

Obciążalność prądowa kabli HV ułożonych w ziemi  
w oparciu o normę IEC6087 program CymCap 8.2

**KABEL**  
2024

**XXIX KONFERENCJA** SZKOLENIOWO-TECHNICZNA  
ELEKTROENERGETYCZNE SIECI KABLOWE I NAPOWIETRZNE

12-15 marca 2024

Lidzbark Warmiński

Hotel Krasicki\*\*\*\*

Przemysław Krawczykowski

TELE-FONIKA Kable S.A., Zakład Bydgoszcz



*Obciążalność prądowa kabli HV ułożonych  
w ziemi w oparciu o normę IEC 60287  
oraz program CymCap 8.2*

**XXIX Konferencja Szkoleniowo-Techniczna  
KABEL 2024  
Przemysław Krawczykowski –  
Technolog ds. Systemów WN**





---

# Zagadnienia

---

- 1 Wstęp
- 2 Norma IEC 60287
- 3 Wpływ budowy żyły roboczej na obciążalność prądową
- 4 Termiczny model kabla
- 5 Obciążalność prądowa a uziemienie ekranu metalicznego
- 6 Przykłady obliczeń w programie CymCap

## Wstęp

---

- ❖ Niejednokrotnie projektanci branży elektroenergetycznej mają za zadanie dobór kabla, tak aby spełniał określone wymagania projektowe oraz był optymalny pod względem ekonomicznym.
- ❖ Aby tego dokonać, należy zebrać informacje o wymaganej mocy przesyłowej, mocy zwarciowej, przewidywanych warunkach środowiskowych oraz przebiegu trasy. Po zebraniu tych informacji można przystąpić do obliczeń związanych z doбором kabla.
- ❖ W prezentacji przedstawiono kluczowe składowe wpływające na obciążalność prądową. Prawidłowa interpretacja oddziaływania poszczególnych czynników pomaga w lepszym zrozumieniu zjawisk, a w ostateczności we właściwym doborze kabla.
- ❖ Omówiono również kilka najczęściej spotykanych przypadków ułożenia kabli, tak aby przedstawić wyniki w zróżnicowanych warunkach.
- ❖ Często spotykane jest błędne interpretowanie / przewidywanie obciążalności prądowej kabli HV. Nierzadko też dostarczana jest zbyt mała ilość informacji, aby przeprowadzić poprawne obliczenia.
- ❖ Powszechnie używane są współczynniki przeliczeniowe zaczerpnięte z katalogów, lecz mają one tylko charakter poglądowy.
- ❖ Aby uzyskać najdokładniejszy wynik, należy podejść do każdego przypadku indywidualnie.
- ❖ Dla trudniejszych przypadków (krzyżowanie, dodatkowe źródła ciepła, inny współczynnik obciążenia, zdefiniowany profil obciążenia) nie jest możliwe zastosowanie wyżej wymienionych współczynników ze względu na obecność zbyt dużej liczby zmiennych.

## Norma IEC 60287

- ❖ Aby określić maksymalny dopuszczalny prąd długotrwały dla danego kabla należy posłużyć się normą IEC 60287.
- ❖ Żeby poprawnie zinterpretować normę IEC 60287, należy zaznajomić się również z normą IEC 60228, która mówi o budowie i parametrach żył roboczych. Z normy tej wyciąga się wartość rezystancji DC danej żyły robocze.
- ❖ W 2023 roku w życie została wprowadzona nowa wersja normy IEC 60287, która wprowadza kilka zmian m.in. zasady obliczania współczynnika  $T_4$ .
- ❖ W dalszych slajdach przybliżone zostaną wybrane parametry oraz ich wpływ na wynik końcowy. Spośród wszystkich strat, straty dielektryczne (powiązane z poziomem napięcia i grubością izolacji) są najmniej dotkliwe, więc nie poświęcono im uwagi.
- ❖ Ogólny wzór do obliczania obciążalności prądowej wygląda następująco:

$$I = \left[ \frac{\Delta\theta - W_d [0,5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{R_C T_1 + nR_C (1 + \lambda_1) T_2 + nR_C (1 + \lambda_1 + \lambda_2) (T_3 + T_4)} \right]^{0,5}$$

gdzie:

$I$  – dopuszczalny długotrwały prąd żyły roboczej [A]

$\Delta\theta$  – różnica temperatur między żyłą roboczą, a otoczeniem kabla [K]

$R_C$  – rezystancja AC żyły roboczej przy maksymalnej temperaturze pracy [ $\Omega/m$ ]

$W_d$  – straty dielektryczne [W/m]

$T_1$  – termiczna rezystancja między żyłą roboczą a ekranem metalicznym [ $K \cdot m/W$ ]

$T_2$  – termiczna rezystancja między ekranem metalicznym a pancerzem [ $K \cdot m/W$ ]

$T_3$  – termiczna rezystancja powłoki zewnętrznej [ $K \cdot m/W$ ]

$T_4$  – termiczna rezystancja między powierzchnią kabla, a zewnętrznym medium [ $K \cdot m/W$ ]

$n$  – liczba żył roboczych w kablu

$\lambda_1$  – współczynnik strat w ekranie metalicznym

$\lambda_2$  – współczynnik strat w pancerzu



## Wpływ budowy żyły roboczej na obciążalność prądową

- ❖ Rezystancja AC żyły roboczej znajduje się w mianowniku. W związku z tym im większa rezystancja żyły roboczej, tym mniejsza maksymalna obciążalność prądowa kabla.
- ❖ Miedź ma lepszą przewodność od aluminium. Można tę różnicę zobaczyć w wartościach rezystancji, ale jeśli chodzi o obciążalność prądową kabli to zagadnienie jest bardziej złożone, ponieważ należy uwzględnić także współczynniki związane z efektem naskórkowości oraz zbliżenia.
- ❖ Żyły robocze powinny być zbudowane w oparciu o normę IEC 60228 czyli m.in. tak, aby ich rezystancja (DC) w 20 °C nie przekraczała tych z normy. Kluczowe jest, aby przeliczyć daną rezystancję na temperaturę pracy żyły roboczej. Wzór pozwalający obliczyć rezystancję (AC) przedstawiono poniżej:

$$R_c = R'(1 + y_s + y_p)$$

gdzie:

$R_c$  – rezystancja AC żyły roboczej przy maksymalnej temperaturze pracy [ $\Omega/m$ ]

$R'$  – rezystancja DC żyły roboczej przy maksymalnej temperaturze pracy [ $\Omega/m$ ]

$y_s$  – współczynnik związany z efektem naskórkowości

$y_p$  – współczynnik związany z efektem zbliżenia

## Wpływ budowy żyły roboczej na obciążalność prądową

- ❖ Zjawisko naskórkowości pojawia się przy prądzie przemiennym i działa ono niekorzystnie. Polega ono na tym, że w jednolitym przewodniku, prąd „chętniej” płynie na obrzeżach tego przewodnika. W konsekwencji tego, w środku przewodnika płynie najmniej prądu. W ten sposób tworzy się niewykorzystany obszar, który mógłby przewodzić prąd.
- ❖ Pod względem elektrycznym można sobie zwizualizować to zjawisko jakoby powiększało ono rezystancję przewodnika.

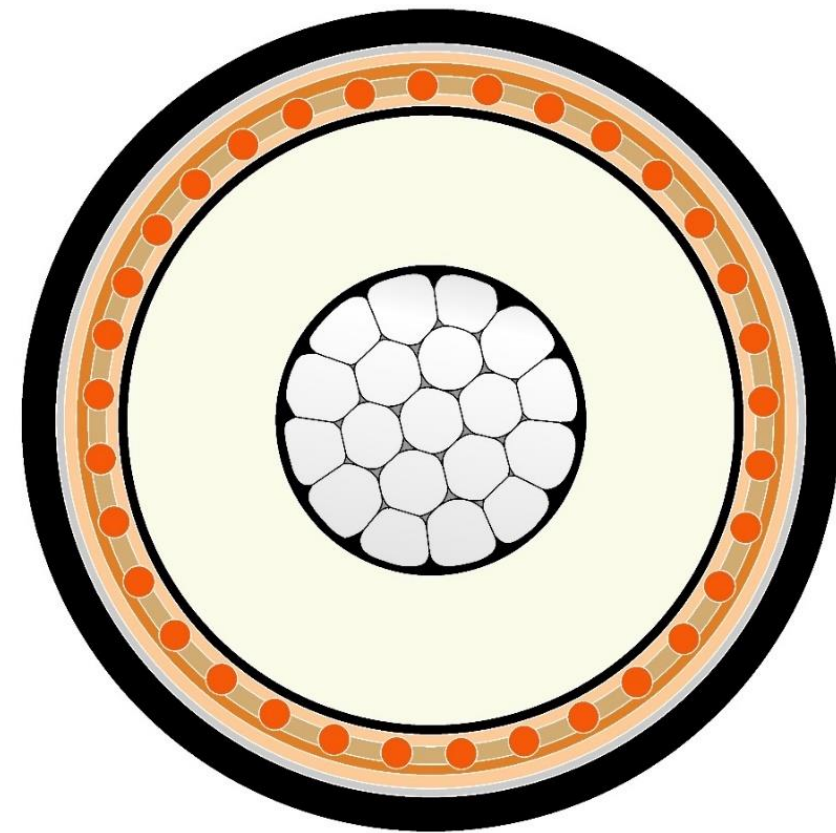


- ❖ Wpływ efektu naskórkowości zależy głównie od częstotliwości pracy kabla oraz od budowy żyły roboczej. Skutkiem tego jest stabelaryzowanie współczynnika  $k_s$  (nie należy mylić z  $\gamma_s$ ) w normie IEC 60287 (tabela 2).
- ❖ W kablach wysokiego napięcia stosuje się 3 rodzaje budowy żyły roboczej zmniejszające wpływ tego efektu, skutkiem czego nie tracimy tak dużo powierzchni czynnej.

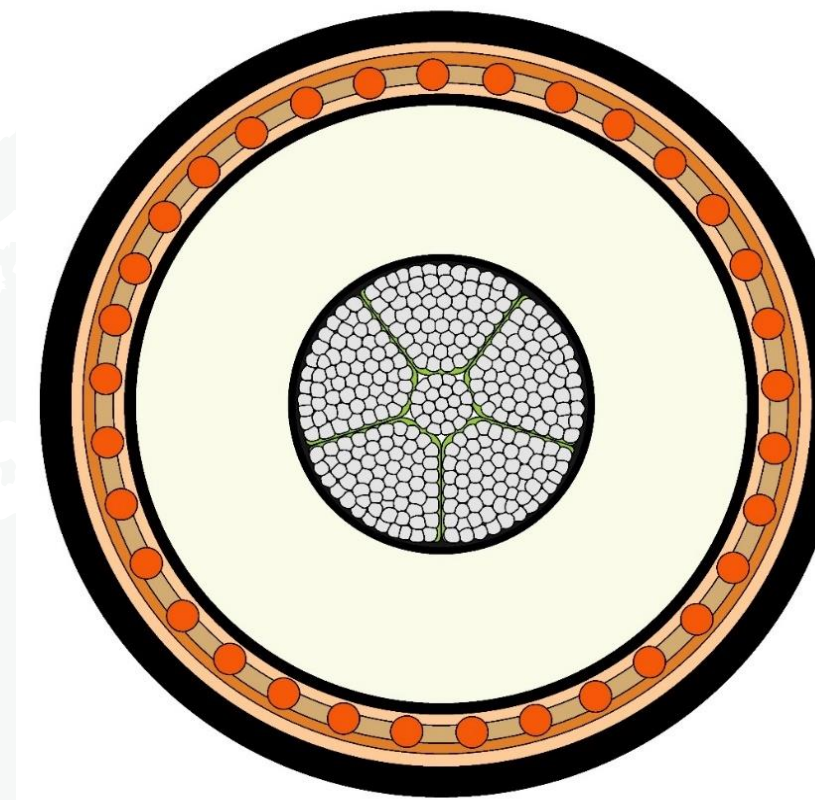


## Wpływ budowy żyły roboczej na obciążalność prądową

- ❖ Zamiast jednolitych przewodników (RE) stosuje się linki / wiele drutów (RM).



- ❖ Dla większych przekrojów stosuje się konstrukcję zbudowaną z odizolowanych od siebie segmentów (RMS / Milliken) .

