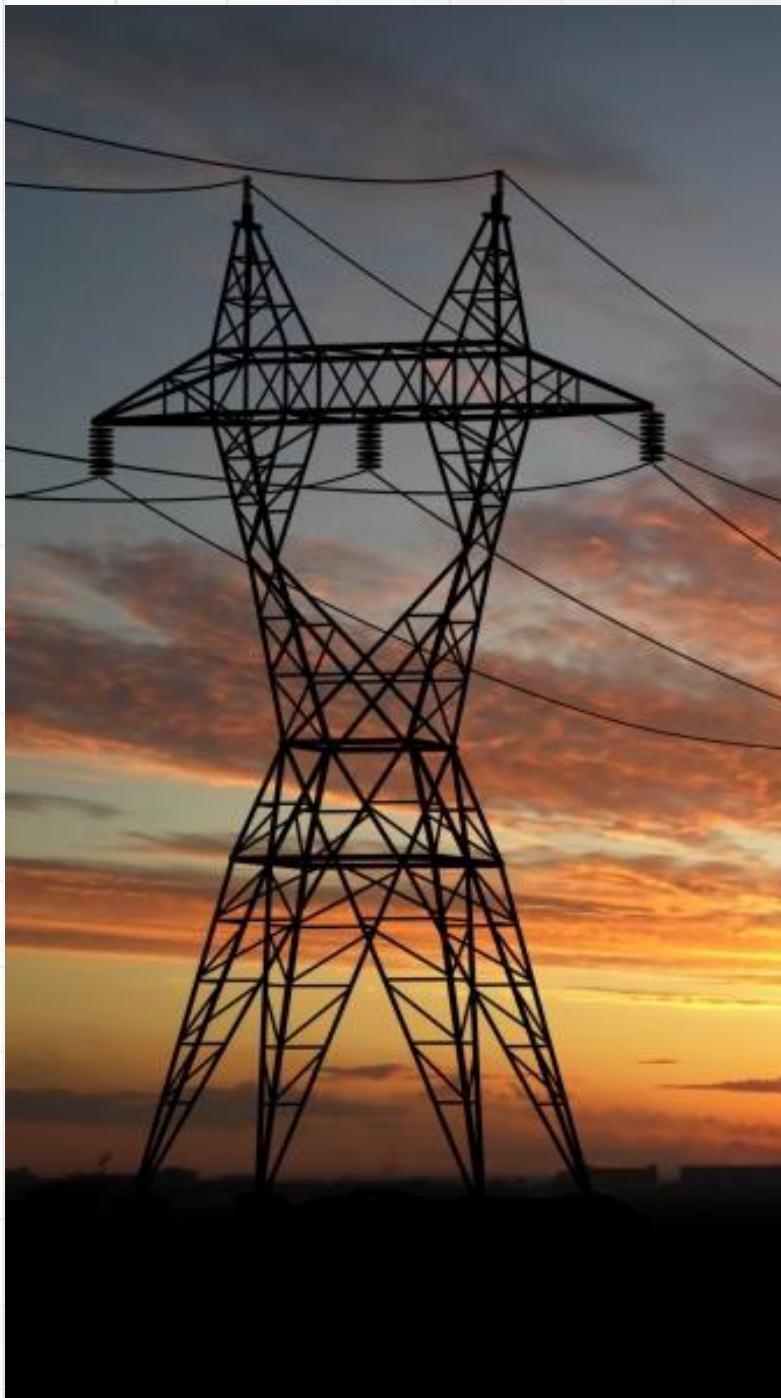




Politechnika
Wroclawska



EFEKTYWNA TRANSFORMACJA KRAJOWEJ SIECI ELEKTROENERGETYCZNEJ

Dr hab. inż. Waldemar DOŁĘGA prof. P. Wr.
Katedra Energoelektryki, Wydział Elektryczny
Politechnika Wroclawska
50-370 Wrocław, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27



KONFERENCJA ZAKOPANE 15-18.10.2023



unite!
University Network for Innovation,
Technology and Engineering



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Evaluated by
IEP INSTITUTIONAL
EVALUATION
PROGRAMME
www.iep-qaa.org

Plan prezentacji

1. Infrastruktura sieciowa
2. Zagrożenia - infrastruktura sieciowa
3. Wyzwania - infrastruktura sieciowa
4. Wnioski



Infrastruktura sieciowa

☐ Sieciowa infrastruktura elektroenergetyczna

- **Sieciowa infrastruktura elektroenergetyczna** stanowi ogniwo łączące źródła wytwarzania z odbiorcami i obejmuje: sieć przesyłową 400 i 220 kV, sieć dystrybucyjną (tzw. wstępnego rozdziału) 110 kV oraz sieć dystrybucyjną (rozdzielczą) SN (6, 10, 15, 20 i 30 kV) i sieć nn (0,4 kV).
- **Elementy** - stacje elektroenergetyczne, linie napowietrzne i kablowe oraz urządzenia i aparaty elektroenergetyczne, które współpracują ze sobą w celu realizacji zadania jakim jest przesył lub dystrybucja energii elektrycznej.



Infrastruktura sieciowa

☐ Stan infrastruktury sieciowej

- W kraju użytkowanych jest łącznie **875 861 km linii elektroenergetycznych**: **15 964 km** linii 750, 400 i 220 kV, **34 376 km** linii 110 kV, **321 089 km** linii SN oraz **504 492 km** linii niskiego napięcia.
- Stanowi to odpowiednio: 1,8%, 3,9%, 36,7% i 57,6% łącznej ich długości.

