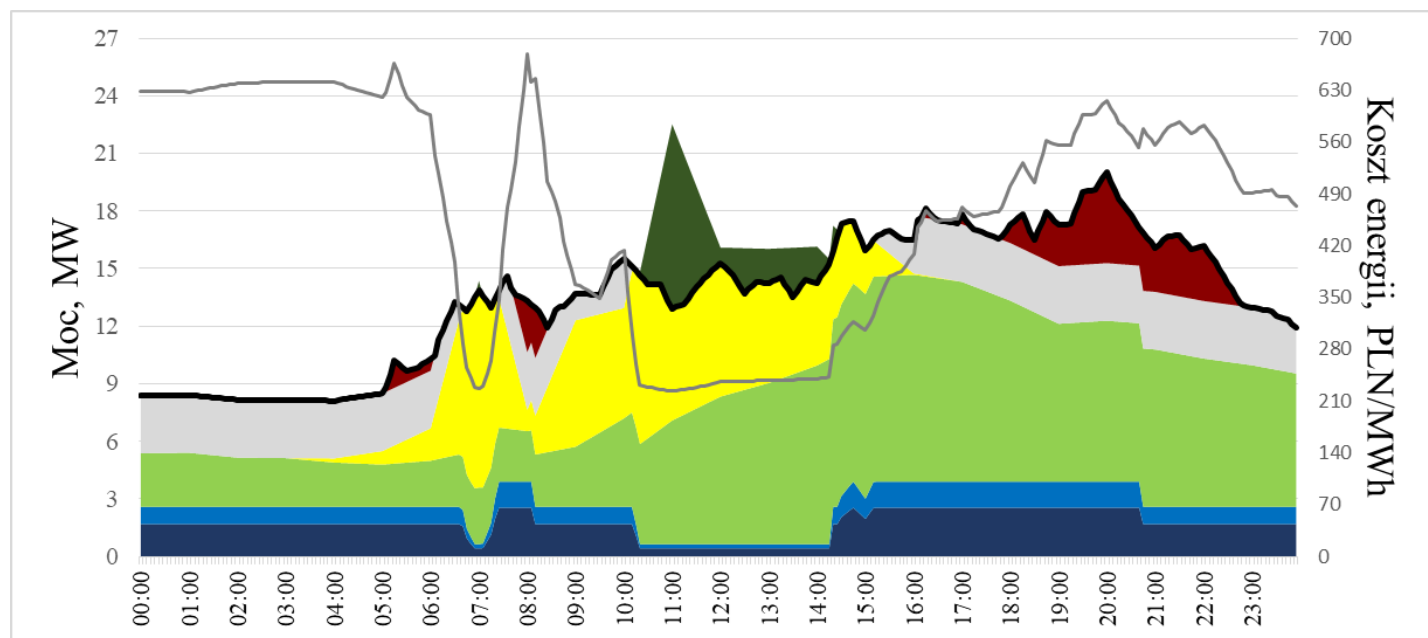
### **KONCEPCJA TRZECH ETAPÓW/CELÓW**

- 1. 2019-2020** – pobudzenie budowy oddolnych kompetencji i wykorzystania uśpionych zasobów (okres odpowiedzi na przesilenie kryzysowe 2018 w elektroenergetyce)
- 2. Horyzont 2025** – ustrojowa reforma rynku energii elektrycznej (II ustrojowa reforma elektroenergetyki) zapewniająca w horyzoncie 2025 ukształtowanie cenotwórstwa jednoskładnikowego czasu rzeczywistego
- 3. Horyzont 2050** – rynkowe zbudowanie (za pomocą rynku, inteligentnej elektryfikacji) zeroemisyjnego systemu zaspakajania potrzeb energetycznych w modelu monizmu elektrycznego OZE

## **PRZYKŁADOWE WYNIKI BADAŃ**

# STRUKTURA WYTWARZANIA KLASTRA (WME) – HORYZONT 2040, MODEL MONIZMU ELEKTRYCZNEGO OZE I CENOTWÓRSTWA CZASU RZECZYWISTEGO (2040)