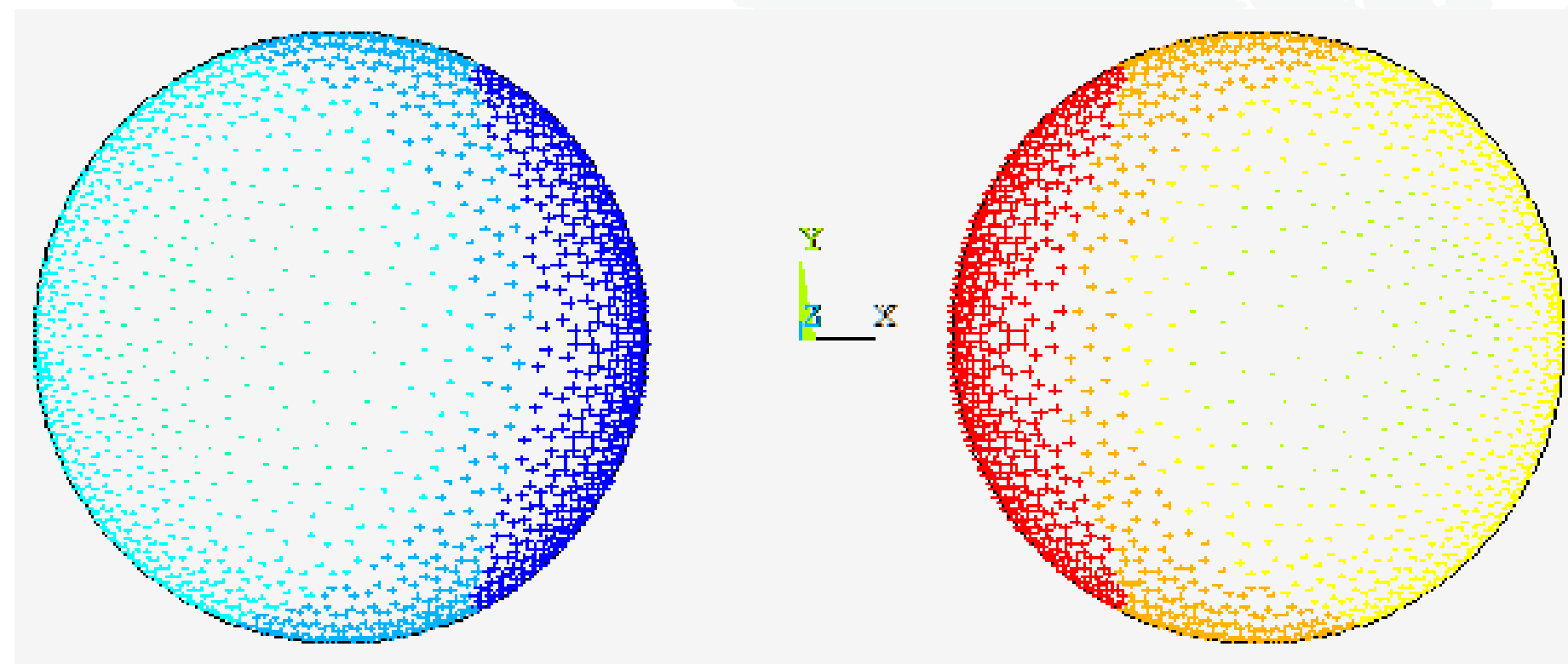


- ❖ Dla największych przekrojów stosuje się metodę polegającą na pokryciu poszczególnych drutów warstwą izolującą.
- ❖ W przypadku drutów miedzianych jest to emalia.
- ❖ W przypadku aluminium stosuje się druty oksydowane.

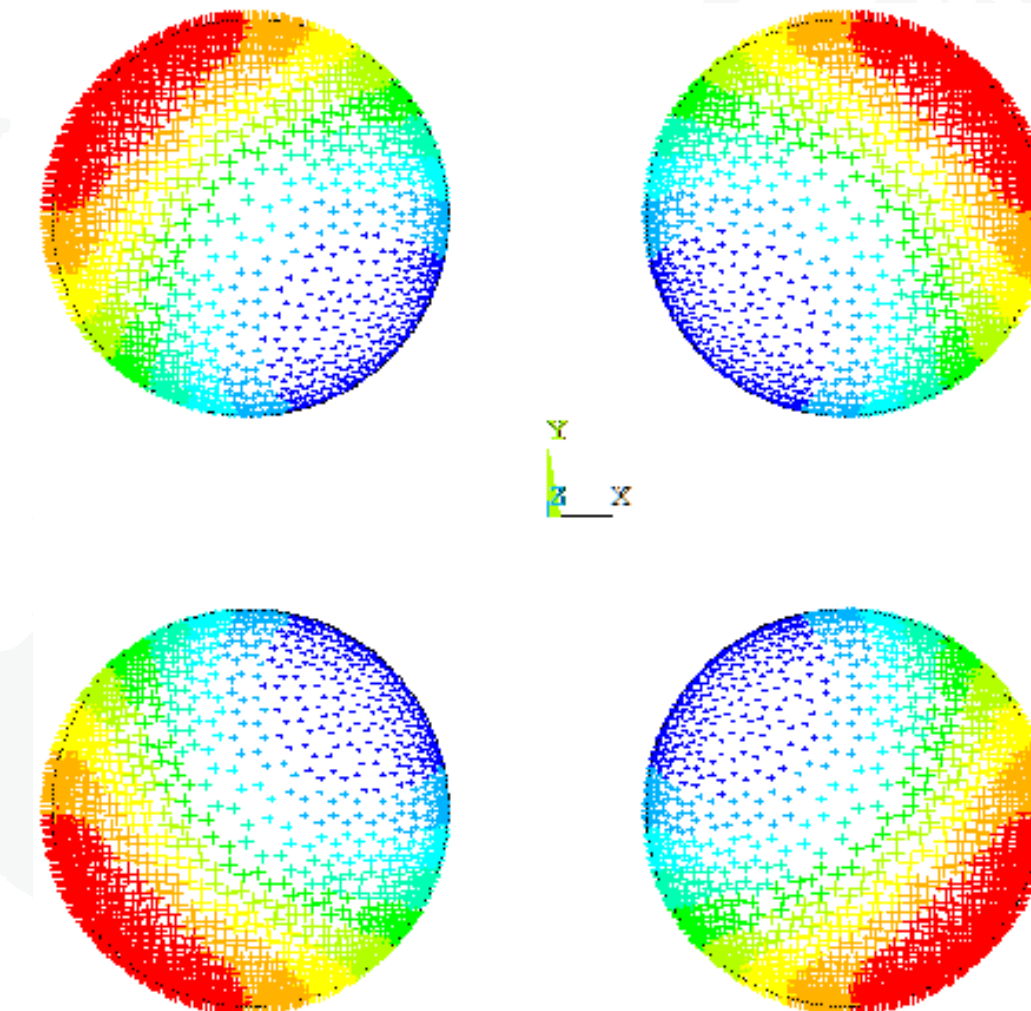


## Wpływ budowy żyły roboczej na obciążalność prądową

- ❖ Drugim z negatywnych efektów związanych z prądem przemiennym jest efekt zbliżenia.
- ❖ Przy obecności dwóch przewodów, przez które płynie prąd przemienny, zmienia się gęstość prądu w poszczególnych częściach przewodnika.



prądy płynące w przeciwnych kierunkach



prądy płynące w zgodnych kierunkach

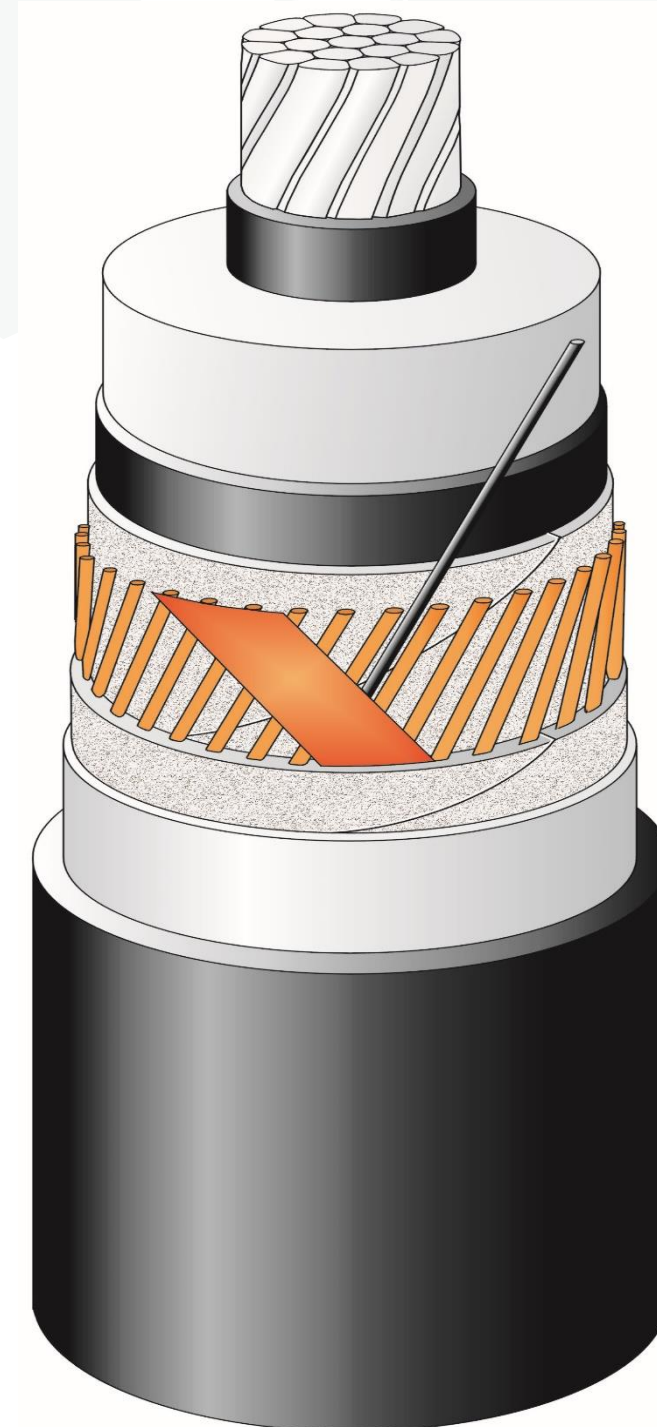
- ❖ Zjawisko to także ogranicza „aktywny” przekrój przewodników, pogarszając ich przewodność.
- ❖ W kablach wpływ tego zjawiska zależy od odległości poszczególnych faz (kabli) od siebie, sposobu ich ułożenia (trójkąt / płasko), rodzaju budowy żyły roboczej, jej materiału oraz od częstotliwości.
- ❖ Współczynniki związane z efektem zbliżenia także zostały zawarte w normie IEC 60287.



## Wpływ budowy żyły roboczej na obciążalność prądową

- ❖ Kolejnym z elementów wpływających na obciążalność prądową, a związanych z budową kabla jest maksymalna temperatura żyły roboczej w warunkach znamionowych.
- ❖ Temperatura ta jest zależna od zastosowanego materiału izolacyjnego.
- ❖ Coraz częściej spotyka się kable z tubą zawierającą światłowody, które pozwalają na pomiar temperatury kabla w czasie rzeczywistym.
- ❖ Umożliwia to efektywne rozłożenie obciążenia i daje pewność, że temperatura pracy nie przekracza wartości maksymalnej. Zazwyczaj przyjmuje się następujące wartości dopuszczalnej temperatury żyły roboczej:

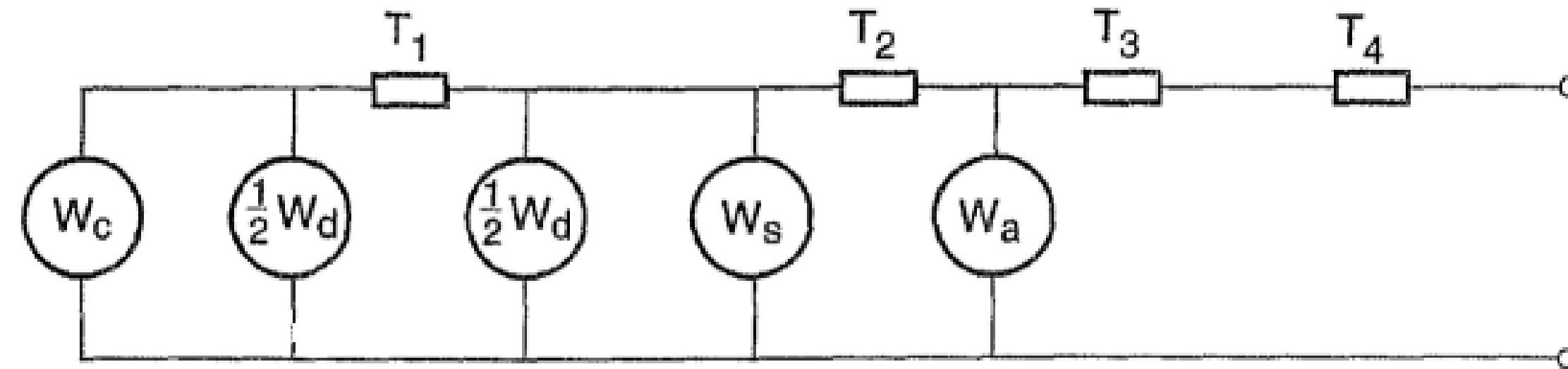
Materiał	Maksymalna temperatura pracy w warunkach znamionowych
Papier impregnowany	65-80 °C
PVC	70 °C
Polietylen wysokiej gęstości	70 °C
Polietylen niskiej gęstości	80 °C
XLPE	90 °C
EPR	90 °C





## Termiczny model kabla

- ❖ Podstawowe prawa elektryczne mogą być zastosowane do zjawisk termicznych poprzez podobieństwo.
- ❖ Różnica temperatur powoduje przepływ / wymianę ciepła (z żyły roboczej do otoczenia).
- ❖ W termicznym modelu kabla przyjmuje się takie elementy jak źródło ciepła (straty w żyły roboczej / straty dielektryczne / straty w ekranie), termiczne rezystancje oraz termiczne pojemności.
- ❖ Termiczny model kabla przyjmuje postać jak poniżej:



gdzie:

$T_1$  – termiczna rezystancja między żyłą roboczą a ekranem metalicznym [ $K \cdot m/W$ ]

$T_2$  – termiczna rezystancja między ekranem metalicznym a pancerzem (o ile występuje) [ $K \cdot m/W$ ]

$T_3$  – termiczna rezystancja powłoki zewnętrznej [ $K \cdot m/W$ ]

$T_4$  – termiczna rezystancja między powierzchnią kabla a zewnętrznym medium [ $K \cdot m/W$ ]

$W_c$  – straty w żyły roboczej [ $W/m$ ]

$W_d$  – straty dielektryczne [ $W/m$ ]

$W_s$  – straty w ekranie metalicznym [ $W/m$ ]

$W_a$  – straty w pancerzu (jeśli występuje) [ $W/m$ ]



