



ipc

**Nowe spojrzenie na analizy
i obliczenia w sieciach
energetycznych i liniach
napowietrznych**

**dr inż. Edward Siwy
mgr inż. Mateusz Janik**

Oprogramowanie

25 lat doświadczenia

Obliczenia sieci elektrycznych:

- Rozpływy
- Zwarcia
- Rozruchy
- Harmoniczne
- Zabezpieczenia
- Grafiki obciążeń
- Niezawodność zasilania
- Obciążalność kabli



Obliczenia linii napowietrznych:

- Mechanika przewodów
- Obciążalność przewodów
- Pole elektromagnetyczne
- Zagrożenie porażeniowe
- Profil linii
- Wizualizacja 3D oblotów linii



Analizy sieciowe

25 lat doświadczenia

Analizy i ekspertyzy sieci elektroenergetycznych:

- Ekspertyzy wpływu przyłączanych źródeł energii na sieć
- Optymalizacja punktów rozcięć sieci rozdzielczej
- Estymacja obciążeń w sieci
- Dobór wariantów konfiguracji pracy sieci
- Analiza pracy punktu gwiazdowego
- Analiza awaryjności elementów sieci i niezawodności zasilania odbiorów
- Analizy dotyczące gospodarki mocą bierną
- Audyty energetyczne sieci elektrycznej
- Wyższe harmoniczne i parametry jakości zasilania
- Analizy czułości i selektywności zabezpieczeń oraz doradztwo w zakresie doboru nastaw

Łuk elektryczny

15 lat doświadczenia

Analizy i szkolenia w zakresie zagrożenia porażeniem łukiem elektrycznym zgodnie z NFPA-70E oraz IEEE 1584.



Program **OeS** służy do obliczeń sieci elektroenergetycznych w warunkach roboczych i zwarciovych. Program przeznaczony jest do obliczeń w sieciach elektrycznych promieniowych i wielokrotnie zamkniętych. Możliwości obliczeniowe programu pozwalają na analizę pracy sieci WN, SN i nN. Program został również wyposażony w moduły wspomagające dobór nastaw zabezpieczeń oraz określenie obciążalności prądowej i zwarciowej kabli w zależności od warunków ułożenia.

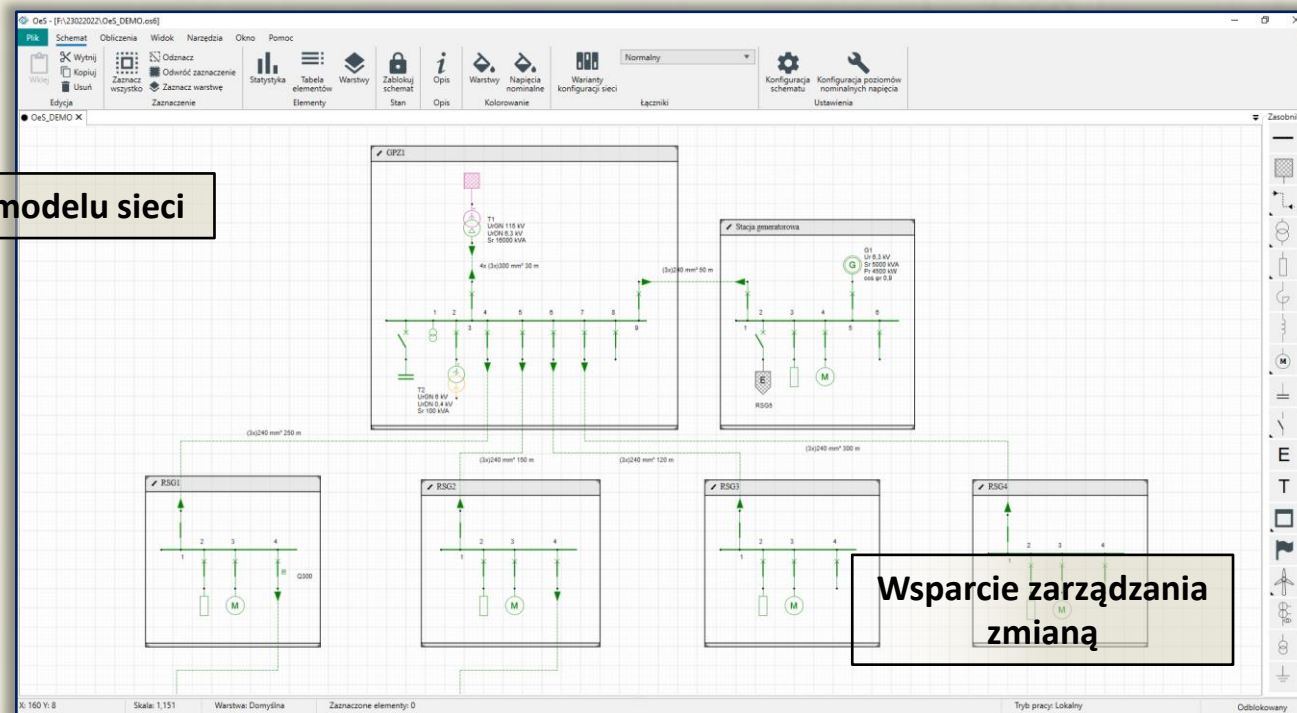
Weryfikacja poprawności modelu

Zaimplementowane normy i metodologia obliczeń:

- Obliczenia rozptylowe w oparciu o metodę napięć węzłowych lub w oparciu o metodę Newtona-Raphsona
- Metodyka obliczania prądów zwarciovych zgodna z normą PN-EN-60909

