

Wpływ przyłączania odnawialnych źródeł energii i magazynów energii na warunki pracy sieci rozdzielczej SN

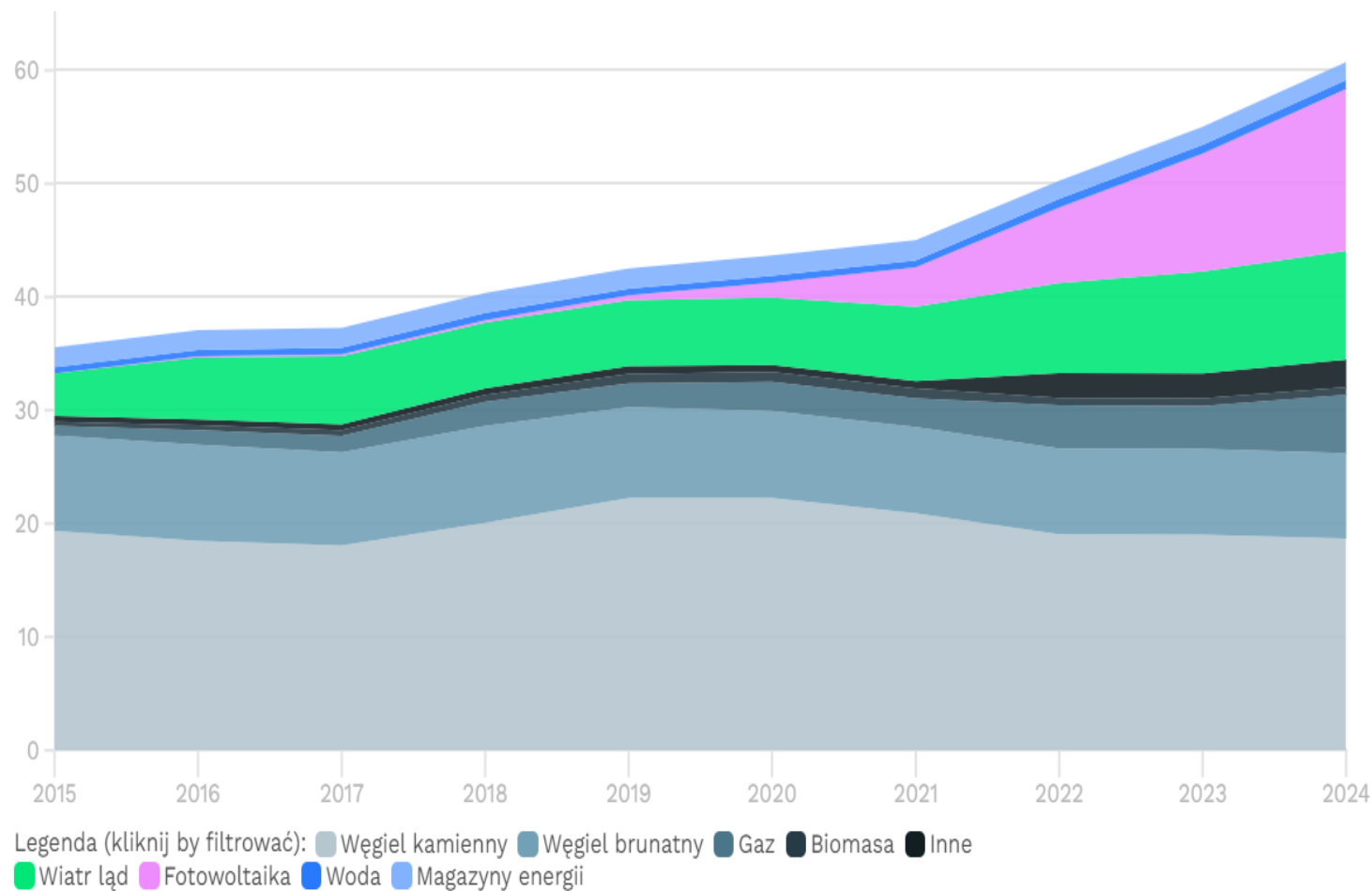
Barbara Kaszowska, Politechnika Opolska

Dariusz Jeziorny, Ryszard Stolarczyk, Wojciech Schab,

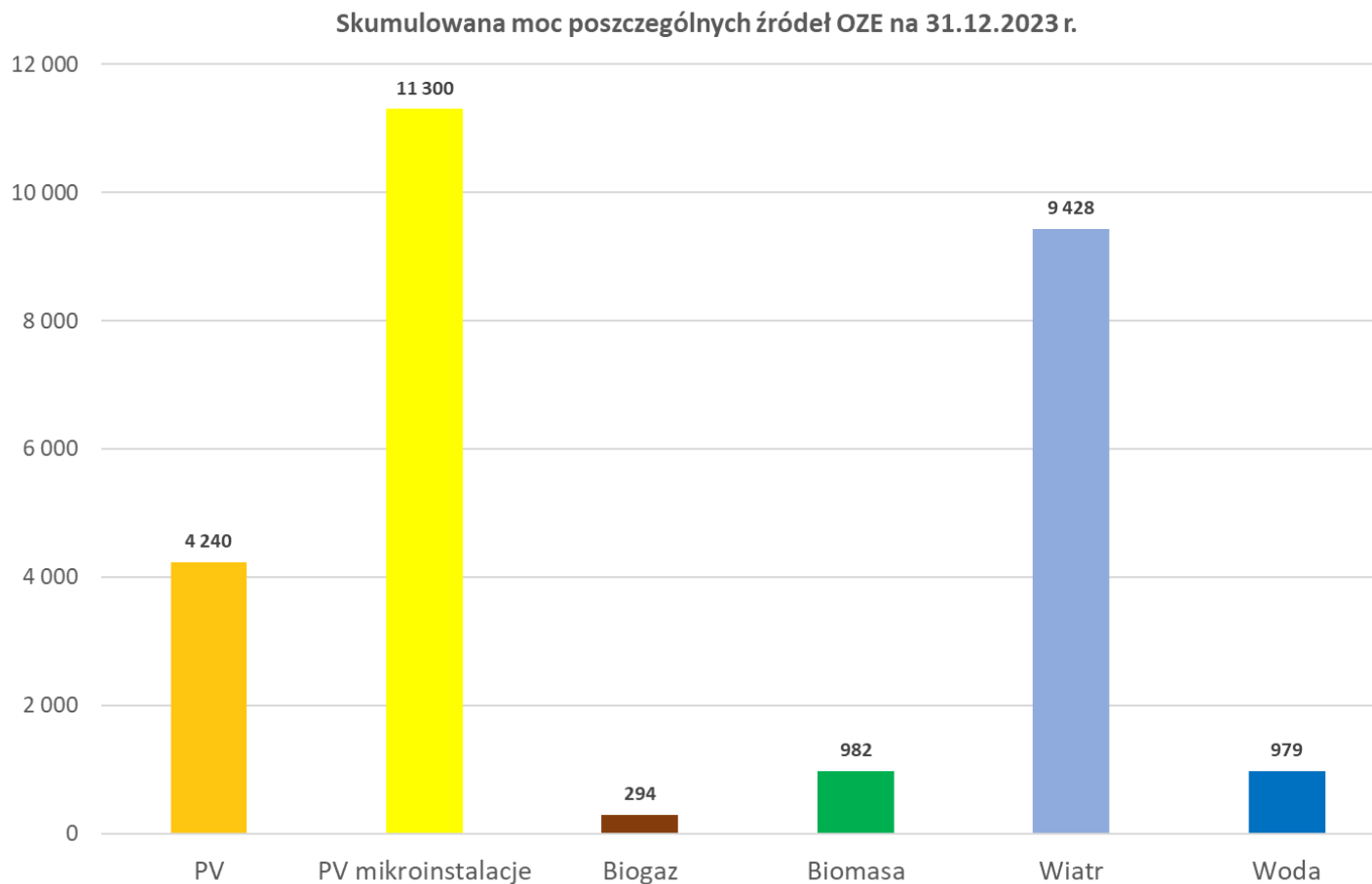
TAURON Dystrybucja S. A.

Kwiecień 2024

