



PSE Innowacje sp. z o.o.

Eliminacja ograniczeń przesyłowych w liniach 220 kV jako sposób zwiększenia zdolności przesyłowej KSE

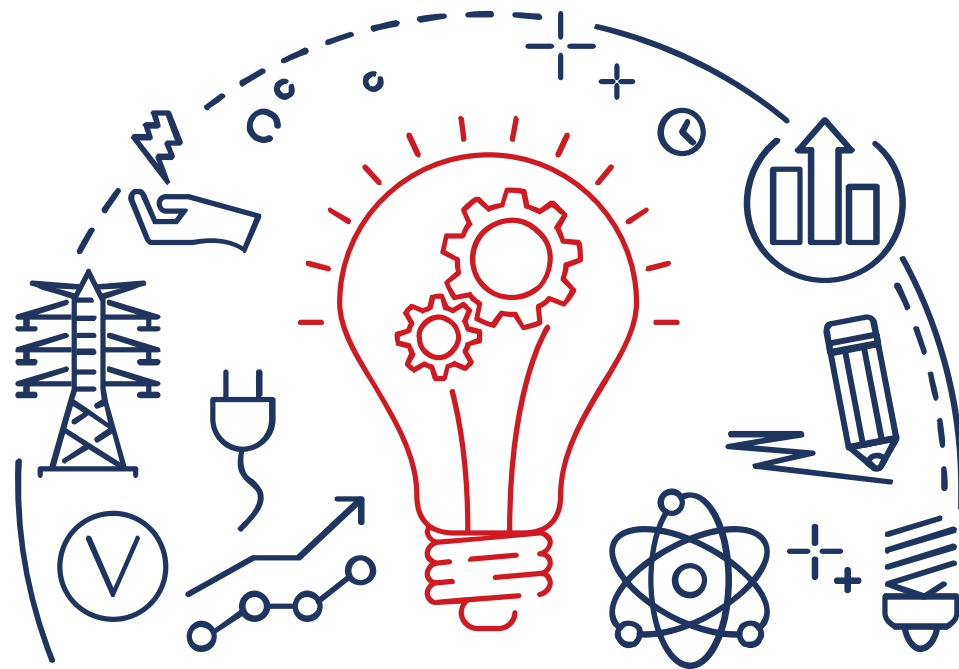
Paweł Kubek | pawel.kubek@pse.pl | **Rafał Turczak** | rafal.turczak@pse.pl

CK Badania i Rozwój

XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna Rynek Energii Elektrycznej 2018

Kazimierz Dolny | 24-26 kwietnia 2018 r.





Wprowadzenie





Tło zagadnienia:

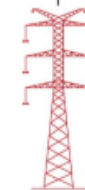
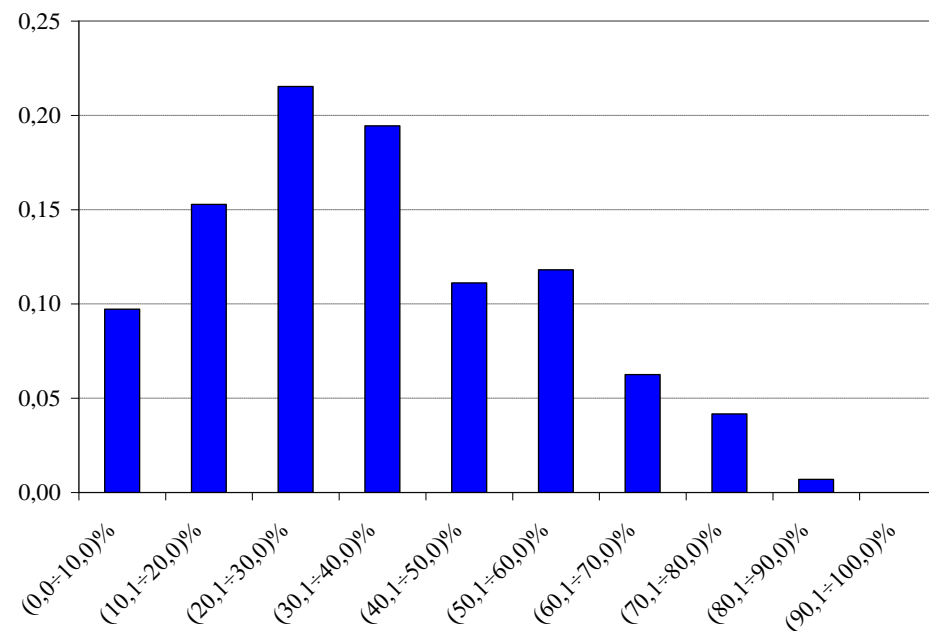
- Liczne ograniczenia przesyłowe w KSE, zwłaszcza w sieci 220 kV oraz 110 kV, powodujące problemy z niedostateczną przepustowością linii (pogłębiające się w stanach awaryjnych),
- Ograniczenia przesyłowe wynikają głównie z uwarunkowań technicznych związanych z tendencjami projektowymi obowiązującymi w czasie budowy linii,
- Utrudnienia związane z budową nowych linii napowietrznych wynikające z barier formalno-prawnych

