

Rozwój kabli wysokiego napięcia w kontekście potrzeb rynku elektroenergetycznego i najnowszych wymagań standardów IEC

KABEL
2024

XXIX KONFERENCJA SZKOLENIOWO-TECHNICZNA
ELEKTROENERGETYCZNE SIECI KABLOWE I NAPOWIETRZNE

12-15 marca 2024

Lidzbark Warmiński

Hotel Krasicki****

Maciej Ochocki

TELE-FONIKA Kable S.A., Zakład Bydgoszcz

Rozwój kabli WN w kontekście potrzeb rynku elektroenergetycznego i wymagań standardów IEC

XXIX Konferencja Szkoleniowo-Techniczna KABEL 2024

Maciej Ochocki – Technolog ds. Systemów WN

Brighter Future
in Energy

TK.group



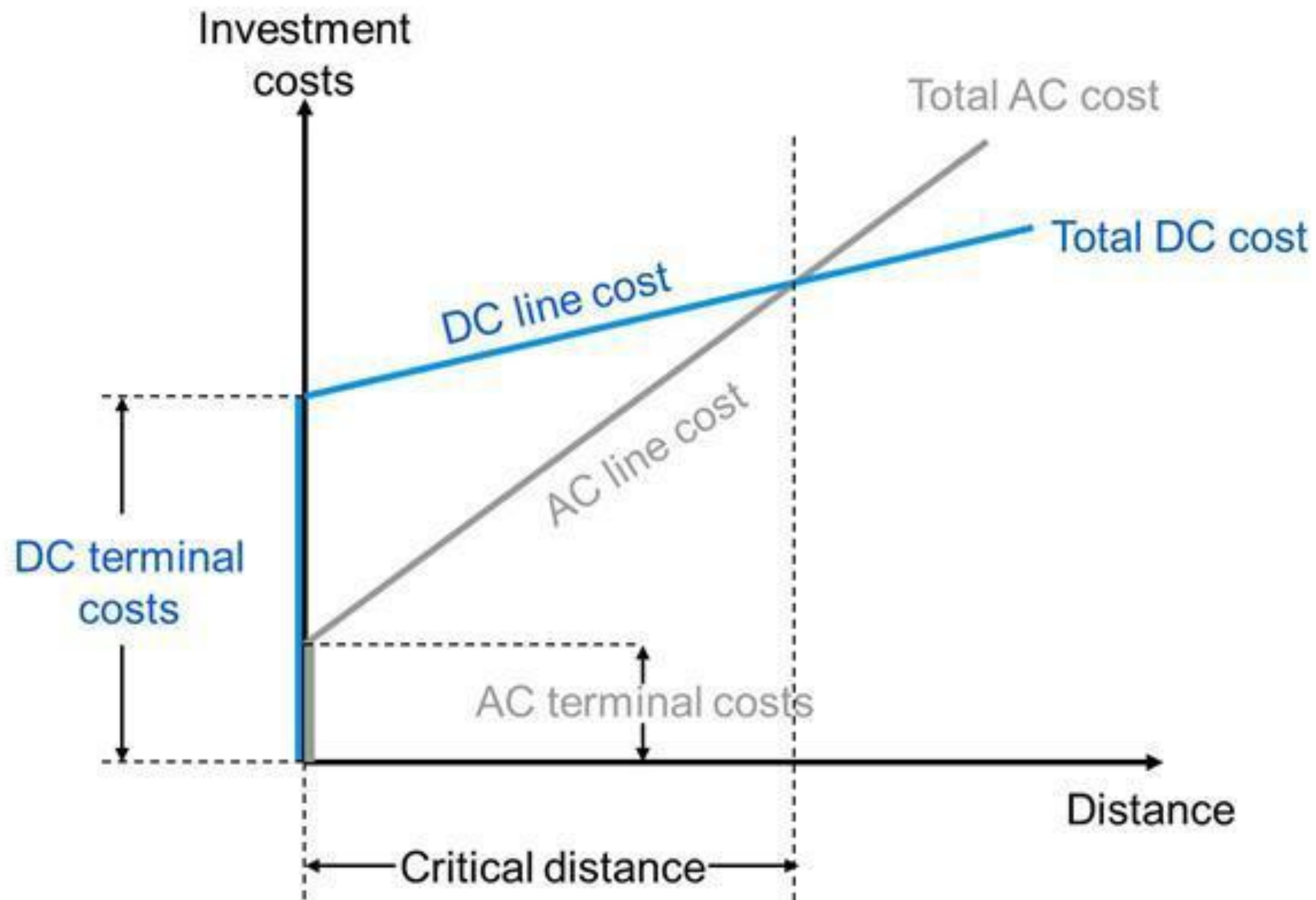