Zainstalowana moc źródeł energii elektrycznej w Polsce (GW), stan na początku 2024 roku, z podziałem na źródła – dane wg energy.instrat



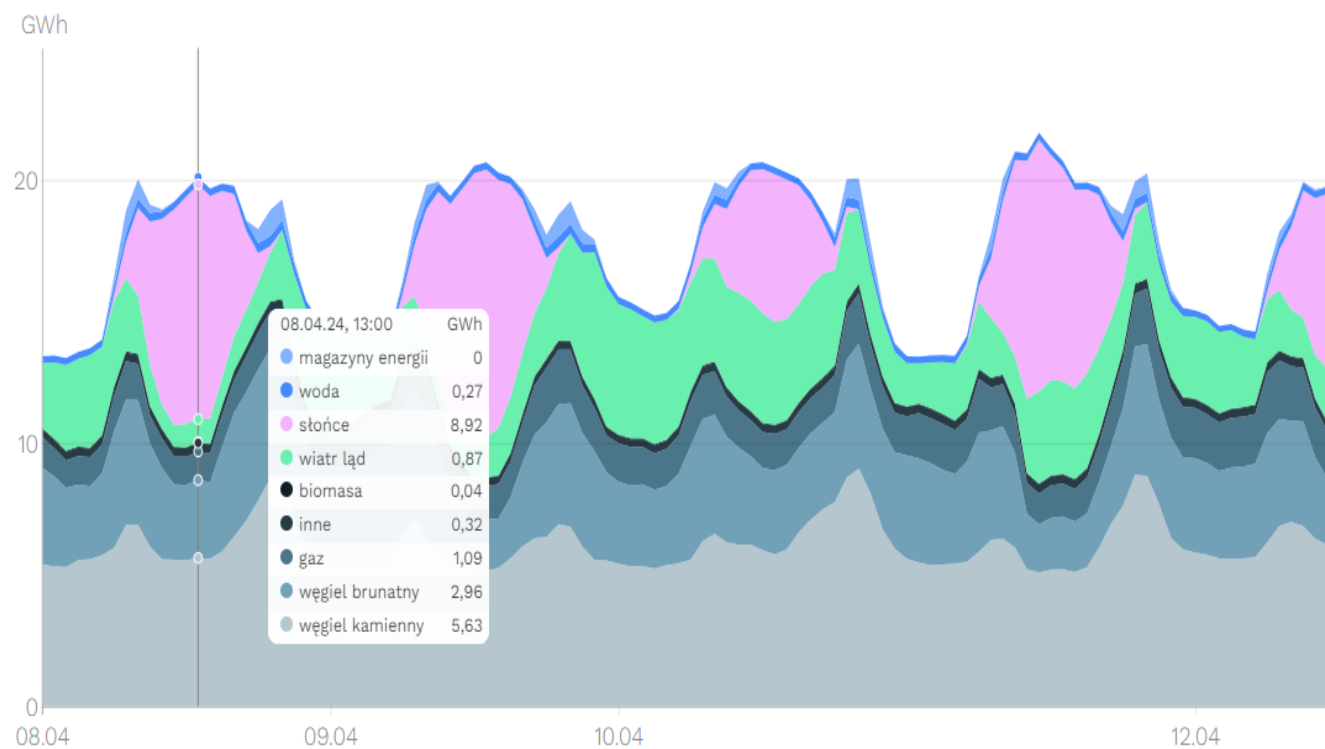
Zainstalowana moc źródeł energii elektrycznej w Polsce (GW), stan na początku 2024 roku, z podziałem na źródła – dane wg URE oraz energy.instrat