Digitalizacja modelu sieci

Organizacja modelu sieci



Wsparcie zarządzania zmianą

Obliczenia rozptyłowe i zwarciove



Analiza poziomów napięciowych w węzłach sieci

Konfiguracja przetęczników zaczepów transformatora

Analiza obciążeń elementów sieciowych

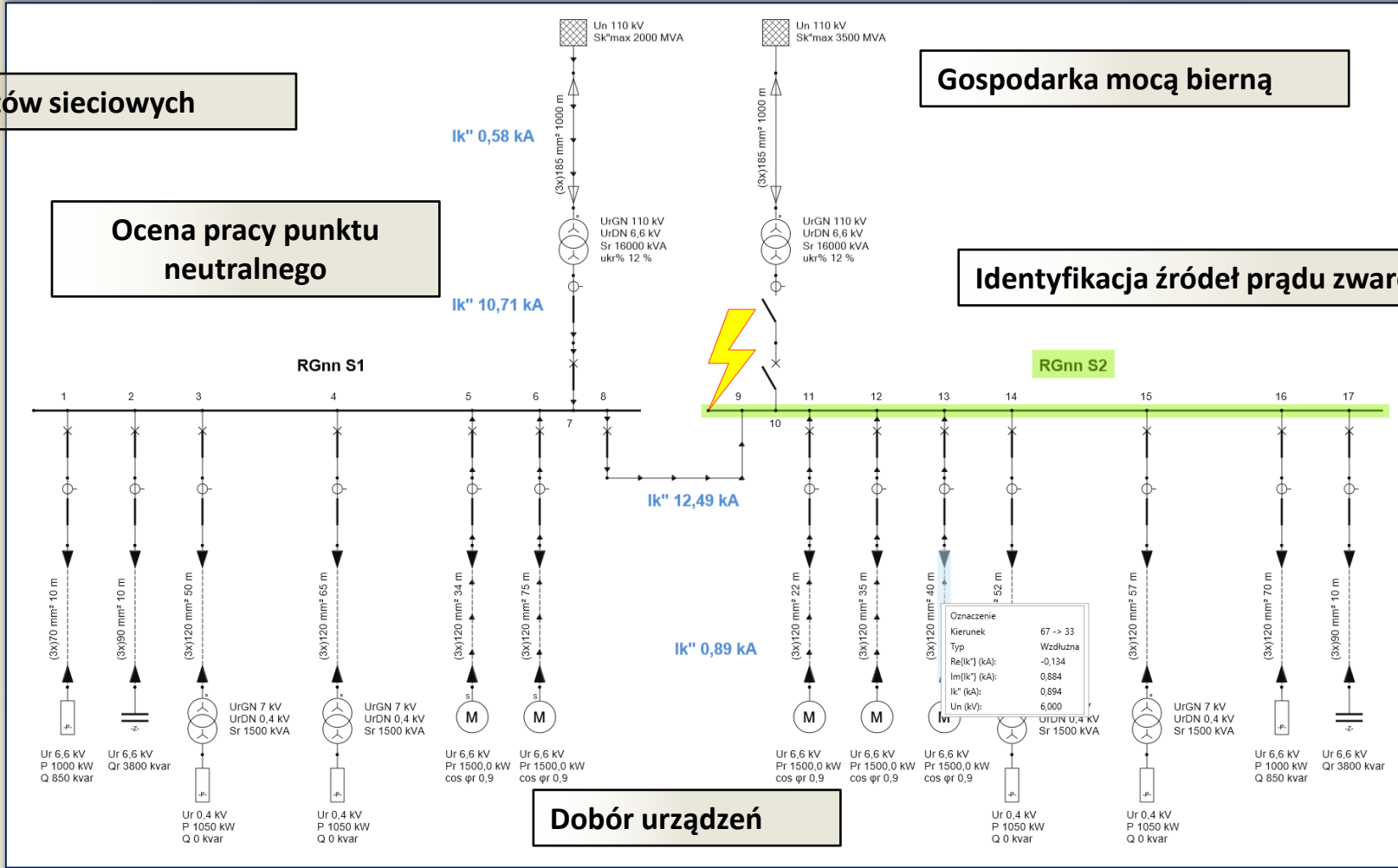
Gospodarka mocą bierną

Ocena pracy punktu neutralnego

Identyfikacja źródeł prądu zwarciovego

Analizy na potrzeby doboru nastaw zabezpieczeń

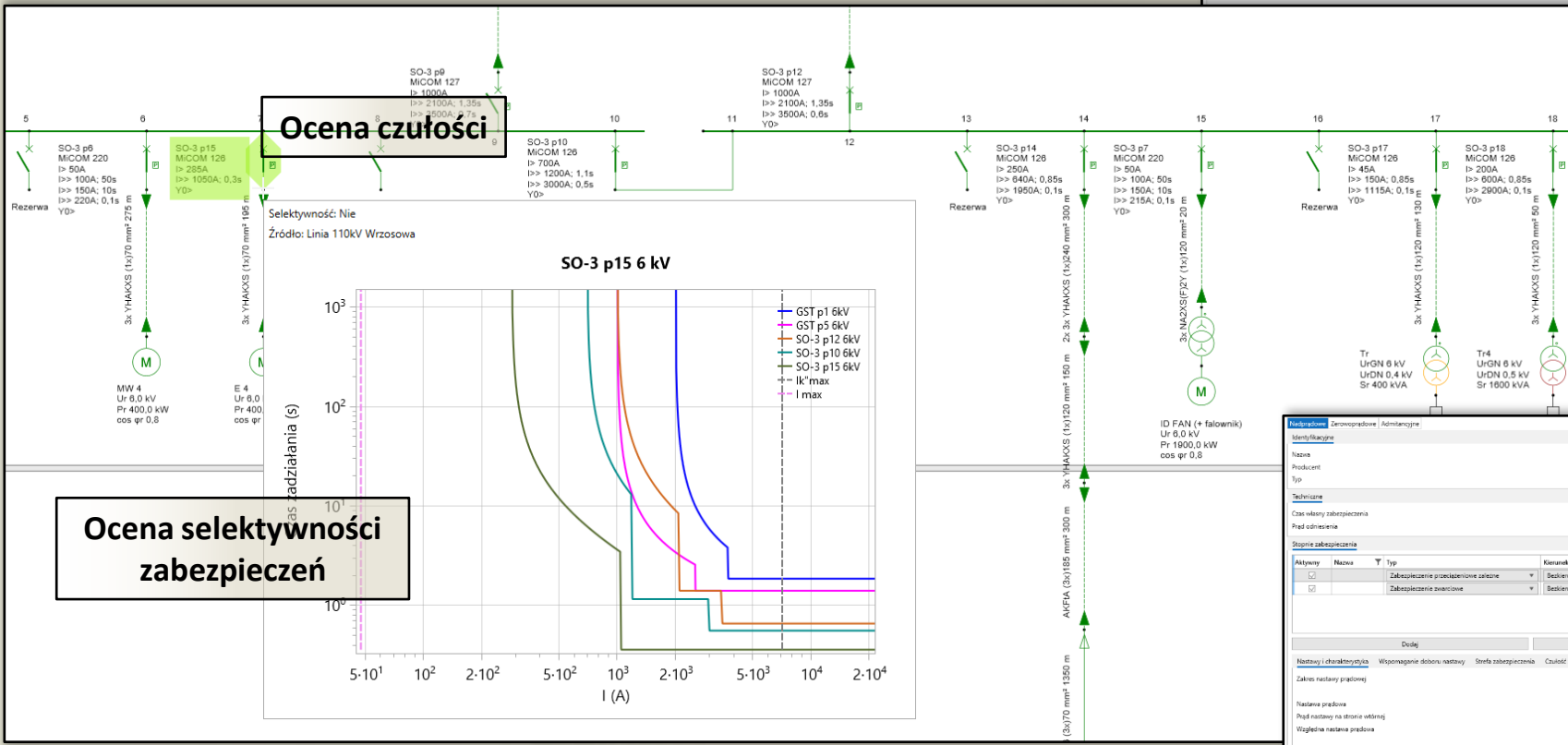
Ocena obszaru oddziaływania zwarcia



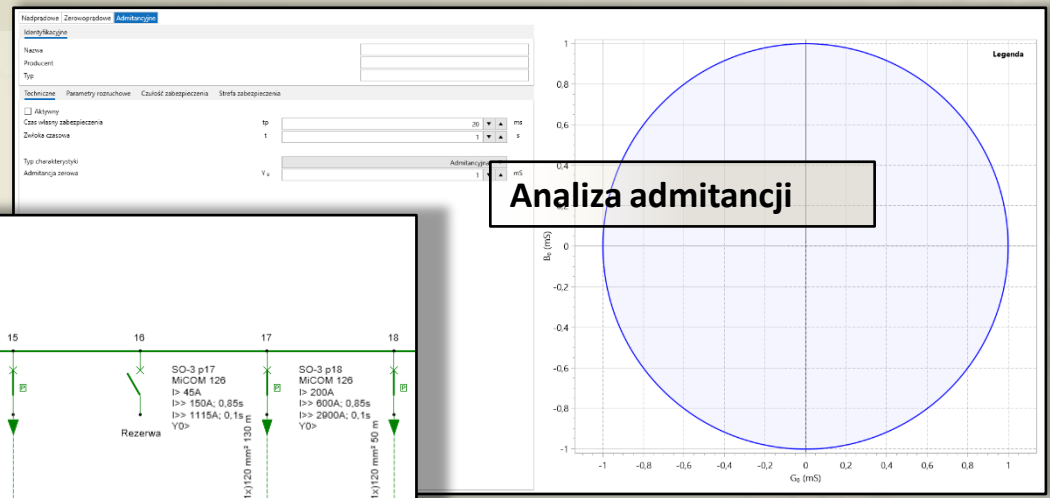
Analiza pracy zabezpieczeń



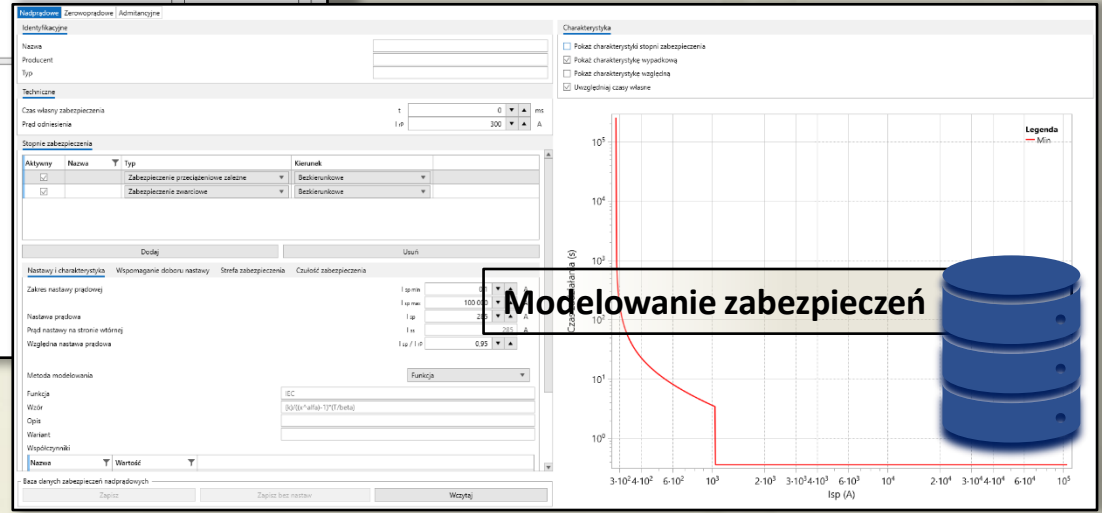
Wsparcie doboru nastaw zabezpieczeń



Ocena selektywności zabezpieczeń



Parametry instalacji uziemiającej

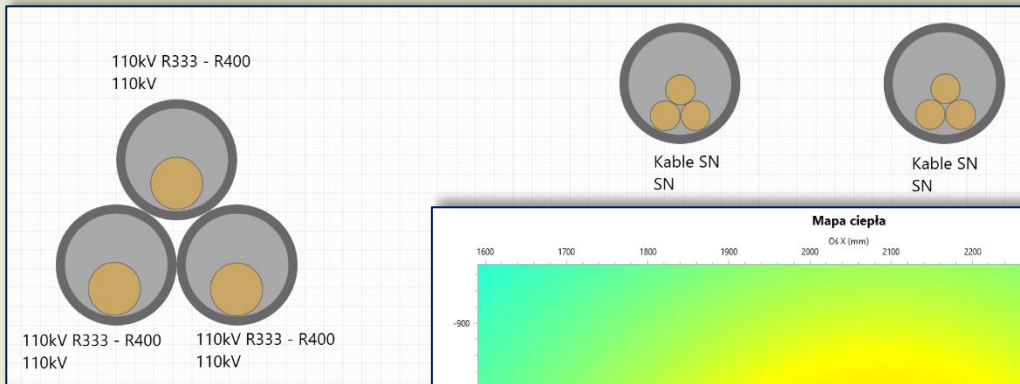


Analiza zagrożenia porażeniem prądem