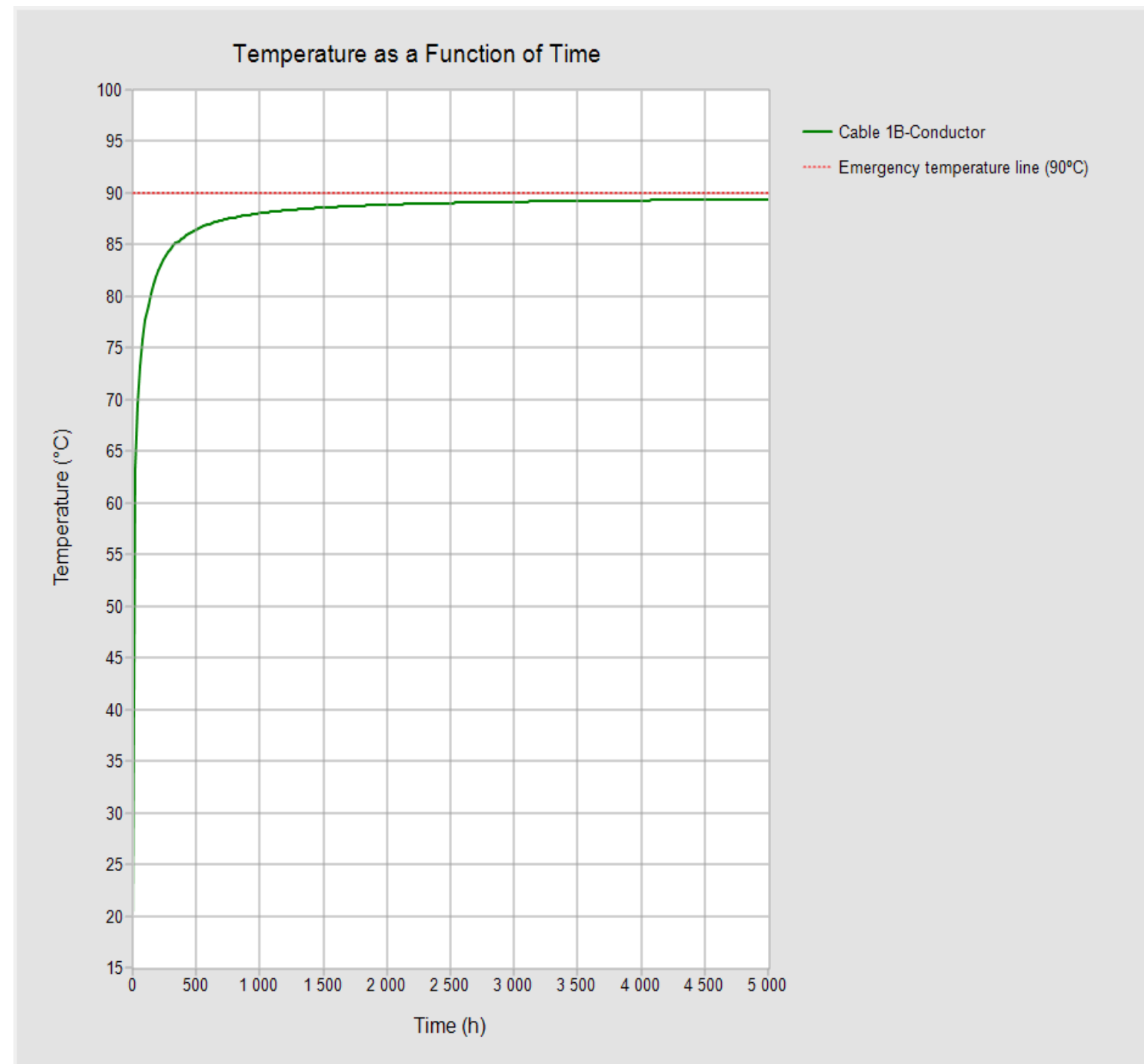
## Termiczny model kabla

---

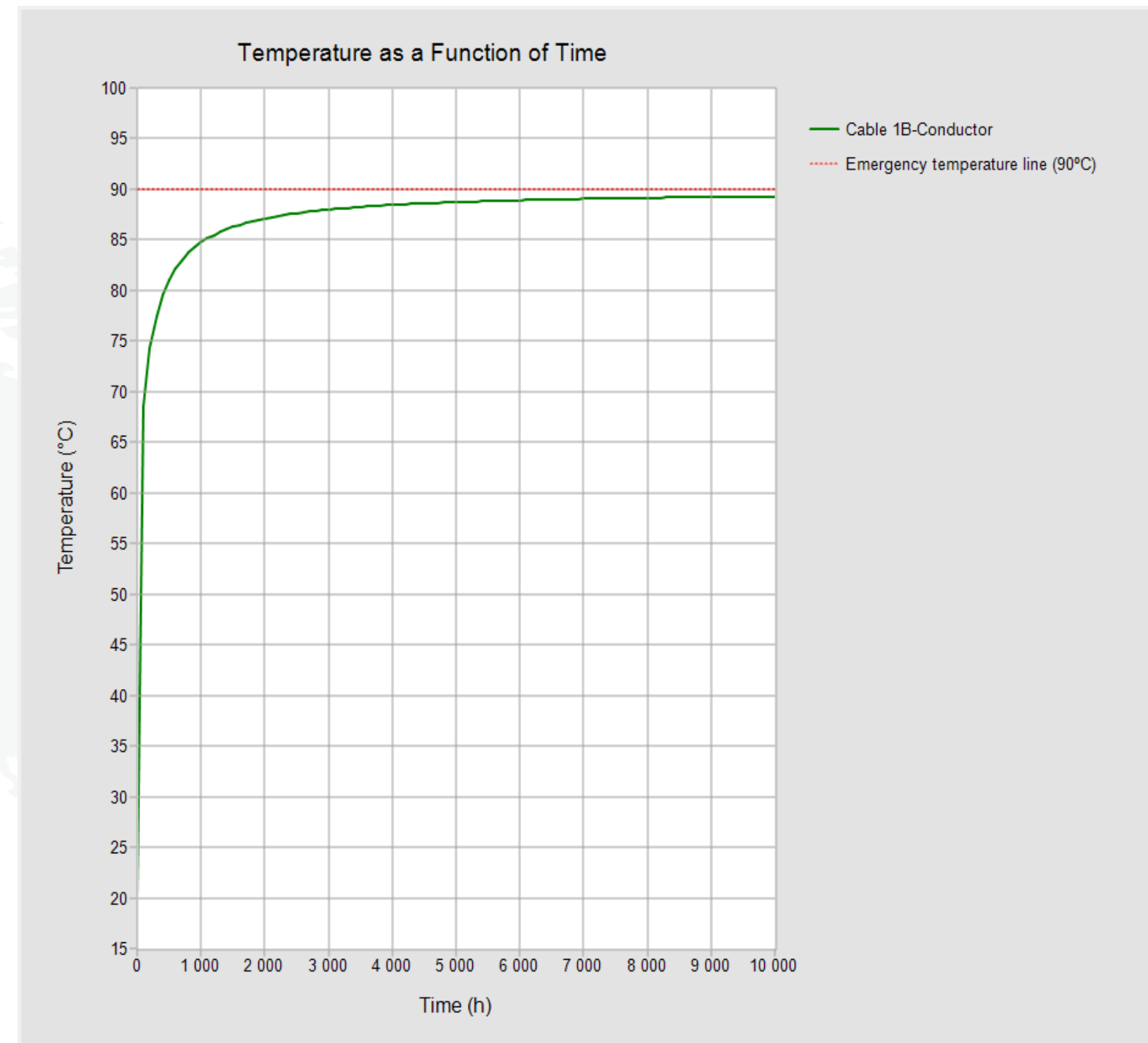
- ❖ Kluczową rolę odgrywa otoczenie kabla, ponieważ przeważnie posiada ono największą pojemność cieplną, której określenie (współczynnik T4) może być kłopotliwe.
- ❖ Im kabel głębiej zakopany tym dłużej zajmuje osiągnięcie czasu ustalonego.
- ❖ Zanim kabel osiągnie stan ustalony to mijają dni bądź nawet tygodnie.
- ❖ Parametry gruntu różnią się w zależności od miejsca zakopania kabla oraz warunków środowiskowych.
- ❖ Ciekawym przypadkiem może być Islandia, gdzie nie dopuszcza się do wystąpienia zjawiska wysuszenia gruntu. Następstwem tego jest zastosowanie granicznej temperatury dla powłoki kabla bądź rury ochronnej do 60 °C, co zmniejsza dopuszczalną obciążalność prądową
- ❖ W Islandii dodatkowo sytuację pogarsza wulkaniczna gleba, której termiczna rezystywność jest na stosunkowo wysokim poziomie, czyli 2-3 K·m/W.
- ❖ W przypadku, gdy termiczna rezystywność gruntu jest wysoka, powinno się zastosować otoczkę wokół kabla o niskiej termicznej rezystywności (np. z betonitu, którego termiczna rezystywność jest stała niezależnie od warunków).



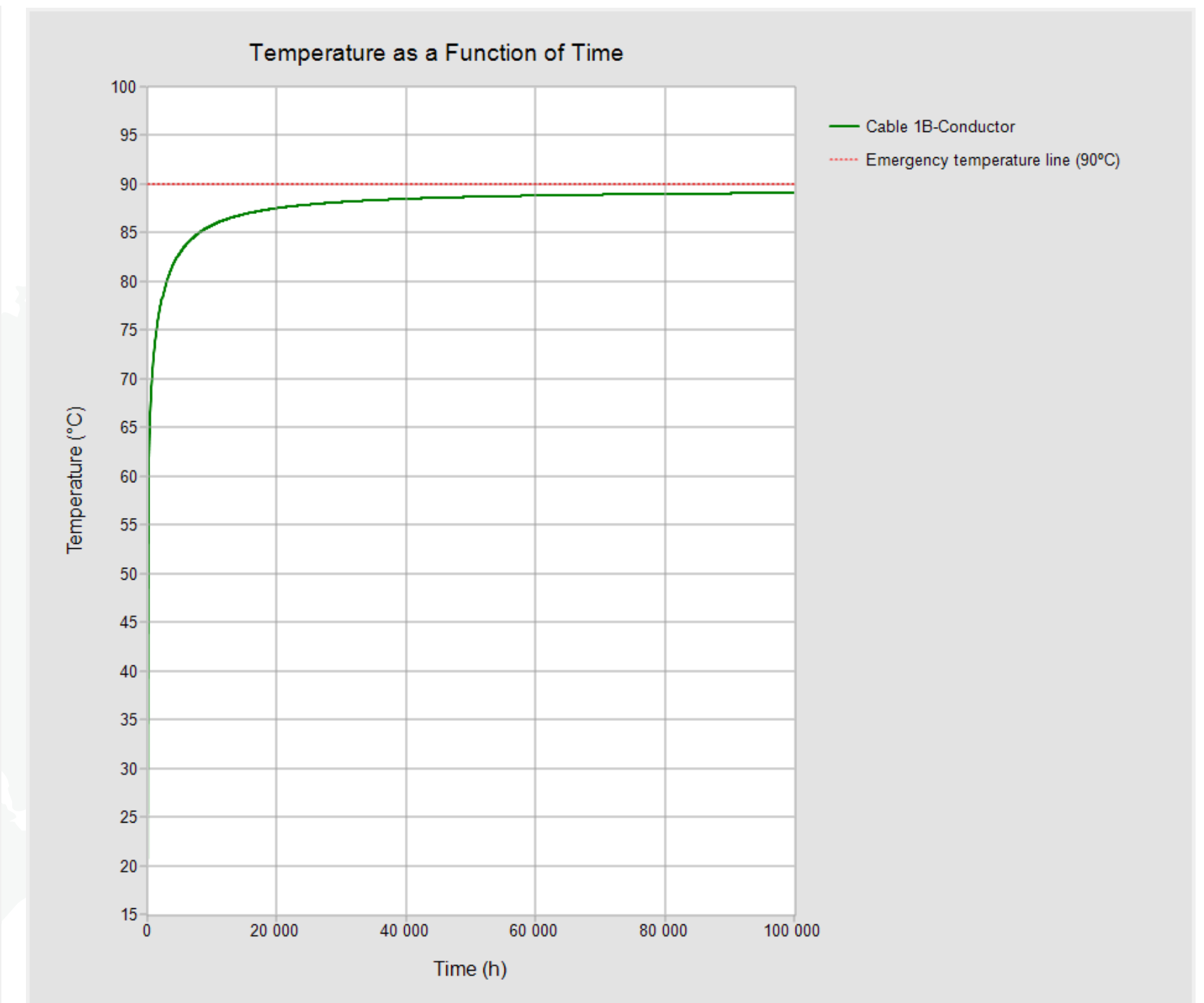
# Termiczny model kabla



Zmiana temperatury żyły roboczej kabla (faza B / środkowa) w czasie dla kabla pod stałym obciążeniem 545 A zakopanego na głębokości 0,5 m



Zmiana temperatury żyły roboczej kabla (faza B / środkowa) w czasie dla kabla pod stałym obciążeniem 500 A zakopanego na głębokości 1 m