Zagadnienia

- 1 Kable i systemy HVDC
- 2 Żyły robocze wg normy IEC 60228
- 3 Nowy materiał LSHF - ST₁₂
- 4 Ekrany z taśm metalicznych – powłoka SWAS
- 5 Kable do zastosowań w morskich farmach wiatrowych

Zalety technologii HVDC

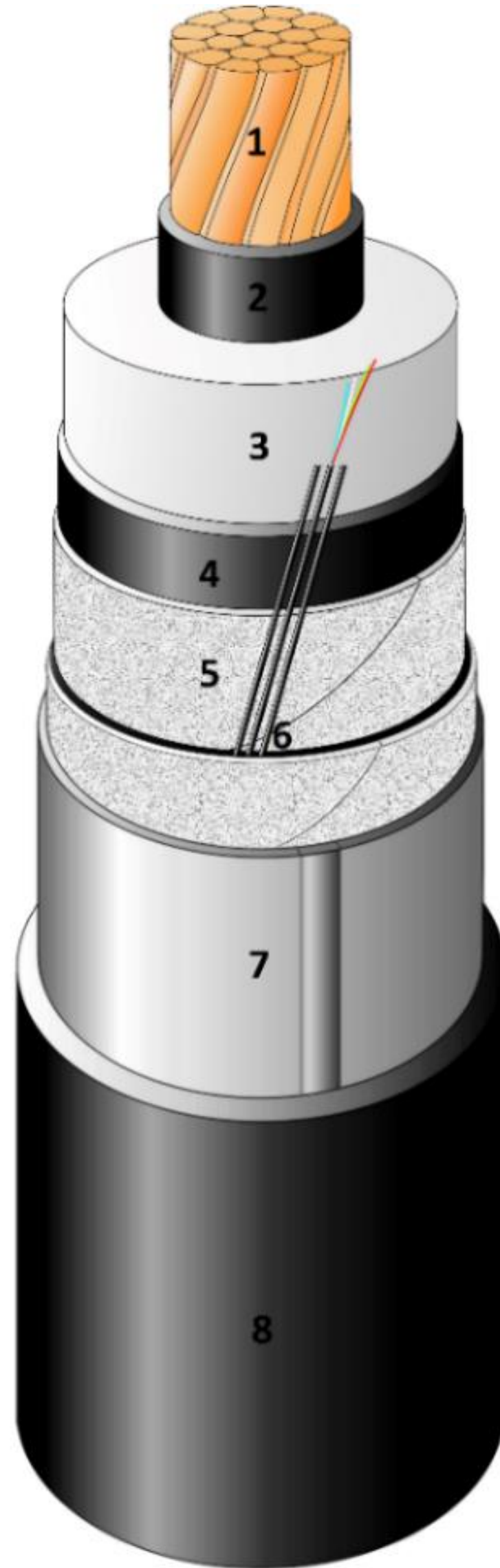
- Mniejsze straty przesyłu
- Brak ograniczenia długości linii (nie generuje mocy biernej)
- Mniejsza liczba kabli
- Dwukierunkowy przesył energii
- Pełna kontrola przesyłu
- Szybkie ograniczanie prądów zwarciovych
- Połączenie różnych systemów bez względu na poziom U i f
- Separacja między połączonymi systemami

