



**System
Elektroenergetyczny:
Bezpieczeństwo
Operacyjne i Rynkowe**

Wpływ Odnawialnych Źródeł Energii na Krajowy System Energetyczny. Identyfikacja i mitygacja zagrożeń.

**Justyna Kowalska
Piotr Miller**

Kazimierz Dolny, 17–19 marca 2026 r.

Wstęp



- System elektroenergetyczny do prawidłowego funkcjonowania musi pozostawać w stanie bilansu energetycznego. Oznacza to konieczność utrzymania równowagi pomiędzy produkcją a odbiorem energii elektrycznej
- Takie podejście gwarantuje utrzymanie parametrów napięciowych w systemie oraz zabezpiecza go przed blackoutem z powodu nadmiaru lub niedoboru energii
- Do niedawna tj. do około 2015 roku bilansowanie było prowadzone głównie w oparciu o plany produkcji przekazywane przez wytwórców z generacji niezależnej od czynników zewnętrznych. Obecnie coraz większy udział w produkcji mają źródła silnie zależne od czynników zewnętrznych do których zaliczane są warunki pogodowe: wiatr i nasłonecznienie

Analiza miksu energetycznego w KSE 1/2



W Polsce moc osiągalna na koniec grudnia 2025 w podziale na źródła wytwórcze, kształtowała się następująco:

- Węgiel kamienny - 21 180 MW
- Węgiel brunatny - 7 605 MW
- Gaz ziemny - 5 945, 3 MW
- OZE Biomasa – 904,6 MW
- OZE Biogaz - 320 MW
- OZE elektrownie wodne – 987,9 MW
- OZE fotowoltaika 24 513,7 MW
- OZE elektrownie wiatrowe - 10 396,8 MW
- Instalacje hybrydowe - 9 MW
- Pozostałe paliwa 2 167,2 MW

Obecnie w Polsce największy udział mocy zainstalowanej ma fotowoltaika (24 513,7 MW)

Analiza miksu energetycznego w KSE 2/2



- W Polsce największą moc zainstalowaną ma fotowoltaika (24 513,7 MW) – jest obecnie największym źródłem energii w systemie elektroenergetycznym, ale jest też najmniej przewidywalna
- Drugie miejsce zajmuje węgiel kamienny (21 180 MW), który nadal stanowi jeden z głównych filarów produkcji energii
- Duży udział mają także elektrownie wiatrowe (10 396,8 MW) oraz węgiel brunatny (7 605 MW)
- Elektrownie gazowe (5 945 MW) pełnią ważną rolę uzupełniającą i stabilizującą system. Elektrownie te chociaż emisyjne uważane są za względnie ekologiczne
- W KSE jest również energia wyprodukowana z biogazu, biomasy i elektrowni wodnych (2 212 MW), pojawiają się również pierwsze instalacje hybrydowe (9 MW)



Sposoby mitygacji zagrożeń dla stabilności KSE

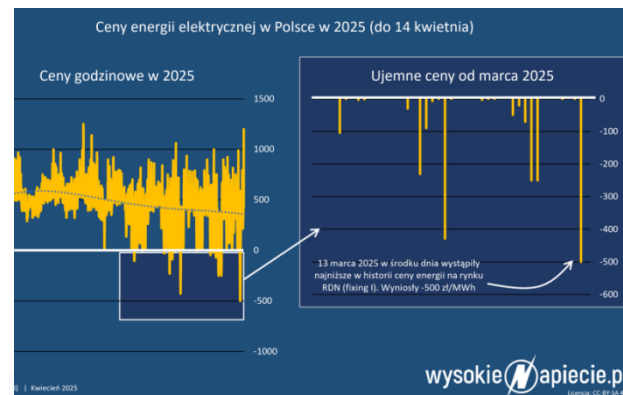


Taka struktura miksu energetycznego powoduje ryzyko nadmiaru energii w KSE. Do głównych sposobów zmniejszenia ryzyka związanego z nadmiarem energii w systemie należą:

- Redysponowanie nierynkowe polegające na poleceniach obniżenia wytwarzania energii elektrycznej w instalacjach OZE
- Sprzedaż energii za granicę
- Rynek Energii z ujemnymi cenami energii w okresie nadmiernej produkcji
- Rozwiązania organizacyjne: wprowadzenie tzw. DUB (Dostawca Usług Bilansowania)



