



Politechnika
Śląska

XXVI KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA
RYNEK ENERGII ELEKTRYCZNEJ



UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

***Wybrane problemy dostosowania sieci
elektroenergetycznej do zmieniających się
warunków wytwarzania***

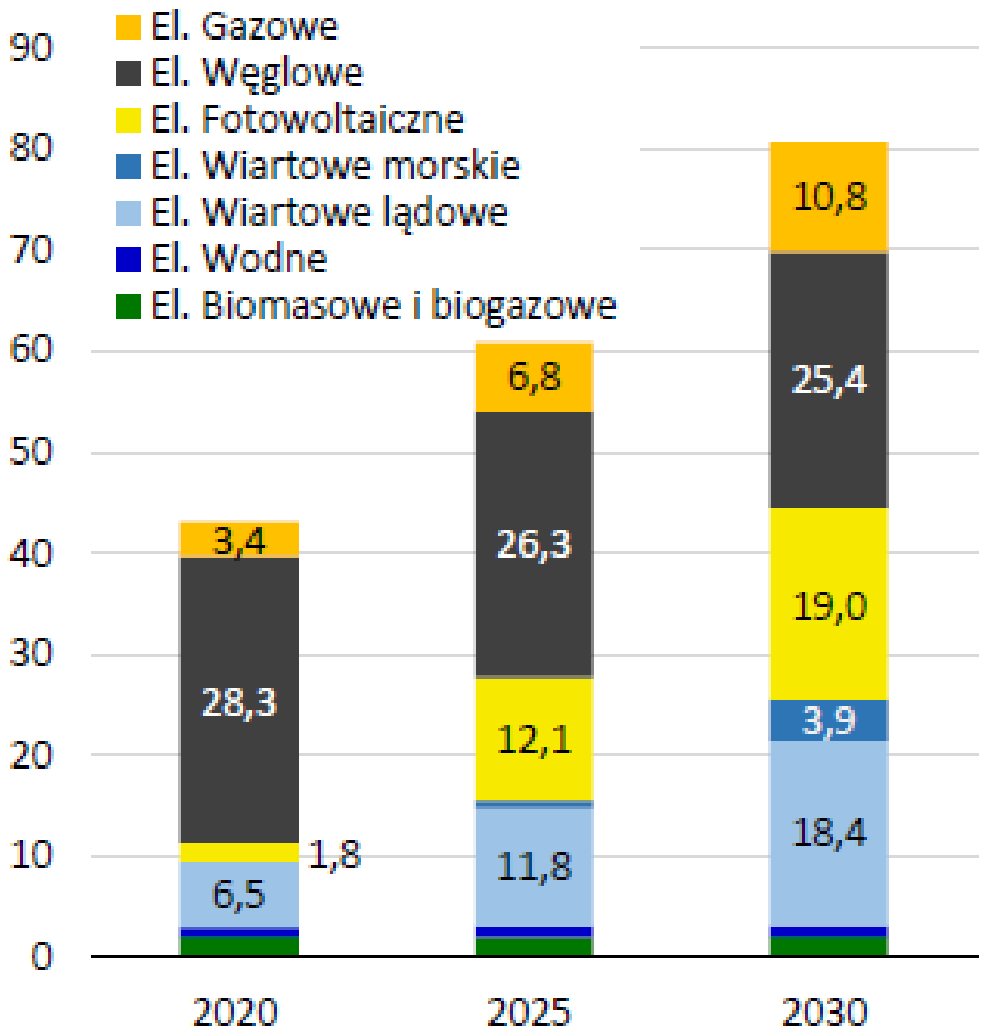
dr hab. inż. **Henryk Kocot**, prof. PŚ

dr inż. **Agnieszka Dziendziel**

Rozwój sieci przesyłowej

Potrzeby

Znaczne zmiany w strukturach systemu
wytwórczego



Moc zainstalowana netto w GW_e w podziale na technologie
wytwarzania na przestrzeni lat 2020-2030

Do 2034 roku w KSE przewiduje się pracę morskich farm wiatrowych o łącznej mocy równej około 12 GW. Będą one włączone w trzech stacjach o górnym napięciu 400 kV:

1. Krzemienica (rejon stacji Słupsk) – **5,1 GW**
2. Choczewo (rejon stacji Żarnowiec) – **5,4 GW**
3. Stacja Słupsk – **1,4 GW**

Znaczne zmiany w przestrzennym rozłożeniu zapotrzebowania i generacji

Obszar	P_{zap} , MW	P_{gen} , MW	Saldo, MW
2022			
Warszawa	6800	8300	+1500
Radom	3300	3800	+500
Katowice	7500	6400	-1100
Poznań	6500	6100	-400
Bydgoszcz	3750	4000	+250
Kraj	27850	28600	+750 = ΔP
2032			
Warszawa	8400	6200	-2200
Radom	4100	3300	-800
Katowice	9800	8300	-1500
Poznań	8500	6450	-2050
Bydgoszcz	8500	16200	+7700
Kraj	39300	40450	+1150 = ΔP