Technologia HVDC – rachunek ekonomiczny



Materiały izolacyjne w kablach ŚN i WN

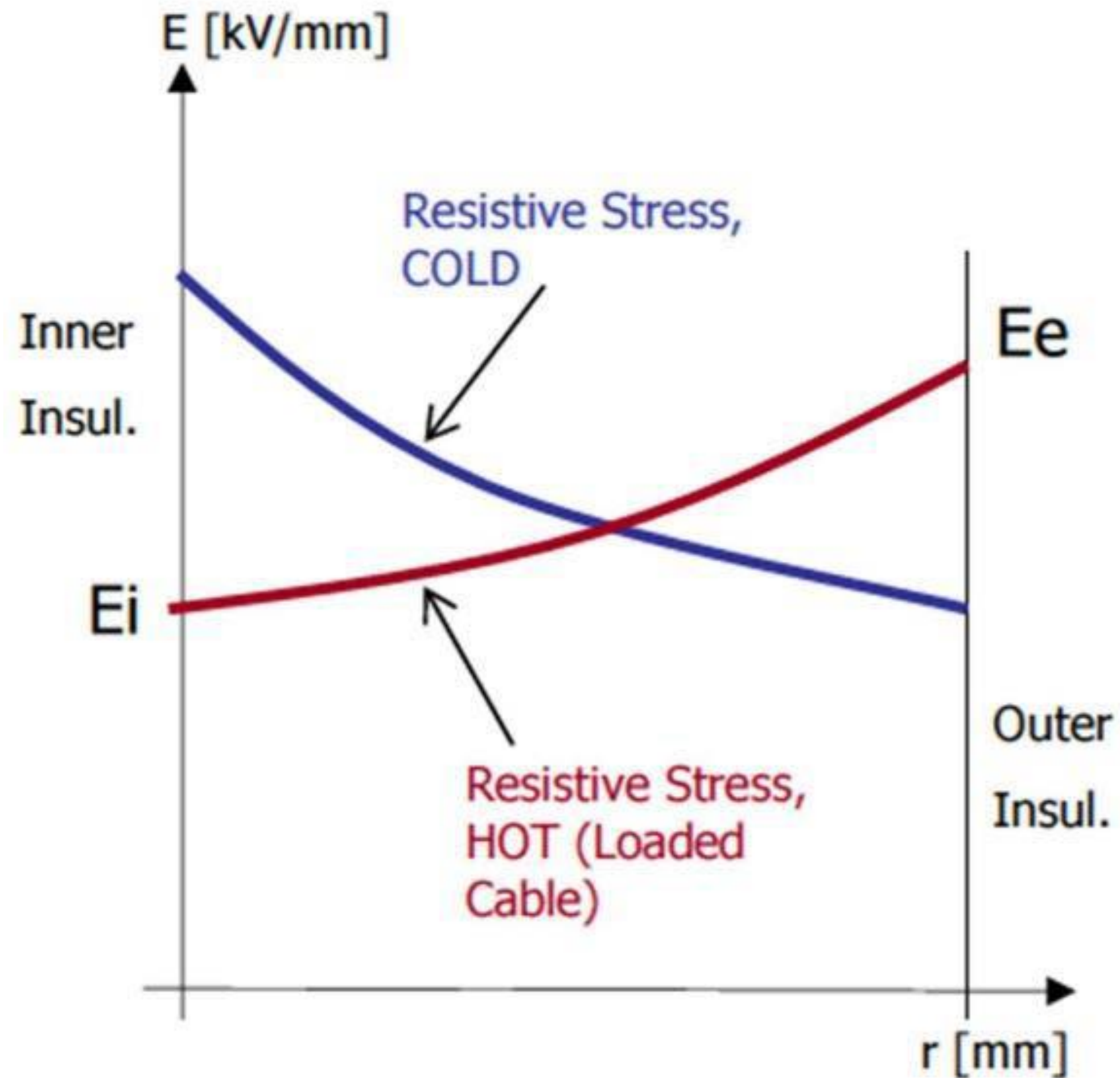
	XLPE	HEPR	HPTE
TEMPERATURA PRACY	do 90°C	do 105°C	do 110°C
TEMPERATURA PRACY AWARYJNEJ	105°C	130°C	130°C
WYTRZYMAŁOŚĆ DIELEKTRYCZNA	DOSKONAŁA	DOBRA	DOSKONAŁA
WYTRZYMAŁOŚĆ ELEKTRYCZNA	BARDZO DOBRA	DOBRA	DOSKONAŁA
ŁATWOŚĆ UKŁADANIA	DOBRA	DOSKONAŁA	DOSKONAŁA