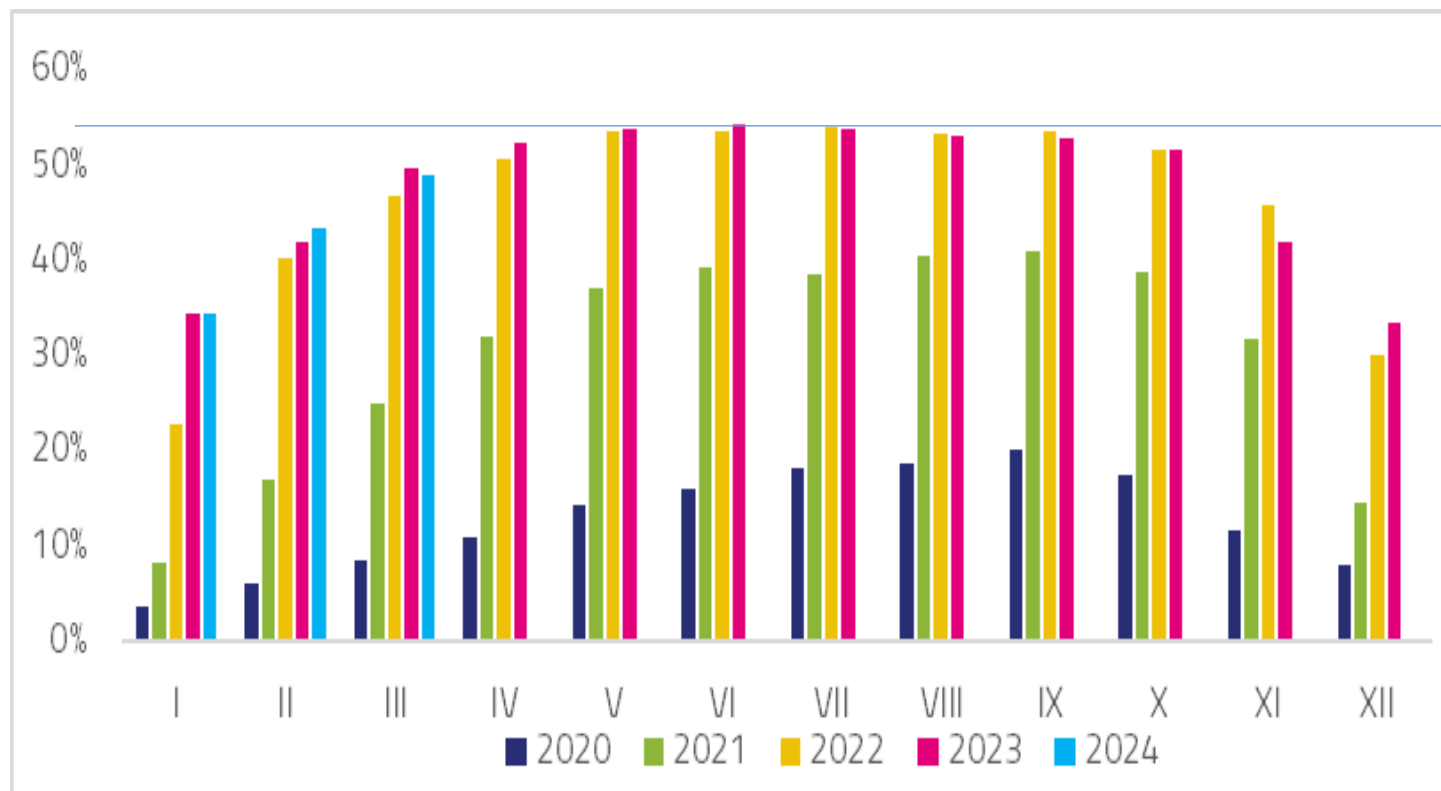
Produkcja energii elektrycznej z podziałem na rodzaje źródeł – dane wg energy.instrat