Wybrany problem w sieci przesyłowej – budowa linii HVDC północ-południe



Politechnika
Śląska

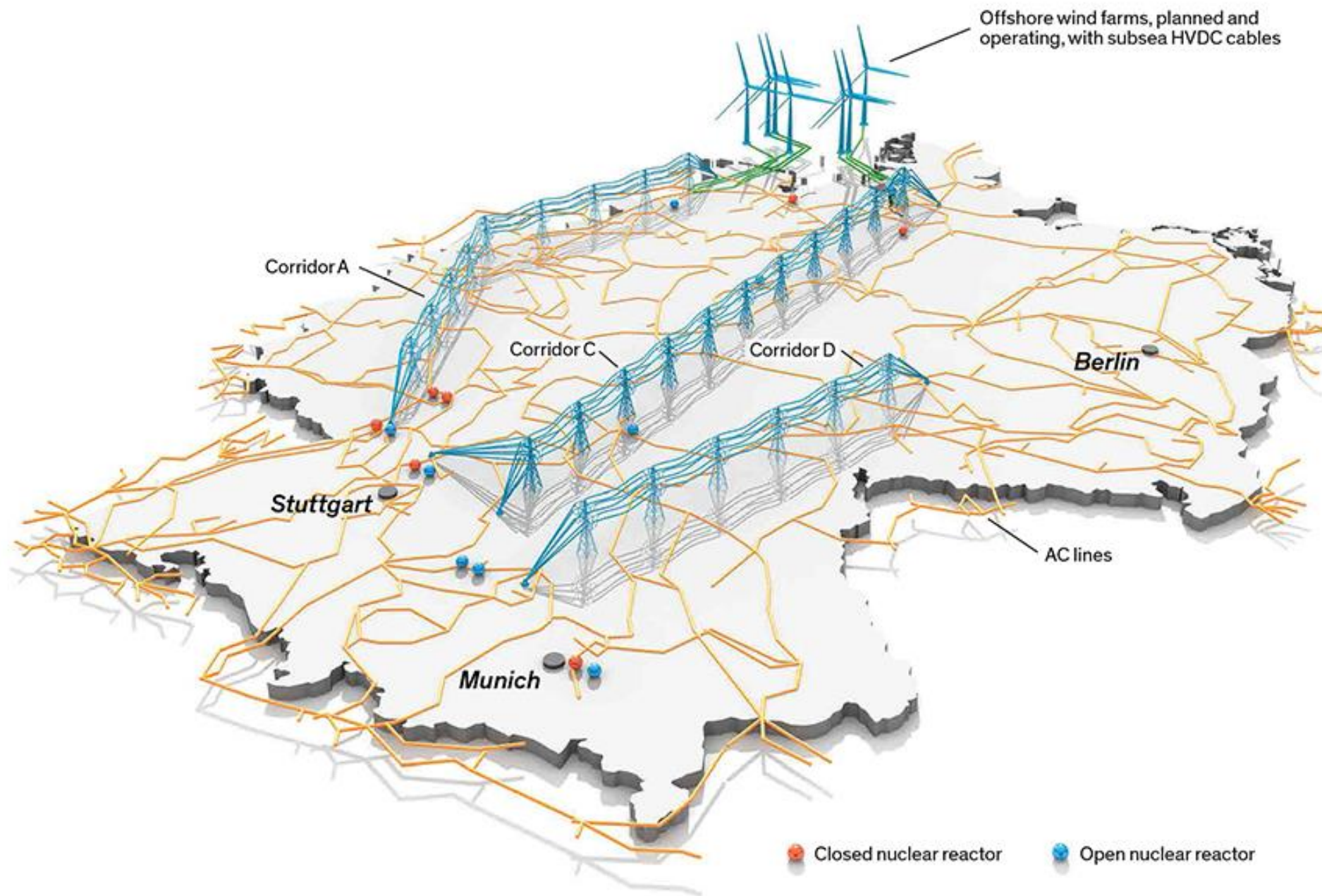


REE 2024

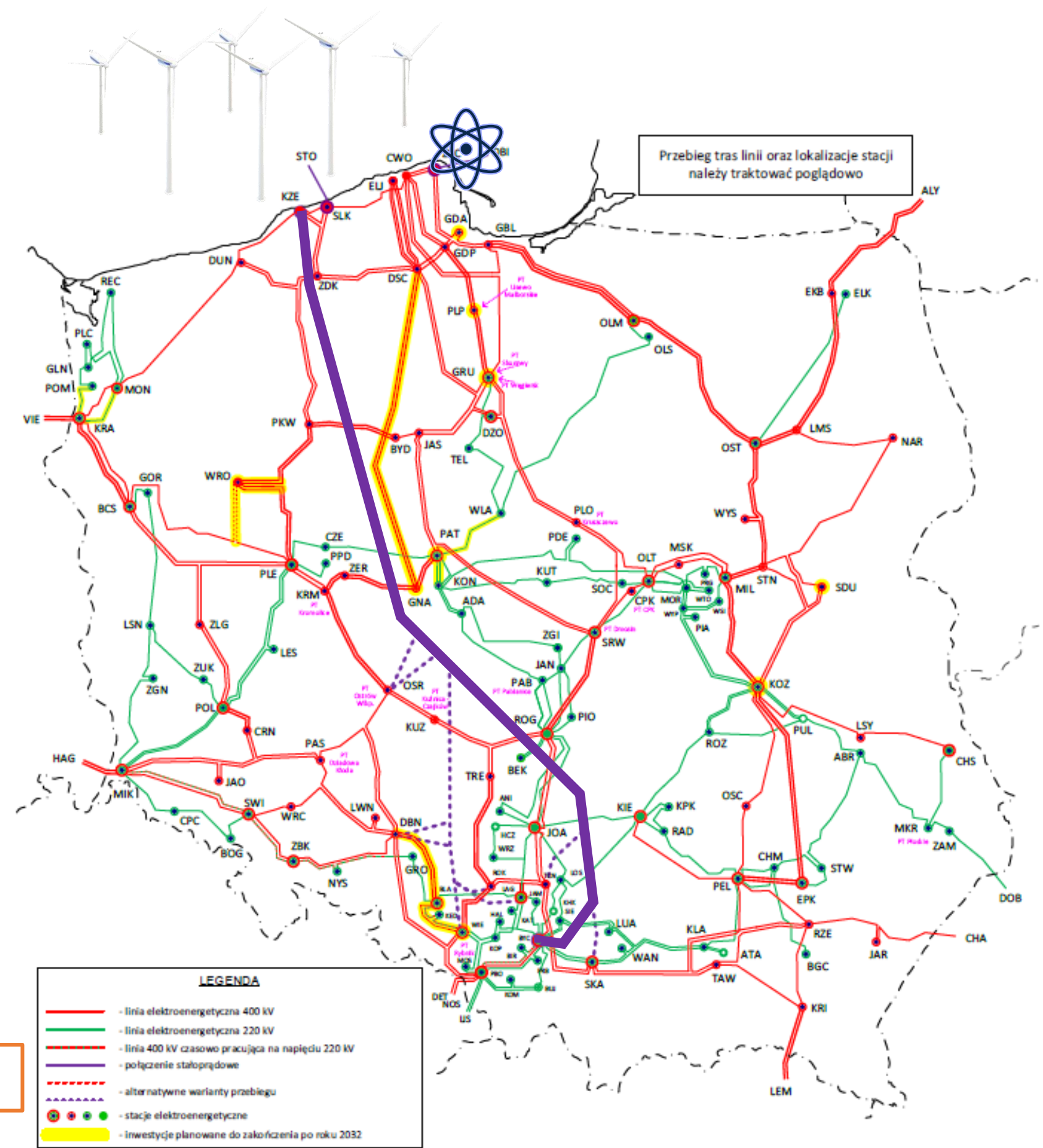
Katedra Elektroenergetyki
i Sterowania Układów