German Corridor

1. ŻYŁA ROBOCZA – miedź 3000mm²
2. EKTRAN PÓŁPRZEWODZĄCY NA ŻYLE
3. IZOLACJA – HPTE
4. EKTRAN PÓŁPRZEWODZĄCY NA IZOLACJI
5. USZCZELNIENIE WZDŁUŻNE - taśmy półprzewodzące puchnące
6. TUBY ŚWIATŁOWODOWE – 4 sztuki, każda po 1 włóknie wielomodowym i 1 jednomodowym
7. POWŁOKA METALOWA / USZCZELNIENIE PROMIENIOWE - SWAS
- powłoka z gładkiego aluminium spawanego
8. POWŁOKA ZEWNĘTRZNA – HDPE + SCPE - powłoka z polietylenu dużej gęstości plus warstwa wytłaczanego polietylenu półprzewodzącego

Kable i systemy HVDC – rozkład pola elektrycznego



- Naprężenia elektryczne zależne od obciążenia i temperatury dla DC
- Naprężenia elektryczne zależne od przenikalności elektrycznej dla AC
- Inwersja obciążenia

Harmony Link

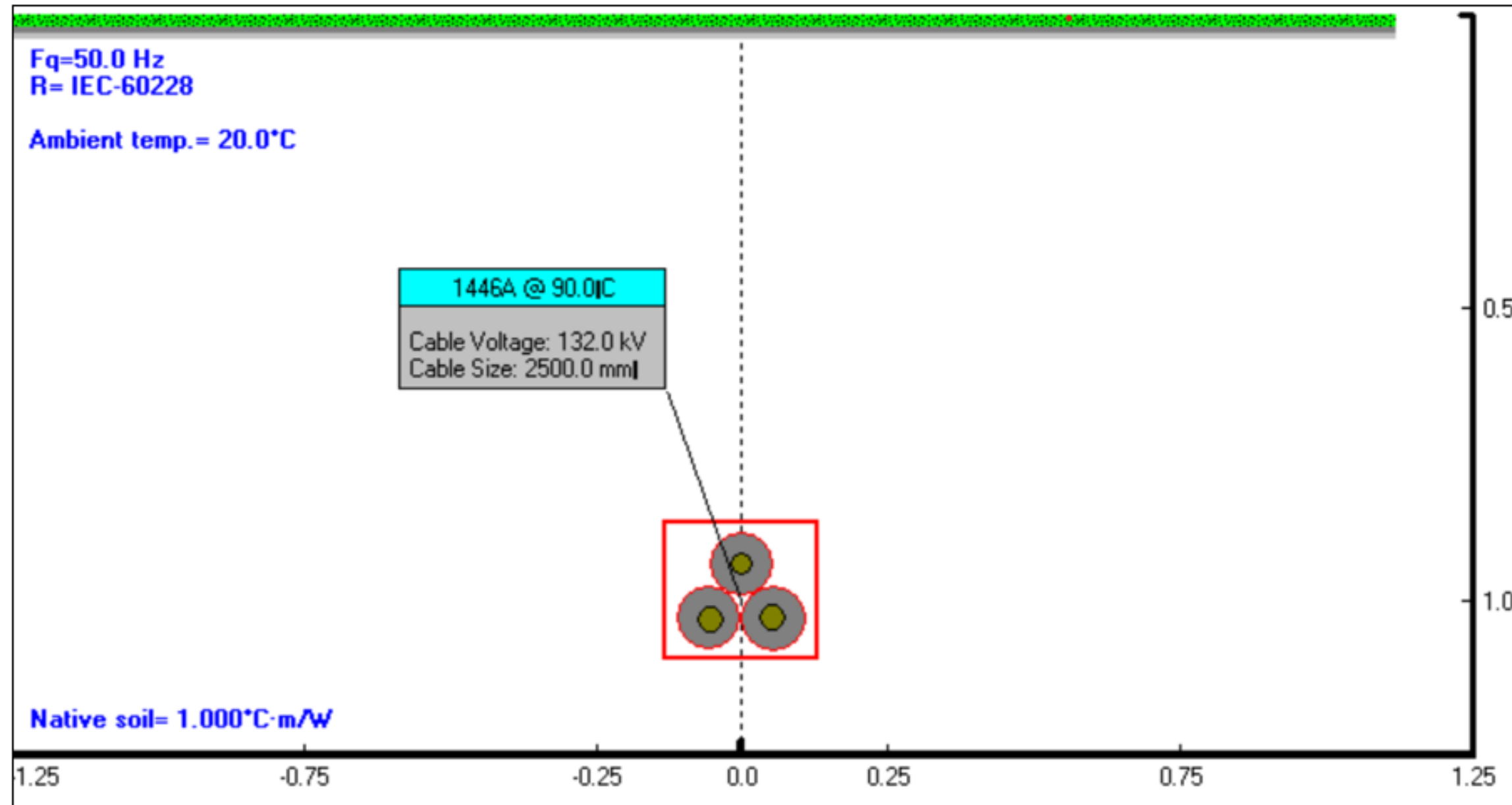


IEC 60228 w wersji z 2023 r.

- Wprowadzenie opisu żyły Milliken
- Dodanie przekrojów żył roboczych powyżej 2500mm²