Produkcja energii elektrycznej w Polsce

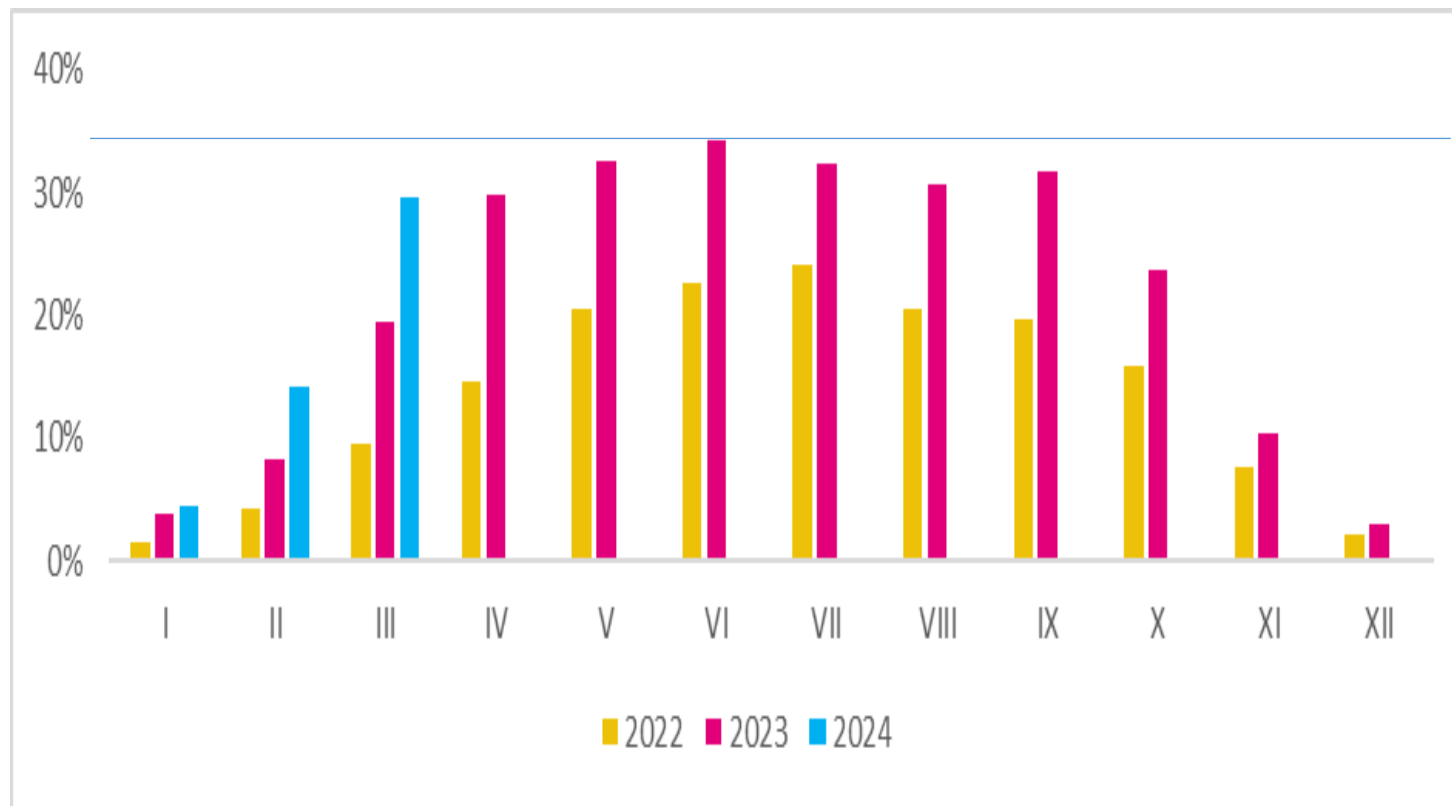
energia netto w gigawatogodzinach (GWh) lub procentowo, godzinowo, z podziałem na źródła



Ilości stacji z SN/nN
z przepływami mocy z
sieci nN w kierunku sieci SN
dla TD S.A.



Ilości stacji z WN/SN
z przepływami mocy z
sieci SN w kierunku sieci
WN dla TD S.A.



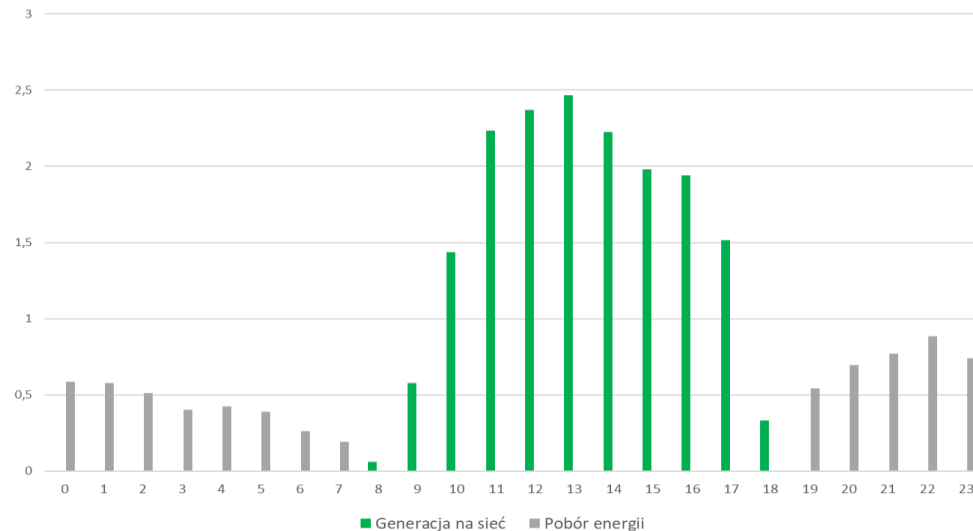
Jeżeli obecnie 1 430,4 tys.
prosumentów dysponuje
mocą 11 300 MW