SEBOR'26



PSE Polskie Sieci Elektroenergetyczne

....., dnia

Oświadczenie o umocowaniu DUB

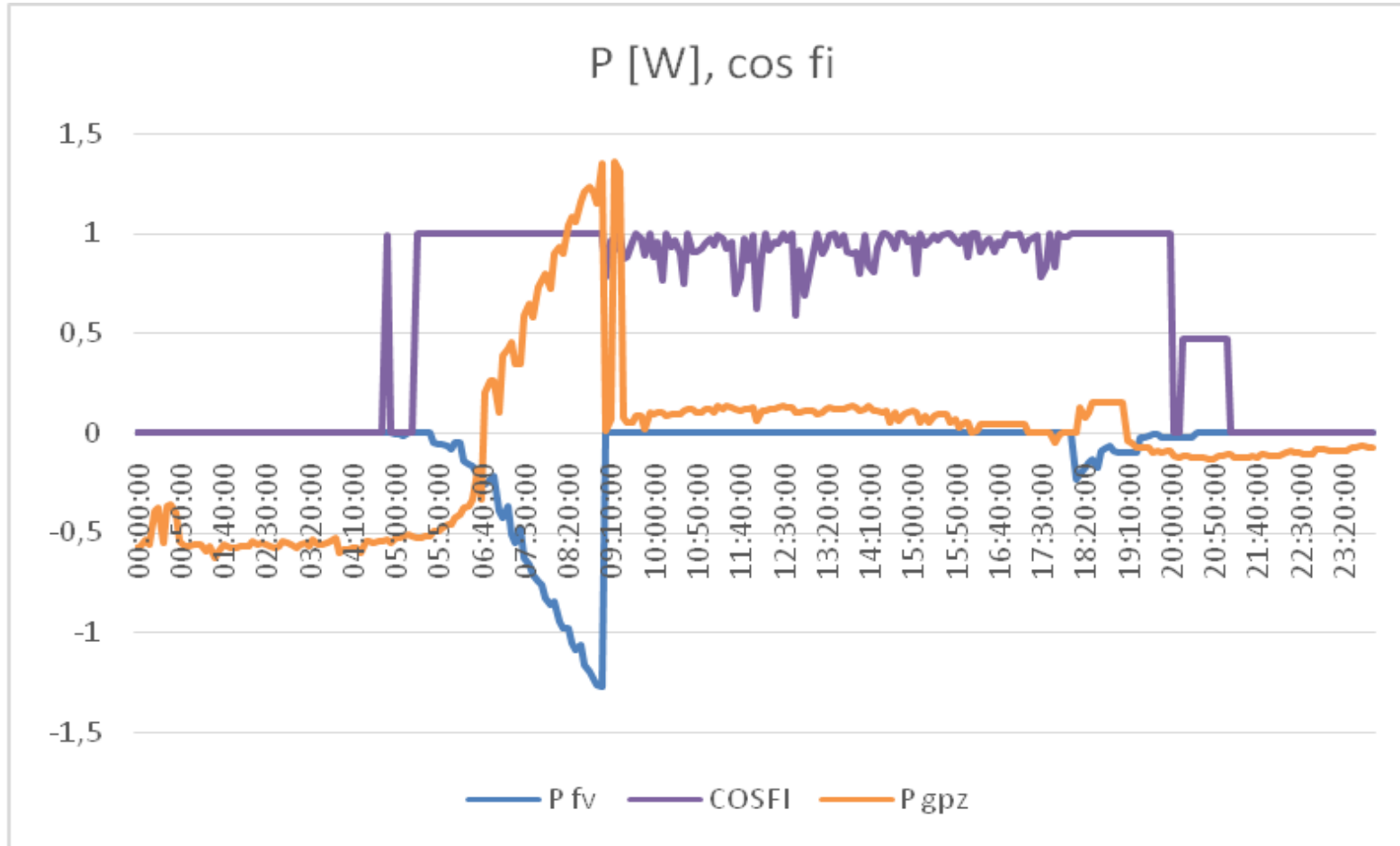
..... [firma właściciela zasobu] z siedzibą w [adres siedziby] wpisa prowadzonego przez ... pod numerem, NIP:, zwany dalej Wła którego reprezentują osoby podpisujące niniejsze oświadczenie kwalifikowanym: elektronicznym / poniżej wymienione osoby składające podpis własnoręczny**:

1.
2.

posiadający status dużego przedsiębiorcy w rozumieniu ustawy z dnia 8 mar o przeciwdziałaniu nadmiernym opóźnieniom w transakcjach handlowych (t.j. 1 poz. 893)**;