**7 kwiecień** – duża zmienność produkcji w źródłach OZE, małe niezbilansowanie

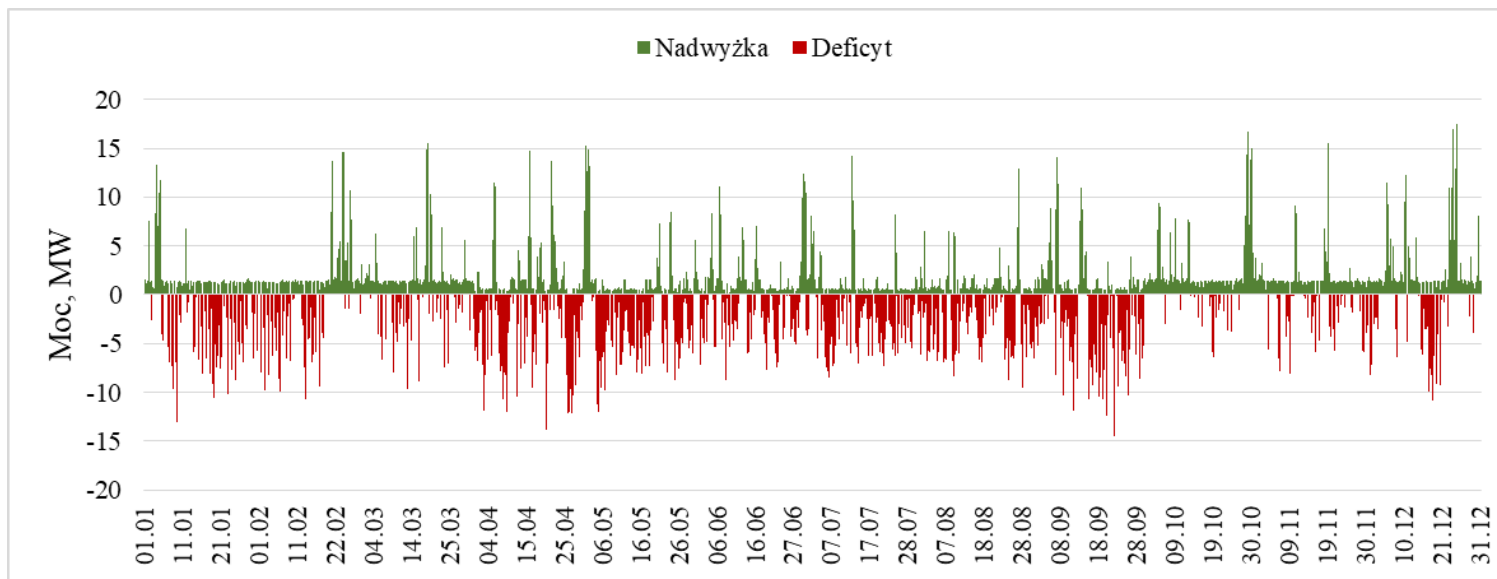


- Nadwyżka
- Deficyt
- UPS
- Agregaty kogeneracyjne
- Źródła PV
- Elektrownie wiatrowe
- Mikro el. biogazowe z zasobnikiem
- El. biogazowe z zasobnikiem
- Zapotrzebowanie
- Koszt energii

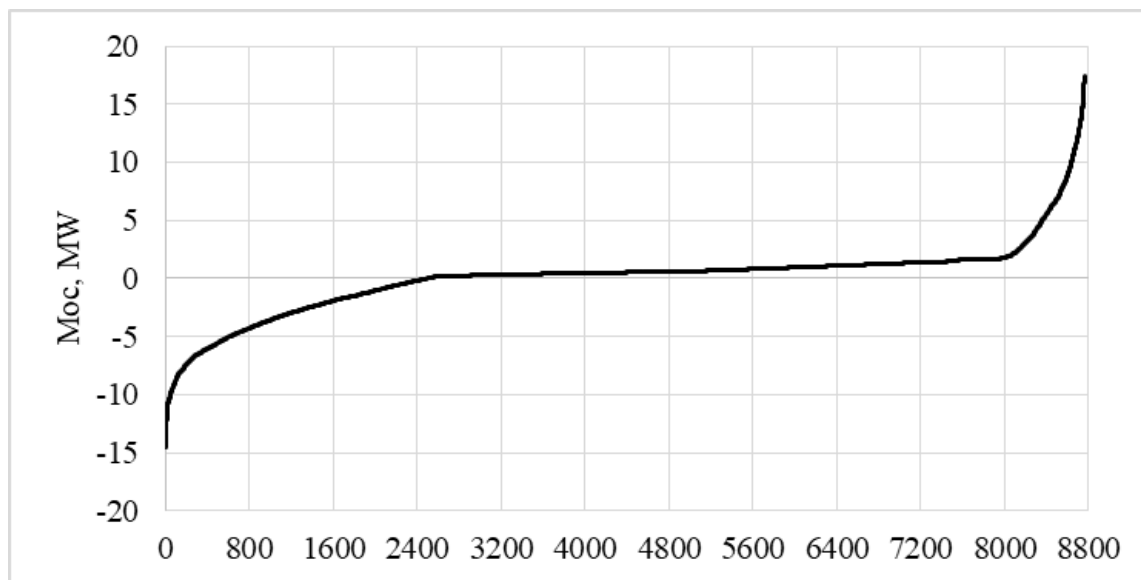
**bilans mocy na osłonie OK3 (podstawa do wystawienia oferty na osłonie)**