☐ Krajowa sieć przesyłowa

- **303 linii** o łącznej długości **15 964 km** i **110 stacji elektroenergetycznych** najwyższych napięć o napięciach 220 kV, 400 kV i 750 kV.
- Sieć przesyłowa obejmuje: 171 linii o napięciu 220 kV o łącznej długości 7 288 km, 131 linii o napięciu 400 kV o łącznej długości 8 562 km i 1 linia o napięciu 750 kV o długości 114 km oraz 63 stacji 220 kV i 47 stacji 400 kV, w których użytkowanych jest 211 autotransformatorów i transformatorów najwyższych napięć.

☐ Krajowa sieć dystrybucyjna

- **34 376 km linii** i **1597 stacji elektroenergetycznych** 110 kV, **321 089 km linii** i **271 571 stacji elektroenergetycznych** SN oraz **504 492 km linii** niskiego napięcia.
- W stacjach WN użytkowanych jest 2915 transformatorów 110 kV/SN, natomiast w stacjach SN jest użytkowanych 268 695 transformatorów SN/nn i 1251 transformatorów SN/SN.



Infrastruktura sieciowa

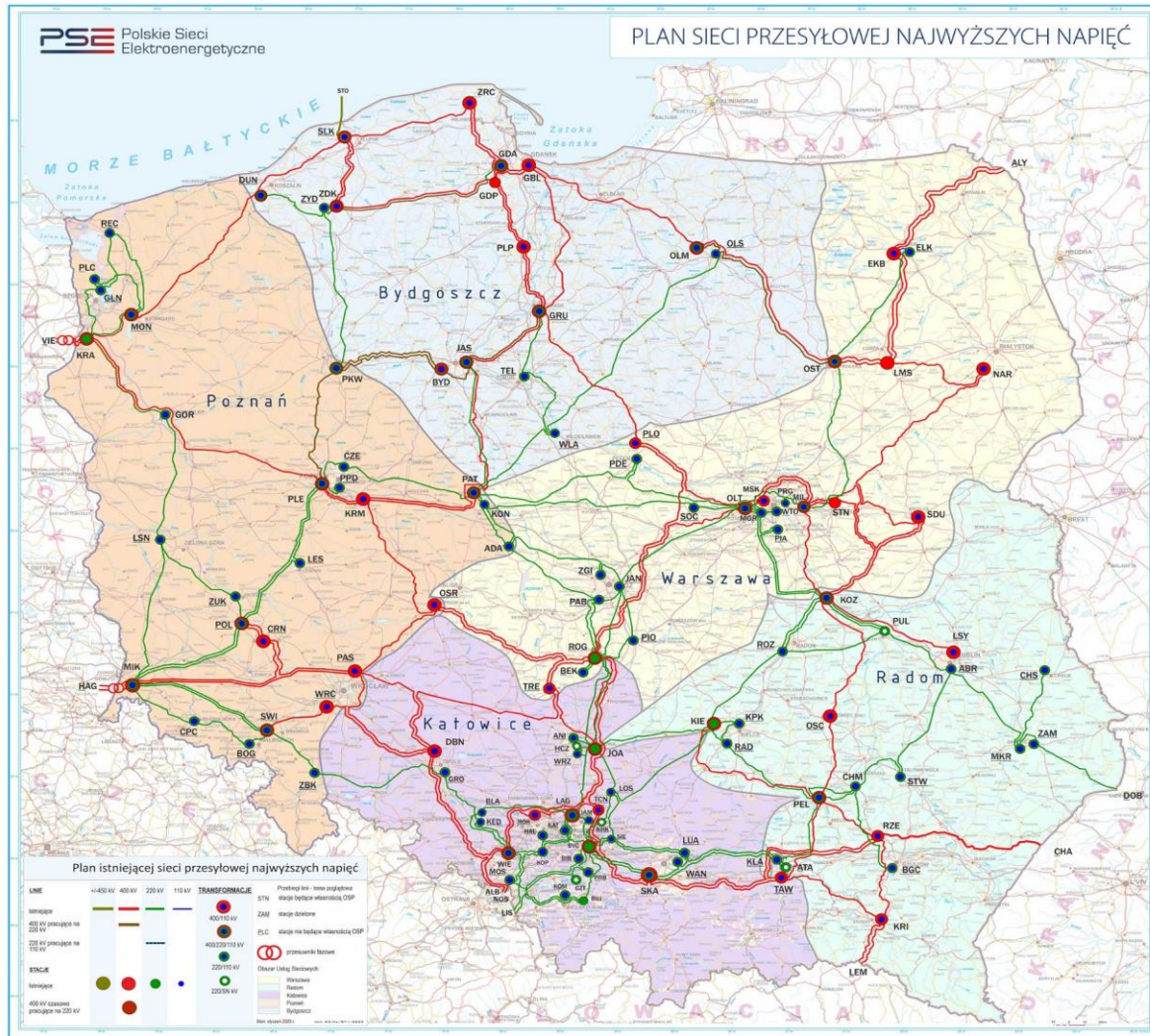
Tabela 1. Dane dotyczące infrastruktury sieciowej w latach 2000-2021