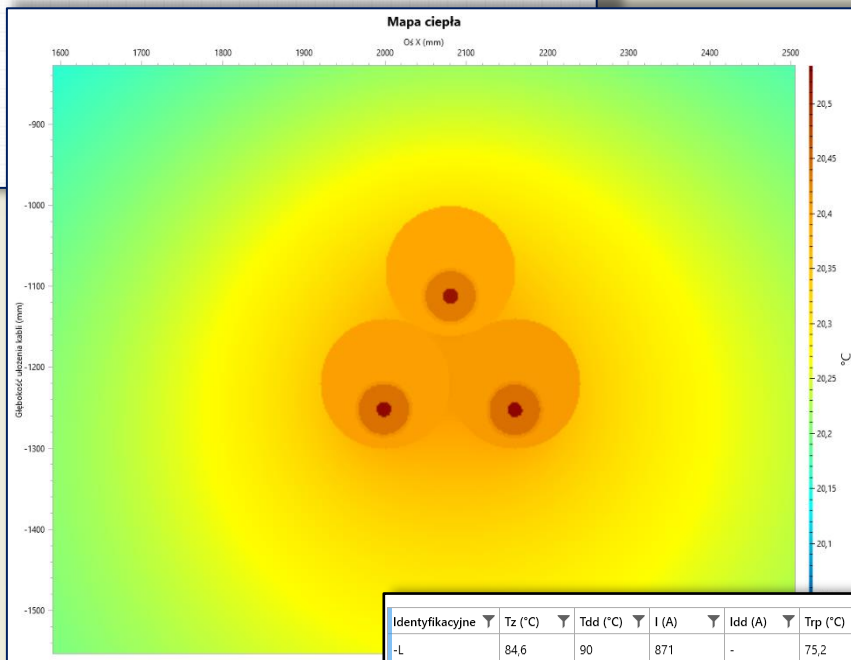


Profil podłużny i obciążalność

Modelowanie torów prądowych

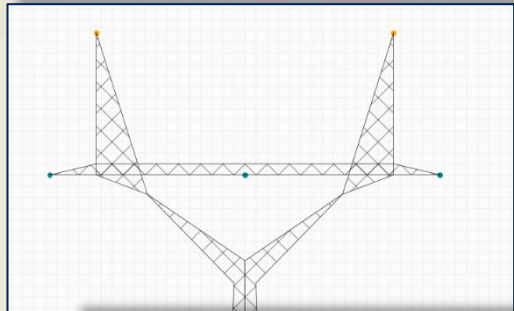


Wyznaczanie temperatury kabla przy zadanym obciążeniu prądowym



Wyznaczanie obciążalności dopuszczalnej długotrwałe

Identyfikacyjne	Tz (°C)	Tdd (°C)	I (A)	Idd (A)	Trp (°C)	Ioz (A)	Ildor (A)	Informacja
-L	84,6	90	871	-	75,2	-	-	
-P	86,4	90	871	-	77,0	-	-	
-S	85,1	90	871	-	75,7	-	-	
-L	90,0	90	871	871	80,7	991	1185	
-P	88,3	90	871	-	78,9	-	-	
-S	88,4	90	871	-	79,0	-	-	



Wyznaczanie parametrów zastępczych linii napowietrznych

Identyfikacyjne	X (m)	Y (m)	L (m)
L1 - Tor przewodu 1	-2,0	14	0
L2 - Tor przewodu 1	2,0	14	0
L3 - Tor przewodu 1	2,0	11,0	0

Smart OeS – architektura i funkcjonalności systemu

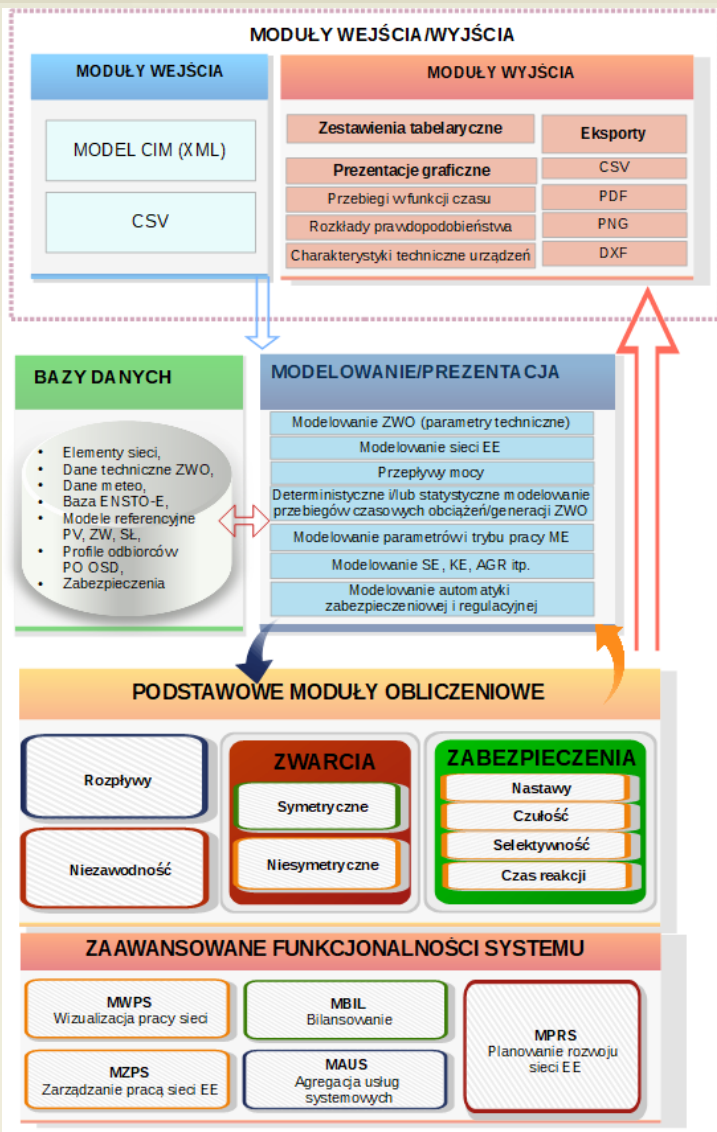