Rozwój sieci przesyłowej



Koszt budowy linii HVDC w technologii kablowej 700 km – 11 mld \$



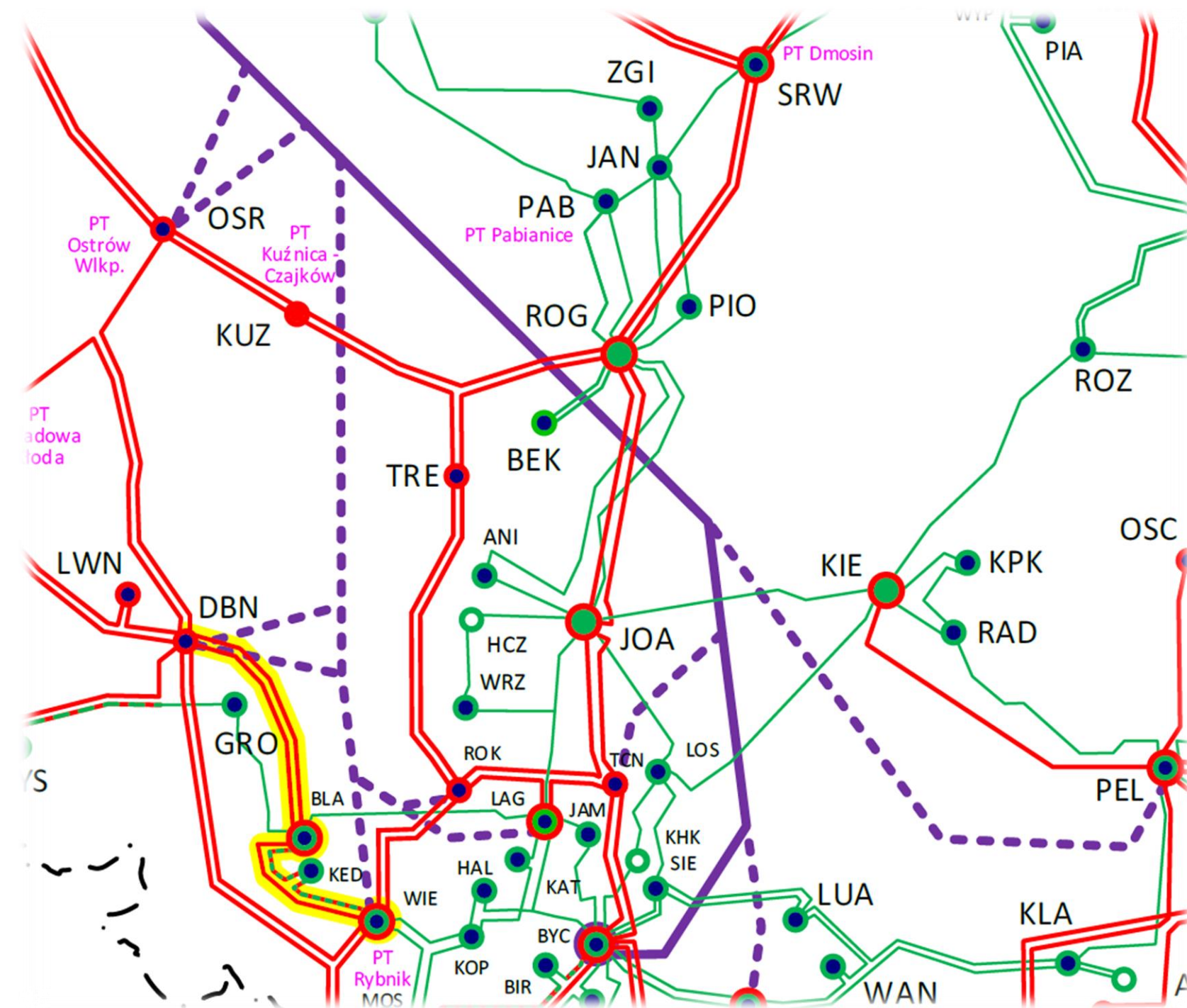
Założenia do analizy

Wybór technologii

- Technologia bipolarna układu HVDC z przewodem powrotnym
- Napięcie znamionowe **+/-500 kV** – odpowiednik linii 400 kV HVAC
- Wiązka trójprzewodowa AFI-8 525 mm²
- Obciążalność prądowa około 3 kA ($P = 1500 \text{ MW/biegun}$)
- Rezystancja całej linii wynosi 11,2 Ω /biegun
- Straty mocy przy pełnym obciążeniu równe około 100 MW/biegun