Stopień obciążenia linii 220 kV (szczyt letni)



Długość sieci przesyłowej dla zastosowanej temperatury granicznej roboczej przewodów w obszarze PSE Południe

Temp. gran. przew. w °C	40	55	60	70	80
Długość sieci 220 kV w km	422	374	646	78	260
Długość sieci 400 kV w km	1143	-	121	-	-





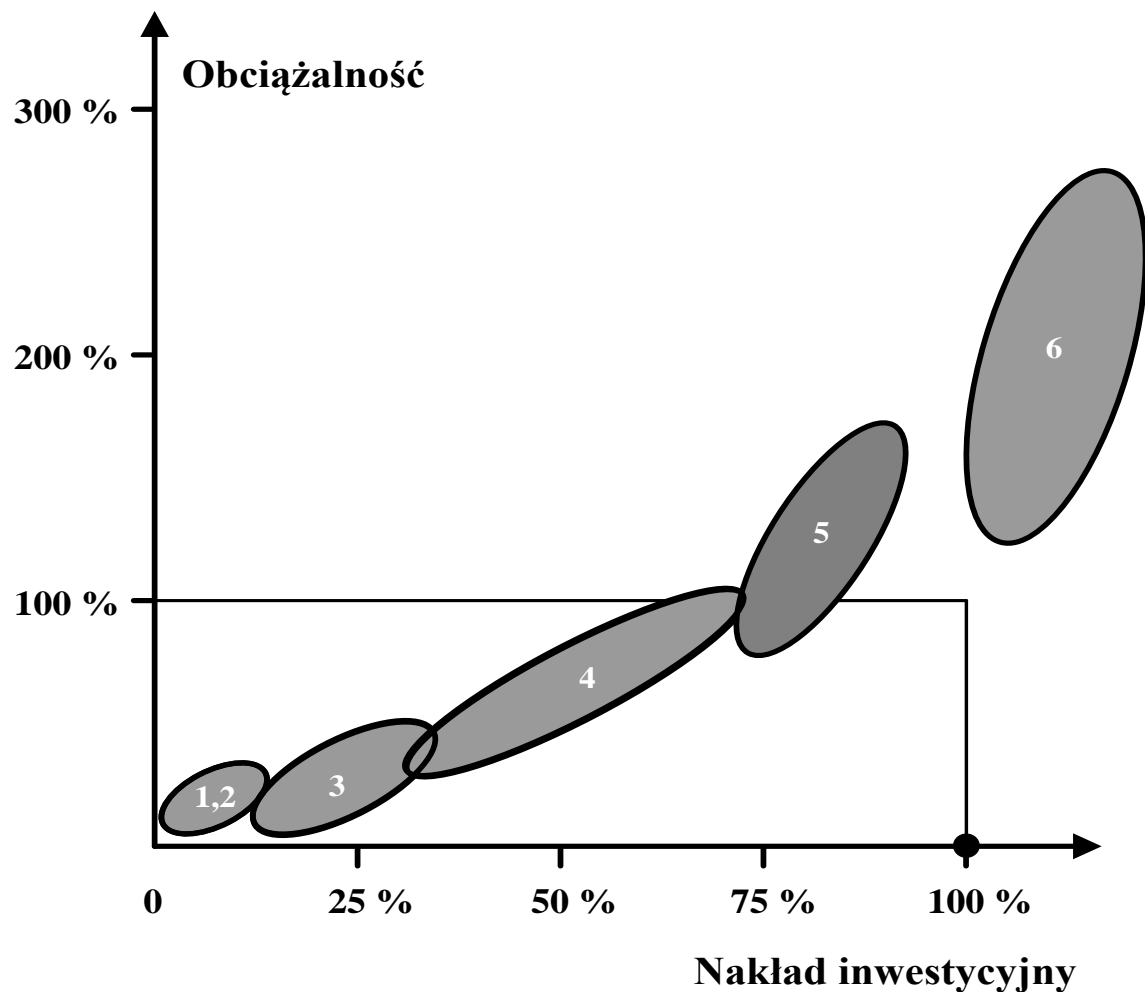
Zadania w Planie Rozwoju Sieci Przesyłowej