Wizualizacja pracy sieci- wizualizacja przebiegów czasowych mocy i prądów gałęziowych, napięć w węzłach sieci, strat i innych parametrów sieciowych

Bilansowanie sieci - analiza możliwości bilansowania ZWO przy uwzględnieniu zasobów regulacyjnych poszczególnych ZWO

Agregacja usług systemowych - określenie dostępnego zakresu regulacji mocy czynnej

Zarządzanie pracą sieci – analiza pracy sieci przy zadawanym przez użytkownika celu regulacji (minimalizacja ograniczeń, zadany przebieg obciążenia w wybranej gałęzi)



Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

POIR.01.01.01-00-0972/18



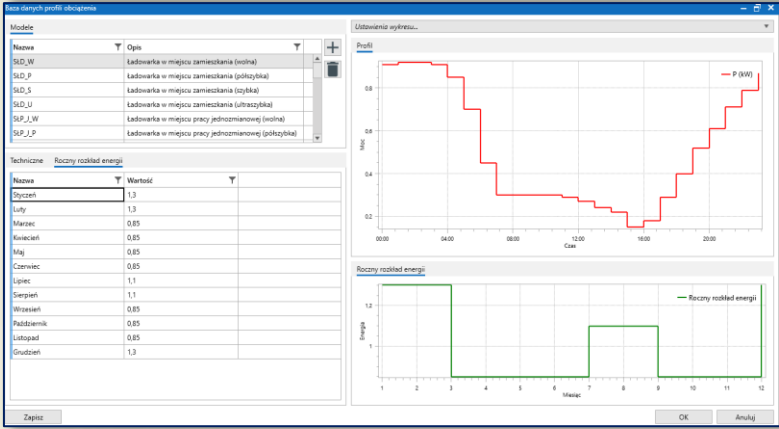
Planowanie rozwoju sieci EE - ocena wystarczalności popytowo-podażowej, określanie decyzji inwestycyjnych, optymalizacja ścieżki rozwoju, ocena ekonomiczna rozwiązań