ORAZ

Redysponowanie 1/2



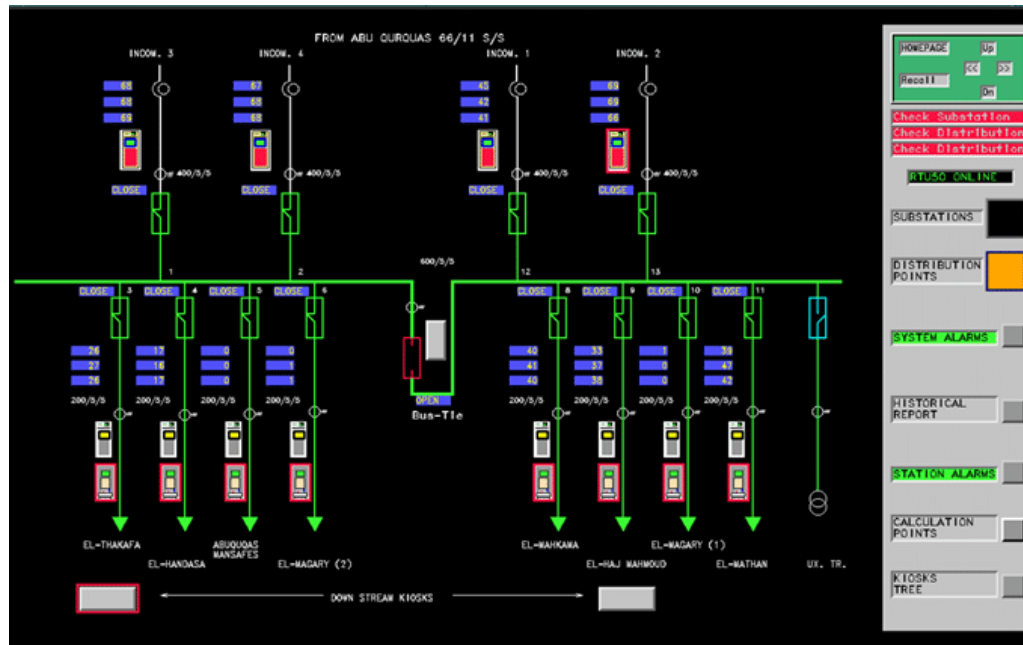
W celu zobrazowania skutków redysponowania możemy odwołać się do rzeczywistych danych. Na wykresie zobrazowano redukcję generacji do zera. Spowodowało to niemal pełne zbilansowanie stacji GPZ

Rys. 1. Charakterystyka redukcji mocy czynnej (dane z systemu SCADA PGE)

Redysponowanie 2/2



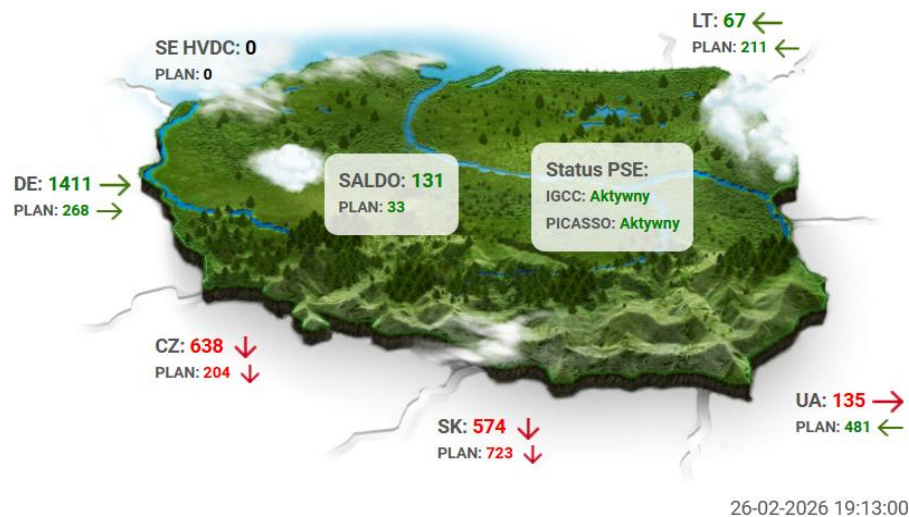
Skala redysponowania nierynkowego w Polsce jest bardzo duża. Tylko „od 1 stycznia do 16 lutego 2026 r. PSE nierynkowo zredukowały łącznie 11 030,3 MW mocy



Sprzedaż energii za granicę 1/3



Sprzedaż energii elektrycznej za granicę z Polski jest istotnym elementem funkcjonowania rynku energii, szczególnie w okresach nadpodaży energii z odnawialnych źródeł energii (OZE) lub wysokiej produkcji konwencjonalnej. Polska jest zarówno eksporterem, jak i importerem, a handel odbywa się za pośrednictwem połączeń transgranicznych zarządzanych przez Polskie Sieci Elektroenergetyczne (PSE). Przykładową strukturę sprzedaży przedstawiono na rysunku 2