- Nowa rezystancja żyły roboczej aluminiowej 2500mm²

	IEC 60228:2004	IEC 60228:2023
Przekrój nominalny [mm ²]	Rezystancja jednostkowa [Ω/km]	
2000 Al	0,0149	0,0149
2500 Al	0,0127	0,0119
3000 Al (niepreferowany)	brak	0,0099
3200 Al	brak	0,0093
3500 Al (niepreferowany)	brak	0,0085
2000 Cu	0,0090	0,0090
2500 Cu	0,0072	0,0072
3000 Cu (niepreferowany)	brak	0,0060
3200 Cu	brak	0,0056
3500 Cu (niepreferowany)	brak	0,0051

Żyły robocze wg IEC 60228 – przykład obliczeniowy



	IEC 60228:2004	IEC 60228:2023	
	[Ω/km]		Różnica
Rezystancja DC 20°C	0,0127	0,0119	~ 6%
Rezystancja AC 90°C	0,0167	0,0157	~ 6%
	[A]		
Obciążalność trójką uziemienie jednostronne	1446	1493	~ 3%

LSHF ST₁₂ – nowy materiał Low Smoke Halogen Free

- Lokalizacja - budynki (tunele / stacje offshore & onshore)
- Zdolność do nierozprzestrzeniania płomienia
- Specjalne własności bezhalogenowe
- Niska emisja dymów