Wpływ pracy magazynów
prosumentów na pracę sieci
SN

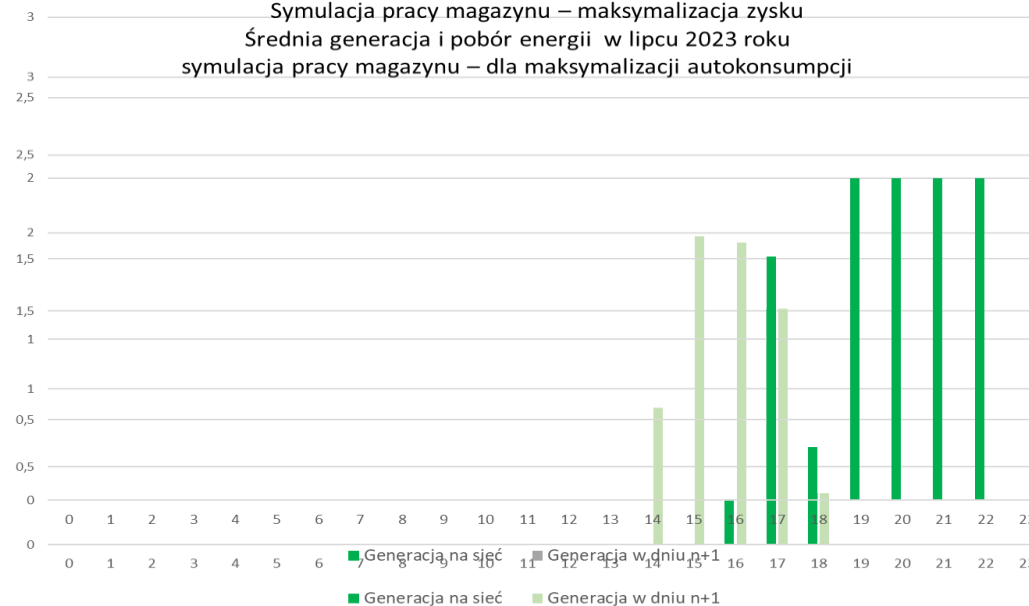
Jeżeli
tylko 1/3
zabuduje
magazyny

To otrzymamy 476
tys. magazynów o
łącznej mocy 3 767
MW

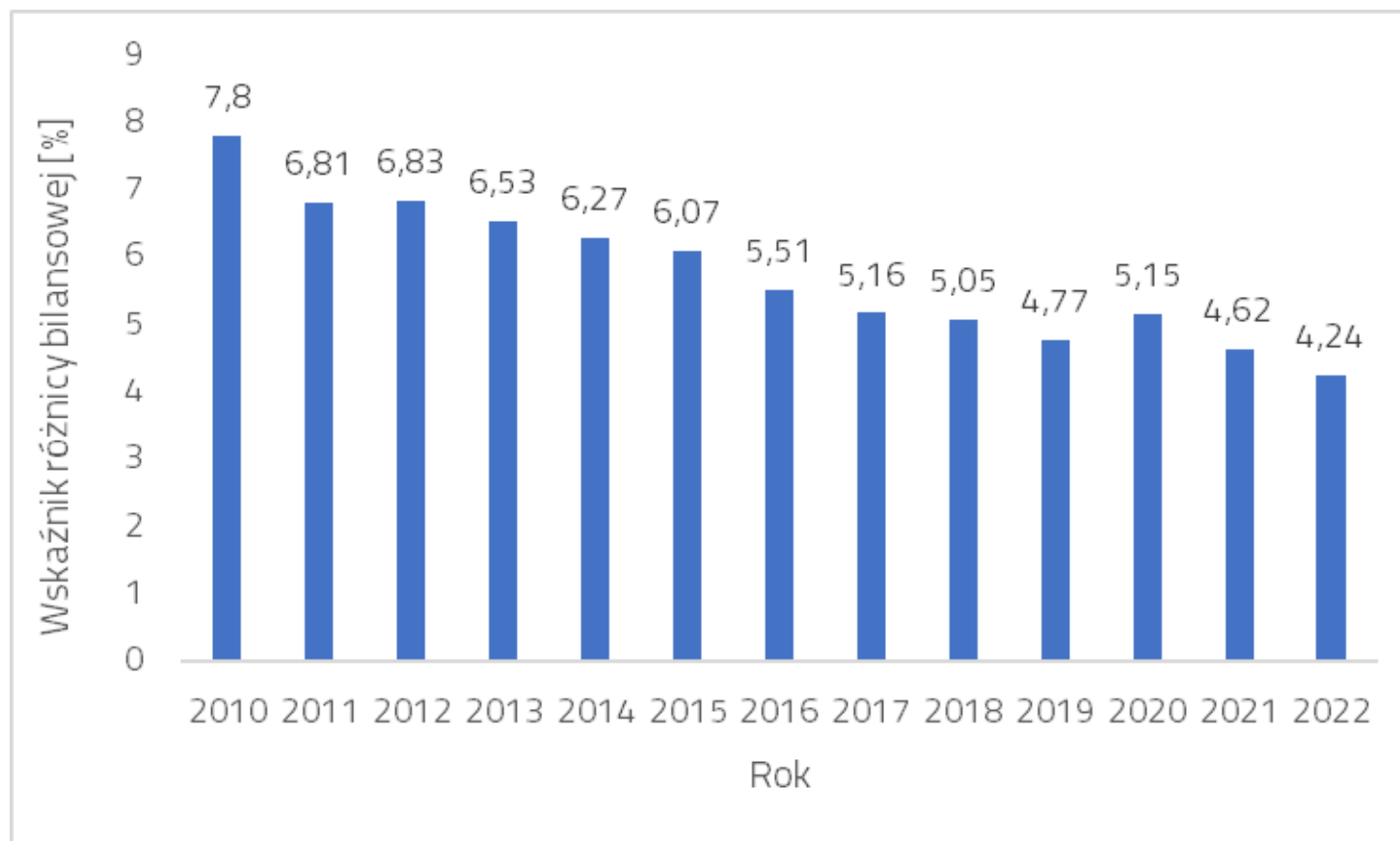
Średnia generacja i pobór energii w lipcu 2023 roku