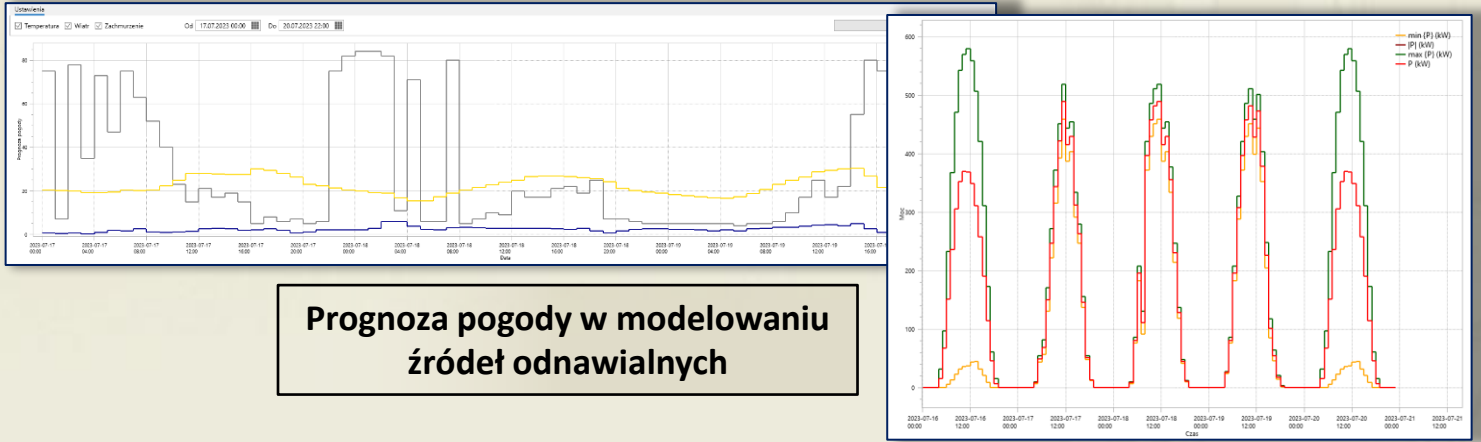
Smart OeS – modelowanie ZWO (zasób wytwórczo-odbiorczy)



Modelowanie stacji ładowania pojazdów elektrycznych

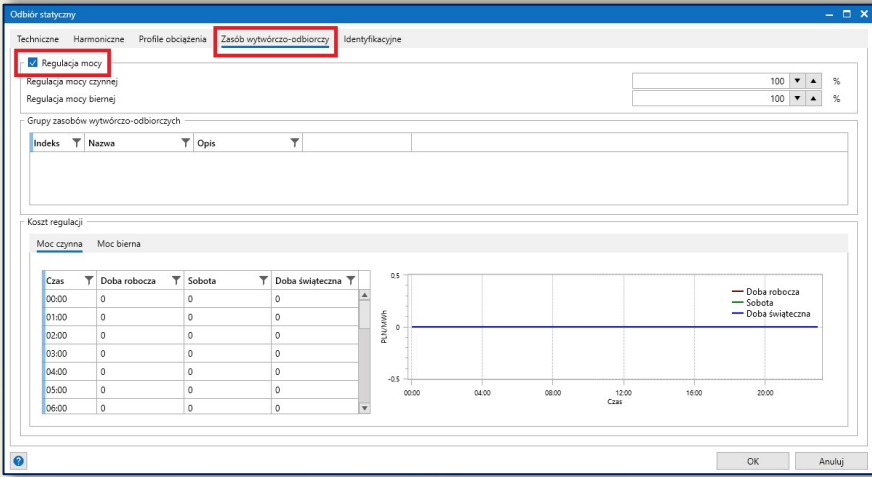


Modelowanie źródeł wytwórczych z wykorzystaniem bazy ENTSO (lata klimatyczne)