# PROFIL (5-MINUTOWY) NIEZBILANSOWANIA KLASTRA (WME)

## profil niezbilansowania (5-minutowego)

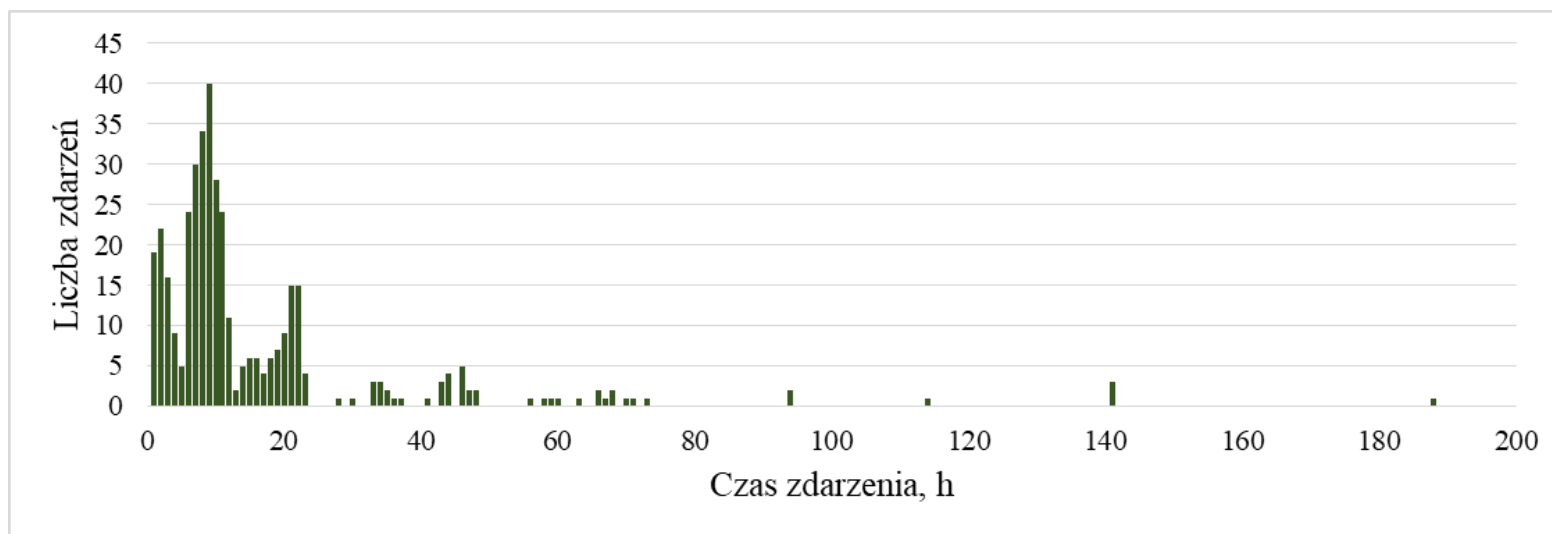


## charakterystyka uporządkowana salda (5-minutowego)



## CHARAKTERYSTYKA PROFILU NIEZBILANSOWANIA KLASTRA (WME)

**czas i liczba godzin z saldem („pakietowym”) dodatnim**

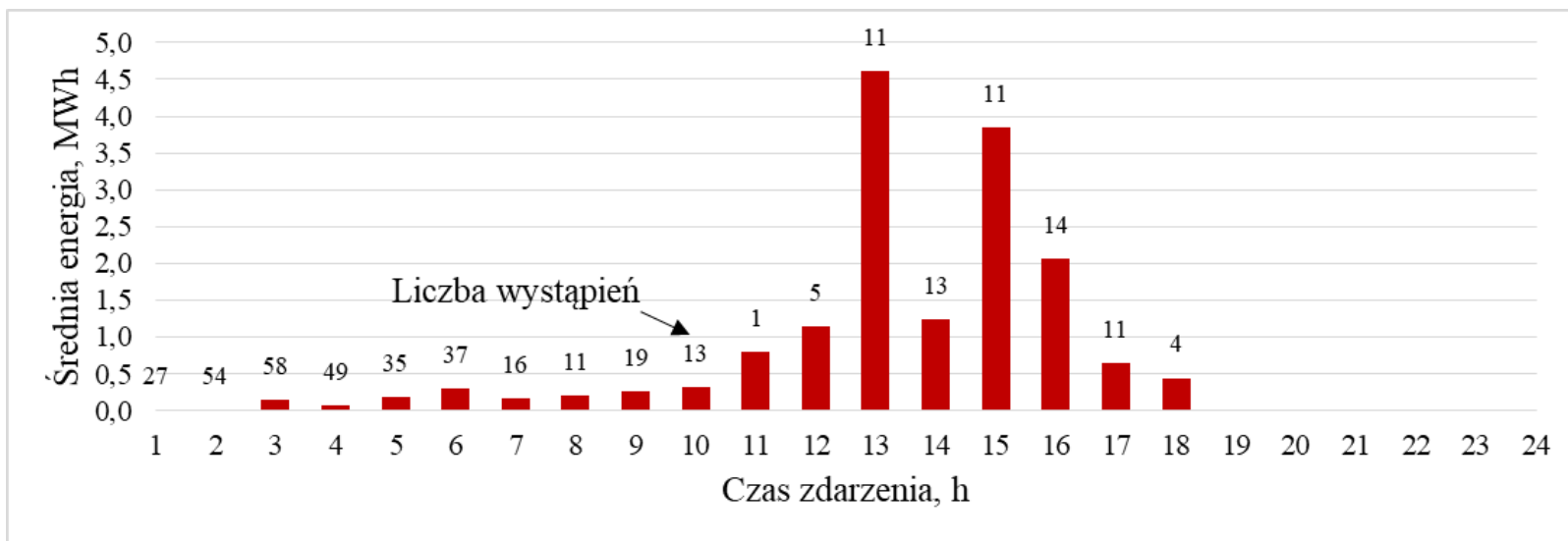


**czas i liczba godzin z saldem („pakietowym”) ujemnym**



# CHARAKTERYSTYKA PROFILU NIEZBILANSOWANIA KLASTRA (WME)

## średnia energia w deficytach (do 24 h)



## średnia energia w deficytach (powyżej 24 h)



## **RÓG OBFITOŚCI**

**decyzje mikroekonomiczne prosumentów  
i podmiotów rynkowych uwarunkowane technologicznie,  
ekonomicznie i środowiskowo**

## **KATALOG STANÓW KRYZYSOWYCH**

**wymagających odpowiedzi (klastrow energii, ale nie tylko)  
w ramach reaktywnego ruchu oddolnego 2019-2020**

- 1. Deficyt mocy w KSE**
- 2. Deficyt zdolności przyłączeniowych do sieci SN operatorów OSD na obszarach wiejskich**
- 3. Przerwy w zasilaniu (1° - rozległe awarie sieciowe, 2° - awarie sieciowych układów zasilających nN-SN, 3° - wyłączenia planowe odbiorców**
- 4. Gwałtowne wzrosty cen hurtowych energii elektrycznej, i następnie końcowych (taryfowych) z podziałem na: 1° - 2019 (obowiązująca ustawowa nowelizacja cenowa, blokująca ich wzrost), 2° - 2020 ?)**