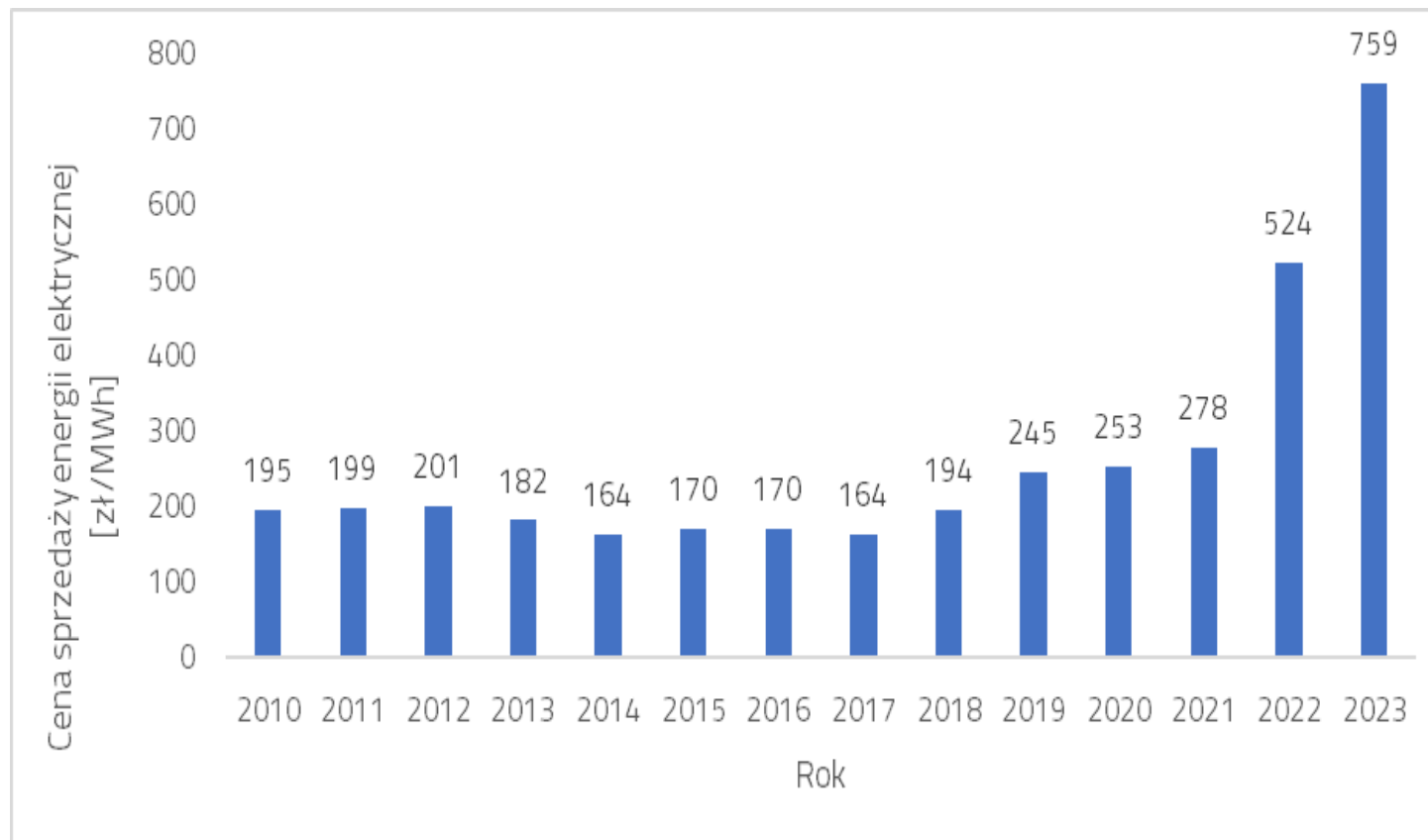
Średnia generacja i pobór energii w lipcu 2023 roku
Symulacja pracy magazynu – maksymalizacja zysku
Średnia generacja i pobór energii w lipcu 2023 roku
symulacja pracy magazynu – dla maksymalizacji autokonsumpcji



Średnia wartość wskaźnika różnicy bilansowej dla OSD w Polsce – dane wg Agencji Rynku Energii



Średnia roczna cena
sprzedaży energii
elektrycznej na rynku
konkurencyjnym [zł/MWh]
– dane wg Urzędu Regulacji
Energetyki



Obliczanie godzinowych strat energii w sieci 15 kV, zasilanej ze stacji 110 kV/15 kV (GPZ)