| Długość linii elektroenergetycznych napowietrznych | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Wyszczególnienie | 2000 r. | 2005 r. | 2010 r. | 2020 r. | 2021 r. |
| NN+WN | 45 174 km | 45 378 km | 46 112 km | 48 923 km | 49 411 km |
| 750 kV | 114 km | 114 km | 114 km | 114 km | 114 km |
| 400 kV | 4 660 km | 4 831 km | 5 303 km | 7 823 km | 8 227 km |
| 220 kV (w tym OSD*) | 8 116 km (228 km) | 8 123 km (232 km) | 8 088 km (85 km) | 7 461 km (81 km) | 7 433 km (81 km) |
| 110 kV (w tym OSD*) | 32 284 km (32 270 km) | 32 310 km (32 245 km) | 32 607 km (32 494 km) | 33 535 km (33 349 km) | 33 637 km (33 451 km) |
| SN | 223 800 km | 233 855 km | 234 741 km | 227 043 km | 226 039 km |
| 40-60 kV | 158 km | 49 km | 24 km | - | - |
| 30 kV | 3 990 km | 3 766 km | 3 290 km | 2 459 km | 2 3454 km |
| 15-20 kV | 219 200 km | 228 752 km | 230 023 km | 223 451 km | 222 661 km |
| Poniżej 15 kV | 452 km | 1 288 km | 1 404 km | 1 133 km | 1 033 km |
| nn | 284 116 km | 286 994 km | 289 977 km | 317 205 km | 321 235 km |
| Razem wszystkie napięcia | 553 090 km | 566 227 km | 570 830 km | 593 171 km | 596 685 km |
| Długość linii kablowych | | | | | |
| NN+WN | 48 km | 79 km | 164 km | 769 km | 869 km |
| SN | 54 345 km | 61 988 km | 68 988 km | 92 651 km | 95 050 km |
| 30-60 kV | 112 km | 161 km | 197 km | 348 km | 342 km |
| 15-20 kV | 46 554 km | 54 544 km | 60 867 km | 84 960 km | 87 407 km |
| nn | 105 755 km | 125 776 km | 140 320 km | 177 159 km | 183 257 km |
| Razem wszystkie napięcia | 160 148 km | 187 843 km | 209 482 km | 270 579 km | 279 176 km |
| Liczba stacji o górnym napięciu | | | | | |
| 400 i 750 Kv | 30 | 31 | 35 | 53 | 49 |
| 220 kV | 64 | 67 | 67 | 61 | 63 |
| 110 kV | 1 308 | 1 356 | 1 405 | 1 574 | 1 597 |
| SN | 219 418 | 236 067 | 246 562 | 269 726 | 271 571 |
| Razem wszystkie napięcia | 220 820 | 237 521 | 248 069 | 271 414 | 273 280 |

* OSD – operatorzy systemów dystrybucyjnych

Źródło: Statystyka elektroenergetyki polskiej 2021. ARE, Warszawa, 2022.

Infrastruktura sieciowa



Rys. 1. Plan krajowej sieci przesyłowej

Źródło: www.pse.pl

Tabela 2. Struktura wiekowa krajowej sieci przesyłowej

| | Do 20 lat | 20-40 lat | Ponad 40 lat |
|----------------------------|-----------|-----------|--------------|
| Linie napowietrzne | 21% | 25% | 54% |
| Linie kablowe | 99% | 0% | 1% |
| Stacje elektroenergetyczne | 15% | 31% | 54% |
| Transformatory | 54% | 26% | 20% |

Źródło: Statystyka elektroenergetyki polskiej 2021. ARE, Warszawa, 2022.

Wiek ponad 40 lat posiada: 54% stacji elektroenergetycznych, 54% linii napowietrznych i 20% transformatorów/autotransformatorów/.

Linie elektroenergetyczne zaprojektowano z uwzględnieniem innych warunków (np. znacznie niższych przepływów) niż te, które występują obecnie.



Infrastruktura sieciowa

Tabela 3. Charakterystyka największych krajowych operatorów systemów dystrybucyjnych na dzień 1.01.2022



Rys. 2. Obszary działania Operatorów Systemów Dystrybucyjnych

Źródło: Statystyka elektroenergetyki polskiej 2021. ARE, Warszawa, 2022.

Wiek ponad 40 lat posiada: 33% stacji elektroenergetycznych, 39% linii napowietrznych, 16% linii kablowych, 18% transformatorów.

| | Obszar działalności [tys. km ²] | Liczba klientów [tys.] | Długość linii w przeliczeniu na jeden tor [km] | Liczba stacji [szt.] |
|---|---|------------------------|---|-------------------------|
| PGE Dystrybucja S.A. | 129,83 | 5 559,1 | WN – 10 362 (1,1%)* SN – 115 049 (22,4%)* nn – 171 597 (29,4%)* | WN - 464 SN – 95 522 |
| TAURON Dystrybucja S.A. | 57,07 | 5 768,2 | WN – 11 121 (1,8%)* SN – 66 031 (39,7%)* nn – 116 865 (36,8%)* | WN - 495 SN – 61 593 |
| ENEA Operator Sp. z o.o. | 58,17 | 2 698,4 | WN – 5 481 (1,3%)* SN – 46 618 (29,0%)* nn – 55 988 (51,8%)* | WN – 249 SN – 38 689 |
| ENERGA-Operator S.A. | 75,00 | 3 238,0 | WN – 6 590 (1,0%)* SN – 69 870 (28,1%)* nn – 92 179 (38,9%)* | WN – 302 SN – 62 324 |
| Stoen Operator Sp. z o.o. * udział linii kablowych | 0,51 | 1 094,4 | WN – 518 (32,6%)* SN – 8 067 (96,6%)* nn – 7 398 (82,2%)* | WN – 41 SN – 6 880 |

Źródło: Raport Energetyka dystrybucja i przesył. PTPiREE, Poznań, maj 2022.