III	Budowa, rozbudowa i modernizacja stacji i linii elektroenergetycznych do realizacji po roku 2022		
III.1	Budowa linii 400 kV Dunowo-Żydowo Kierzkowo	2023	2027
III.2	Budowa linii 400 kV Piła Krzewina-Żydowo Kierzkowo	2023	2027
III.3	Modernizacja linii 220 kV Joachimów-Rogowiec 2	2024	2024
III.4	Modernizacja linii 220 kV Joachimów-Łośnice	2023	2023
III.5	Modernizacja linii 400 kV Gdańsk Blonia-Olsztyn Mątki w celu dostosowania do zwiększonych przesyłów mocy	2023	2026
III.6	Przełączenie linii 220 kV Piła Krzewina-Bydgoszcz Zachód-Jasiniec na napięcie 400 kV wraz z dostosowaniem stacji Piła Krzewina i stacji Bydgoszcz Zachód do pracy na napięciu 400 kV	2026	2027
III.7	Modernizacja linii 220 kV Wielopole-Moszczenica	2023	2023
III.8	Modernizacja linii 400 kV Żarnowiec-Gdańsk/Gdańsk Przyjaźń-Gdańsk Blonia w celu dostosowania do zwiększonych przesyłów mocy	2026	2027
III.9	Rozbudowa stacji 400/220/110 kV Dunowo w związku z wprowadzeniem toru nr 1 linii 400 kV Dunowo-Żydowo Kierzkowo oraz instalacją urządzeń do kompensacji mocy biernej	2026	2027
III.10	Rozbudowa i modernizacja stacji Piła Krzewina w związku z wprowadzeniem linii 400 kV, instalacją transformatorów 400/110 kV oraz urządzeń do kompensacji mocy biernej	2025	2027
III.11	Modernizacja linii 220 kV Kielce-Radkowice	2024	2024





Modernizacje linii – możliwe efekty



- 1,2 – monitoring linii, wdrożenie obciążalności dynamicznej;
- 3 – regulacja zwisów i naprężeń;
- 4 – wymiana przewodów (HTLS);
- 5 – podwyższenie napięcia znamionowego;
- 6 – zastosowanie przesyłu DC

$$K_{2\text{tor}} = 60000 + 400 \cdot U_n + 400 \cdot \sqrt[4]{n} \cdot A_{Al}$$

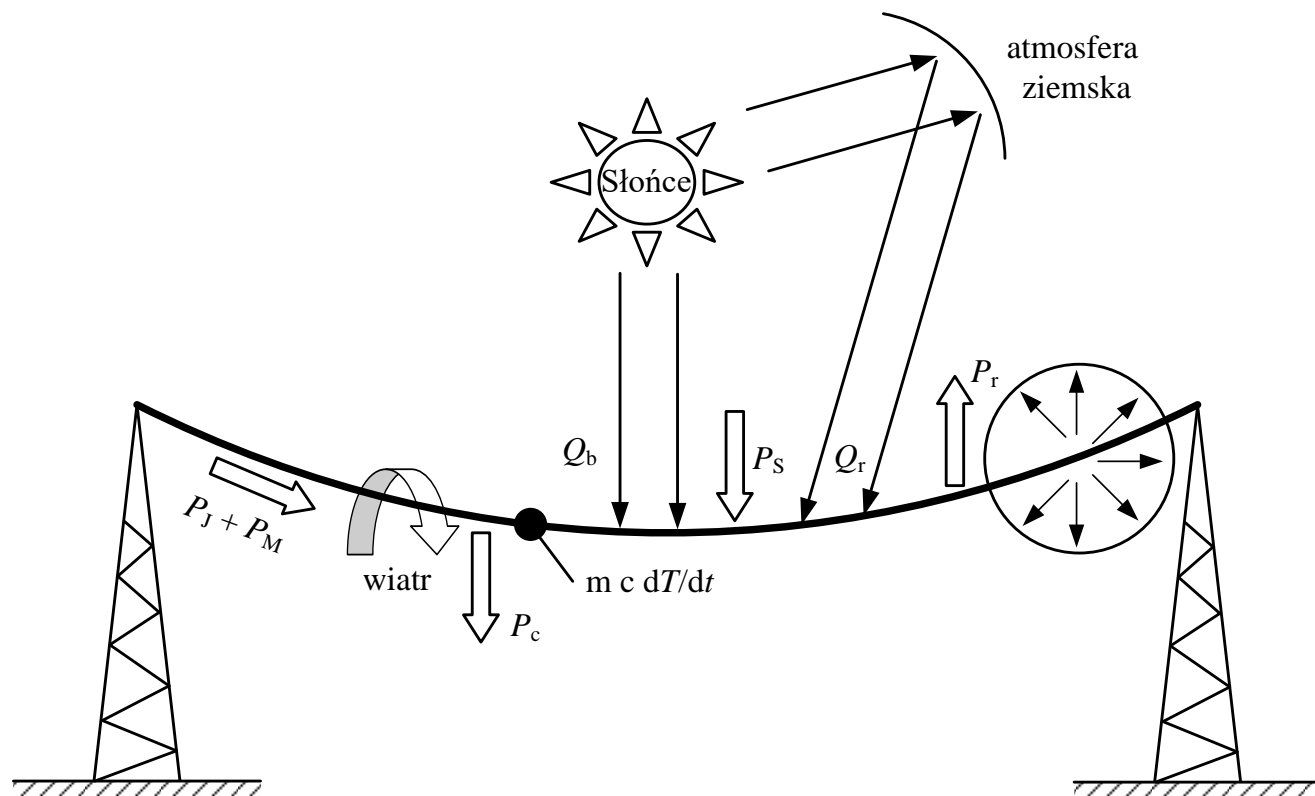
$K_{2\text{tor}}$ – nakład inwestycyjny w EUR/km,
 U_n – napięcie znamionowe linii w kV,
 n – liczba przewodów w wiązce,
 A_{Al} – przekrój poprzeczny aluminium w mm².