Scenariusze analiz

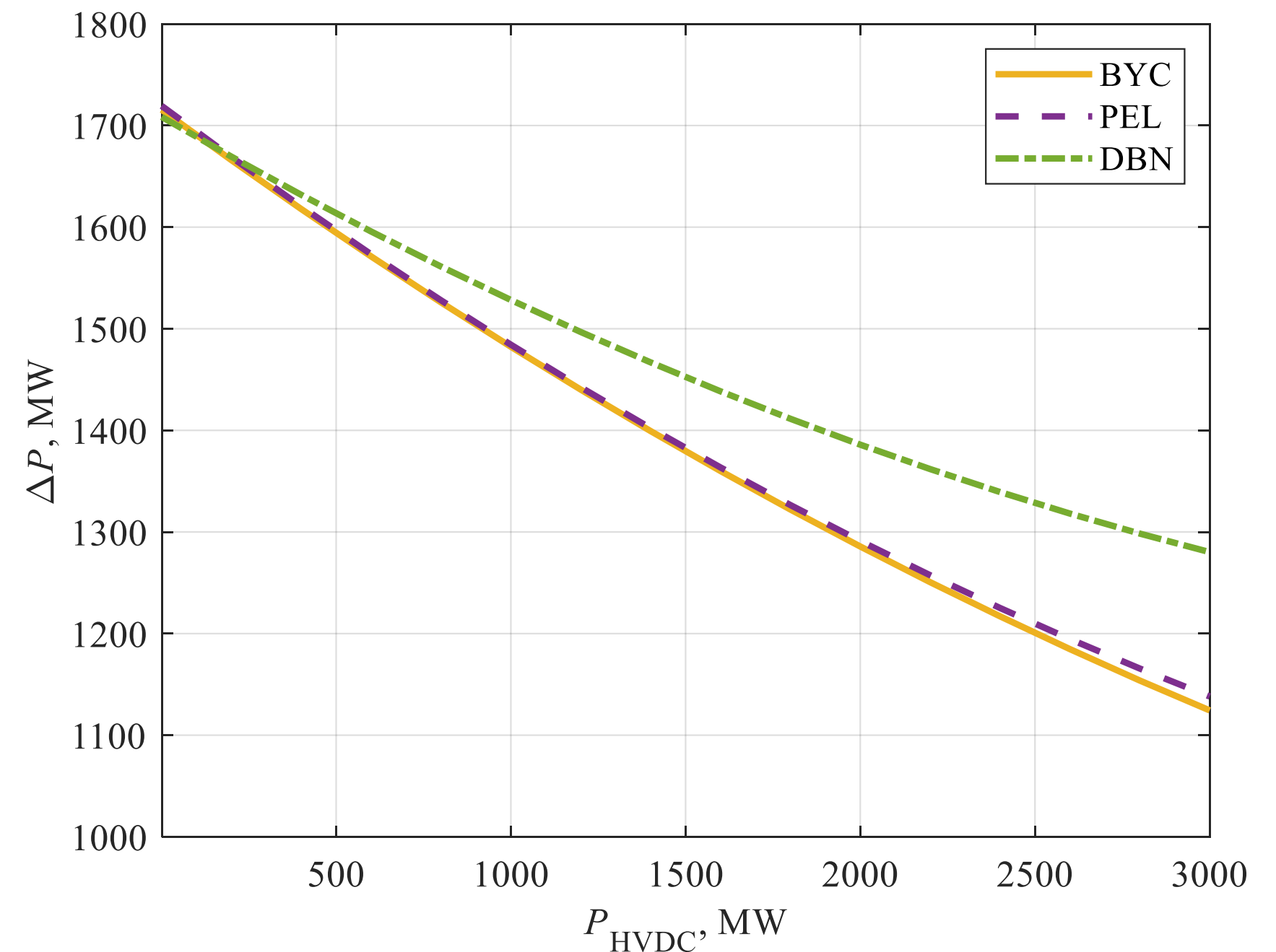
- Trzy potencjalne miejsca przyłączenia południowego krańca linii
 - ⇒ **Byczyna (BYC)**
 - ⇒ **Połaniec (PEL)**
 - ⇒ **Opole (DBN)**
- Analiza od przepływu zerowego linią HVDC (brak linii HVDC) aż do pełnej mocy: $P = (0 \div 3000) \text{ MW}$



Wyniki analizy

Straty mocy w KSE

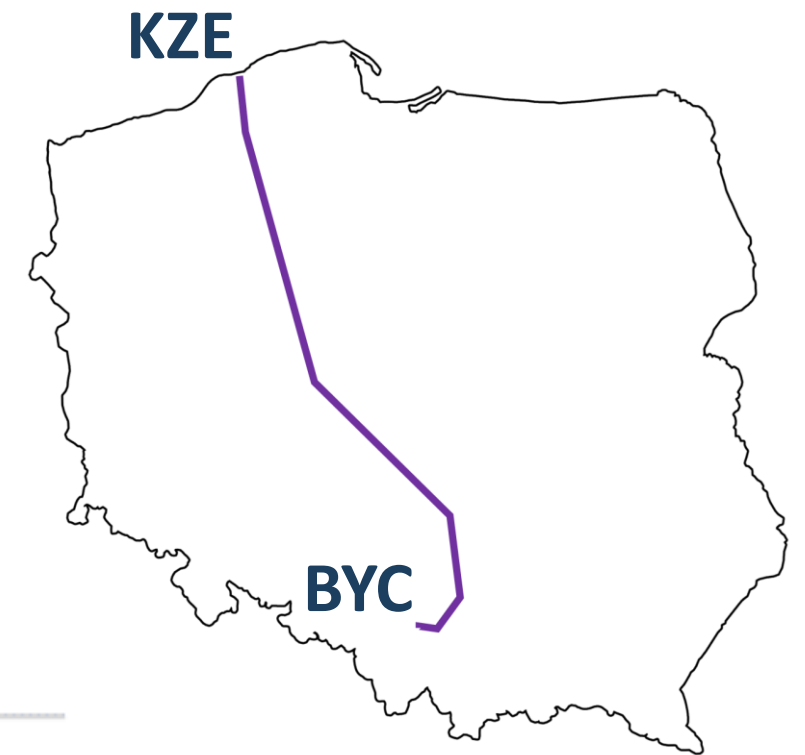
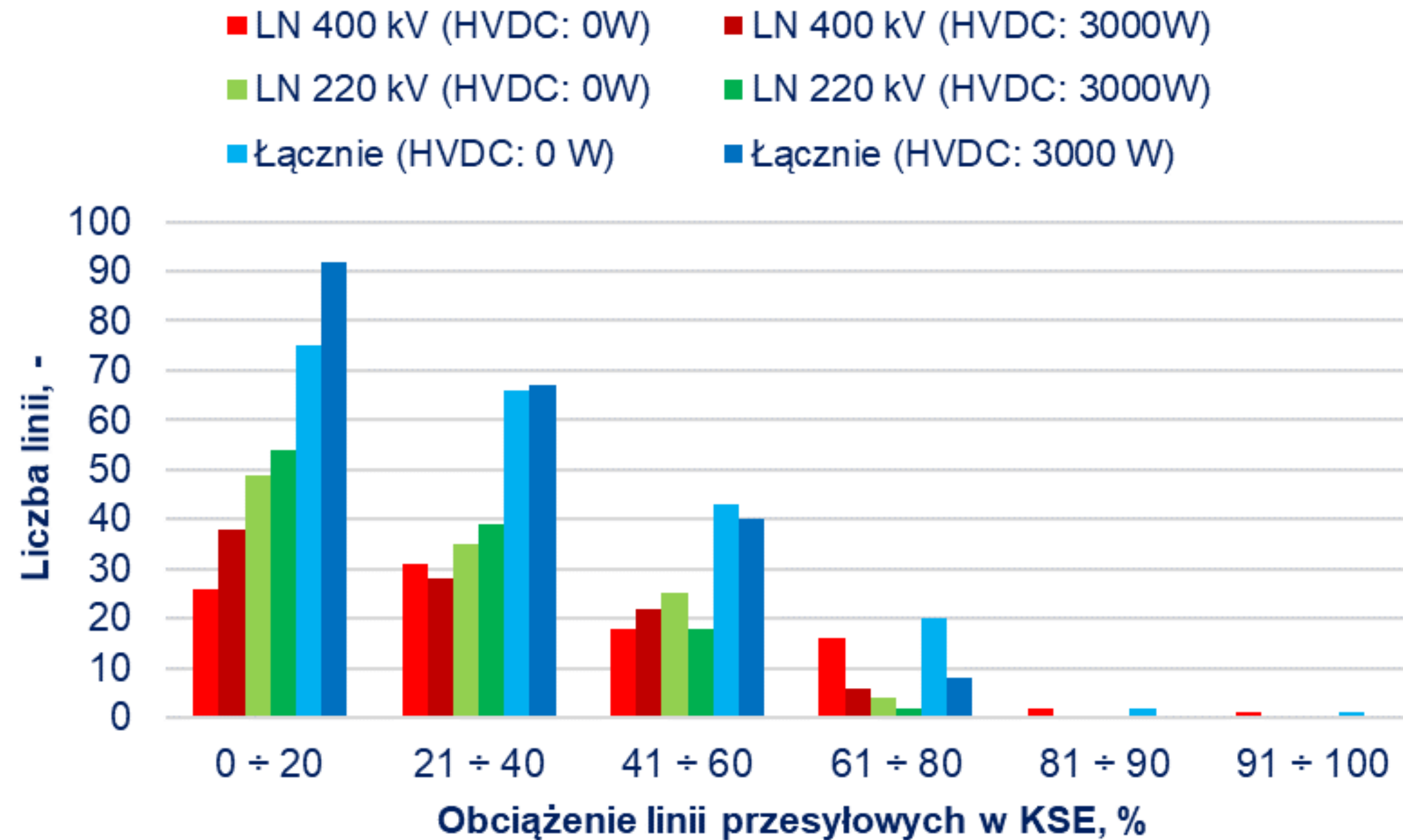
P_{HVDC} , MW	ΔP , MW		
	BYC	PEL	DBN
0	1715,7	1719,5	1708,6
200	1666,0	1669,0	1669,4
400	1617,8	1620,3	1631,8
600	1571,2	1573,3	1595,7
800	1526,0	1528,0	1561,2
1000	1482,3	1484,3	1528,3
1200	1440,1	1442,4	1496,8
1400	1399,3	1402,1	1466,9
1600	1360,0	1363,5	1438,4
1800	1322,1	1326,5	1411,4
2000	1285,7	1291,1	1385,9
2200	1250,6	1257,4	1361,9
2400	1217,0	1225,2	1339,3
2600	1184,7	1194,6	1318,1
2800	1153,8	1165,6	1298,4
3000	1124,4	1138,1	1280,2