Rys. 2. Przykładowy raport zamieszczany na stronie PSE



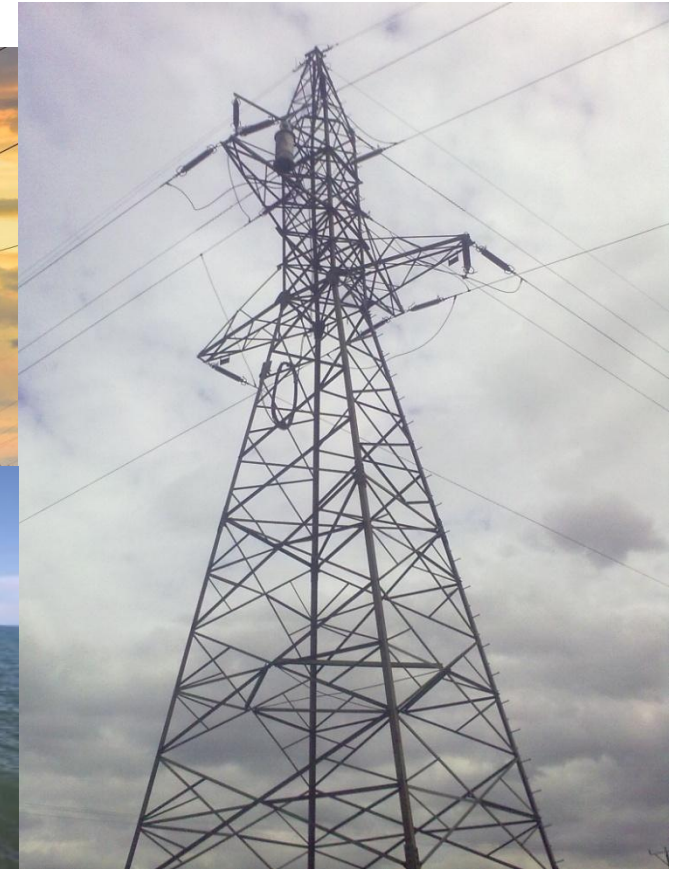
Sprzedaż energii za granicę 2/3



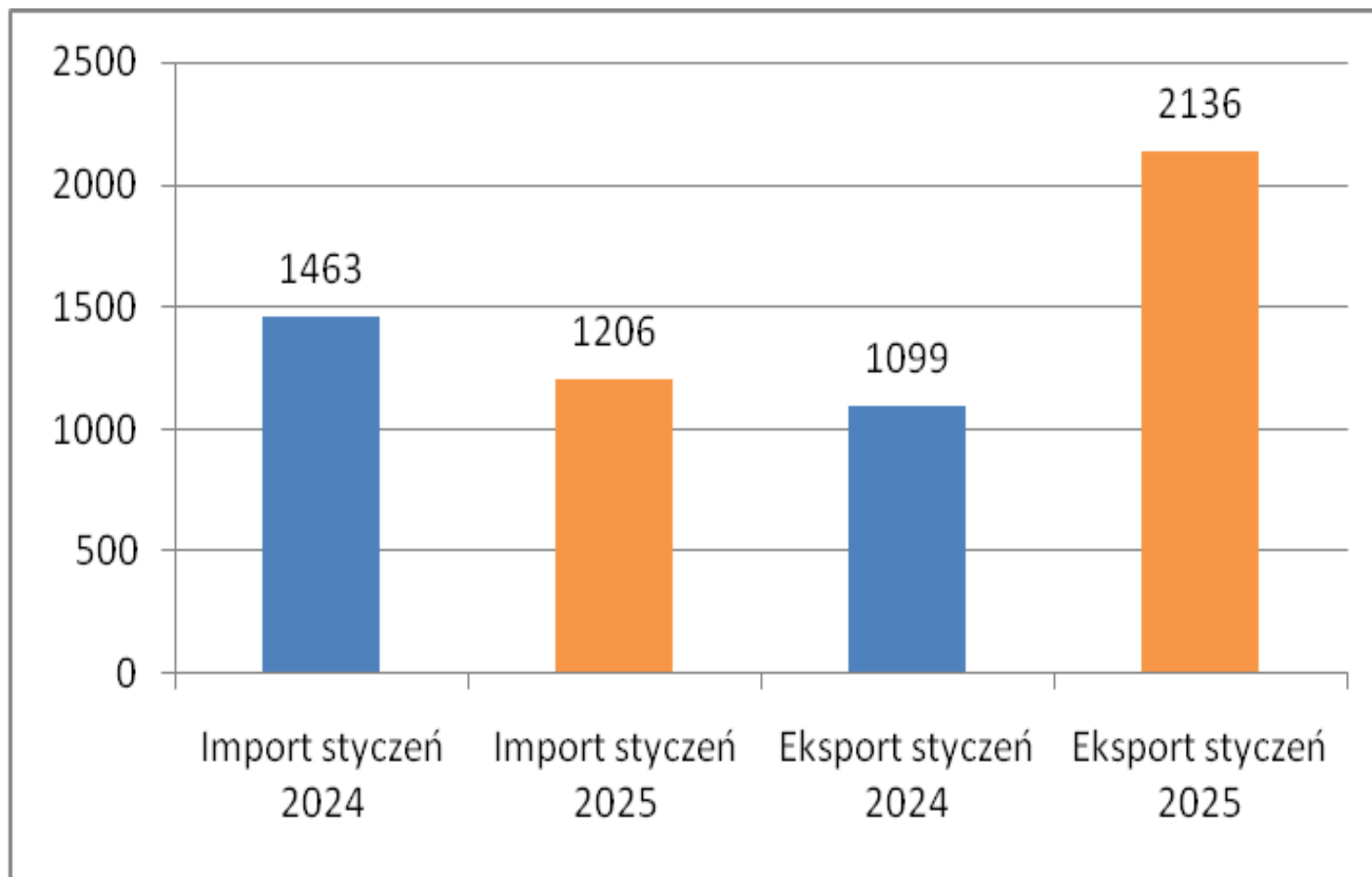
Raporty on-line są prezentowane na stronie internetowej PSE, Przykładowy raport zaprezentowano na rysunku 3. Obserwowany raport jest przykładem deficytu mocy, który jest uzupełniany zakupem za granicą