Designation of compound (see 4.4)	Unit	ST ₁	ST ₂	ST ₁₂	
Tests on ST₁₂ (LSHF) oversheath material					
pH value and conductivity tests (12.5.14.2.1) (IEC 60754-2)	pH	–	–	≥ 4,3	
	Conductivity	μS/mm	–	≤ 10	
<i>Halogen content of gases (12.5.14.2.2) (IEC 60754-3)</i>					
Value for each of the 4 individual halogens (F, Cl, Br, I)	H _i	mg/g	–	≤ 2	
Sum of values for the 4 individual halogens (F, Cl, Br, I)	ΣH _i	mg/g	–	≤ 5	
Tests for cable					
<i>Vertical flame propagation test for single cable (12.5.14.3.1) (IEC 60332-1-2)</i>					
Distance between the lower edge of the top support and the onset of charring	mm	> 50	> 50	> 50	
Lower extent of charring below the lower edge of the top support	mm	≤ 540	≤ 540	≤ 540	
<i>Test for vertical flame spread of vertically-mounted cables (12.5.14.3.2) (IEC 60332-3-24)</i>					
Upper limit of char above bottom edge of burner	m	–	–	≤ 2,5	
<i>Smoke density test of cables (12.5.14.3.3) (IEC 61034-2)</i>					
Normalized transmittance	(I _t /I ₀) _{norm}	%	–	≥ 60	
<i>pH value and conductivity tests (12.5.14.3.4) (IEC 60754-2)</i>					
Weighted value for the non-metallic materials in the cable	pH	–	–	≥ 4,3	
	Conductivity	μS/mm	–	≤ 10	
<i>Halogen content of gases evolved during combustion (12.5.14.3.5) (IEC 60754-3)</i>					
Weighted values for non-metallic materials in the cable	Value for each of the 4 individual halogens (F, Cl, Br, I)	H _i	mg/g	–	≤ 2
	Sum of the values for the 4 individual halogens (F, Cl, Br, I)	ΣH _i	mg/g	–	≤ 5

MATERIAŁ

- Oznaczenie kwasowości i konduktywności
- Badanie zawartości halogenków

KABEL

- Badanie odporności pojedynczego kabla na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia
- Badanie odporności na rozprzestrzenianie się płomienia wzdłuż pionowo zamontowanych wiązek kabli
- Badanie gęstości dymów wydzielanych przez palące się kable
- Oznaczenie kwasowości i konduktywności materiałów niemetalicznych
- Badanie zawartości halogenków w materiałach niemetalicznych