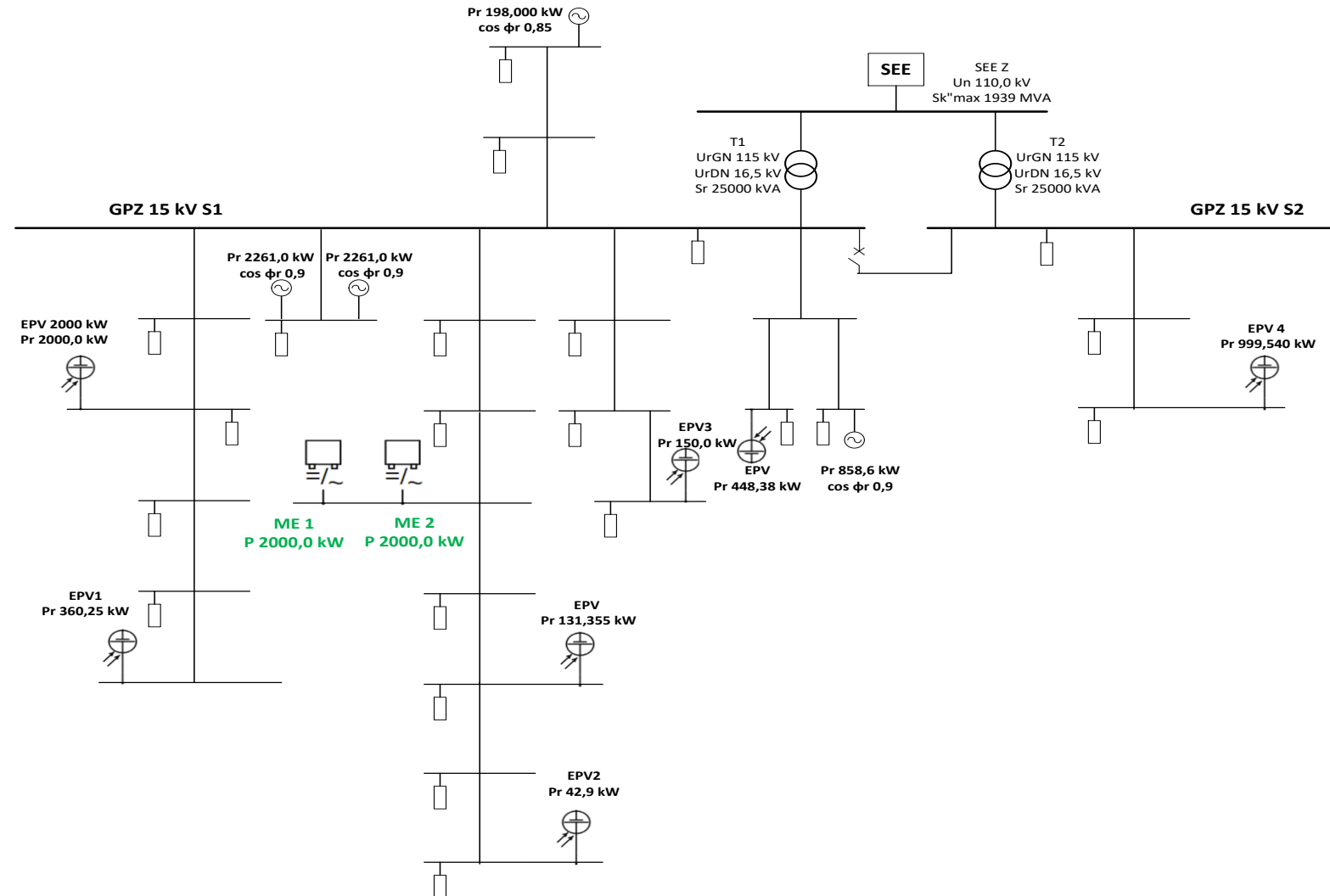
Założenia przyjęte w analizie:

1. Stały układ sieci 15 kV.
2. Stałe wartości odbieranych mocy.
3. Wartości napięć na szynach 15 kV w GPZ utrzymywane w granicach 15,3 - 15,7 kV.
4. Jednoczesne zmiany mocy czynnej wytwarzanej przez wszystkie źródła fotowoltaiczne w zakresie 0 -100 % mocy znamionowej.
5. Uwzględnienie w symulacji źródeł fotowoltaicznych z poziomu napięcia 15 kV.
6. Analiza nie obejmuje zmian mocy na napięciu WN z tytułu mocy czynnej wytwarzanej przez wszystkie źródła fotowoltaiczne w sieci 15 kV.
7. Stała wartość mocy wytwarzanej przez źródła innego rodzaju (konwencjonalne).
8. Stała wartość współczynnika mocy źródeł (0,95poj).

Charakterystyka sieci:

1. Suma mocy przyłączeniowych źródeł pracujących – 5 598 kW.
2. Suma mocy przyłączeniowych źródeł planowanych do przyłączenia – 4 895 kW.
3. Minimalne obciążenie GPZ – 3 305 kW.
4. Maksymalne obciążenie GPZ – 11 550 kW.
5. Moce znamionowe transformatorów 110 kV/15 kV – 25 000 kVA.
6. Średnie obciążenie mocą czynną transformatorów 110 kV/15 kV: T1 – 4 000 kW, T2 – 6 100 kW.

Analizowana sieć 15 kV
(schemat uproszczony)



Rzeczywiste obciążenia transformatorów w aktualnym stanie sieci, przyjęte do obliczeń.

Dzień	Godzina	T1		T2	
		P [kW]	Q [kVar]	P [kW]	Q [kVar]
roboczy	7.15	4 542	1 829	5 885	782
	11.30	1 428	1 937	4 495	761
	19.30	5 129	1 378	7 476	926
świąteczny	10.45	-2 256	-113	2 047	-345
	1.00	-878	-132	2 650	-312

Tryby pracy OZE i magazynu energii przyjęte do analizy

1. Obciążenie w typowym dniu roboczym, z godz. 7.15, **OZE pracują** z mocą równą połowie mocy przyłączeniowej, **magazyn energii pracuje** w trybie **rozładowania** z mocą 4 000 kW.
2. Obciążenie w typowym dniu roboczym, z godz. 11.30, **OZE pracują** z pełną mocą przyłączeniową, **magazyn energii nie pracuje**.
3. Obciążenie w typowym dniu roboczym, z godz. 11.30, **OZE pracują** z pełną mocą przyłączeniową, **magazyn energii pracuje** w trybie **rozładowania** z mocą 4 000 kW.
4. Obciążenie w typowym dniu roboczym z godz. 19.30 (obciążenie maksymalne), **OZE nie pracują**, **magazyn energii pracuje** w trybie **rozładowania** z mocą 4 000 kW.
5. Obciążenie w typowym dniu roboczym z godz. 19.30 (obciążenie maksymalne), **OZE nie pracują**, **magazyn energii nie pracuje**.
6. Obciążenie w dniu **świętecznym** (niedziela) z godz. 10.45, **OZE pracują** z pełną mocą przyłączeniową, **magazyn energii pracuje** w trybie **ładowania** z mocą 4 000 kW.
7. Obciążenie w dniu **świętecznym** (niedziela) z godz. 10.45, **OZE pracują** z pełną mocą przyłączeniową, **magazyn energii nie pracuje**.
8. Obciążenie w dniu **świętecznym** (niedziela) z godz. 1.00, **OZE nie pracują**, **magazyn energii pracuje** w trybie **ładowania**.