ZAPOTRZEBOWANIE [MW]	23 081
GENERACJA [MW]	22 758
el. ciepłne	15 514
el. wodne	1 016
el. wiatrowe	6 228
el. fotowoltaiczne	0
el. inne odnawialne	0
SALDO WYMIANY CAŁKOWITEJ [MW]	299 IMPORT
CZĘSTOTLIWOŚĆ [Hz]	49,985

Rys. 3. Przykładowy raport zamieszczany na stronie PSE



Sprzedaż energii za granicę 3/3



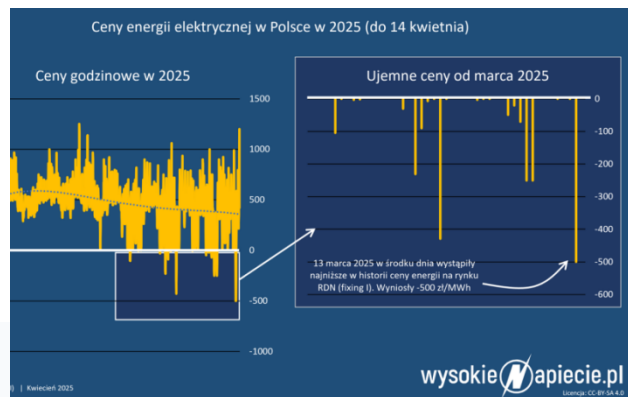
- Przykładowo zaprezentowano dane ze stycznia 2025 vs stycznia 2024 na rysunku 4
- Na podstawie zobrazowanych danych zaobserwować można, że import energii miesiąc do miesiąca spadł do poziomu 82,43 %. W tym samym okresie widać bardzo duży wzrost eksportu na poziomie 194,36%. Jest to podyktowane nadmiarem energii w KSE, który jest sprzedawany do innych Państw. Oczywiście działają tu mechanizmy rynkowe funkcjonujące na Europejskim Rynku Energii