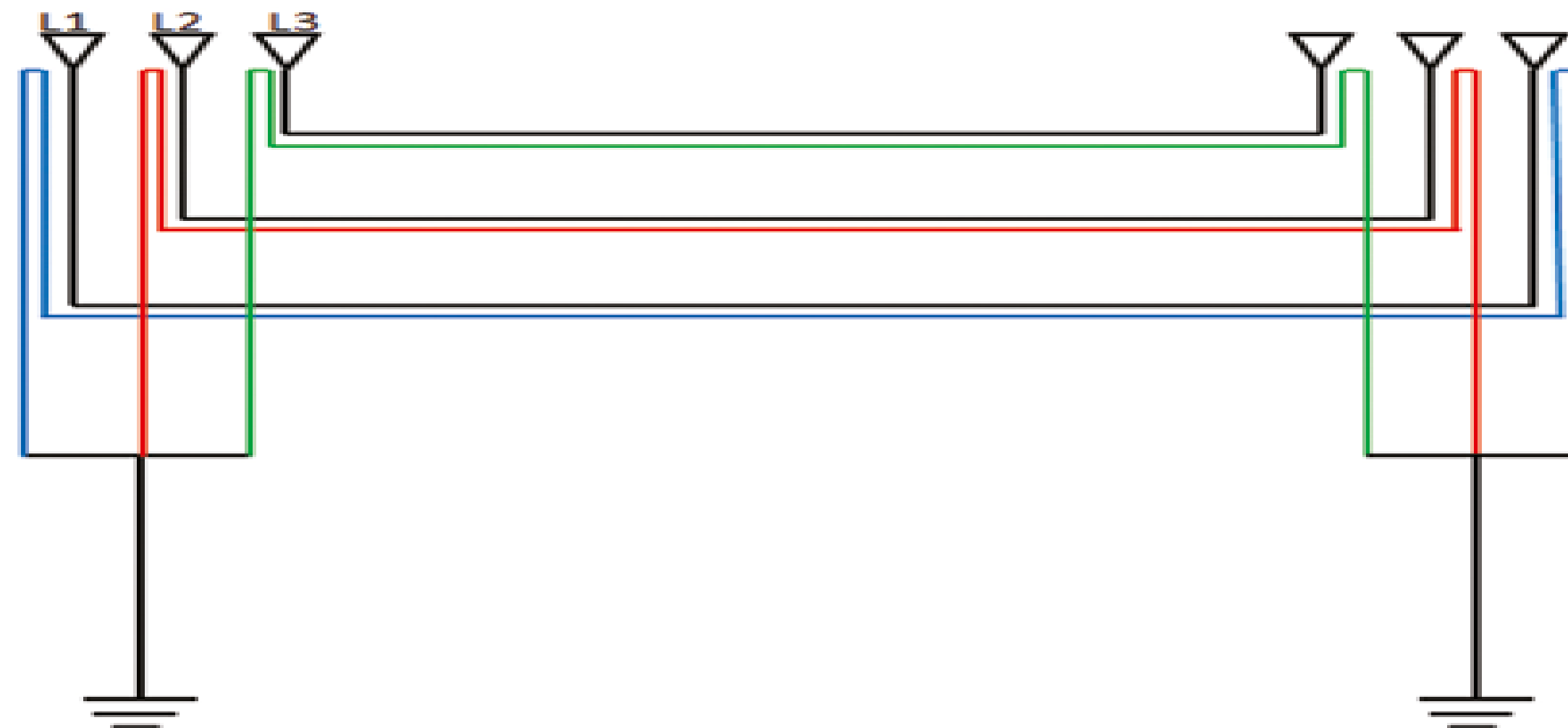


Zmiana temperatury żyły roboczej kabla (faza B / środkowa) w czasie dla kabla pod stałym obciążeniem 447 A zakopanego na głębokości 3 m



## Obciążalność prądowa a uziemienie ekranu metalicznego

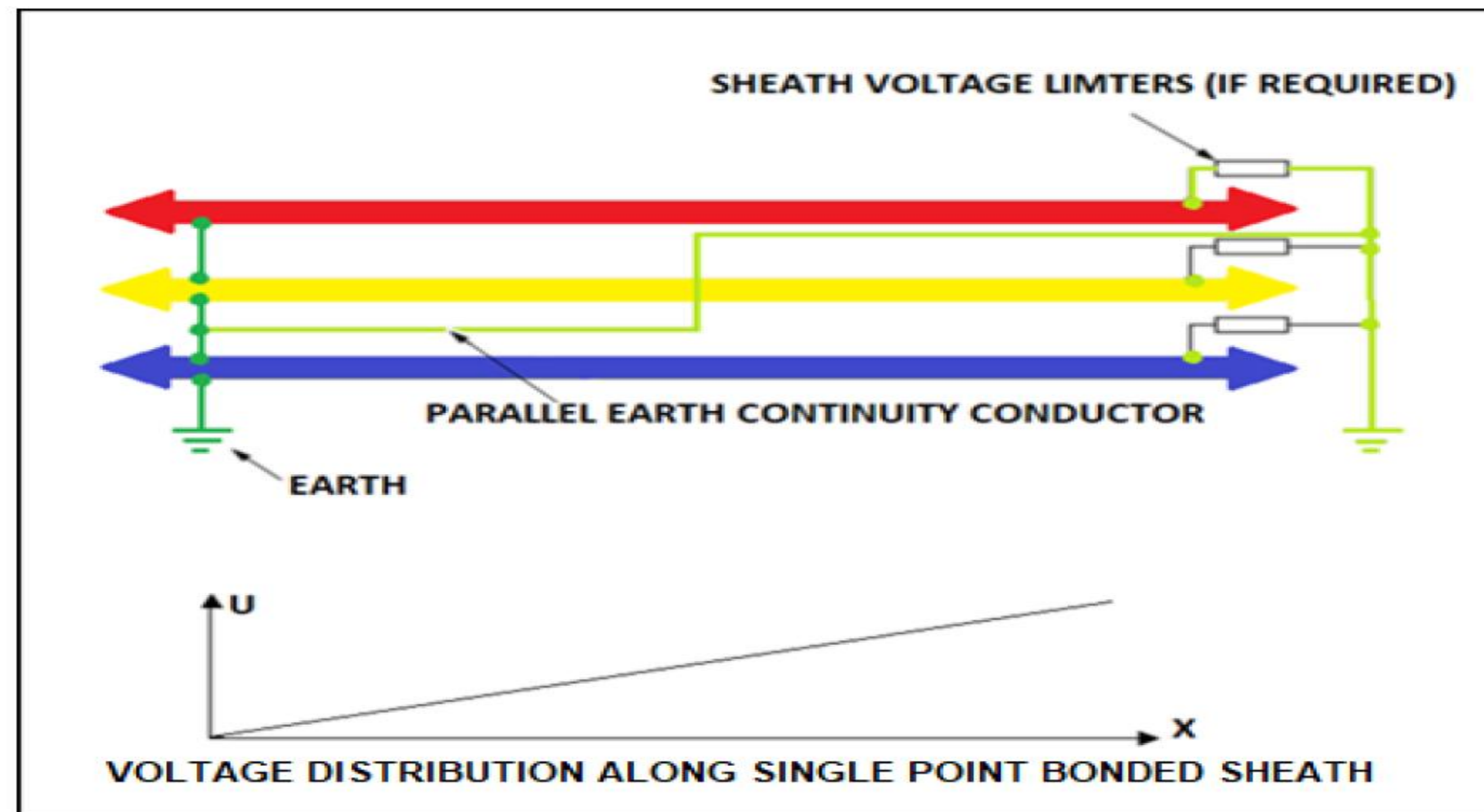
- ❖ Dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa w dużym stopniu zależna jest od rodzaju uziemienia ekranu metalicznego.
- ❖ Uziemienie obustronne ma tę zaletę, że oba końce są uziemione, więc nie występują w nich niebezpieczne napięcia.
- ❖ Wadą tego rozwiązania jest pojawienie się prądów krążących w ekranie metalicznym, gdyż tworzymy zamkniętą drogę dla przepływu prądu wyindukowanego w ekranie metalicznym.
- ❖ Droga ta zamyka się przez ziemię. Przepływ prądu (z kwadratem) generuje straty, które zamieniane są w ciepło. Ostatecznym efektem tego jest zmniejszenie użytecznej obciążalności prądowej kabla.
- ❖ Im większy przekrój ekranu metalicznego tym mniejszy dopuszczalny prąd długotrwały żyły roboczej.





## Obciążalność prądowa a uziemienie ekranu metalicznego

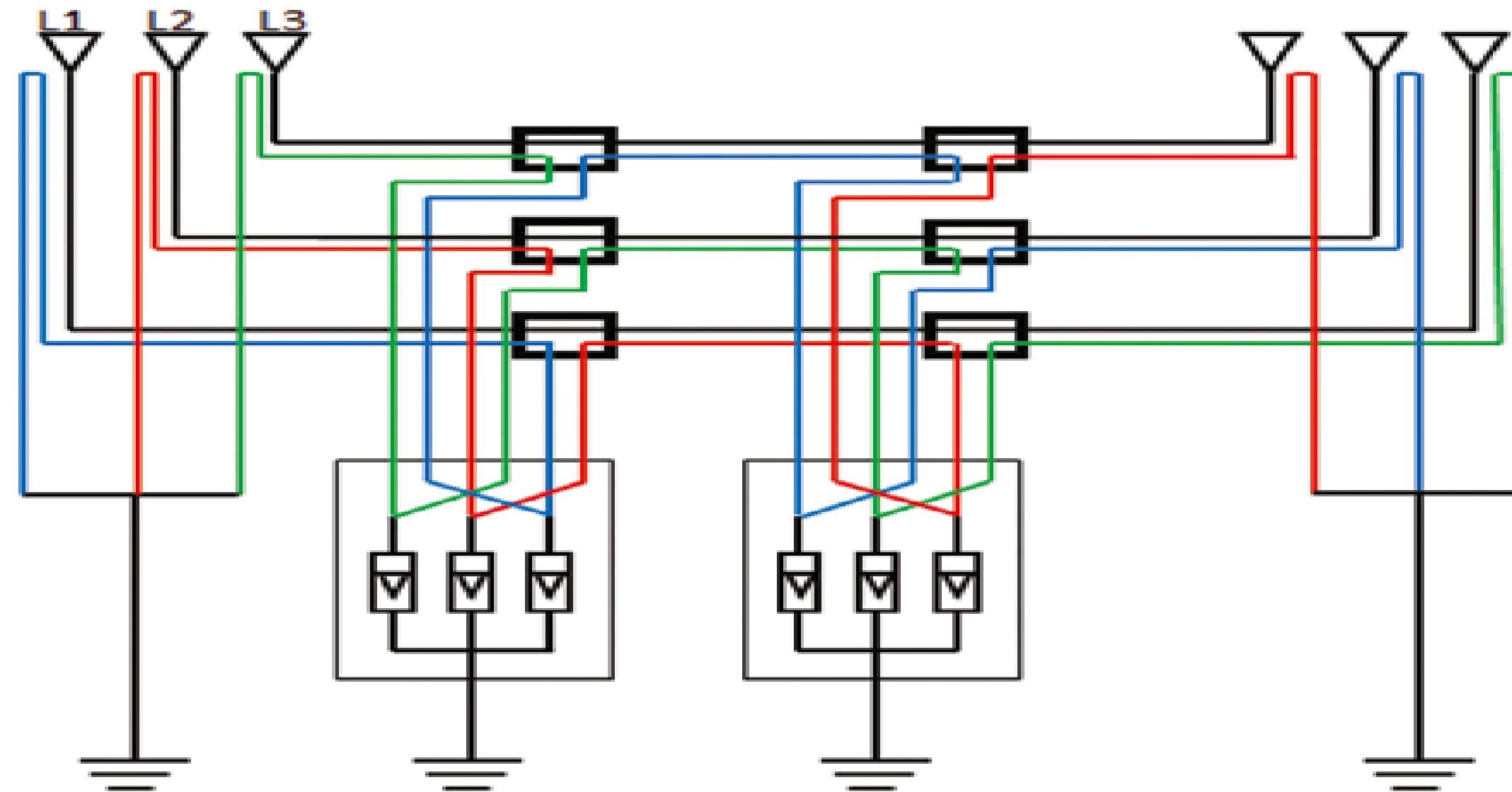
- ❖ W układzie jednostronnego uziemienia ekran metaliczny z jednej strony jest uziemiony bezpośrednio, a z drugiej strony poprzez ogranicznik przepięć.
- ❖ Zaletą tego rozwiązania jest brak prądów krążących.
- ❖ Wadą tego rozwiązania z kolei jest pojawienie się napięcia indukowanego na nieuziemionym końcu, czego skutkiem jest konieczność zastosowania ograniczników przepięć oraz kabla ECC.





## Obciążalność prądowa a uziemienie ekranu metalicznego

- ❖ W układzie uziemienia poprzez przeplatanie żył powrotnych (CB) system kablowy podzielony jest na trzy podsekcje. Ekran metaliczny kabla jest uziemiony na początku i na końcu sekcji. W 1/3 i 2/3 odległości ekrany metaliczne są przeplecione i uziemione poprzez ograniczniki przepięć.
- ❖ Takie rozwiązanie ma na celu ograniczenie napięcia indukowanego.
- ❖ Ten typ uziemiania systemów kablowych pozwala uzyskać obciążalność podobną jak przy uziemieniu jednostronnym.
- ❖ Dodatkowo można zastosować wielokrotność sekcji złożonych z 3 podsekcji zwiększając tym samym długość linii.
- ❖ Minusem takiego rozwiązania są dodatkowe koszty związane z zastosowaniem skrzynek uziemiających, ograniczników przepięć, itd. Dąży się do tego, aby sekcje były równe, albowiem gdy sekcje różnią się długością, to dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa nieznacznie maleje.



## Przykłady obliczeń w programie CymCap

---

- ❖ W poprzednich punktach przedstawiono trochę teorii. Jest to dobra podstawa do zrozumienia praw rządzących obciążalnością prądową kabli ułożonych w ziemi.
- ❖ Dalej przedstawiono przykłady z wyodrębnionymi pojedynczymi zależnościami. W rzeczywistości zjawiska łączą się, a efekt końcowy uwarunkowany jest ich wypadkową.
- ❖ Wyróżnić można dwa sposoby obliczeń – korzystające z metod / wzorów analitycznych (np. opierając się o normy) oraz te opierające się o metodę elementów skończonych.
- ❖ Należy liczyć się z tym, że obliczenia to jedno, a w praktyce może się okazać, że rzeczywiste warunki ułożonych kabli różnią się od tych przyjętych w obliczeniach. Między innymi dlatego proces układania kabli powinien być nadzorowany.
- ❖ Przedstawione wyniki oparto o program CymCap 8.2 Rev 1.