Nakład inwestycyjny na budowę linii 400 kV z wiązką trójprzewodową AFL-8 525 mm² wynosi około
720 000 EUR/km (około 3 mln zł)





Wykorzystanie rzeczywistej obciążalności prądowej linii



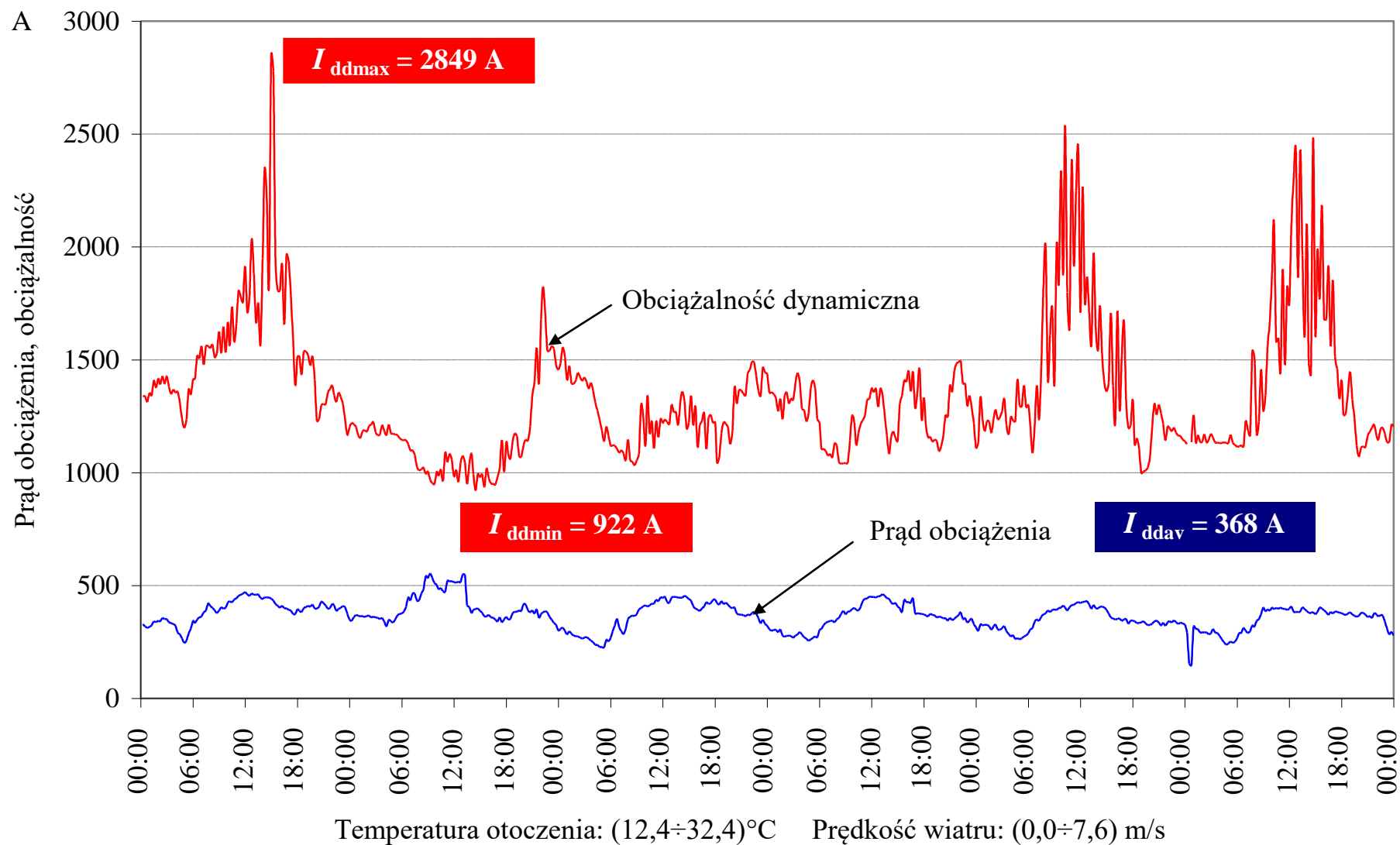
$$I = \sqrt{\frac{P_c + P_r - P_S}{R_{dc20}[1 + \alpha_{20}(T_{gr} - 20)]}}$$