Rys. 4. Import-eksport energii elektrycznej [GWh], dane publikowane przez PSE

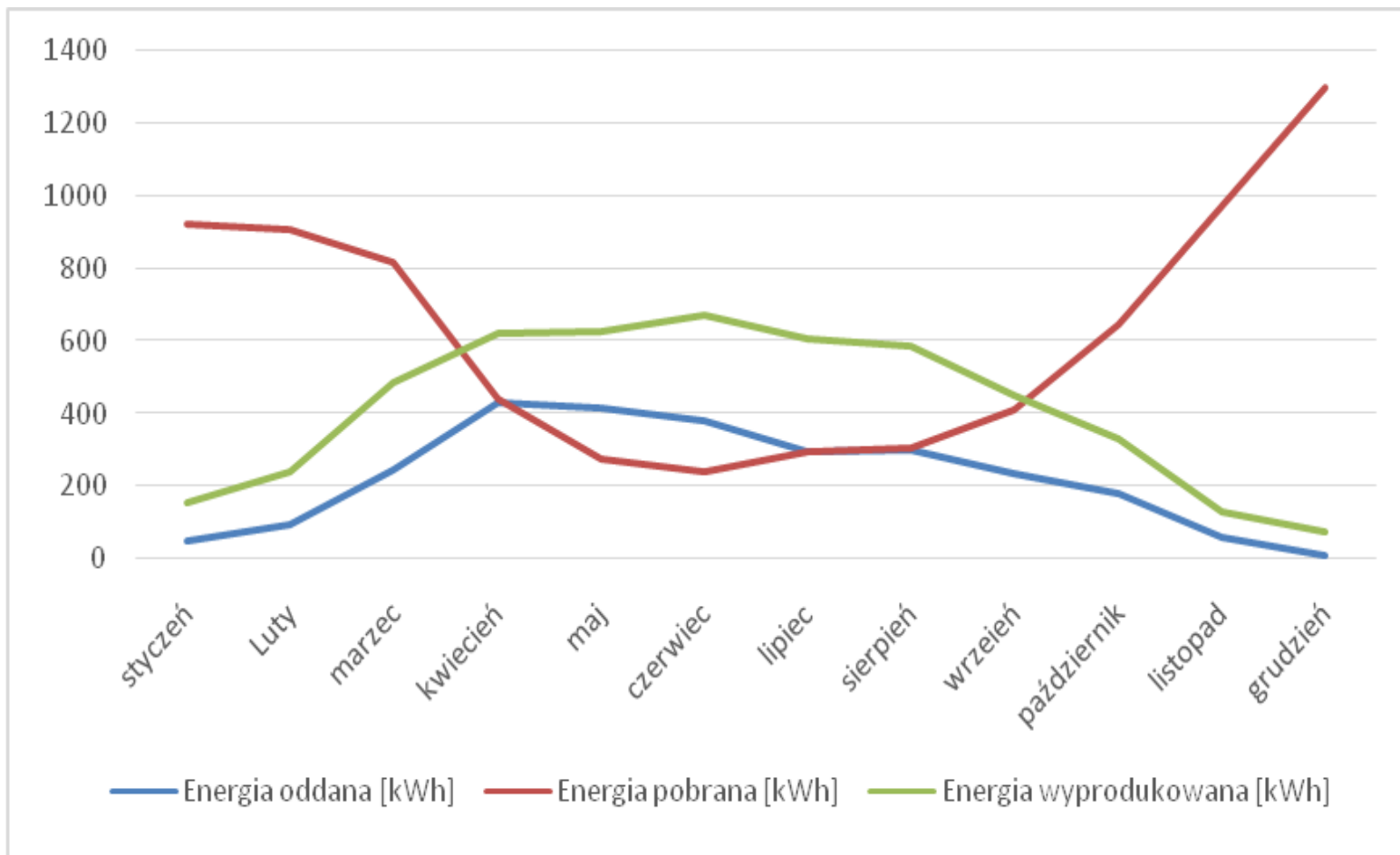
Rynek energii 1/3



- Rynek energii elektrycznej w Polsce funkcjonuje jako system, w którym ceny kształtowane są przez popyt i podaż na Towarowej Giełdzie Energii, przy jednoczesnym nadzorze Urzędu Regulacji Energetyki (URE). Obejmuje on wytwarzanie (głównie węgiel i OZE), przesył (PSE), dystrybucję oraz sprzedaż
- W 2023 roku ujemne ceny energii elektrycznej odnotowano wyłącznie w październiku i grudniu. W 2024 roku zjawisko to pojawiło się po raz pierwszy w kwietniu i utrzymywało się w każdym kolejnym miesiącu aż do końca roku. Natomiast w 2025 roku pierwsze godziny z ujemną ceną zanotowano już w styczniu, w lutym ich nie odnotowano, natomiast w marcu i kwietniu ich liczba gwałtownie wzrosła