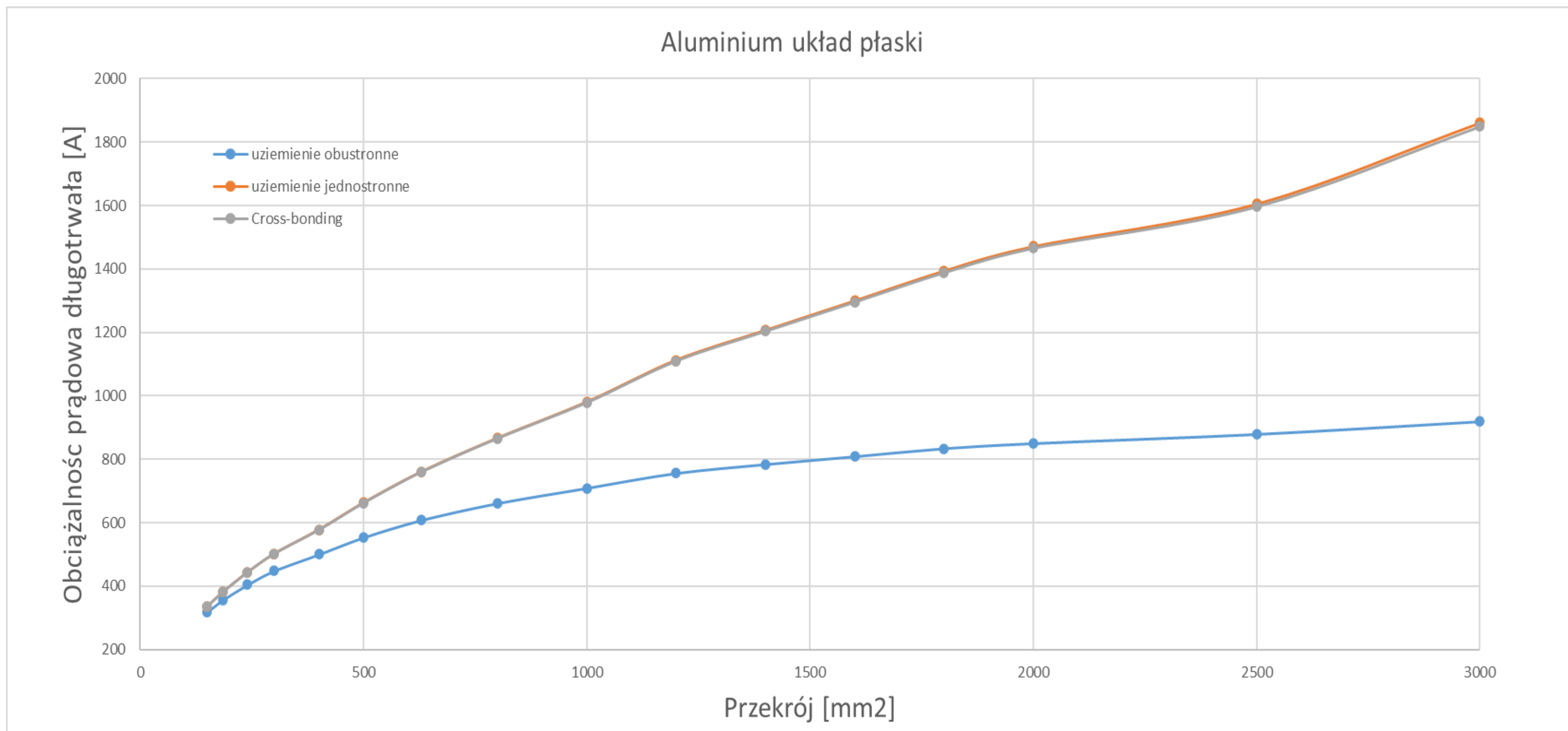


## Przykłady obliczeń w programie CymCap

---

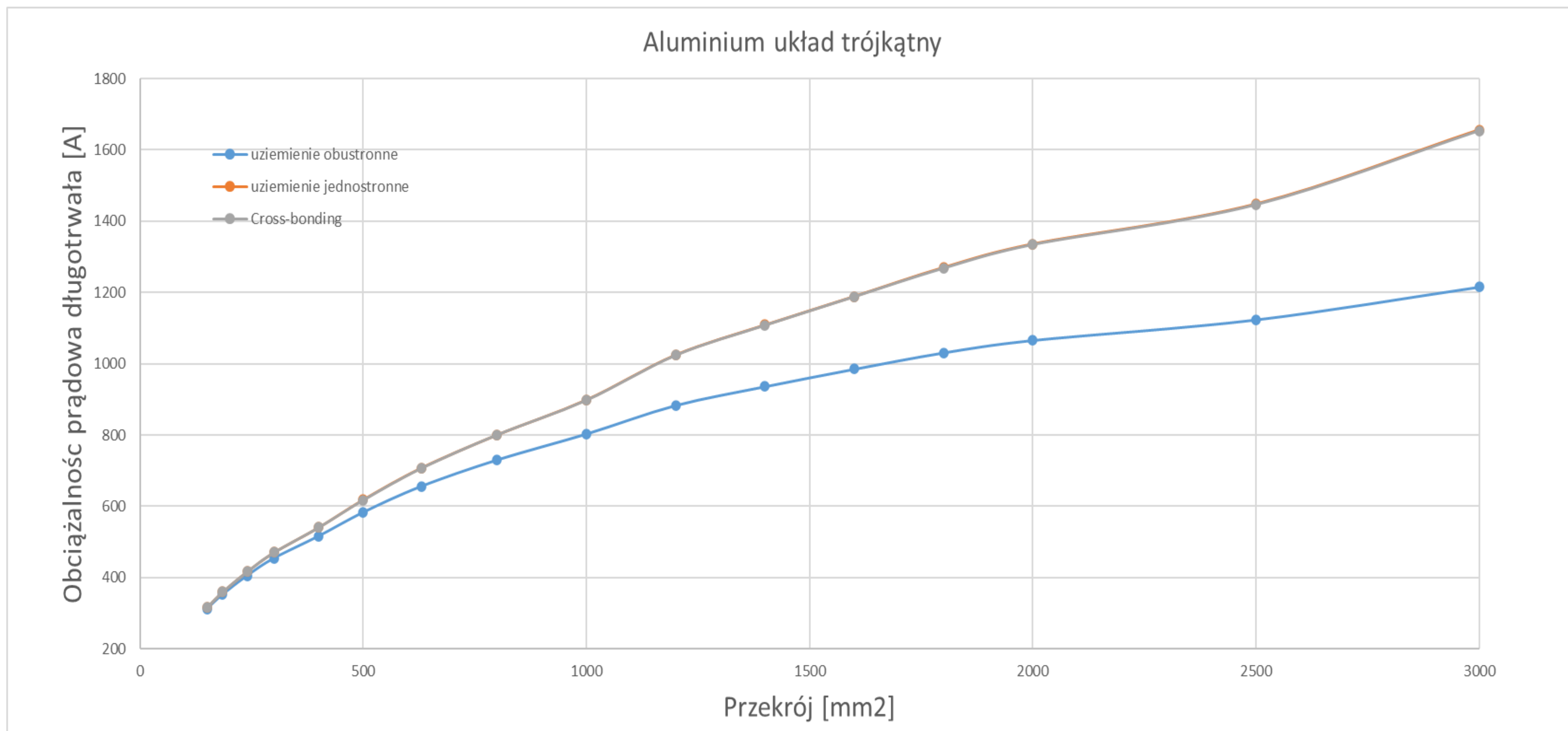
- ❖ Poniżej przedstawiono wyliczenia obciążalności prądowej, w zależności od materiału żyły roboczej oraz od sposobu uziemienia żyły powrotnej. Pokazano również dwa najczęściej spotykane sposoby ułożenia kabli, czyli ułożenie płaskie oraz w trójkąt.
- ❖ Do obliczeń przyjęto te same warunki (temperatura gruntu 20 °C, termiczna rezystywność gruntu 1,0 K·m/W, głębokość ułożenia 1 m).
- ❖ Obciążalność prądowa dla układu z jednostronnym uziemieniem ekranu metalicznego jest praktycznie taka sama jak dla cross-bondingu.
- ❖ Dla CB obciążalność ta może wypaść niekorzystniej, gdy długość zastosowanych sekcji będzie mocno od siebie odbiegała.
- ❖ Dla układu z obustronnym uziemieniem, układ trójkątny jest sprzyjający, ponieważ pozwala on na redukcję wpływu negatywnych zjawisk.
- ❖ Miedź, chociaż jest cięższa i droższa od aluminium, to posiada lepsze właściwości przewodności elektrycznej. Pokłosiem tego jest fakt, że dla tego samego przekroju, żyła miedziana jest w stanie przenieść większy prąd niż żyła aluminiowa. Jest to szczególnie widoczne przy znacznych przekrojach/obciążeniach.