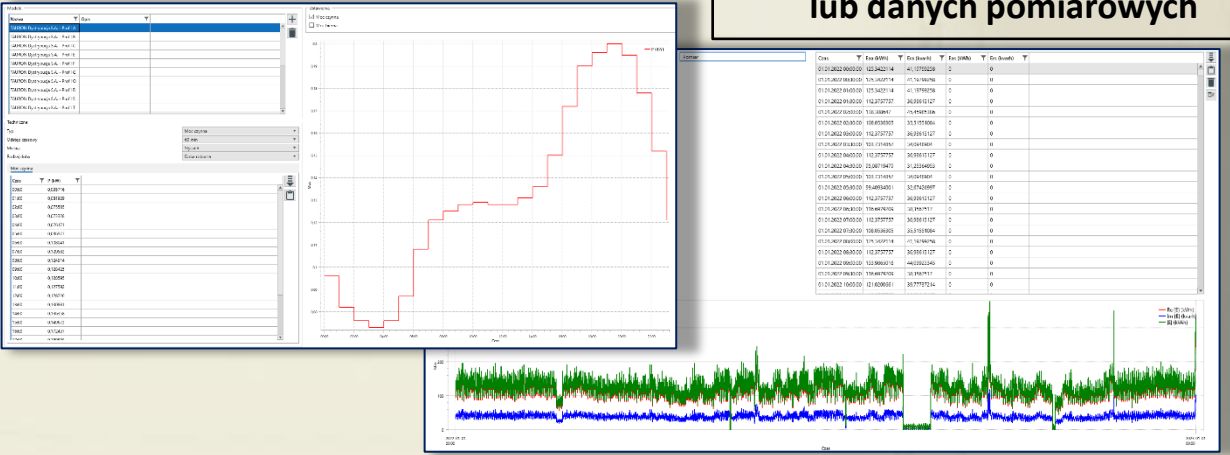


Prognoza pogody w modelowaniu źródeł odnawialnych

Modelowanie odbiorców z wykorzystaniem taryfy operatora lub danych pomiarowych

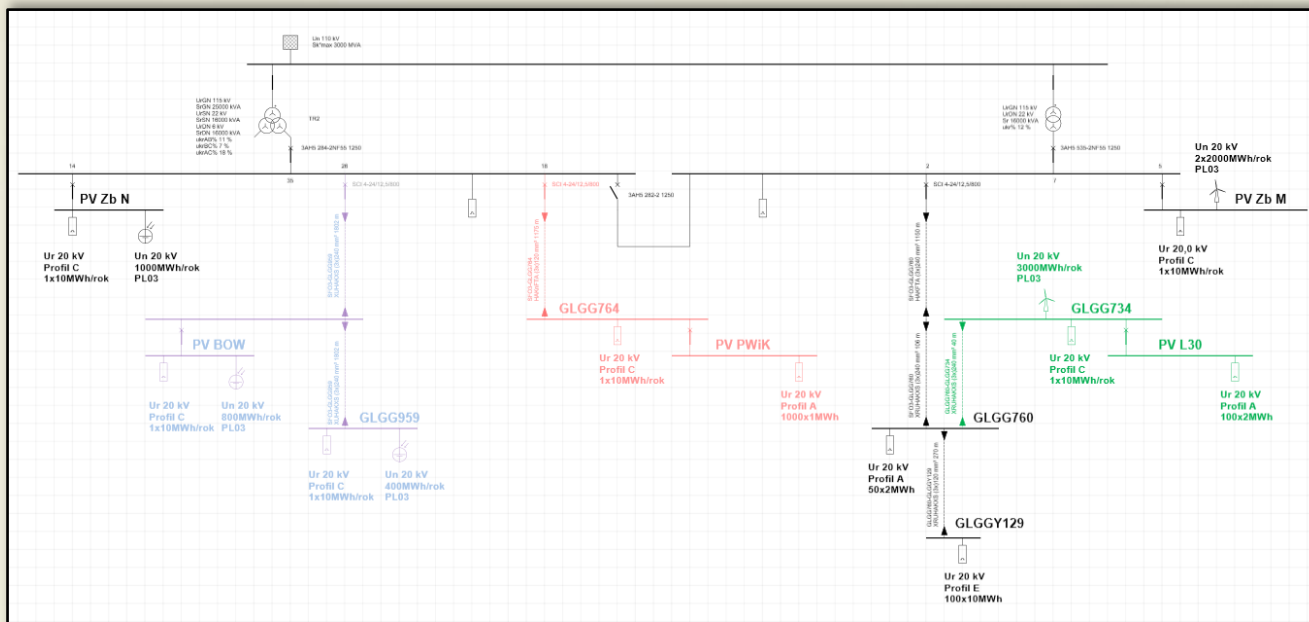


Parametryzacja ZWO



Metody wykonywania analiz (zarządzanie pracą sieci)

- **deterministyczne** – gdzie wykorzystywana jest wyłącznie wartość oczekiwana procesu losowego $EX(k)$ – pojedynczy grafik, dla każdego obiektu w sieci,
- **stochastyczne** (metoda Monte Carlo) – są to analizy wielowariantowe, przy czym wykorzystywane są przebiegi losowe przy wykorzystaniu odpowiednio parametryzowanych generatorów liczb pseudolosowych,
- **scenariuszowe** – są to analizy wielowariantowe, użytkownik definiuje scenariusze wybierając, dla których rodzajów obiektów ma być wykorzystywana wartość oczekiwana, maksymalna lub minimalna.



Profil obciążenia

Warunek zakończenia: ϵ 0,1 %

Interwał czasowy: 60 min

Rodzaj doby

Rodzaj doby: Doba robocza

Miesiąc: Styczeń

Rok: 2022

Interwał czasowy

Od: 03.01.2022 00:00

Do: 03.01.2022 23:55

Analiza

Deterministyczna

Statystyczna

Scenariuszowa

Liczba losowań: 0

Wartość				
Minimalna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Średnia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Maksymalna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OK Anuluj

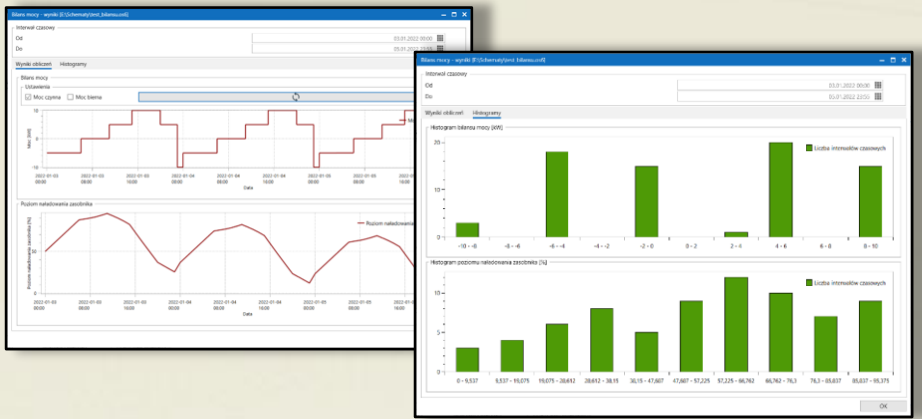
Metody wykonywania analiz (moduł planowania rozwoju sieci)

- możliwość symulacji pracy sieci przy wykorzystaniu pełnej bazy danych ENTSO-E (lata klimatyczne),
- symulacja w całym 25-letnim okresie lub jego wybranym fragmencie, bezpośrednio na podstawie danych jednogodzinnych dla odzwierciedlenia warunków generacji w źródłach ZW i instalacjach PV.
- symulacja dla założonego scenariusza (np. zmiana zapotrzebowania, zmiana generacji, zmiana cen) przy zdefiniowanych opcjach i strategiach rozwojowych