Typy ekranów z powłoką metaliczną wg IEC 60840



COMBINED DESIGN



SEPARATE DESIGN



SEPARATE SEMI-CONDUCTIVE DESIGN

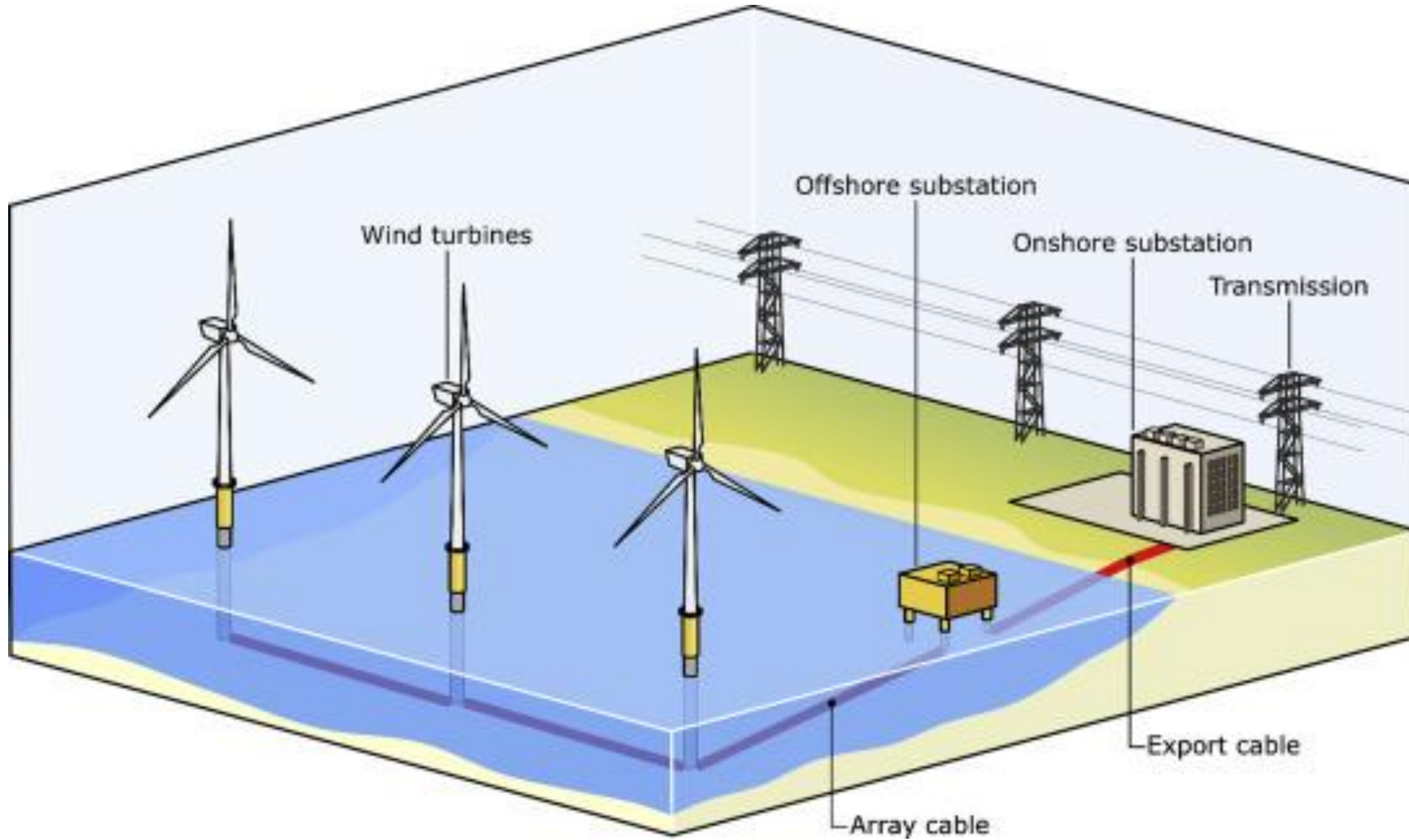
Typy ekranów metalicznych - porównanie

	Zalety	Wady
Druty Cu + folia Al	Dobra przewodność drutów Cu Możliwość wykonania długich odcinków Duże doświadczenie rynkowe Dobre własności środowiskowe	Większa elastyczność Wysokie koszty materiałowe Słabsza bariera promieniowa
Powłoka SWAS	Niski koszt materiałów i produkcji Proces tandemowy Niska waga kabla Mniejsza średnica kabla Dłuższe odcinki - mniej połączeń kablowych	Wymagające badania (TB 446) Duże promienie gięcia Spaw na powierzchni Mały zakres średnic Trudna dostępność narzędzi
Powłoka Pb	Duża odporność na korozję Ciągły proces wytłaczania – bez spawów	Ciężka konstrukcja Słaba przewodność Negatywny dla środowiska Duże koszty produkcji

	Druty Cu	Powłoka SWAS	Powłoka Pb
Typy kabli	XRUH(A)KXS A2XS(FL)2Y	(A)2X(F)KL2Y	2X(F)K2Y
Rynki	Polska Reszta Świata	Wielka Brytania	Bliski Wschód
Wytrzymałość zwarciowa [kA/1s]		25	
Maksymalna temperatura zwarcia [°C]	350	250	210
Przekrój [mm ²]	125	230	975
Konfiguracja ekranu [mm]	77 x 1.44	1.0	4.3 (nom.) 4.4 (techn.)
Zawartość materiału w ekranie [t/km]	1,23	0,63	11,41
Cena ekranu [tys. PLN/km] ¹	41,3	5,5	95,1
Średnica kabla [mm]	79	83	85
Waga kabla [t/km]	10,6	10,2	25,7