## Przykłady obliczeń w programie CymCap

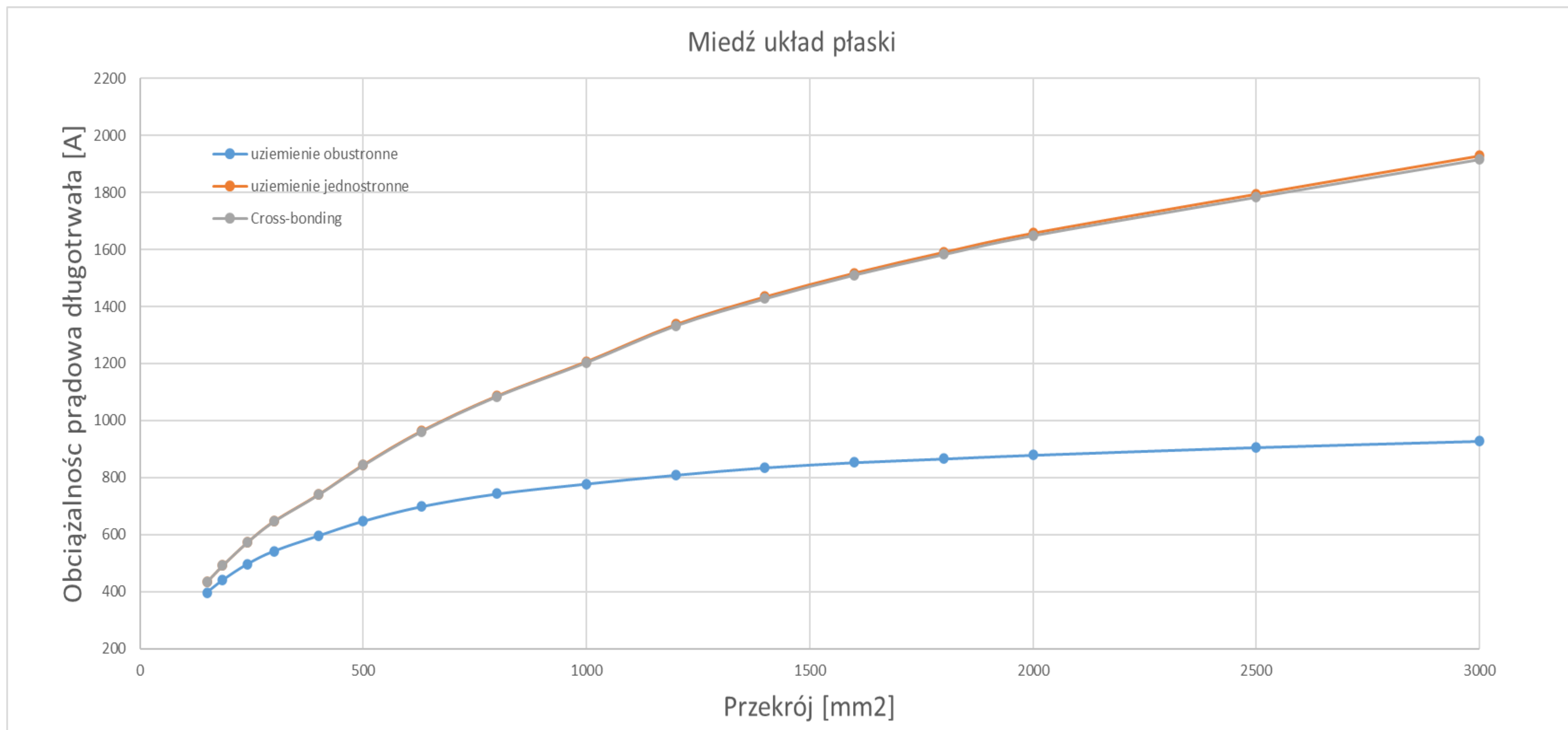




## Przykłady obliczeń w programie CymCap

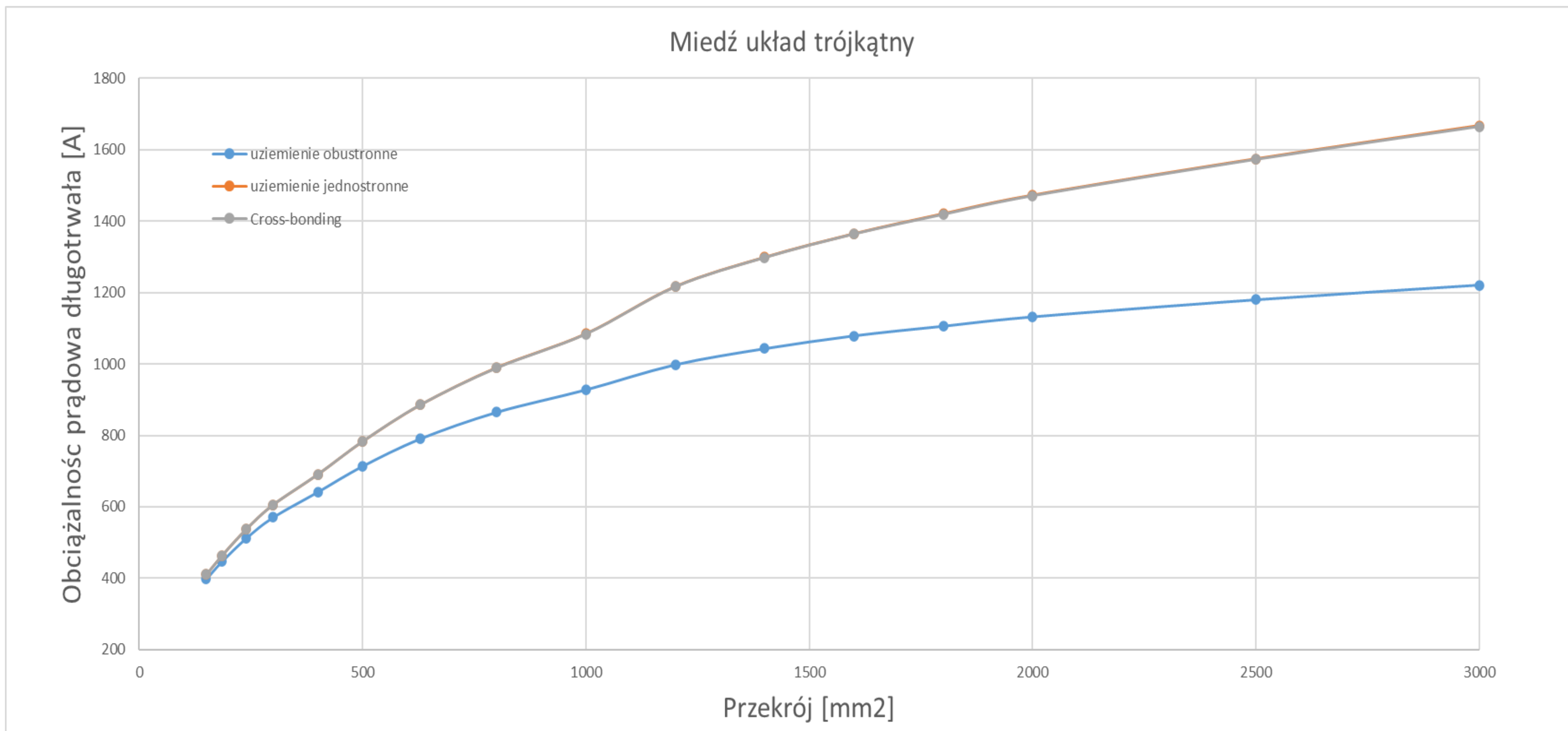


## Przykłady obliczeń w programie CymCap





## Przykłady obliczeń w programie CymCap



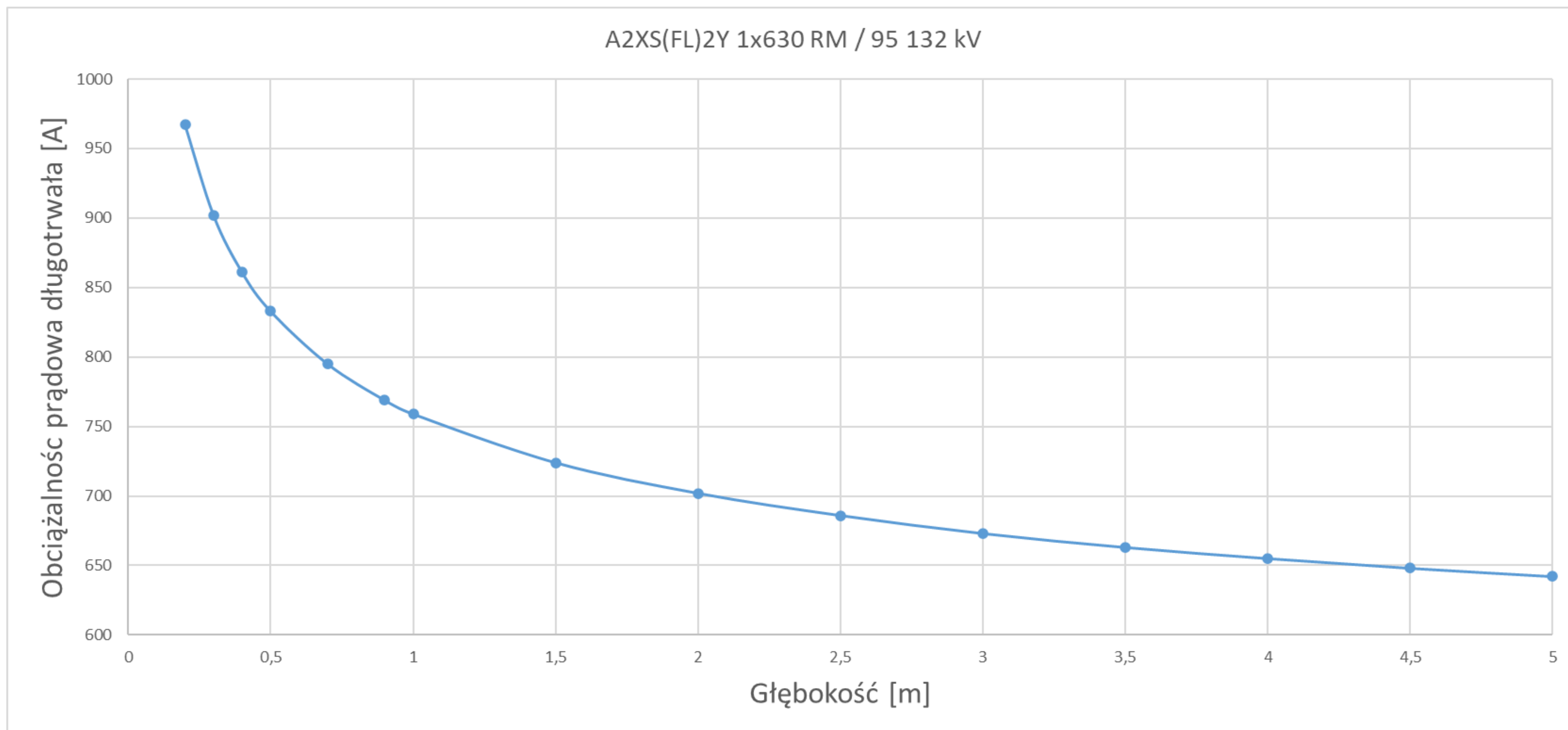
## Przykłady obliczeń w programie CymCap

---

- ❖ Innym istotnym elementem omawianych w prezentacji zagadnień jest zależność obciążalności prądowej długotrwałej od głębokości ułożenia kabli.
- ❖ Do obliczeń przyjęto te same warunki (kabel A2XS(FL)2Y 1x630RM/95 132 kV, termiczna rezystywność gruntu 1.0 K·m/W, ułożenie płaskie, uziemienie jednostronne, temperatura gruntu 20 °C)
- ❖ Głębokość ułożenia kabli ma ogromny wpływ na obciążalność kabli. Im kable głębiej zakopane tym mniejsza dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa



## Przykłady obliczeń w programie CymCap



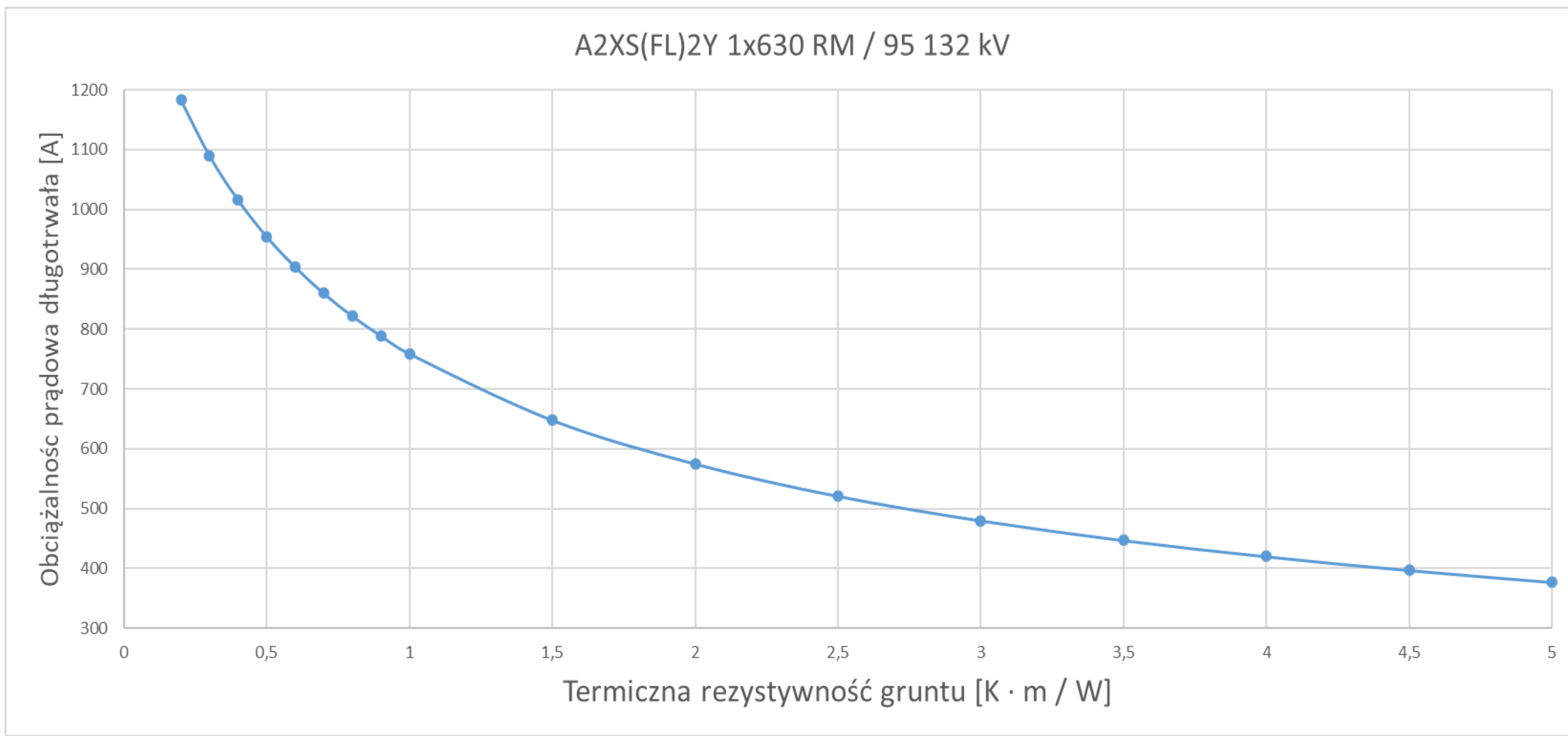
## Przykłady obliczeń w programie CymCap

---

- ❖ Jednym z wielu parametrów gruntu wpływających na obciążalność prądową jest też termiczna rezystywność gruntu.
- ❖ Do obliczeń przyjęto te same warunki (kabel A2XS(FL)2Y 1x630RM/95 132 kV, temperatura gruntu 20 °C, głębokość ułożenia 1 m, ułożenie płaskie, uziemienie jednostronne)
- ❖ Im większa termiczna rezystywność gruntu, tym mniejsza dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa.
- ❖ Jeśli rezystywność termiczna gruntu jest wysoka (torf, wysuszony piasek) należy zastosować tzw. backfill, czyli otoczenie kabla materiałem o niskiej rezystywności termicznej.



## Przykłady obliczeń w programie CymCap



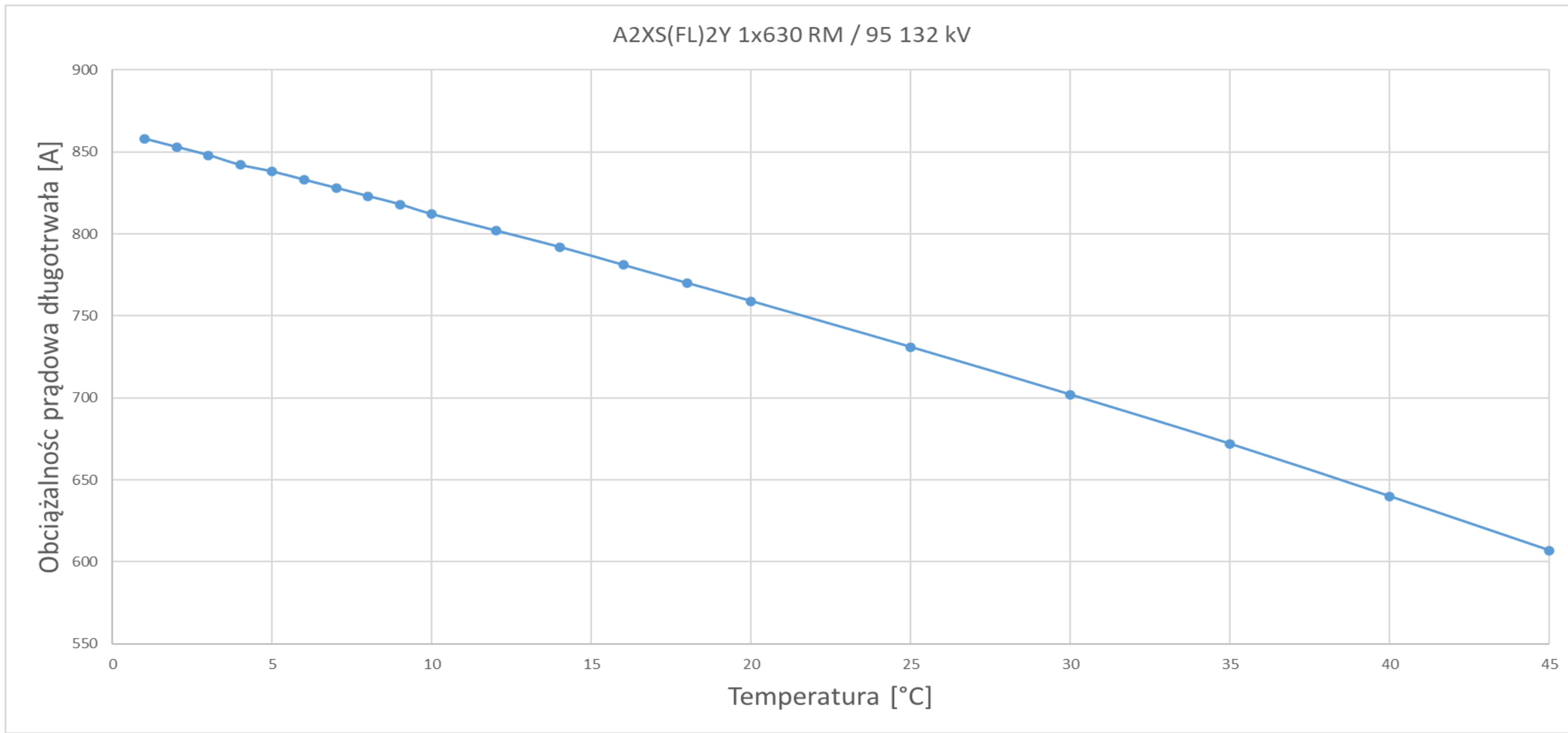
## Przykłady obliczeń w programie CymCap