- Obciążalność sezonowa – wyznaczona dla dwóch okresów w roku (lato i zima),
- Obciążalność quasi-dynamiczna – wyznaczona w funkcji jednej lub dwóch zmiennych tworzących model cieplny przewodu,
- Obciążalność dynamiczna





Wykorzystanie obciążalności dynamicznej



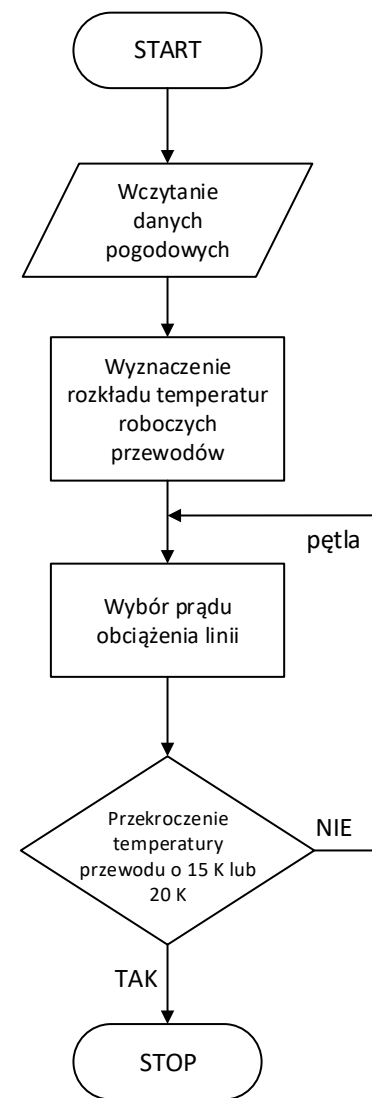


Obciążalność quasi-dynamiczna (w funkcji temperatury T_a i prędkości wiatru v)

■ AFL-8 525 mm²

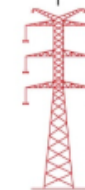
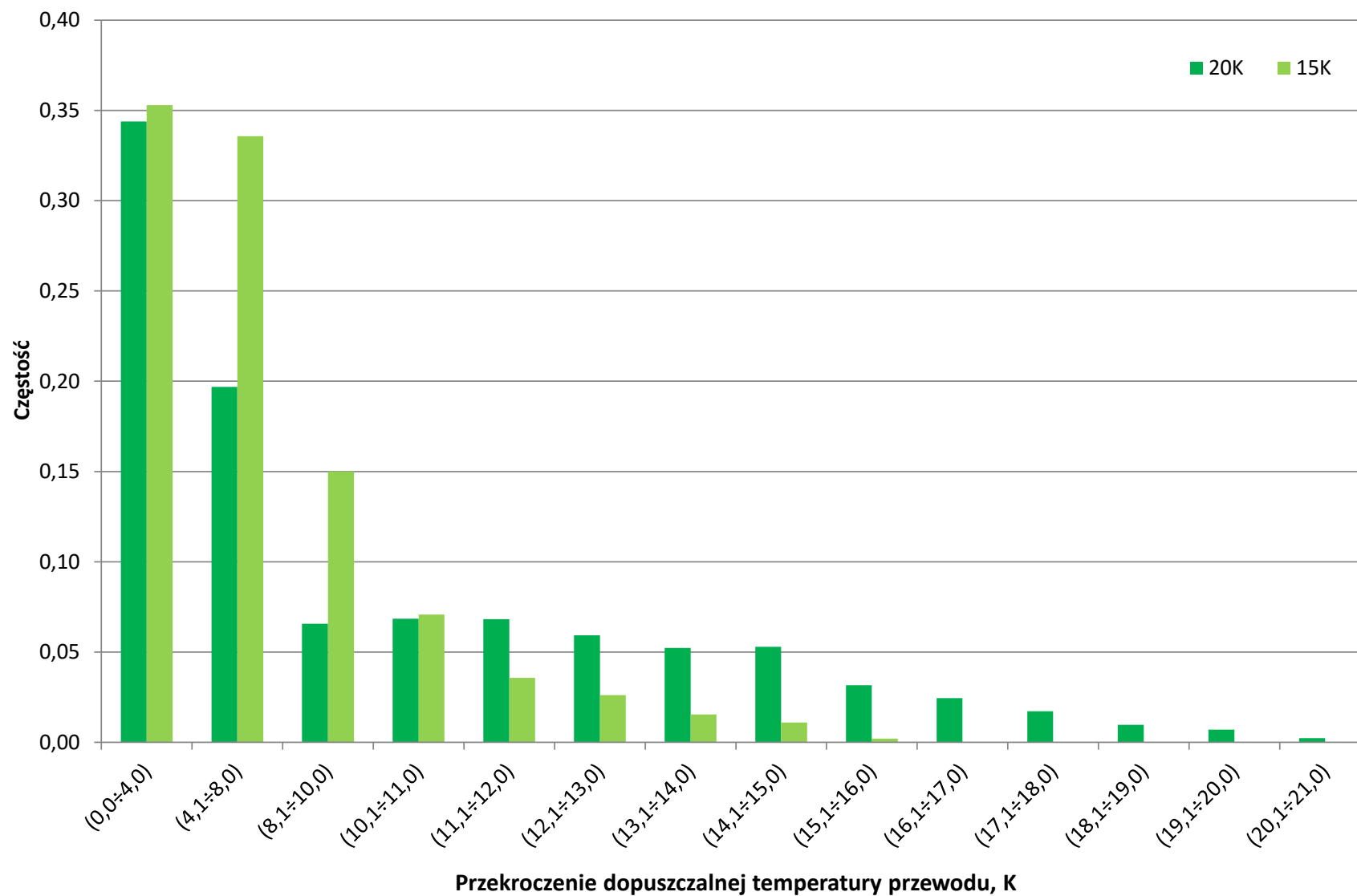
■ $T_{\text{gran}} = 40^\circ\text{C}$