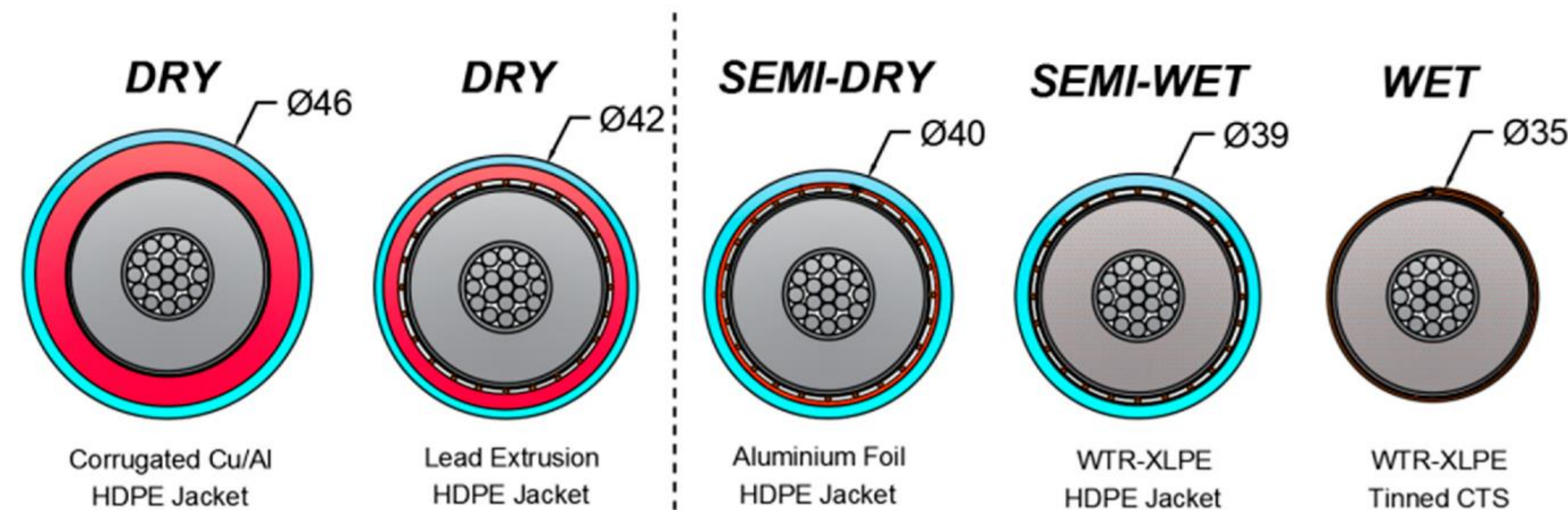
OGÓLNE WŁASNOŚCI

PARAMETRY ZWARCIOWE I KONSTRUKCJA KABLA



Problematyka kwalifikacji kabli *inter array* 132 kV

- Brak jednoznacznego standardu (IEC 63026 < 66kV)
- Podobne wymogi dla badań rutynowych, na próbkach, pomontażowych oraz prekwifikacji (IEC 60840 / TB 490)
- Różnice w badaniach typu w zależności od konstrukcji



	Kable międzyturbinowe		
	800 mm ² 66kV	800 mm ² 132kV	
Grubość izolacji [mm]	9,5	14,5	
Poziom naprężenie [kV/mm]	4,8 / 3,1	7,2 / 4 (?) – w oparciu IEC 60840	
	Eksportowe kable lądowe		
	1600 mm ² 220 kV	1600 mm ² 275 kV	1600 mm ² 400kV
Grubość izolacji [mm]	21	24	27
Poziom naprężenie [kV/mm]	8,2 / 4,6	10,2 / 5,4 (?)	11,9 / 5,9

Rozwój systemów kablowych WN – czynniki wzrostowe

- Rosnące moce przesyłowe i zwarciowe, wymagania mechaniczne oraz własności palności
- Duży wkład farm wiatrowych
- Dostosowywanie standardów IEC i CIGRE do bieżących potrzeb

=

DUŻY UDZIAŁ OMÓWIONYCH ROZWIĄZAŃ W RYNKU

Dziękuję za uwagę



Maciej Ochocki

Technolog ds. Systemów WN
maciej.ochocki@tfkable.com
tel. +48 665 811 942

Dział Technologii i Rozwoju
Tele-Fonika Kable SA - Zakład Bydgoszcz

KABEL

2024

XXIX KONFERENCJA SZKOLENIOWO-TECHNICZNA
ELEKTROENERGETYCZNE SIECI KABLOWE I NAPOWIETRZNE

12-15 marca 2024

Lidzbark Warmiński

Hotel Krasicki****