Tabela 4. Struktura wiekowa krajowej sieci dystrybucyjnej

| | Do 20 lat | 20-40 lat | Ponad 40 lat |
|----------------------------|-----------|-----------|--------------|
| Linie napowietrzne | 21% | 40% | 39% |
| Linie kablowe | 53% | 31% | 16% |
| Stacje elektroenergetyczne | 33% | 34% | 33% |
| Transformatory | 49% | 33% | 18% |

Źródło: Statystyka elektroenergetyki polskiej 2021. ARE, Warszawa, 2022.

Infrastruktura sieciowa

❑ **Rozwój w przeszłości**

- Rozwój okresowy i koniunkturalny (np. w odniesieniu do sieci przesyłowej - lata 50-60 XX w. - rozwój sieci 110 kV, lata 60-70 XX w. - rozwój sieci 220 kV, lata 80 XX w. - rozwój sieci 400 kV, okres 1990-2005 stagnacja i zastój, po 2005 r. – rozwój sieci 400 kV).
- Niski poziom inwestowania w infrastrukturę przesyłową i dystrybucyjną w przeszłości.
- Niewłaściwy sposób finansowania inwestycji sieciowych w przeszłości.

❑ **Cechy**

- Niedostateczny rozwój infrastruktury sieciowej.
- Brak harmonijnego rozwoju infrastruktury sieciowej (ograniczanie inwestycji w sieciach 110 kV).
- Infrastruktura sieciowa projektowana dla innych warunków niż te, które występują obecnie (struktura źródeł wytwarzania, przepływy w liniach).
- Zakładany okres eksploatacji infrastruktury sieciowej min. 30 lat.
- Zróżnicowana trwałość elementów infrastruktury sieciowej - 15 – 80 lat.

Zagrożenia - infrastruktura sieciowa

Zagrożenia

Sieć przesyłowa

- Bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej.
- Ekstremalne warunki pogodowe.
- Rozwój OZE.

Sieć dystrybucyjna

- Bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej.
- Jakość energii elektrycznej dostarczanej do odbiorców końcowych.
- Ekstremalne warunki pogodowe.
- Rozwój OZE (instalacje prosumenckie).

- ✓ **Lokalnie infrastruktura sieciowa stwarza duże zagrożenie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej w ekstremalnych warunkach atmosferycznych.**

Krajowa sieć przesyłowa jest przystosowana do występujących obecnie typowych warunków zapotrzebowania na energię elektryczną i realizacji wewnętrznych zadań przesyłowych w stanach normalnych.

Krajowa sieć dystrybucyjna jest przystosowana do występujących obecnie typowych warunków zapotrzebowania na energię elektryczną i realizacji zadań dystrybucji w stanach normalnych.



Zagrożenia - infrastruktura sieciowa

☐ Ekstremalne warunki pogodowe:

- wynikają ze zmian klimatycznych;
- występują coraz częściej na terytorium Polski;
- znaczny (68%) udział linii napowietrznych w infrastrukturze sieciowej;
- skala i wielkość awarii sieciowych jest znaczna (awarie mają charakter masowy).

☐ Wybrane awarie sieciowe

- **2021** - gwałtowne burze z wichurami w dniach 14-15.07.2021, wichura związana z układem niżu „Henrik” w dniach 21-22.10.2021.
- **2020** - orkan „Sabina” w dniach 10-11.02.2020, wichura związana z układem niżu Julia w dniach 24.02.2020.
- **2019** - wichura związana z układem niżu „Eberhard” w dniach 10-11.03.2019 i gwałtowne burze z wichurami w dniach 30.09-01.10.2019.
- **2018** - orkan „Fryderyka” w dniach 18–19.01.2018, gwałtowne burze w dniach 21-22.06.2018, wichura związana z układem niżu „Fabienne” w dniach 23-25.09.2018 i wichura w dniach 29-31 10.2018.
- **2017** - gwałtowna burza w nocy 11/12.08.2017, orkan „Ksawery” w dniach 5–8.10.2017, orkan „Grzegorz” w dniach 29–30.10.2017.
- **2015** - w okresie letnim 10-31.08.2015 ograniczenia, wprowadzenie stopni zasilania w poszczególnych godzinach doby. Najwyższy z tych stopni tj. „20-ty” obowiązywał 10.08.2015 r. w godzinach 10:00–17:00.

Ekstremalne warunki pogodowe obejmują: śnieżyce, opady mokrego śniegu, oblodzenia, orkany, wichury i burze z wyładowaniami atmosferycznymi.

Gwałtowna burza w nocy 11/12.08.2017r. spowodowała wyłączenia awaryjne:

- 7 napowietrznych linii przesyłowych jednotorowych 220 kV i 3 torów napowietrznych linii przesyłowych dwutorowych 220 i 400 kV;
- na obszarze dystrybucji ENEA Operator 14 stacji 110 kV/SN i 7268 stacji elektroenergetycznych SN/nn; uszkodzonych zostało 24 linie 110 kV i 313 linii SN; problemy z dostawami energii elektrycznej dotknęły ok. 250 tys. odbiorców.