Wyniki obliczeń poziomów napięcia

Rodzaj dnia	Opis układu	Poziomy napięcia		
		GPZ S1	GPZ S2	PCC ME
		kV	kV	kV
roboczy	Obciążenie godz. 7.15, OZE załączone z mocą 0,5 P _n , ME 4000 kW rozładowanie	15,59	15,6	15,9
	Obciążenie godz. 11.30, OZE załączone z pełną mocą, ME nie pracuje	15,672	15,689	15,635
	Obciążenie godz. 11.30, OZE załączone z pełną mocą, ME 4000 kW ładowanie	15,47	15,608	15,03
	Obciążenie godz. 19.30, OZE nie pracują, ME 4000 kW rozładowanie	16,05	15,571	16,338
	Obciążenie godz. 19.30, OZE nie pracują, ME nie pracuje	15,931	15,558	15,854
święto	Obciążenie godz. 10.45, OZE załączone z pełną mocą, ME 4000 kW ładowanie	15,56	15,68	15,12
	Obciążenie godz. 10.45, OZE załączone z pełną mocą, ME nie pracuje	15,593	15,621	15,552
	Obciążenie godz. 1.00, OZE nie pracują, ME 4000 kW ładowanie	15,516	15,675	15,063

Wyniki obliczeń
przepływów prądu
i mocy przez
transformatory 110
kV/20 kV oraz
godzinowych strat energii
czynnej

Rodzaj dnia	Opis układu	Przepływy przez transformator 110 kV/15 kV T1			Przepływy przez transformator 110 kV/15 kV T2			Godzinowe straty energii czynnej		
		I	P	Q	I	P	Q	T1, T2	Linie	Łączni e
		A	kW	kVar	A	kW	kVar	kWh	kWh	kWh
roboczy	Obciążenie godz. 7.15, OZE załączone z mocą 0,5 P _n , ME 4000 kW rozładowanie	-54	-939	1098	197	5293	624	8,08	219,4	227,5
	Obciążenie godz. 11.30, OZE załączone z pełną mocą, ME nie pracuje	-197	-5350	199	38	1001	-265	7,8	166,7	174,5
	Obciążenie godz. 11.30, OZE załączone z pełną mocą, ME 4000 kW ładowanie	132	2399	2587	130	3503	444	7,131	282,8	290.0
	Obciążenie godz. 19.30, OZE nie pracują, ME 4000 kW rozładowanie	43	1152	316	280	7480	953	12,9	231,4	244,4
	Obciążenie godz. 19.30, OZE nie pracują, ME nie pracuje	194	5111	1663	279	7480	955	17,8	189,9	207,7
święto	Obciążenie godz. 10.45, OZE załączone z pełną mocą, ME 4000 kW ładowanie	-77	-1210	1679	38	1001	-264	3,625	274,9	278,5
	Obciążenie godz. 10.45, OZE załączone z pełną mocą, ME nie pracuje	-76	-1720	1111	130	3502	444	5,613	172,5	178,2
	Obciążenie godz. 1.00, OZE nie pracują, ME 4000 kW ładowanie	142	3219	2030	77	2056	-315	6,01	272,8	278,8

Wnioski

1. Różnica bilansowa w sieciach nN z mikroinstalacjami do pewnego poziomu energii wprowadzonej z mikroinstalacji w stosunku do energii pobranej z sieci RB maleje.
2. Zbyt duża ilość energii wprowadzonej do sieci przez mikroinstalacje PV i ME wynikająca z przewymiarowania mocy oraz niskiej autokonsumpcji (okresowo) generacji powoduje występowanie nadwyżki która jest oddawana do sieci SN, a w skrajnych przypadkach po zbilansowaniu na poziomie SN jest transferowana do sieci WN. Zjawiska te powodują wzrost RB powyżej pewnego progu energii wprowadzonej do nN.
3. Dołączenie magazynów do pracujących mikroinstalacji powoduje wzrost autokonsumpcji skutkującej brakiem zbędnych przepływów w sieci i oddawania nadwyżek do WN a w konsekwencji obniżenie RB.

Wnioski (cd)

4. Dołączanie do sieci magazynów, które mogą być sterowane przez OSD skutkuje korzystną poprawą paramentów jakościowych (symetryzacja, obniżenie napięć) oraz poprawą rozptyłów w sieci. Jednocześnie energia pobrana na potrzeby własne magazynu skutkuje wzrostem RB.
5. Wpływ OSD na pracę ME jest bardzo ograniczony. Konieczne są dodatkowe mechanizmy np. finansowe (taryfy dynamiczne) dające wymierne korzyści finansowe właścicielom magazynów w przypadku akumulacji energii w godzinach szczytu i oddawania energii w szczytach obciążenia. Taka praca magazynów wspomagałaby pracę sieci SN, obniżając nakłady potrzebne dla przystosowania ich do rosnącej generacji OZE.
6. OSD powinien zwiększać zainteresowanie przyłączaniem ME do sieci dystrybucyjnej pracujących jako elementy stabilizujące jej pracę.

Dziękujemy za uwagę