Przedział temperatury otoczenia T_a , °C	Przedział prędkości wiatru v , m/s	10 K	15 K	20 K	25 K
(20,1÷25,0)°C	(0÷1,0) m/s	550 A	625 A	692 A	753 A
	(1,1÷2,0) m/s	654 A	724 A	786 A	843 A
	(2,1÷3,0) m/s	765 A	844 A	914 A	977 A
	(3,1÷4,0) m/s	853 A	947 A	1029 A	1103 A
	(4,1÷5,0) m/s	1003 A	1090 A	1167 A	1237 A
	(5,1÷6,0) m/s	1042 A	1138 A	1223 A	1300 A
	(6,1÷7,0) m/s	1097 A	1204 A	1299 A	1384 A
	(7,1÷8,0) m/s	1209 A	1325 A	1430 A	1523 A
	≥8,1 m/s	1262 A	1376 A	1477 A	1568 A
(25,1÷30,0)°C	(0÷1,0) m/s	469 A	553 A	626 A	692 A
	(1,1÷2,0) m/s	587 A	664 A	731 A	792 A
	(2,1÷3,0) m/s	719 A	802 A	875 A	940 A
	(3,1÷4,0) m/s	785 A	875 A	953 A	1024 A
	(4,1÷5,0) m/s	901 A	1010 A	1105 A	1190 A
	(5,1÷6,0) m/s	970 A	1091 A	1197 A	1291 A
	(6,1÷7,0) m/s	1096 A	1221 A	1331 A	1428 A
	≥7,1 m/s	1154 A	1271 A	1374 A	1467 A
	(0÷2,0) m/s	457 A	541 A	615 A	683 A
≥30,1°C	(2,1÷4,0) m/s	723 A	824 A	910 A	987 A
	≥4,1 m/s	878 A	990 A	1088 A	1175 A