Zagrożenia - infrastruktura sieciowa



Zagrożenia - Sieć przesyłowa

Zagrożenia bezpieczeństwa dostaw energii wynikają bezpośrednio z:

- dużej awaryjności sieci na skutek anomalii pogodowych,
- małej gęstości sieci przesyłowej i jednostek wytwórczych w niektórych częściach kraju,
- ograniczonych możliwości obciążenia linii elektroenergetycznych w wyższych temperaturach otoczenia,
- rosnącego zakresu prac remontowych i inwestycyjnych w sieciach,
- nadmiernego wzrostu napięć w sieci przesyłowej oraz sieci 110 kV,
- ograniczenia importu energii elektrycznej z systemów elektroenergetycznych państw sąsiednich,
- wzrostu obciążenia w okresie letnim.

Zagrożenia potęgują się w przypadku nałożenia się na siebie wielu niekorzystnych czynników obejmujących: skrajnie wysokie zapotrzebowanie na moc, ekstremalne warunki atmosferyczne, wyłączenie dużej liczby elementów sieci elektroenergetycznej lub jednostek wytwórczych czy oddziaływanie przepływów mocy z krajów sąsiednich.

Ograniczona przepustowość linii przesyłowych w wyższych temperaturach otoczenia

- Poważne zagrożenie dla stabilnej pracy KSE w warunkach zwiększonego zapotrzebowania na energię elektryczną.

Zagrożenia - infrastruktura sieciowa

Zagrożenia - Sieć przesyłowa

Największe zagrożenie wystąpienia rozległej awarii sieciowej dotyczy północnej części KSE.

- Może to nastąpić w warunkach dużych przesyłów mocy czynnej i biernej z centrum kraju w kierunku północnym.
- Mniejsza liczba źródeł wytwórczych oraz mniejsza gęstość sieci na północy w stosunku do południa kraju.
- Wystąpienie awarii może spowodować tam utratę stabilności napięciowej na znacznym obszarze.
- Zagrożenia w strukturze zasilania dotyczą dużych aglomeracji miejskich.

Niedostatecznie rozwinięta infrastruktura sieciowa w obszarze przesyłu powoduje występowanie różnorodnych ograniczeń sieciowych.

- Ograniczenia wynikają z: warunków obciążeniowych elementów sieci, ze stabilności napięciowej, z warunków zwarciovych, z warunków równowagi dynamicznej, z warunków równowagi statycznej, z zakresu regulacji wtórnej oraz z wymagań dotyczących pewności zasilania obszarów wokół elektrowni.

Duża awaryjność sieci na skutek ekstremalnych warunków pogodowych i ograniczona przepustowość linii przesyłowych w wyższych temperaturach otoczenia stanowi poważne zagrożenie dla stabilnej pracy KSE w warunkach zwiększonego zapotrzebowania na energię elektryczną.

Ma ścisły związek z wiekiem, stanem technicznym i stopniem wyeksploatowania sieci przesyłowych.



Zagrożenia - infrastruktura sieciowa

Zagrożenia - Sieć dystrybucyjna

Zagrożenia bezpieczeństwa dostaw energii wynikają bezpośrednio z:

- wieku, stanu technicznego i stopnia wyeksploatowania sieci dystrybucyjnych,
- dużej ich awaryjności na skutek anomalii pogodowych,
- ograniczonej przepustowości sieci 110 kV.

Majątek sieci dystrybucyjnych jest mocno wyeksploatowany.

- Największy stopień zużycia mają stacje 110 kV/SN, stacje SN/nn i sieci dystrybucyjne SN na obszarach wiejskich.
- Wymaga pilnej modernizacji w zakresie zapewniającym odpowiednią jakość dostarczanej energii elektrycznej dla odbiorców końcowych oraz niezawodność i pewność jej dostawy.

Ograniczona przepustowość sieci 110 kV

- Na skutek niewystarczającej termicznej obciążalności linii 110 kV występują m.in. ograniczone możliwości dostarczenia energii do dużych aglomeracji miejskich.
- Przeciążenia występujące w obszarze sieci 110 kV wpływają negatywnie na pracę sieci przesyłowej.
- Niski poziom inwestycji, realizowanych przez operatorów systemów dystrybucyjnych – stosunkowo mała dynamika przyrostu długości tych linii.



Efektywna transformacja krajowej sieci elektroenergetycznej

Zagrożenia - infrastruktura sieciowa

Tabela 6. Wskaźniki przeciętnych systemowych przerw w zasilaniu odbiorców w latach 2013–2020