## **PRODUKTY „DOSTĘPNE NA ALLEGRO”**

**Źródło światła LED z akumulatorem jedno-ogniwowym**

**Router OZE z akumulatorem (kwasowo-ołowiowym, litowo-jonowym)**

**Źródło PV (dachowe)**

**Mikrowiatrak („ogródkowy, dachowy”)**

**Źródło PV z routerem OZE**

**Źródło PV z routerem OZE i z akumulatorem**

**...**

## **DOM JEDNORODZINNY, ...**

### **Dom jednorodzinny**

więcej:

**Spółdzielnia energetyczna przy spółdzielni mieszkaniowej (wspólnocie mieszkaniowej), nowy model biznesowy dewelopera mieszkaniowego**

więcej:

**Spółdzielnia energetyczna we wsi z gospodarstwem średnio-towarowym (z mikro-elektrownią biogazową klasy 10-50 kW**

więcej:

**Wirtualny minisystem elektroenergetyczny (klaster energetyczny)**

więcej:

## **SYSTEMATYKA/RANKING POTENCJALNYCH ZASOBÓW Z ROGU OBFITOŚCI**

| <b>zasoby – ranking</b>                                                                                               |                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>uśpione bezinwestycyjne</b>                                                                                        |                                                                                |
|                                                                                                                       | <b>wynikających z pasywności (braku wiedzy) odbiorców</b>                      |
|                                                                                                                       | <b>możliwe do pobudzenia przez „naprawę” błędnych regulacji</b>                |
|                                                                                                                       | <b>możliwe do pobudzenia przez rozszerzenie istniejących dobrych regulacji</b> |
| <b>niskonakładowe możliwe do pobudzenia za pomocą konkurencji</b>                                                     |                                                                                |
| <b>blokowane przez grupy interesów, niemożliwe do wykorzystania bez ustrojowej reformy rynku energii elektrycznej</b> |                                                                                |

# NOWA STRUKTURYZACJA ENERGETYKI I ROZLEGŁEGO OTOCZENIA

## energetyka WEK

-----  
elektroenergetyka + górnictwo  
sektor paliw płynnych  
gazownictwo  
ciepłownictwo

odbiorcy → klienci → nabywcy

polityka energetyczna

grupy interesów

## subsidiaryzm

-----  
gmina → powiat → miasto → metropolia → województwo →  
→ kraj → UE → świat (zinstytucjonalizowany)

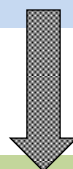
## energetyka EP

**zaspakajanie potrzeb energetycznych**

-----  
**ludność:** domy jednorodzinne (nN),  
budownictwo wielorodzinne (nN, SN)  
**samorządy:** gminy, miasta (nN, SN, GPZ-ty)  
**MMSP** (nN, SN)  
**wielki przemysł** (370 GPZ-ów)

# FUNDAMENT MONIZMU ELEKTRYCZNEGO OZE 2050

**prawa termodynamiki i elektrotechniki  
+  
technologie (inżynieria materiałowa oraz chemiczna i procesowa)**



**od keynsowskiej ekonomii (polityka energetyczna)  
do konkurencyjnego rynku energii elektrycznej (ryнку czasu  
rzeczywistego z cenami jednoskładnikowymi)**

**z**

- taryfami (cenami) dynamicznymi ( $\Delta t = 5$  minut, lub więcej)  
i/lub handlem pakietowym**
- usługami systemowymi zredukowanymi do regulacji  
częstotliwościowej (pierwotnej, wtórnej),  
→ opłatą sieciową naliczaną wg zasady  
zmodyfikowanego znaczka pocztowego  
i/lub *net meteringu***

## ENERGIA NAPĘDOWA OZE (BRUTTO/NETTO), ENERGIA UŻYTECZNA

### napędowa energia elektryczna OZE

- **netto:** 95 TWh (segment tradycyjnego użytkowania energii elektrycznej), 15 TWh (energia napędowa dla pomp ciepła w budownictwie), 65 TWh (energia napędowa dla potrzeb transportu samochodowego)
- **brutto:** 200 TWh (energia netto + straty sieciowe i potrzeby własne wynoszące 25 TWh (wartość oszacowana ekspercko))