---

- ❖ Na różnych głębokościach, oraz w różnych częściach świata, temperatura gruntu może być bardzo zróżnicowana.
- ❖ Do obliczeń przyjęto te same warunki (kabel A2XS(FL)2Y 1x630RM/95 132 kV, termiczna rezystywność 1 K·m/W, głębokość ułożenia 1 m, ułożenie płaskie, uziemienie jednostronne).
- ❖ Wykres przedstawiający wpływ temperatury gruntu na obciążalność prądową swoim kształtem zbliżony jest do funkcji liniowej.
- ❖ Wyższa temperatura gruntu daje mniejszy bufor na ciepło oddawane przez kable, dlatego jej wzrost ma negatywny skutek.
- ❖ Dobrą praktykę stosuje operator PSE, który w swojej specyfikacji umieścił konkretne wartości temperatury gruntu w poszczególnych przypadkach, które należy przyjąć w rozważaniach. Krajowym standardem jest 20 °C na głębokości 1 m.
- ❖ Dodatkowo PSE radzi, aby przyjmować większe temperatury, gdy na powierzchni gruntu znajduje się materiał, który się nagrzewa i utrudnia wymianę ciepła.
- ❖ Dla wstępnych rachub takie podejście jest wystarczające, ale najpewniejszym sposobem jest przeprowadzenie pomiarów.



# Przykłady obliczeń w programie CymCap



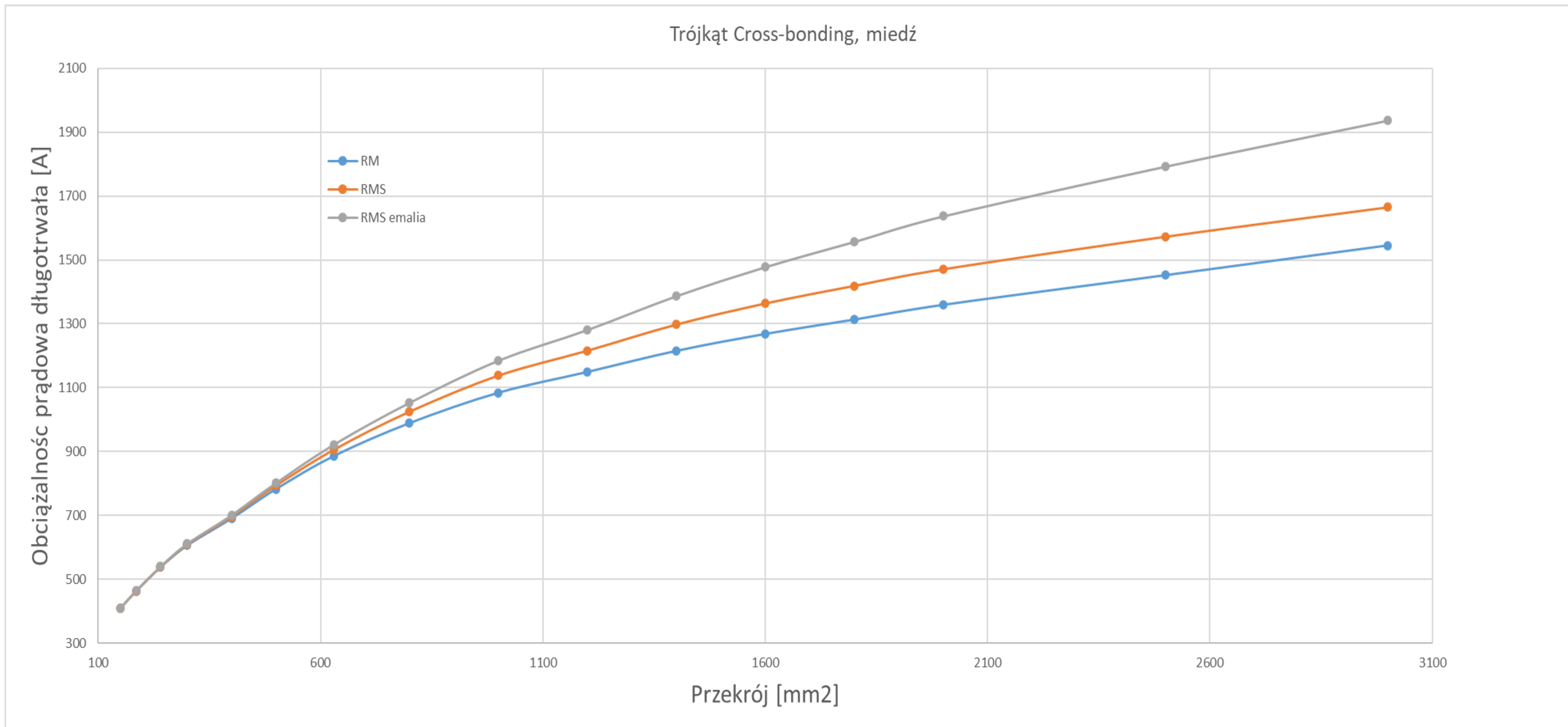
## Przykłady obliczeń w programie CymCap

---

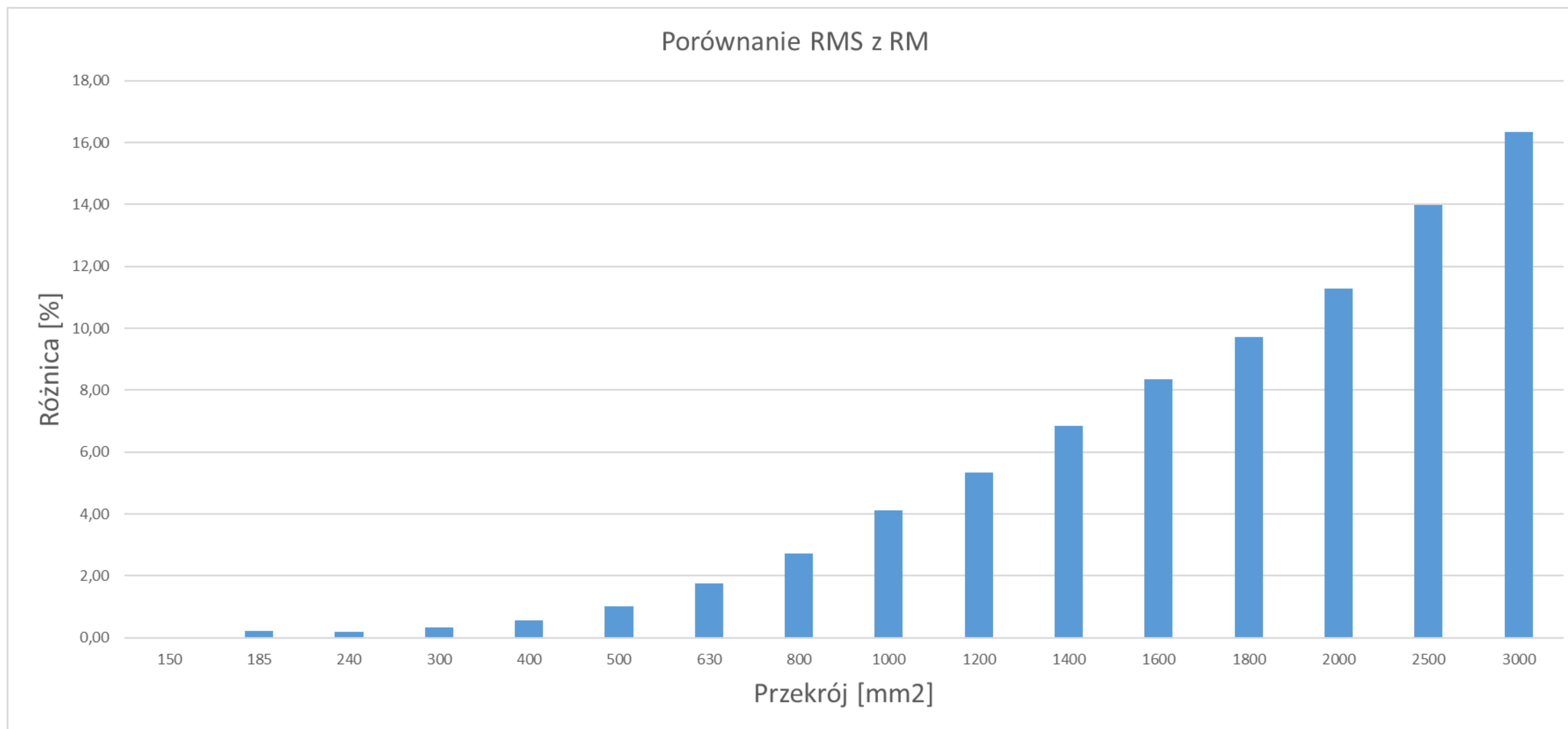
- ❖ W następnym kroku przedstawiono zależność obciążalności prądowej od budowy żyły roboczej, (współczynnik  $k_s$  i  $k_p$ ) dla różnych przekrojów żyły miedzianej (ułożenie płaskie).
- ❖ Zrezygnowano z przedstawienia żył typu solid, dlatego, że norma IEC 60228 nie posiada wytypowanej rezystancji dla wszystkich przekrojów. Ponadto średnica takiej żyły znacząco się różni od średnic innych typów żył roboczych.
- ❖ Im większy przekrój żyły roboczej tym korzyść z zastosowania budowy typu Milliken lub zastosowanie izolowanych drutów, zwiększa się.
- ❖ Ekonomicznie nieuzasadnione jest stosowanie tych metod dla mniejszych przekrojów. Koszty związane z zastosowaniem korzystniejszej technologii nie są rekompensowane przez wzrost dopuszczalnej obciążalności prądowej.