| Wyszczególnienie | Jednostka miary | Rok | PGE Dystrybucja S.A. | TAURON Dystrybucja S.A. | ENEA Operator Sp. z o.o. | ENERGA Operator S.A. | Stoen Operator Sp. z o.o. |
|--|-----------------|------|----------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|
| Wskaźnik przeciętnej częstości przerw krótkich (MAIFI) | szt./odb. | 2013 | 3,82 | 2,62 | 2,31 | 5,02 | 0,54 |
| | | 2014 | 3,50 | 3,20 | 1,93 | 7,53 | 0,44 |
| | | 2015 | 5,25 | 3,12 | 5,37 | 9,48 | 0,41 |
| | | 2016 | 8,57 | 3,49 | 5,80 | 8,39 | 0,55 |
| | | 2017 | 9,46 | 3,97 | 5,31 | 9,26 | 0,61 |
| | | 2018 | 8,84 | 3,33 | 4,57 | 7,75 | 0,55 |
| | | 2019 | 8,56 | 3,42 | 4,79 | 7,54 | 0,56 |
| | | 2020 | 7,93 | 2,78 | 4,03 | 6,68 | 0,56 |
| Liczba obsługiwanych odbiorców | szt. | 2013 | 5 193 721 | 5 334 408 | 2 438 037 | 2 946 008 | 948 317 |
| | | 2014 | 5 225 653 | 5 334 408 | 2 460 758 | 3 036 404 | 964 802 |
| | | 2015 | 5 263 722 | 5 332 731 | 2 460 758 | 2 950 595 | 978 628 |
| | | 2016 | 5 307 050 | 5 372 951 | 2 487 023 | 2 950 595 | 997 447 |
| | | 2017 | 5 350 667 | 5 532 681 | 2 552 699 | 2 992 418 | 1 015 829 |
| | | 2018 | 5 402 204 | 5 597 536 | 2 588 896 | 3 066 129 | 1 038 419 |
| | | 2019 | 5 461 995 | 5 650 882 | 2 625 755 | 3 121 294 | 1 058 705 |
| | | 2020 | 5 528 988 | 5 714 962 | 2 661 186 | 3 181 903 | 1 081 245 |

- **Wskaźnik przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej i bardzo długiej (SAIDI /ang. System Average Interruption Duration Index/), stanowiący sumę iloczynów czasu jej trwania i liczby odbiorców narażonych na skutki tej przerwy w ciągu roku, podzieloną przez łączną liczbę obsługiwanych odbiorców.**
- **Wskaźnik przeciętnej systemowej częstości przerw długich i bardzo długich (SAIFI /ang. System Average Interruption Frequency Index/), stanowiący liczbę wszystkich tych przerw w ciągu roku, podzieloną przez łączną liczbę obsługiwanych odbiorców.**
- **Wskaźnik przeciętnej częstości przerw krótkich (MAIFI ang. Momentary Average Interruption Frequency Index/), stanowiący liczbę wszystkich przerw krótkich w ciągu roku, podzieloną przez łączną liczbę obsługiwanych odbiorców.**

| Wyszczególnienie | Jednostka miary | Rok | PGE Dystrybucja S.A. | TAURON Dystrybucja S.A. | ENEA Operator Sp. z o.o. | ENERGA Operator S.A. | Stoen Operator Sp. z o.o. | | |
|---|--|------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|-------|------|
| Wskaźnik przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej i bardzo długiej w przeliczeniu na jednego odbiorcę (SAIDI) | SAIDI nieplanowe | min./odb. | 2013 | 315,93 | 192,90 | 353,50 | 235,69 | 74,60 | |
| | | 2014 | 241,60 | 150,20 | 219,43 | 198,30 | 60,78 | | |
| | | 2015 | 272,16 | 207,35 | 372,71 | 213,80 | 62,81 | | |
| | | 2016 | 252,05 | 137,68 | 184,31 | 166,10 | 58,30 | | |
| | | 2017 | 385,89 | 219,67 | 403,76 | 209,40 | 64,86 | | |
| | | 2018 | 204,49 | 106,95 | 145,15 | 103,50 | 54,94 | | |
| | | 2019 | 196,65 | 138,68 | 123,64 | 96,94 | 41,71 | | |
| | | 2020 | 200,41 | 98,02 | 106,26 | 92,9 | 37,38 | | |
| | | 2013 | 343,37 | 196,16 | 415,33 | 283,90 | 76,89 | | |
| | | 2014 | 279,50 | 151,10 | 223,49 | 203,70 | 64,03 | | |
| | SAIDI nieplanowe +katastrofalne | 2015 | 283,17 | 238,67 | 410,03 | 239,40 | 66,03 | | |
| | | 2016 | 281,90 | 137,94 | 185,98 | 177,00 | 61,40 | | |
| | | 2017 | 461,70 | 238,41 | 671,06 | 298,00 | 69,81 | | |
| | | 2018 | 211,81 | 107,18 | 152,68 | 107,20 | 56,19 | | |
| | | 2019 | 202,26 | 140,49 | 124,65 | 98,24 | 43,79 | | |
| | | 2020 | 210,71 | 98,42 | 106,01 | 90,6 | 38,24 | | |
| | | 2013 | 184,13 | 159,69 | 127,39 | 71,14 | 19,17 | | |
| | | 2014 | 194,60 | 104,70 | 106,09 | 58,40 | 19,05 | | |
| | | 2015 | 158,89 | 69,42 | 110,12 | 46,40 | 14,26 | | |
| | | 2016 | 119,41 | 59,38 | 103,32 | 50,80 | 12,55 | | |
| SAIDI planowe | 2017 | 95,05 | 48,40 | 55,26 | 55,40 | 9,05 | | | |
| | 2018 | 87,40 | 45,35 | 47,40 | 43,80 | 11,44 | | | |
| | 2019 | 58,25 | 40,37 | 24,01 | 28,70 | 8,72 | | | |
| | 2020 | 39,82 | 26,60 | 16,09 | 20,80 | 7,20 | | | |
| | Wskaźnik przeciętnej systemowej częstości przerw długich i bardzo długich w przeliczeniu na jednego odbiorcę (SAIFI) | SAIFI nieplanowe | szt./odb. | 2013 | 3,77 | 2,98 | 4,18 | 2,92 | 1,46 |
| | | | 2014 | 3,30 | 2,70 | 3,21 | 3,14 | 1,29 | |
| | | | 2015 | 4,01 | 3,08 | 5,35 | 3,08 | 1,31 | |
| | | | 2016 | 3,86 | 2,55 | 3,53 | 2,49 | 0,88 | |
| | | | 2017 | 4,97 | 3,29 | 4,15 | 2,67 | 0,95 | |
| | | | 2018 | 3,45 | 2,25 | 2,95 | 1,87 | 0,94 | |
| 2019 | | | 3,57 | 2,41 | 2,82 | 1,83 | 0,75 | | |
| 2020 | | | 3,43 | 2,00 | 2,44 | 1,71 | 0,59 | | |
| 2013 | | | 3,80 | 2,99 | 4,21 | 2,95 | 1,47 | | |
| 2014 | | | 3,30 | 2,70 | 3,21 | 3,15 | 1,30 | | |
| SAIFI nieplanowe +katastrofalne | | 2015 | 4,02 | 3,10 | 5,36 | 3,09 | 1,31 | | |
| | | 2016 | 3,88 | 2,55 | 3,54 | 2,50 | 0,89 | | |
| | | 2017 | 5,00 | 3,30 | 4,23 | 2,69 | 0,96 | | |
| | | 2018 | 3,45 | 2,25 | 2,96 | 1,87 | 0,94 | | |
| | | 2019 | 3,57 | 2,41 | 2,82 | 1,83 | 0,75 | | |
| | | 2020 | 3,44 | 2,00 | 2,44 | 1,71 | 0,59 | | |
| | | 2013 | 0,72 | 0,77 | 0,51 | 0,42 | 0,12 | | |
| | | 2014 | 0,70 | 0,60 | 0,47 | 0,39 | 0,16 | | |
| | | 2015 | 0,71 | 0,46 | 0,50 | 0,34 | 0,17 | | |
| | | 2016 | 0,61 | 0,40 | 0,59 | 0,33 | 0,13 | | |
| SAIFI planowe | 2017 | 0,48 | 0,31 | 0,35 | 0,33 | 0,11 | | | |
| | 2018 | 0,47 | 0,33 | 0,27 | 0,28 | 0,15 | | | |
| | 2019 | 0,31 | 0,28 | 0,16 | 0,19 | 0,19 | | | |
| | 2020 | 0,23 | 0,19 | 0,11 | 0,14 | 0,12 | | | |