**energia użyteczna – 205 (95+45+65) TWh**

## **GDZIE JEST PROBLEM ?**

**Transformacja energetyczna 2050 przenosi punkt ciężkości zagadnień rozwojowych we współczesnej elektroenergetyce ze strony podażowej (produkcji energii elektrycznej w źródłach OZE) na stronę popytową (zapotrzebowania na napędową energię elektryczną OZE)**

**Dlatego:**

**Coraz mniejszym wyzwaniem dla Polski jest zwiększenie rocznej produkcji energii elektrycznej OZE z 12 TWh (produkcja brutto) w 2018 do 200 TWh w 2050**

**Nieślabnącym wyzwaniem jest zmniejszenie energii końcowej netto z około 550 TWh (energia elektryczna 130 TWh, ciepło 210 TWh, paliwa transportowe 210 TWh) w 2018 do energii użytecznej 205 TWh w 2050**

**Proces psucia elektroenergetyki po 2000 r. za pomocą polityki energetycznej, czyli za pomocą recentralizacji i zaspakajania potrzeb grup interesów, wąskich biznesowych i powszechnych politycznych (transfery właścicielskie, segmentowe i powszechne systemy wsparcia) wyczerpał się !**

**Populizm polityczny i roszczeniowa klientela w obrębie elektroenergetyki i górnictwa węglowego całkowicie zdemolowały kompetencje i efektywność ekonomiczną**

**W rezultacie Polska została skonfrontowana z cenami (osaczona cenami) przeciętnymi na rynku hurtowym w 2018 r. 50 €/MWh i cenami offshore 50 €/MWh na globalnym rynku inwestycyjnym oraz rocznym importem węgla kamiennego 18 mln ton, którego spalanie wymaga opłacenia uprawnień do emisji CO<sub>2</sub> kosztujących 2 mld PLN**

**niezbędne stało się natychmiastowe:**

**ZASTĄPIENIE MECHANIZMÓW TŁOCZĄCYCH INNOWACJE  
DO ENERGETYKI**

**(polityka energetyczna i systemy wsparcia)**

**MECHANIZMAMI SSĄCYMI**

**(mikroekonomia - rynek czasu rzeczywistego z cenami jednoskładnikowymi)**



## **RADYKALNA ZMIANA ODPOWIEDZIALNOŚCI**

**od bezpieczeństwa energetycznego**

**do zdecentralizowanej struktury odpowiedzialności  
za dostateczną podaż na rynku usług energetycznych  
realizowanych w prosumenckim modelu monizmu elektrycznego  
i zasady subsydiarności**

## ODPOWIEDZIALNOŚĆ

| Poziom odpowiedzialności      | Odpowiedzialność (przedmiotowa, podmiotowa)                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| odbiorca                      | (-)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| prosument                     | odpowiedzialność podstawowa (rynkowa)                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| gmina wiejska                 | założenia do planów zaspakajania potrzeb energetycznych gminy, odpowiedzialność (w tym przed sądem) za jakość powietrza (smog); energetyk gminny (status, zakres działania, odpowiedzialność – przedmiot regulacji gminnej)                                                                                                    |
| miasto (aglomeracja)          | „założenia” i „smog” tak jak w gminie (wiejskiej), odpowiedzialność za włączenie infrastruktury zaspakajania potrzeb energetycznych do zadań własnych na równi, z innymi krytycznymi zadaniami, w szczególności za jej integrację z gospodarką obiegu zamkniętego – rozwiązania szczegółowe są przedmiotem regulacji miejskich |
| województwo (UM)              | odpowiedzialność za wykorzystanie transformacji energetycznej do budowy endogenicznej strategii własnego rozwoju – rozwiązania szczegółowe są przedmiotem regulacji wojewódzkich (podpowiedź: landy w Niemczech, stany w USA)                                                                                                  |
| kraj (państwo)                | rezygnacja z polityki energetycznej, likwidacja Ministerstwa Energii, głęboka przebudowa URE, ogłoszenie doktryny energetycznej, powołanie PRMTE                                                                                                                                                                               |
| UE                            | realizacja unijnej polityki klimatycznej, realizacja jednolitego konkurencyjnego rynku energii elektrycznej                                                                                                                                                                                                                    |
| „zinstytucjonalizowany” świat | polityka klimatyczna (emisje CO <sub>2</sub> ), zaspakajanie potrzeb energetycznych lotnictwa (poziom globalny), system prądu elektrycznego (prąd przemienny, renesans prądu stałego)                                                                                                                                          |