Wyniki analizy

Obciążenie linii przesyłowych

KZE - BYC



Wybrany problem w sieci niskiego napięcia – wymiana transformatora SN/nN



Politechnika
Śląska



REE 2024

Katedra Elektroenergetyki
i Sterowania Układów



Założenia do analiz

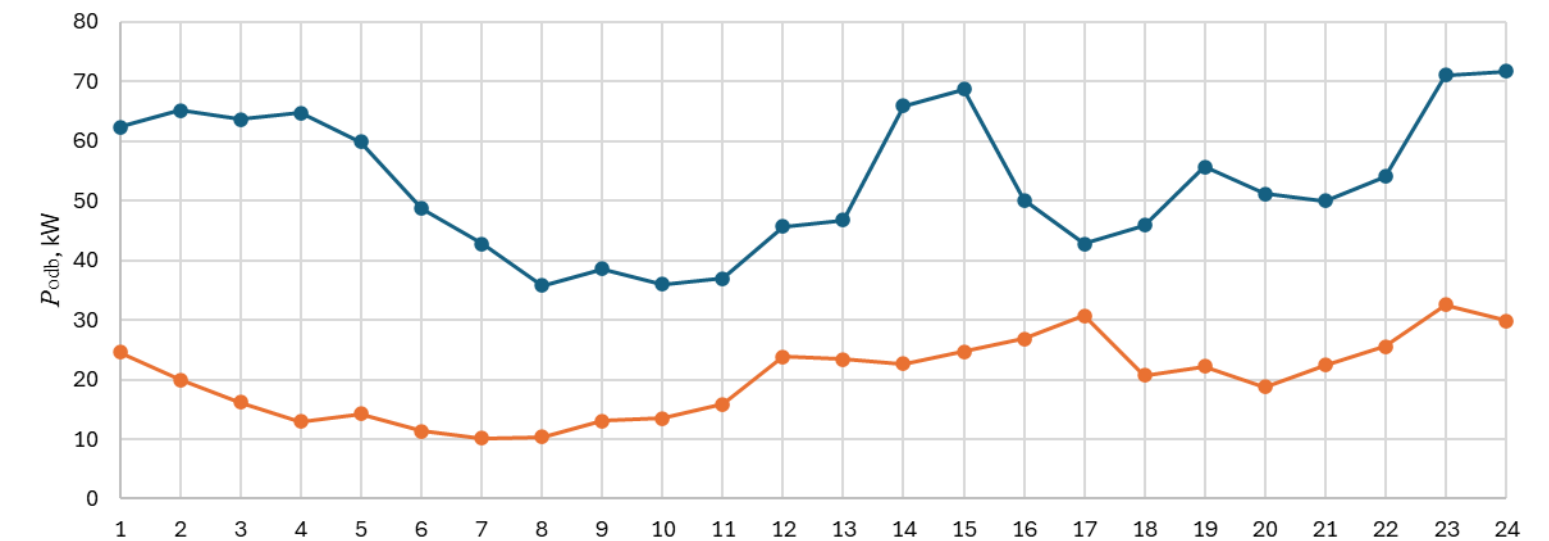
Założenia

- Odbiorcy przyłączeni do sieci nN – dane rzeczywiste z liczników (odbiorcy o mocy szczytowej około **5 kW** i poborze energii **2 ÷ 6 MWh rocznie**)
- Źródła fotowoltaiczne – produkcja roczna według **rzeczywistego** nasłonecznienia
- Dane transformatorów według **katalogu** firmy Żychlin