Wyzwania - infrastruktura sieciowa

Wyzwania - Sieć przesyłowa:

- konieczność rozbudowy i modernizacji infrastruktury sieciowej,
- intensyfikacja wykorzystania infrastruktury sieciowej.

Rozbudowa i modernizacja infrastruktury sieciowej jest związana z:

- intensywnym rozwojem OZE,
- planowanym rozwojem energetyki jądrowej,
- planowanym rozwojem energetyki wiatrowej na morzu.

Rozbudowa i modernizacja infrastruktury sieciowej wynika z:

- prognoz dotyczących wzrostu zapotrzebowania odbiorców na moc i energię elektryczną,
- wymagań odbiorców w zakresie niezawodności i pewności zasilania,
- inwestycji koniecznych do przyłączenia i wyprowadzenia mocy z nowych jednostek wytwórczych.

Intensyfikacja wykorzystania infrastruktury sieciowej polega na:

- odpowiedniej lokalizacji źródeł wytwórczych i odbiorców likwidującej ograniczenia przesyłowe,
- modernizacji istniejących linii i stacji elektroenergetycznych zwiększających ich zdolności przesyłowe,
- stosowaniu dynamicznej obciążalności linii zwiększającej możliwości obciążeniowe istniejących linii elektroenergetycznych przy uwzględnieniu rzeczywistych warunków atmosferycznych otoczenia przewodów roboczych.





Wyzwania - infrastruktura sieciowa

- ❑ **Rozbudowa i modernizacja infrastruktury sieciowej** powinna być ukierunkowana na:
 - stworzenie warunków bezpiecznej pracy KSE,
 - zwiększenie pewności zasilania obszarów dużych aglomeracji miejskich,
 - wzmocnienie roli systemu przesyłowego w KSE,
 - zwiększanie możliwości ruchowych w KSE,
 - zwiększenie zdolności regulacji napięć,
 - wyprowadzenie mocy z przyłączonych źródeł,
 - rozbudowę połączeń transgranicznych.
- ❑ **Ważne działania w zakresie infrastruktury sieciowej:**
 - znaczna rozbudowa strukturalnej sieci przesyłowej,
 - strukturalne zmiany układów zasilania w newralgicznych obszarach kraju,
 - umożliwienie współpracy ze sobą źródeł energii o zróżnicowanej technologii wytwarzania i różnych parametrach ich pracy,
 - zdjęcie funkcji przesyłowych z sieci dystrybucyjnej 110 kV.