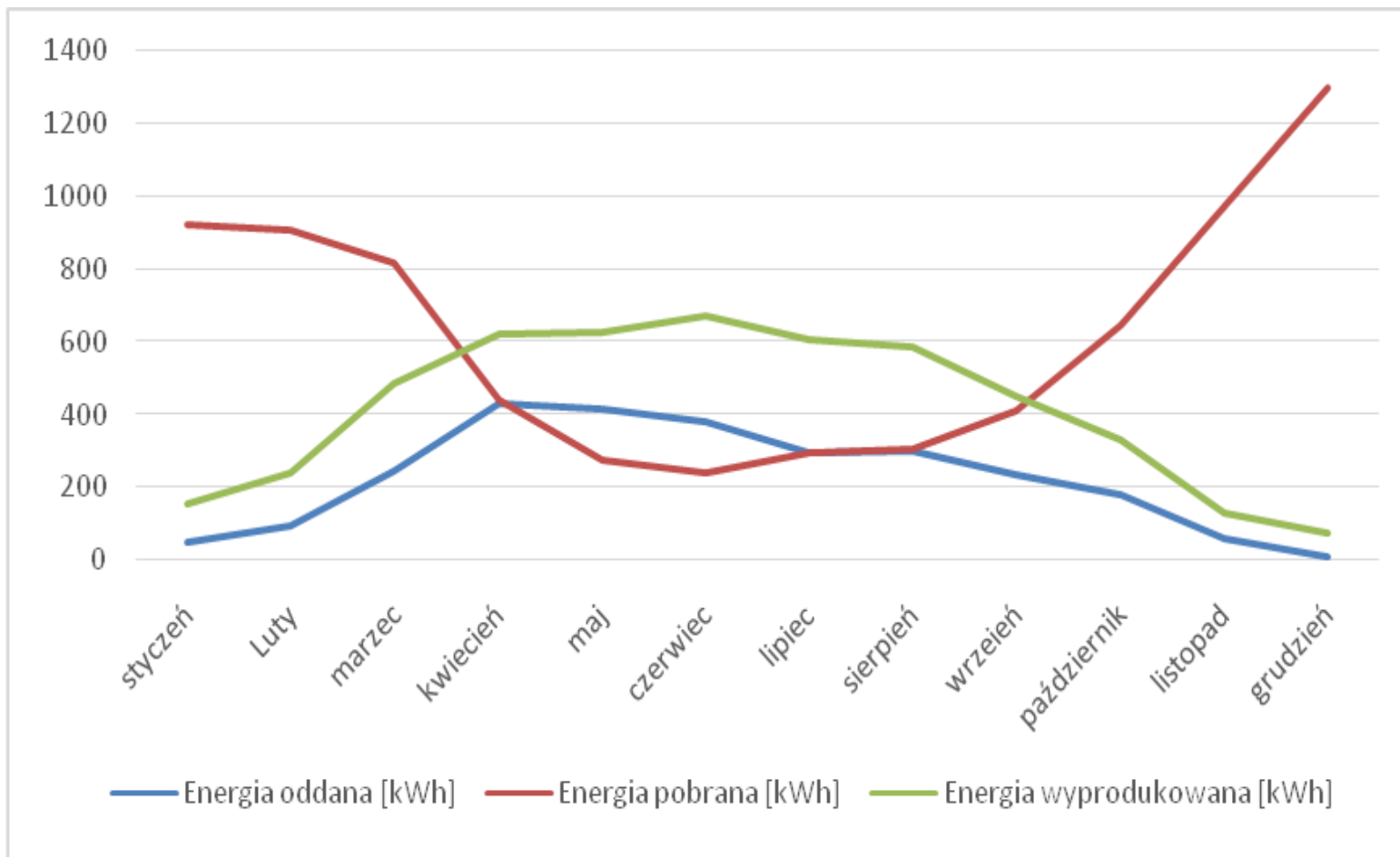
Rynek energii 2/3



Zjawisko można zobrazować przy pomocy rzeczywistych danych domowej instalacji prosumenckiej zaprezentowanej na rysunku 5. Źródłem danych jest system pomiarowy PGE Dystrybucja oraz informacje z aplikacji obsługującej domową instalację prosumenta. Od kwietnia do sierpnia instalacja oddaje nadmiar wyprodukowanej energii do sieci, więc w przypadku ujemnych cen generuje realną stratę finansową

Rys. 5. Dane odczytowe licznika energii elektrycznej i instalacji fotowoltaicznej za 2025 rok, Źródło: system pomiarowy PGE Dystrybucja oraz informacje z aplikacji obsługującej domową instalację prosumenta

Rynek energii 3/3



Na rysunku 5 widać, że przy rozliczeniu w systemie net billing w miesiącach od stycznia do kwietnia oraz od sierpnia do grudnia prosument konsumuje całość wyprodukowanej energii

Rys. 5. Dane odczytowe licznika energii elektrycznej i instalacji fotowoltaicznej za 2025 rok, Źródło: system pomiarowy PGE Dystrybucja oraz informacje z aplikacji obsługującej domową instalację prosumenta