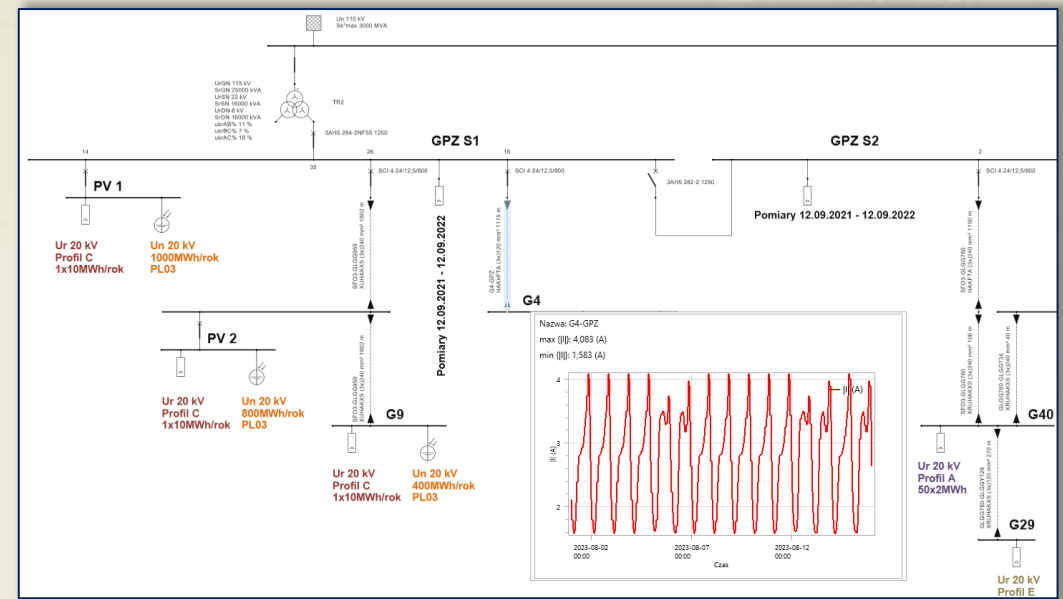
Smart OeS – funkcjonalności modułów zarządzania pracą sieci



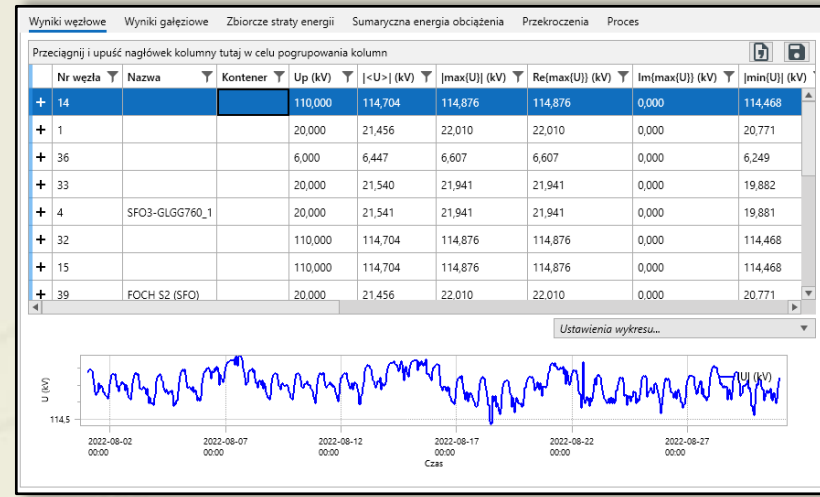
MBIL - Bilansowanie sieci - analiza możliwości bilansowania ZWO przy uwzględnieniu zasobów regulacyjnych poszczególnych ZWO



MWPS - Wizualizacja pracy sieci- wizualizacja przebiegów czasowych mocy i prądów gałęziowych, napięć w węzłach sieci, strat i innych parametrów sieciowych



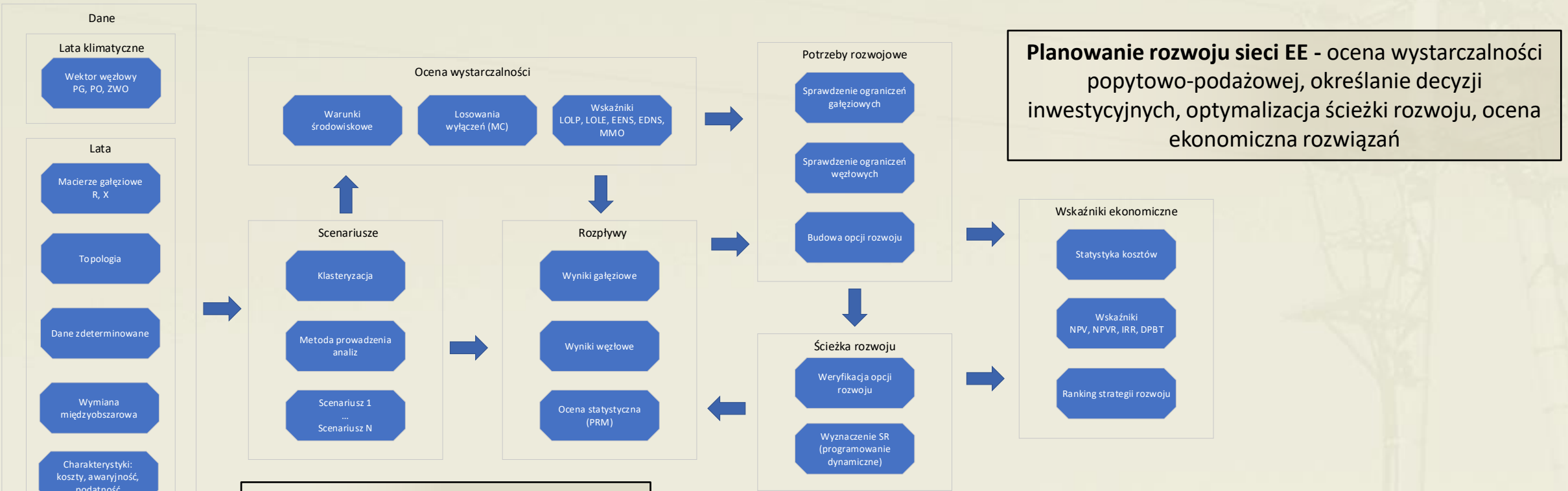
MAUS - Agregacja usług systemowych - określenie dostępnego zakresu regulacji mocy czynnej



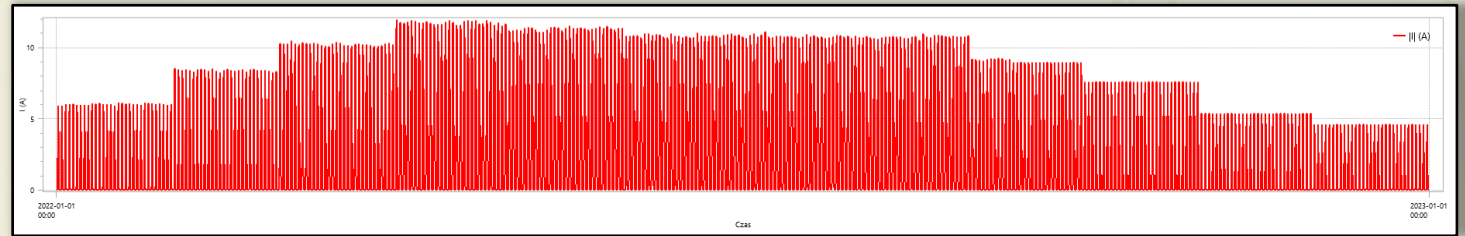
MZPS - Zarządzanie pracą sieci – analiza pracy sieci przy zadawanym przez użytkownika celu regulacji (minimalizacja ograniczeń, zadany przebieg obciążenia w wybranej gałęzi)