# NOWA STRUKTURA BEZPIECZEŃSTWA ELEKTROENERGETYCZNEGO I ENERGETYCZNEGO W CAŁOŚCI (W MODELU MONIZMU ELEKTRYCZNEGO)

|                                                                                                     |                              |                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Podział administracyjny, segmentacja prosumencka</b>                                             |                              | <b>Podstawa i gwarant bezpieczeństwa lub współodpowiedzialny za środowisko, w którym to bezpieczeństwo się realizuje</b> |
| <b>PODZIAŁ ADMINISTRACYJNY – PRZESTRZENNE ZAGOSPODAROWANIE KRAJU</b>                                |                              |                                                                                                                          |
| <b>Kraj</b>                                                                                         |                              | <b>KSE w systemie UCTE (UCPTE) – rząd (URE), PSE</b>                                                                     |
| <b>Województwo</b>                                                                                  |                              | <b>OK4 w KSE – samorząd (urząd marszałkowski) w środowisku rynków RS i RW1, ewentualnie RW2</b>                          |
| <b>Wielka struktura osadnicza</b><br>(metropolia, aglomeracja, miasto powyżej 500 tys. mieszkańców) |                              | <b>OK4 W KSE – samorząd (zarząd metropolii, prezydent miasta) w środowisku rynków RS i RW1, ewentualnie RW2</b>          |
| <b>Powiat</b>                                                                                       |                              | <b>OK4 – klaster energii w środowisku rynków RS i RW1</b>                                                                |
| <b>Gmina wiejska, wiejsko-miejska</b>                                                               |                              | <b>OK4 – samorząd (wójt, burmistrz) w środowisku rynków RS i RW1</b>                                                     |
| <b>Mikro struktura osadnicza (wieś, kolonia)</b>                                                    |                              | <b>OK2 – spółdzielnia energetyczna w środowisku rynków RS i RW1</b>                                                      |
| <b>PROSUMENCI</b>                                                                                   |                              |                                                                                                                          |
| <b>Ludność</b>                                                                                      | <b>dom jednorodzinny</b>     | <b>OK1 – właściciel domu w środowisku rynków RS i RW1</b>                                                                |
|                                                                                                     | <b>budynek wielorodzinny</b> | <b>OK1, OK2 – właściciel mieszkania, spółdzielnia/wspólnota mieszkaniowa, deweloper w środowisku rynków RS i RW1</b>     |
| <b>MMSP</b>                                                                                         |                              | <b>OK1, OK2 – przedsiębiorcy w środowisku rynków RS i RW1</b>                                                            |
| <b>Samorząd – zadania własne</b>                                                                    |                              | <b>OK1, OK2 – samorządy w środowisku rynków RS i RW1</b>                                                                 |
| <b>Wielki przemysł</b>                                                                              |                              | <b>Hybrydowe układy dosyłowe AC-DC – zarządy w środowisku rynków RS i RW2</b>                                            |
| <b>Krajowa infrastruktura</b>                                                                       | <b>magistrale PKP</b>        | <b>Hybrydowe układy dosyłowe AC-DC – PKP Energetyka, zarządcy autostrad w środowisku rynków RS i RW2</b>                 |
|                                                                                                     | <b>autostrady</b>            |                                                                                                                          |

**RS, RW1, RW2 – rynki energii elektrycznej: schodzący i wschodzące 1 oraz 2, odpowiednio.**

**Referat ma podstawy w piśmiennictwie skonsolidowanym w Bibliotece Źródłowej Energetyki Prosumenckiej (<http://bzep.pl>) i na Powszechnej Platformie Transformacyjnej Energetyki 2050 ([www.ppte2050.pl](http://www.ppte2050.pl)). Wyniki stanowiące pierwsze przybliżenie (biblioteka, platforma) dają podstawę do zaawansowanych badań praktycznych i mogą się przyczynić do racjonalizacji trajektorii transformacyjnej 2050 polskiej energetyki w całości**