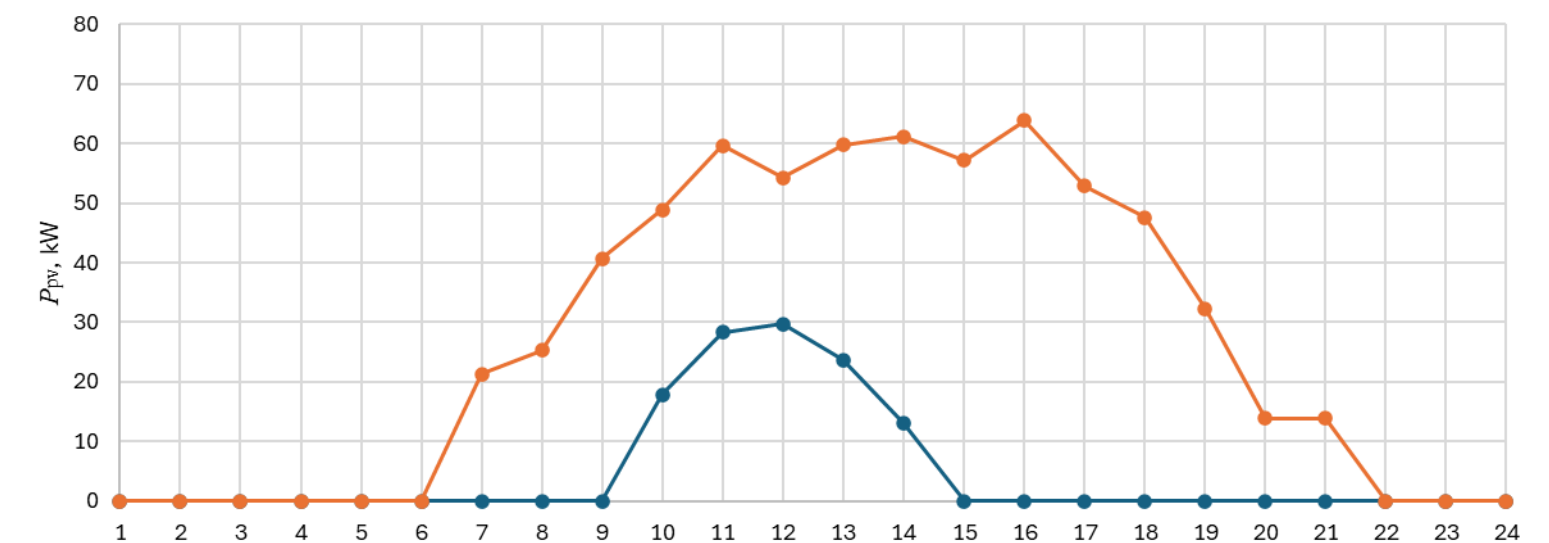
Scenariusze analiz

- Różna liczba odbiorców przyłączonych do transformatora: **50, 40, 30 odbiorców**
- Parametr analizy: współczynnik nasycenia sieci źródłami fotowoltaicznymi U_{dpv} , zdefiniowany jako stosunek rocznej produkcji energii w tych źródłach do sumarycznej energii zużywanej przez wszystkich odbiorców tej sieci

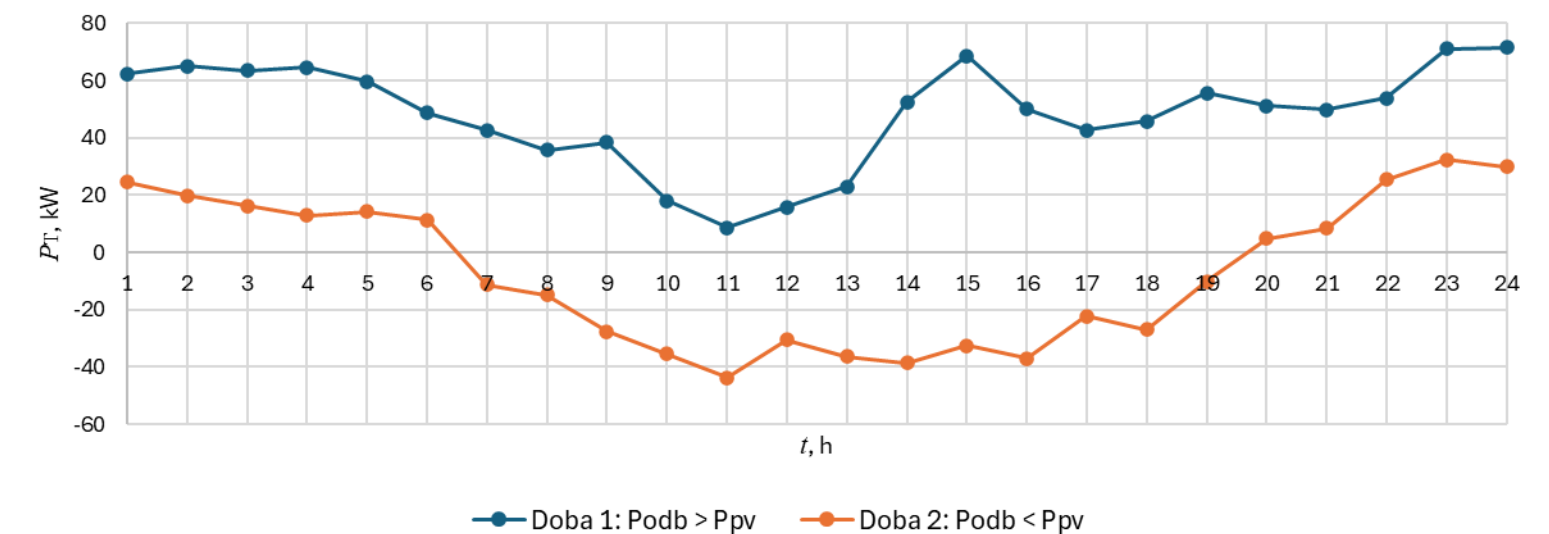
Suma mocy odbieranych przez wszystkich odbiorców