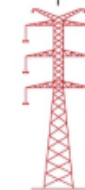
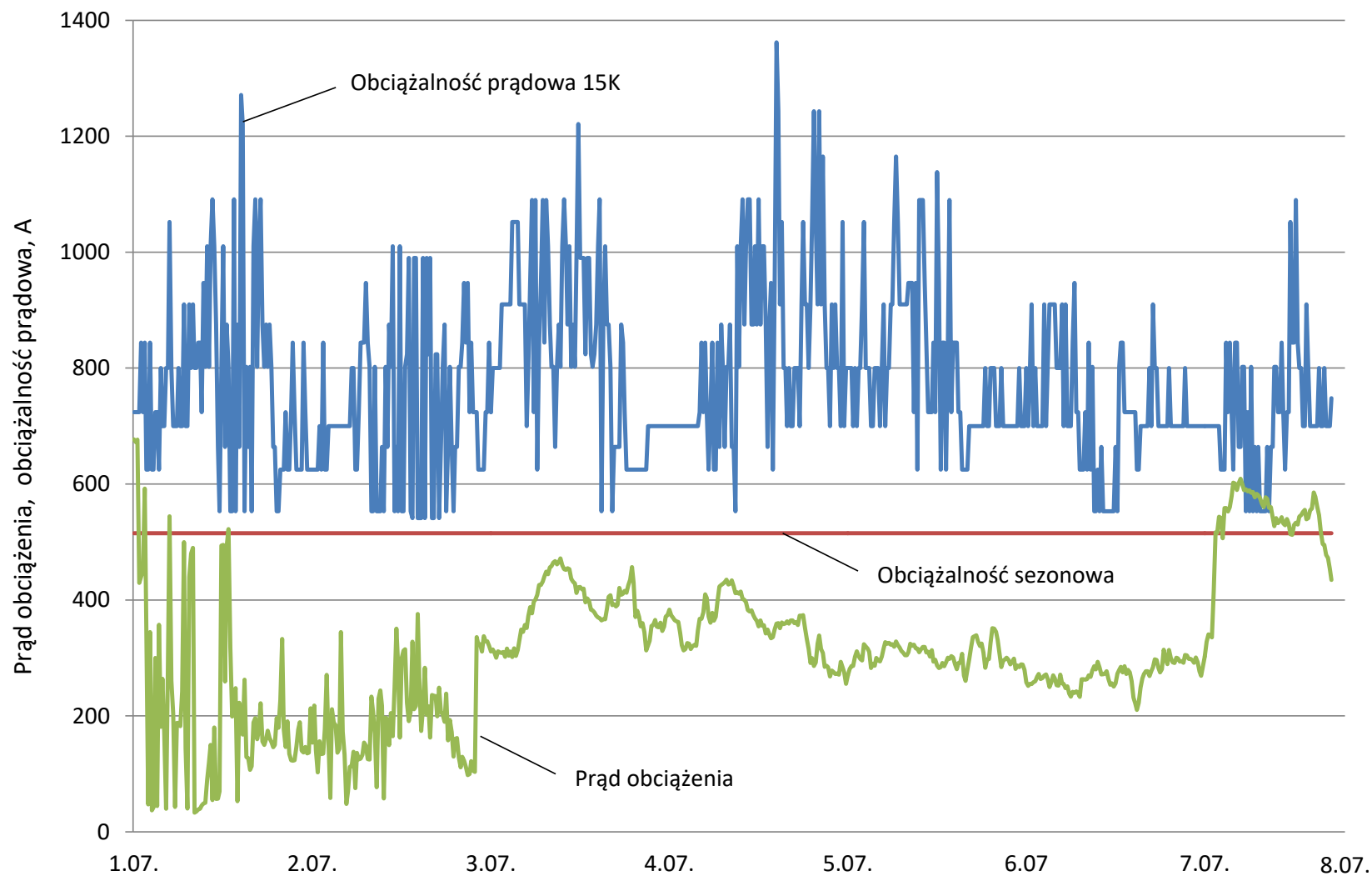