# Przykłady obliczeń w programie CymCap

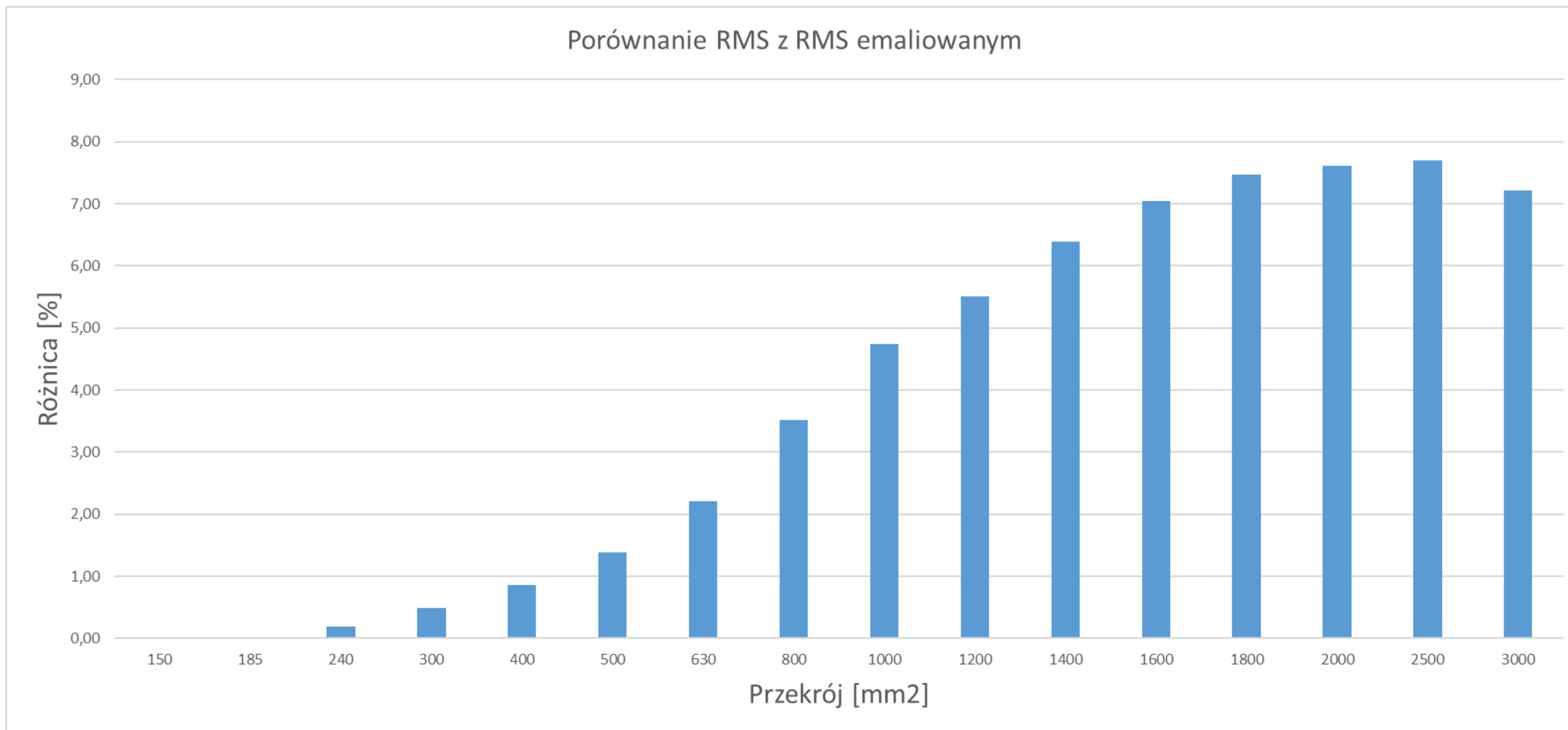


## Przykłady obliczeń w programie CymCap





# Przykłady obliczeń w programie CymCap



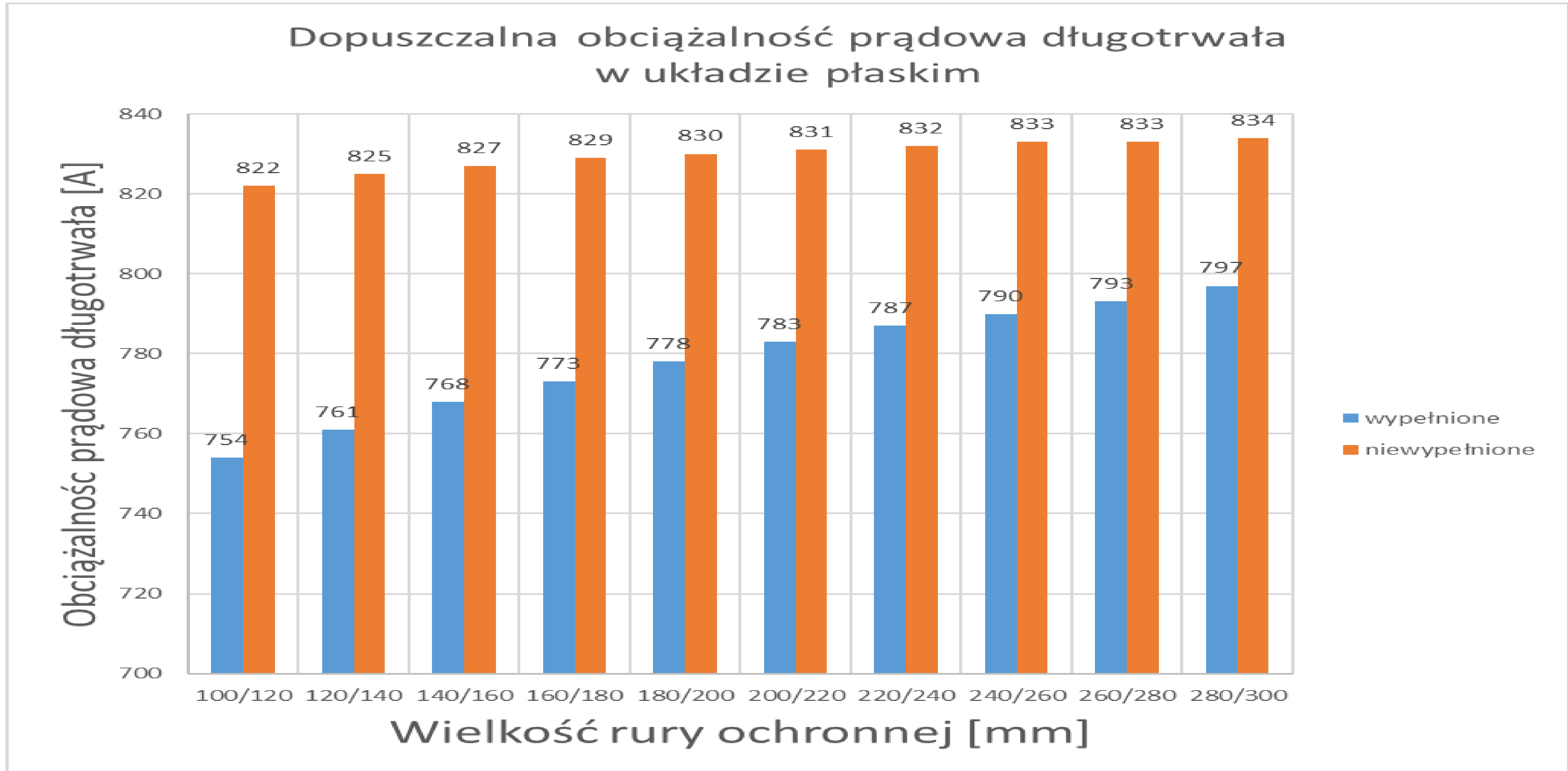
## Przykłady obliczeń w programie CymCap

---

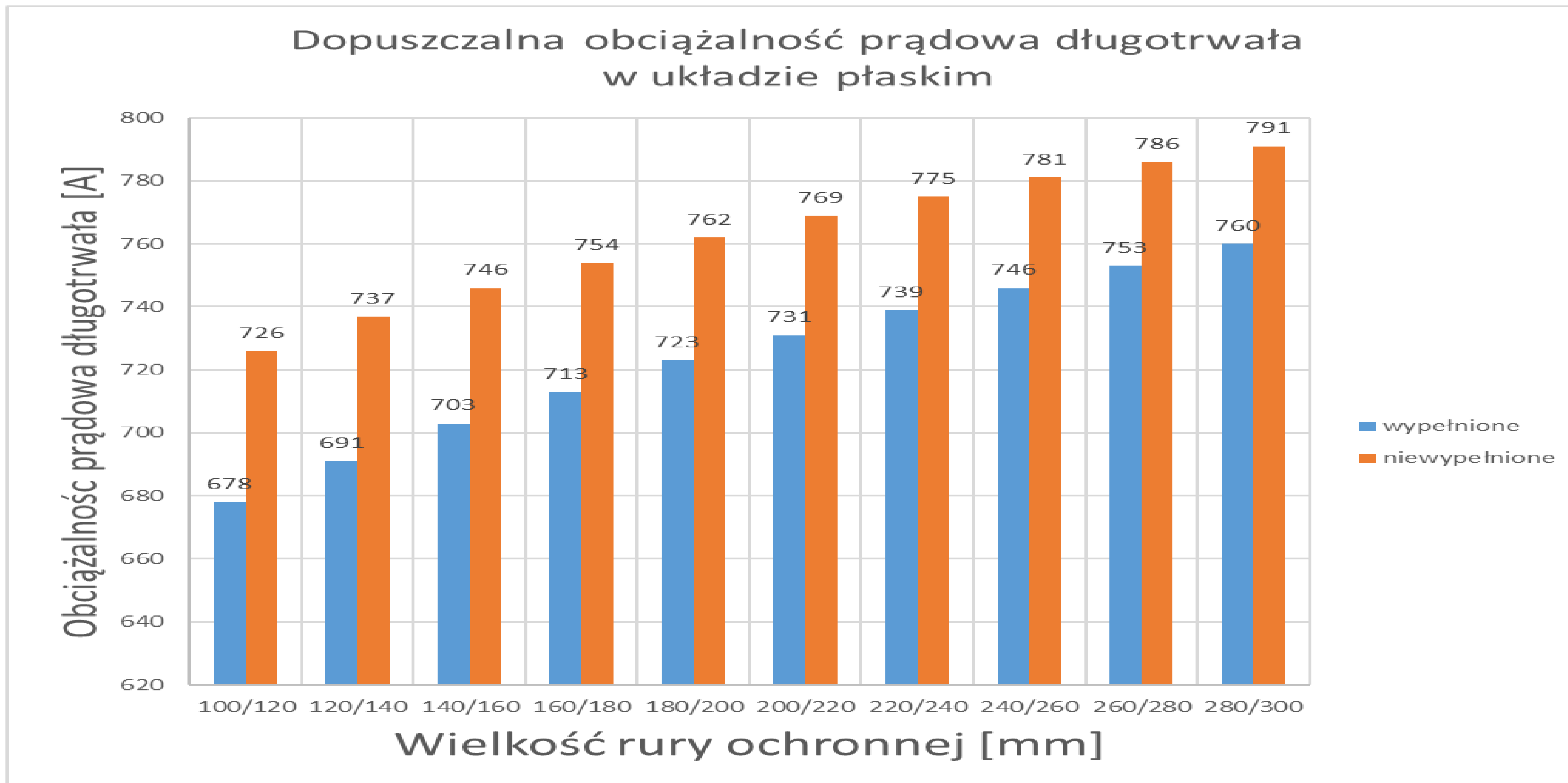
- ❖ W ostatniej sekcji skupiono się na kablach ułożonych w rurach.
- ❖ Do obliczeń przyjęto te same warunki (kabel A2XS(FL)2Y 1x630RM/95 132 kV, termiczna rezystywność gruntu 1 K·m/W, głębokość ułożenia 1 m, uziemienie cross-bonding, temperatura gruntu 20 °C).
- ❖ Często błędnie przyjmowane jest, że zastosowanie rur do ochrony kabli, bezwarunkowo pogarsza obciążalność prądową kabli.
- ❖ Rozstawienie kabli ułożonych w trójkąt, w rurach teoretycznie zwiększa ich obciążalność prądową, ale jednocześnie powoduje zwiększenie napięć indukowanych w przypadku jednostronnego uziemienia żył powrotnych. Z kolei rozsuwanie kabli ułożonych w trójkąt dla obustronnego uziemienia ekranów metalicznych, zmniejsza dopuszczalną długotrwałą obciążalność prądową.
- ❖ Obecność materiału wypełniającego rury powoduje, że oprócz zjawiska konwekcji i promieniowania (w przypadku rur niewypełnionych) działa również zjawisko przewodzenia ciepła, które korzystnie wpływa na obciążalność prądową.



## Przykłady obliczeń w programie CymCap

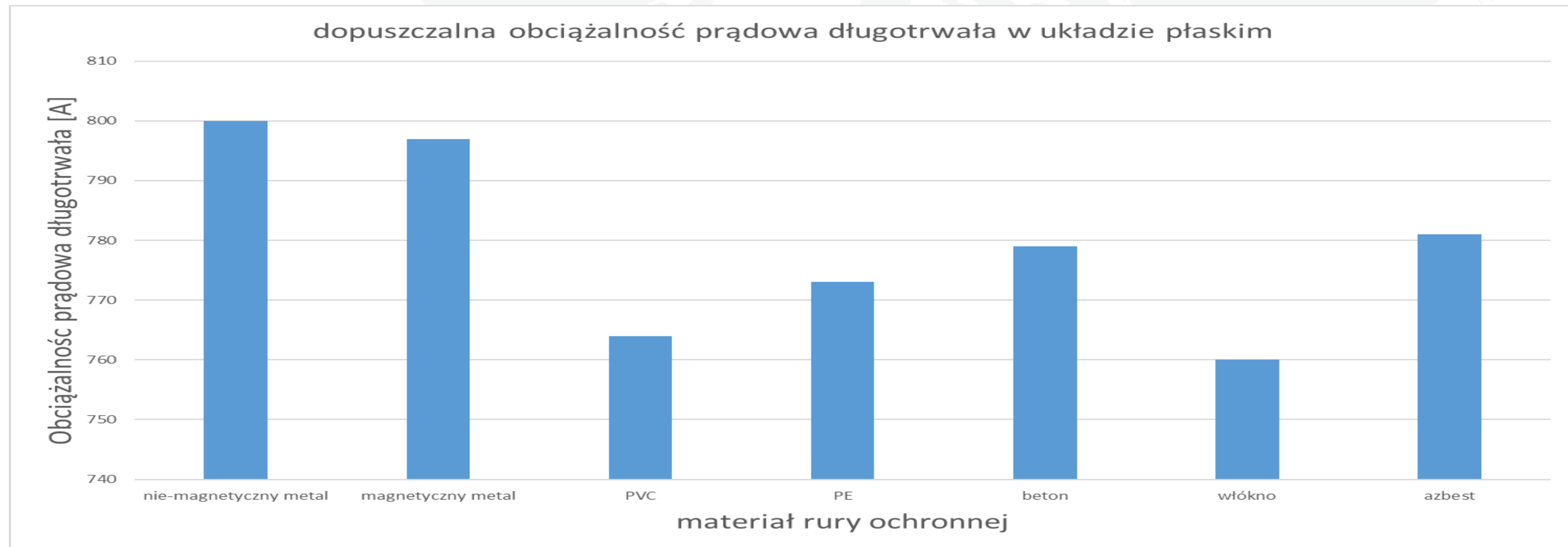


## Przykłady obliczeń w programie CymCap



## Przykłady obliczeń w programie CymCap

- ❖ Materiał, z którego zbudowana jest rura ochronna również wpływa na obciążenie kabla.
- ❖ Do obliczeń przyjęto te same warunki (kabel A2XS(FL)2Y 1x630RM/95 132 kV, termiczna rezystywność gruntu 1 K·m/W, głębokość ułożenia 1 m, ułożenie płaskie, uziemienie cross-bonding, rury ochronne  $\varnothing$  160/180 mm niewypełnione, rozstaw kabli 0,5 m, temperatura gruntu 20 °C).
- ❖ Nie tylko wielkość, ale też materiał rury ochronnej ma znaczenie, więc powinien on być uwzględniony przy projektowaniu kabli.





---

# Dziękuję za uwagę

---



**Przemysław Krawczykowski**

Technolog ds. Systemów WN

[przemyslaw.krawczykowski@tfkable.com](mailto:przemyslaw.krawczykowski@tfkable.com)

tel. +48 505 497 137

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\*\*\*\*