Produkcja mocy z PV



Wypadkowy przepływ mocy przez transformator SN/nN



— Doba 1: Podb > Ppv — Doba 2: Podb < Ppv

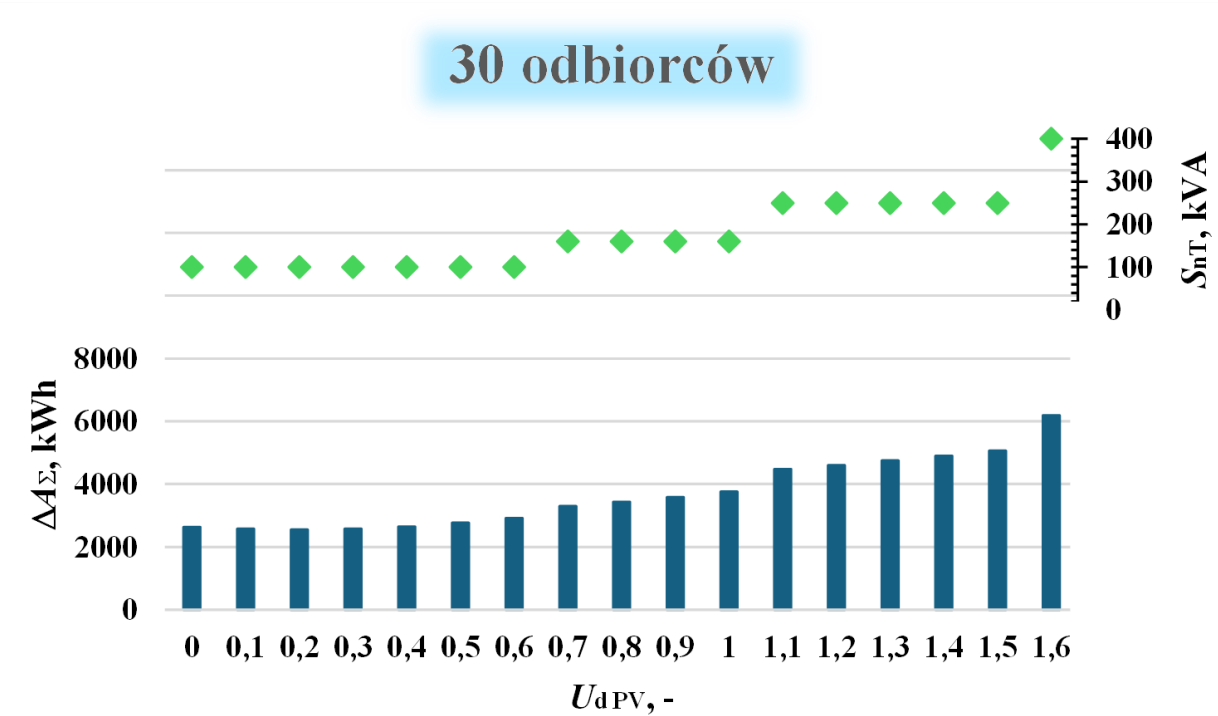
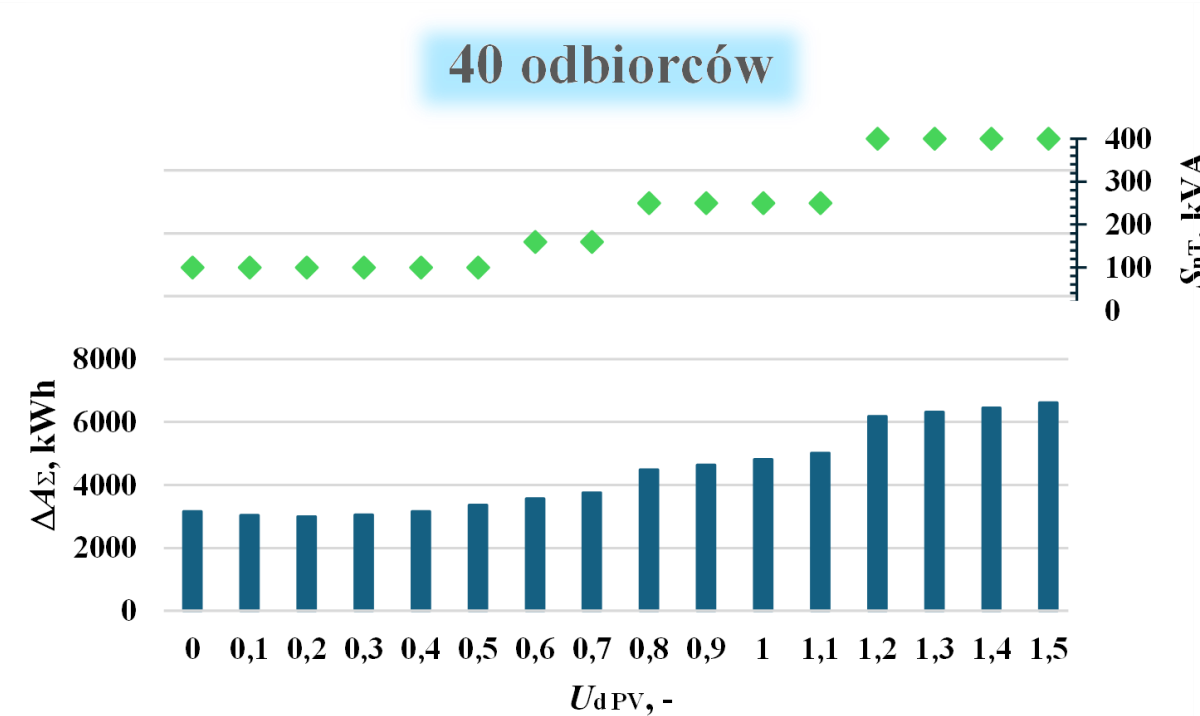
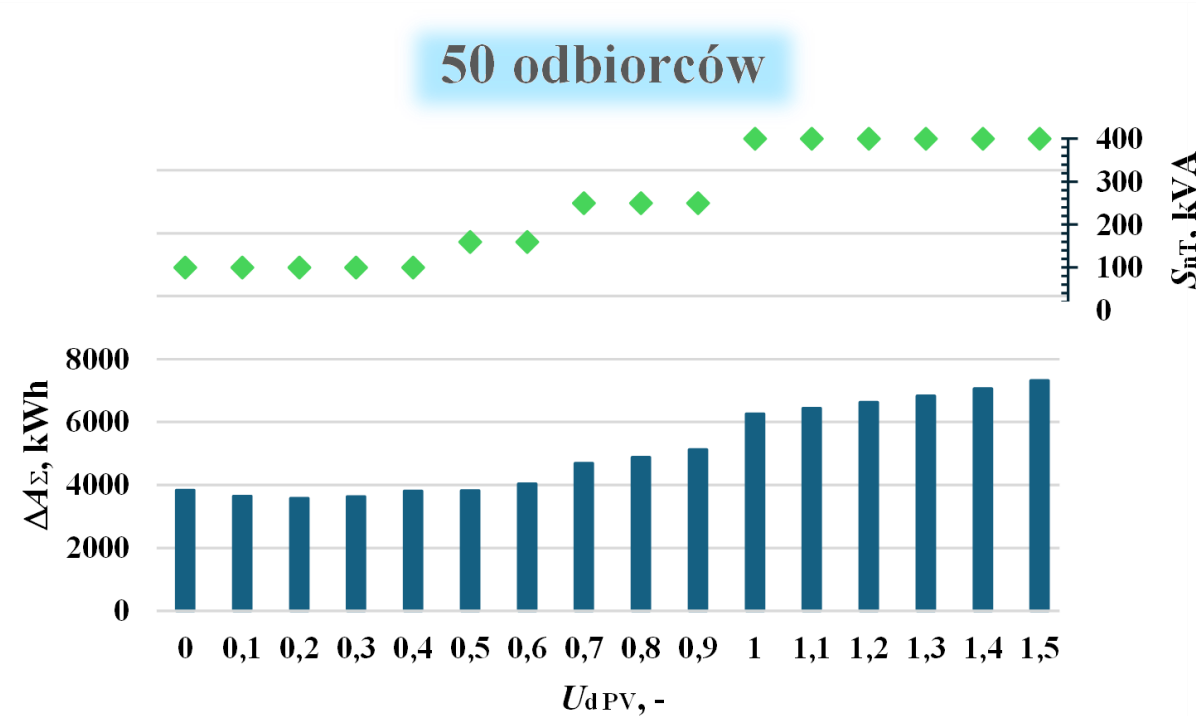