Dostawcy Usługi Bilansowania (DUB)



- Nową koncepcją, która może mieć pozytywny wpływ na Rynek Energii i wyeliminować ujemne ceny energii jest projekt realizowany przez PSE określany skrótem DUB
- Oczywiście nie dotyczy on domowych instalacji prosumenckich
- Jest dedykowany dla prosumentów i wytwórców o mocy zainstalowanej powyżej 0,2 MW, ale co do zasady może wpłynąć pozytywnie na dalszy rozwój OZE w Polsce i może podnieść ich rentowność
- Idea DUB w energetyce opiera się na udziale podmiotów innych niż klasyczne elektrownie w procesie bilansowania systemu elektroenergetycznego (dostosowywania produkcji energii do zapotrzebowania w czasie rzeczywistym)



Wnioski 1/3



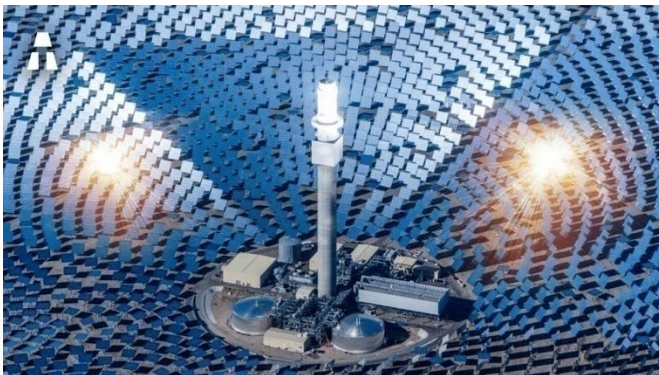
Dynamiczny rozwój energetyki prosumenckiej, farm wiatrowych i dużych instalacji PV zmienił oblicze Polskiej energetyki, która zaczęła borykać się z marginalnym do tej pory zjawiskiem nadmiaru energii w KSE. **Główne przyczyny takiego stanu to: moc zainstalowana w KSE jest już ponad dwukrotnie większa od zapotrzebowania maksymalnego**, przy czym duża część tej mocy pochodzi ze źródeł silnie zależnych od warunków pogodowych. Wysoka zmienność produkcji z OZE powoduje:

- **Wzrost ryzyka związanego ze stabilnością KSE**
- **Wzrost liczby redysponowań nierynkowych powodując presję ekonomiczną na producentów energii z OZE**
- **Ujemne ceny na rynku energii powodując presję ekonomiczną na producentów i prosumentów rozliczanych w systemie net billing**

Wnioski 2/3



W związku z koniecznością zastąpienia mocy wytwórczej pochodzącej z elektrowni węglowych, kluczową rolę w systemie powinny odgrywać jednostki OZE, elektrownie jądrowe, magazyny energii inne niż galwaniczne, które będą sukcesywnie zastępować zarówno elektrownie węglowe, jak i gazowe

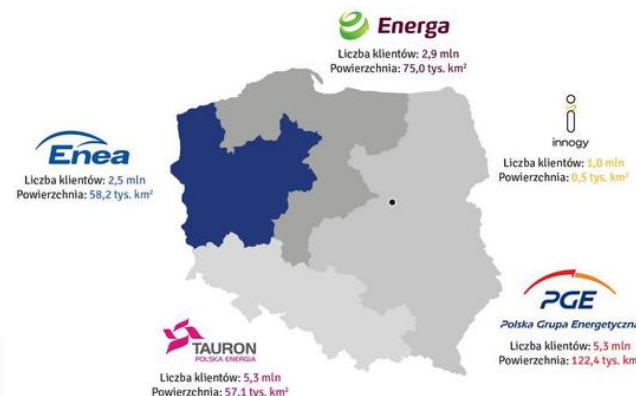


Wnioski 3/3



Dalszy rozwój sektora wytwórczego powinien opierać się na:

- Korelacji wytwarzania i magazynowania energii
- Wdrażaniu elektrowni hybrydowych, przy czym kierunek i skala rozwoju powinny być dostosowane do krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną oraz do możliwości eksportowych systemu
- Wprowadzeniu mechanizmów zwiększających rentowność instalacji prosumenckich i producenckich opartych na OZE
- Obiecująco przedstawia się koncepcja DUB, natomiast na chwilę obecną trudno jednoznacznie ocenić, w jakim stopniu podmioty zgłaszające udział w programie będą skutecznie realizować przyjęte zobowiązania





Dziękuję za uwagę

- mgr inż. Justyna Kowalska
- justyna.kowalska@pollub.edu.pl