Wyzwania - infrastruktura sieciowa

- ❑ **Najważniejsze i największe wyzwanie dla operatora systemu przesyłowego - Inwestycje sieciowe w obszarze sieci przesyłowej.**
- ❑ **Inwestycje sieciowe** zostały określone w planie modernizacji i rozbudowy infrastruktury sieciowej pogrupowane w obszarach:
 - przyłączenia (elektrowni systemowych i OZE),
 - wyprowadzenia mocy (z elektrowni systemowych i OZE),
 - bezpieczeństwa pracy KSE,
 - połączeń transgranicznych (asynchroniczne, synchroniczne).
- ❑ **Bezpieczeństwo pracy KSE** wiąże się z:
 - dostosowaniem infrastruktury sieciowej do wzrostu zapotrzebowania na moc i energię,
 - właściwą regulacją napięcia i mocy biernej,
 - likwidacją ograniczeń sieciowych wynikającą: z realizacji strategii zmiany napięcia sieci, zwiększenia pewności zasilania i sprzęgania sieci 400 i 220 kV.
- ❑ **Efekt realizacji zaplanowanych przedsięwzięć inwestycyjnych - istotne zmiany jakościowe i ilościowe w strukturze sieci przesyłowych.**





Wyzwania - infrastruktura sieciowa

Wyzwania - Sieć dystrybucyjna:

- Konieczność rozbudowy i modernizacji infrastruktury sieciowej.
- ### Rozbudowa i modernizacja infrastruktury sieciowej wynika z:
- prognoz dotyczących wzrostu zapotrzebowania odbiorców na energię elektryczną,
 - konieczności poprawy jakości i niezawodności dostawy energii do odbiorców końcowych,
 - intensywnego rozwoju odnawialnych źródeł energii (instalacje prosumenckie),
 - rozwoju elektromobilności (stacje ładowania).



Wyzwania - infrastruktura sieciowa

- ❑ **Najważniejsze i największe wyzwanie dla operatorów systemów dystrybucyjnego - Inwestycje sieciowe w obszarze sieci dystrybucyjnej** (rozbudowa i gruntowna modernizacja obecnej infrastruktury dystrybucyjnej).
- ❑ **Modernizacja sieci dystrybucyjnej** w zakresie zapewniającym odpowiednią jakość dostarczanej energii elektrycznej dla odbiorców końcowych oraz niezawodność i pewność jej dostawy.
- ❑ **Elementy modernizacji:**
 - stacje 110 kV/SN, stacje SN/nn i sieci dystrybucyjne SN na obszarach wiejskich.
- ❑ **Działania inwestycyjne i eksploatacyjne**, które pozwolą na uniknięcie lub ograniczenie skali awarii sieciowych w przypadku wystąpienia ekstremalnych nagłych zjawisk atmosferycznych o dużym nasileniu:
 - wymiana przewodów gołych na linie kablowe i niepełnoizolowane w sieci SN i izolowane w sieci niskiego napięcia,
 - automatyzacja sieci SN,
 - stosowanie systemów sterowania i nadzoru (dyspozytorskich),
 - zwiększenie możliwości rekonfiguracyjnych sieci SN,
 - modernizacje stacji elektroenergetycznych SN/nn.

Wyzwania - infrastruktura sieciowa

- ❑ **Cel modernizacji infrastruktury sieciowej** - poprawa wskaźników niezawodności pracy sieci elektroenergetycznej dotyczących czasu trwania przerw w dostarczaniu energii elektrycznej (SAIDI, SAIFI).
 - Modernizacja długich ciągów napowietrznych linii SN z wykorzystaniem najnowszych rozwiązań technicznych i technologicznych (w miejscach wrażliwych na awarie).
 - Modernizacja wiąże się z przebudową linii napowietrznych na linie kablowe lub wyprowadzeniem linii napowietrznych z terenów leśnych.
- ❑ **Zwiększenie udziału linii kablowych:**
 - wpływa na zmniejszenie awaryjności sieci elektroenergetycznych SN,
 - prowadzi do poprawy bezpieczeństwa dostaw i niezawodności zasilania,
 - wpływa na wielkość wskaźników SAIDI i SAIFI.

❖ **Udział linii kablowych w przypadku linii SN wynosi obecnie 30%.**



Wnioski

- ❑ Krajowa sieć przesyłowa odgrywa kluczową rolę w KSE i ma strategiczne znaczenie dla jego funkcjonowania. Obecnie nie stwarza zagrożenia dla bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej, jest bowiem przystosowana do występujących typowych warunków zapotrzebowania na energię elektryczną i realizacji wewnętrznych zadań w stanach normalnych. Stwarza jednak duże zagrożenie dla stabilnej pracy KSE oraz lokalnie może powodować trudności z przesyłem energii elektrycznej szczególnie w ekstremalnych warunkach atmosferycznych.
- ❑ Krajowa sieć dystrybucyjna jest przystosowana do występujących obecnie typowych warunków zapotrzebowania na energię elektryczną i realizacji zadań w stanach normalnych. Stwarza jednak potencjalnie duże zagrożenie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej które wynikają bezpośrednio z: wieku, stanu technicznego i stopnia wyeksploatowania sieci dystrybucyjnych, dużej ich awaryjności na skutek anomalii pogodowych i ograniczonej przepustowości sieci 110 kV. Ponadto istnieją silne lokalne zagrożenia, które mogą powodować trudności z zasilaniem odbiorców w ekstremalnych warunkach atmosferycznych.
- ❑ W przyszłości obecna infrastruktura sieciowa w obszarze przesyłu i dystrybucji będzie niewystarczająca w kontekście bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej i konieczna będzie rozbudowa i modernizacja krajowej sieci przesyłowej i dystrybucyjnej.
- ❑ Rozbudowa i modernizacja krajowej sieci przesyłowej i dystrybucyjnej oraz intensyfikacja jej wykorzystania stanowi jeden z głównych warunków efektywnej transformacji sieci elektroenergetycznej w kraju.



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Dr hab. inż. Waldemar DOŁĘGA prof. P. Wr.