Wyniki analizy

	50 odbiorców				40 odbiorców				30 odbiorców			
$U_{d\text{ PV}}$	P_s	P_{s-}	ΔA_S	S_{nT}	P_s	P_{s-}	ΔA_S	S_{nT}	P_s	P_{s-}	ΔA_S	S_{nT}
-	kW	kW	kWh	kVA	kW	kW	kWh	kVA	kW	kW	kWh	kVA
0,0	89,7	0,0	3843	100	79,3	0,0	3153	100	69,6	0,0	2639	100
0,1	89,7	11,9	3652	100	79,3	10,2	3039	100	69,6	8,2	2575	100
0,2	89,7	38,8	3582	100	79,3	32,0	3003	100	69,6	24,7	2557	100
0,3	89,7	65,7	3636	100	79,3	53,7	3044	100	69,6	41,1	2582	100
0,4	93,9	93,9	3813	100	79,3	76,2	3163	100	69,6	57,6	2653	100
0,5	122,2	122,2	3820	160	98,7	98,7	3360	100	74,0	74,0	2767	100
0,6	150,5	150,5	4041	160	121,2	121,2	3569	160	90,7	90,7	2927	100
0,7	178,8	178,8	4685	250	143,7	143,7	3754	160	107,7	107,7	3305	160
0,8	207,1	207,1	4884	250	166,2	166,2	4488	250	124,8	124,8	3435	160
0,9	235,4	235,4	5119	250	188,7	188,7	4639	250	141,8	141,8	3589	160
1,0	263,7	263,7	6265	400	211,2	211,2	4813	250	158,8	158,8	3765	160
1,1	292,0	292,0	6435	400	233,7	233,7	5010	250	175,9	175,9	4481	250
1,2	320,3	320,3	6626	400	256,2	256,2	6177	400	192,9	192,9	4607	250



Wyniki analizy



$U_{dPV} = 1,0$

63% ($6265/3843 = 1,63$)

53% ($4813/3153 = 1,53$)

43% ($3765/2639 = 1,43$)

$U_{dPV} = 1,2$

72% ($6626/3843 = 1,72$)

94% ($6117/3153 = 1,94$)

75% ($4607/2639 = 1,75$)



Podsumowanie



Politechnika
Śląska



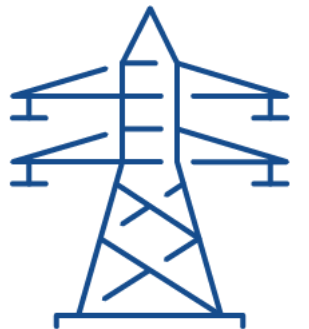
REF 2024

Katedra Elektroenergetyki
i Sterowania Układów



Wnioski

- Miarą stanu sieci mogą być syntetyczne wskaźniki niezawodności dostarczania energii do odbiorców SAIFI i SAIDI. Publikowane wskaźniki przez największych krajowych operatorów **nie wskazują** na pogorszenie się ich wartości, a tym samym stanu pracy sieci.
- Problemy przyłączania nowych źródeł – metodyka, wykorzystanie obciążalności dynamicznej linii SN, 110 kV: **silna korelacja** między produkcją w źródłach wiatrowych a obciążalnością linii.
- W przypadku silnej koncentracji mocy (np. morskie farmy wiatrowe) pojawia się **konieczność** instalacji dedykowanych rozwiązań sieciowych np. linie/mosty HVDC (Polska, Niemcy).
- Zbyt duża ilość mocy zainstalowanej w sieci nN prowadzi do **poważnych problemów** jakościowych oraz dużego **przewymiarowania** elementów co skutkuje m.in. **wzrostem** strat energii.
- Konieczność **modernizacji** i **rozwoju** sieci na wszystkich poziomach napięciowych w perspektywie niegasnącego trendu instalacji nowych źródeł OZE
- ***Kto ma pokrywać koszty takich inwestycji?*** Pokrywają je dziś tylko odbiorcy (energia odbierana z sieci obciążona jest opłatą przesyłową) mimo, że pozytywnie wpływają na sieć i „łagodzą” np. skutki zbyt dużej produkcji w źródłach fotowoltaicznych zainstalowanych w sieciach nN!



Dziękuję za uwagę

REE 2024

Rynek Energii Elektrycznej
Kazimierz Dolny, 22-24 kwietnia 2024 r.



Dr hab. inż. **Henryk Kocot**, prof. PŚ
Politechnika Śląska



Dr inż. **Agnieszka Dziendziel**
Politechnika Śląska | PSE Innowacje Sp. z o.o.



E-mail
Henryk.Kocot@polsl.pl
Agnieszka.Dziendziel@posl.pl



Numer ORCID
0000 – 0003 – 4271 – 3036
0000 – 0002 – 0609 – 4736



Politechnika
Śląska



Katedra Elektroenergetyki
i Sterowania Układów