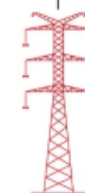
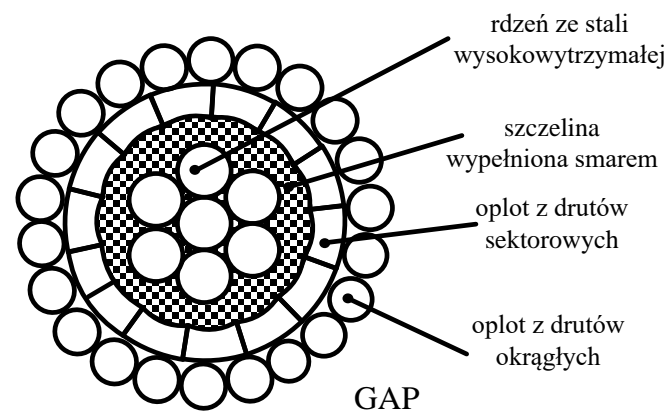
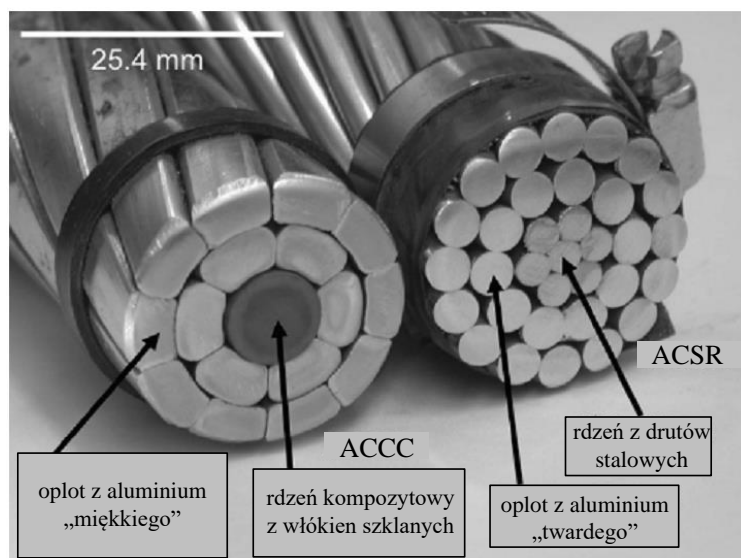
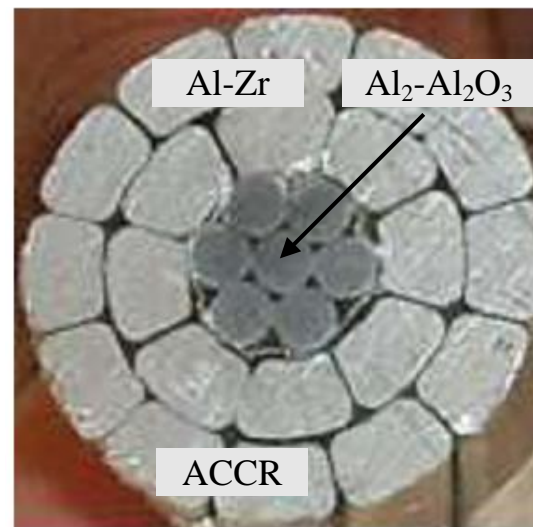
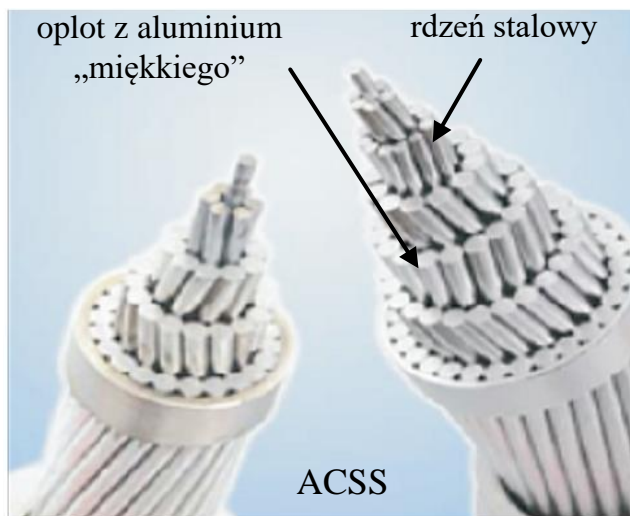
Rozkład przekroczeń temperatury przewodu





Weryfikacja opracowanego modelu w rzeczywistych warunkach pogodowych







Podsumowanie i wnioski





Podsumowanie i wnioski

- Intensyfikacja wykorzystania istniejącej infrastruktury w sieci przesyłowej i rozdzielczej jest ważnym zadaniem na polskim rynku energii. Duża przepustowość sieci jest wymagana szczególnie w dobie rosnącego poziomu mocy zainstalowanej w źródłach odnawialnych oraz w stanach awaryjnych ($N-1$). Duża obciążalność linii napowietrznych pozwala również bardziej efektywnie wykorzystać zdolności regulacyjne przesuwników fazowych, zainstalowanych na liniach wymiany transgranicznej.
- Maksymalizacja przepustowości istniejących linii napowietrznych pozwoli na pełniejsze wykorzystanie ich zdolności przesyłowych i odłoży w czasie budowę nowych linii, co przy obowiązujących uwarunkowaniach formalno-prawnych jest czasochłonną inwestycją.
- Znaczne podwyższenie dopuszczalnego prądu obciążenia linii uzyskuje się po wdrożeniu obciążalności quasi-dynamicznej w funkcji temperatury otoczenia. Rozbudowa istniejącego modelu o pomiar prędkości wiatru i uwzględnienie tej wielkości w wyznaczaniu obciążalności prądowej linii pozwala na przesłanie daną linią około 30% więcej energii w okresie letnim.
- Kilkukrotne zwiększenie obciążalności prądowej linii jest możliwe po zastosowaniu przewodów o małym zwisie, które z powodzeniem mogą być stosowane w polskich liniach napowietrznych 220 kV dostosowanych do temperatury granicznej roboczej równej 40°C.





PSE Innowacje sp. z o.o.

Paweł Kubek | pawel.kubek@pse.pl | 691 831 002 | CK Badania i Rozwój