Smart OeS – funkcjonalności modułu planowania rozwoju sieci



- Funkcjonalności MPRS:**
- analiza lat klimatycznych
 - analiza bilansu
 - analiza ograniczeń sieciowych
 - analiza niezawodności sieci
 - analiza kosztów
 - optymalizacja ścieżki rozwoju sieci



Program ZikOS służy do kompleksowej analizy stanów pracy elektroenergetycznych linii napowietrznych. System ZikOS umożliwia analizę mechaniki przewodów, parametrów elektrycznych linii i oddziaływań linii na środowisko. Opracowane rozwiązania umożliwiają zaawansowaną analizę aktualnego stanu linii, efektywne projektowanie nowych i modernizowanych linii oraz skuteczną ocenę zagrożeń środowiskowych związanych z ich eksploatacją.

Moduły obliczeniowe:

- Mechanika przewodów linii
- Profil linii
- Obciążalność przewodów linii
- Zagrożenie porażeniowe
- Pole elektromagnetyczne

The screenshot shows the ZikOS web application interface. It includes input fields for initial conditions (e.g., initial tension, temperature), calculation method selection (classical or boundary state), and a table of results for different tower types. A blue cloud graphic is overlaid on the right side of the interface.

Lp.	Identyfikator słupa	Pozycja podstawy słupa		Wysokość przęsła	Parametry katechy izolatorów			Wielkości charakterystyczne		Wielkości obliczeniowe		Wzrost
		pozioma	pozioma		długość	masa	Ciepota obciążenia	Parcie wiatru	Ciepota obciążenia	Parcie wiatru		
		m	m	m	m	kg	N/m	N/m	N/m	N/m		
1	1	0	275,5	18,5	2,021	42	28,531	17,385	28,531	17,385	●●	
2	2	310	275,5	18,5	1,818	42	28,531	18,16	28,531	18,16	●●	
3	3	580	275,5	18,5	1,818	42	28,531	16,788	28,531	16,788	●●	
4	4	930	275,5	18,5	1,818	42	28,531	18,04	28,531	18,04	●●	
5	5	1180	275,5	18,5	1,818	42	28,531	17,222	28,531	17,222	●●	
6	6	1500	275,5	18,5	2,021	42	28,531	17,385	28,531	17,385	●●	



Analiza pojedynczego przęsła

Profil linii

Nazwa linii i nazwa sekcji

Nazwa linii:

Nazwa sekcji:

Dane przewodu

Dane użytkownika:

Przekrój obliczeniowy całego przewodu: mm²

Średnica obliczeniowa przewodu: mm

Obliczeniowy ciężar przewodu: N/m

Współczynnik wydłużenia cieplnego (poniżej punktu kolanowego):

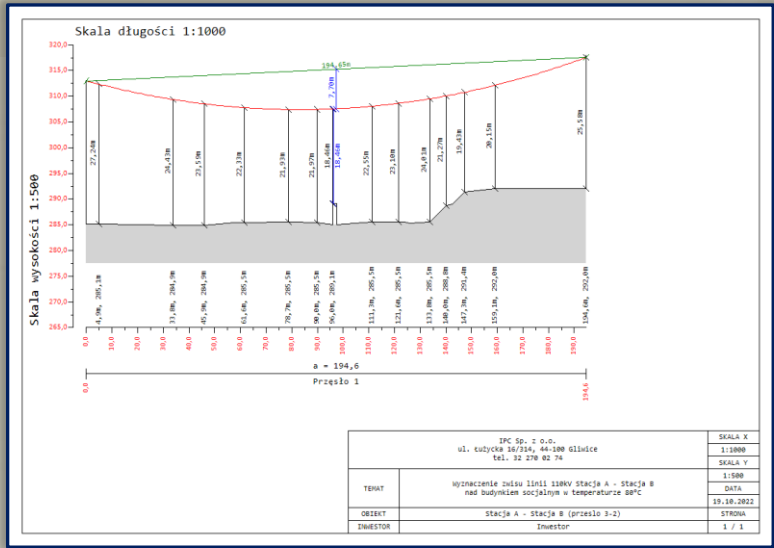
Współczynnik wydłużenia sprężystego (poniżej punktu kolanowego):

Strefa klimatyczna

Norma:

Obłożenie:

Wiatr:



Tablica montażowa

Wyniki obliczeń

[Drukuj wyniki](#)

Tablica montażowa

Naprężenie w MPa

	-25 °C	-5 °C	0 °C	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	60 °C	80 °C
	96.37	79.53	75.92	72.55	69.41	66.49	63.79	61.28	58.96	56.81	54.82	48.19	43.20

Tablica zwisów montażowych

Nr przęsła	Długość przęsła [m]	-25 °C	-5 °C	0 °C	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C	60 °C	80 °C
1	245.60	2.58	3.12	3.27	3.42	3.58	3.73	3.89	4.05	4.21	4.37	4.53	5.15	5.75
2	286.50	3.51	4.25	4.45	4.66	4.87	5.08	5.30	5.51	5.73	5.95	6.16	7.01	7.83
3	270.30	3.12	3.78	3.96	4.15	4.33	4.52	4.71	4.91	5.10	5.29	5.49	6.24	6.97
4	214.90	1.97	2.39	2.50	2.62	2.74	2.86	2.98	3.10	3.22	3.35	3.47	3.94	4.40

Copyright © 2021 - IPC Sp. z o.o. - www.ipcsp.com

Mechanika Przewodów Linii (MPL) - Tablica montażowa

Baza danych przewodów

Pełna analiza sekcji odciągowej

35870 N

10 °C

Metoda stanów granicznych

Przypadek obciążenia przewodów:

[Przykłady obciążenia przewodów...](#)

Pozycja podstawy słupa	Pionowa	Wysokość poprzeczniaka	Parametry tańcucha izolatorów		Wielkości charakterystyczne		Wielkości obliczeniowe		Większ
			długość	masa	Ciepłota obciążenia	Parcie wiatru	Ciepłota obciążenia	Parcie wiatru	
m	m	m	m	kg	N/m	N/m	N/m	N/m	
0	275.5	18.5	2.021	42		0		0	+
310	275.5	18.5	1.818	42		0		0	+
580	275.5	18.5	1.818	42		0		0	+
930	275.5	18.5	1.818	42		0		0	+
1180	275.5	18.5	1.818	42		0		0	+
1500	275.5	18.5	2.021	42		0		0	+

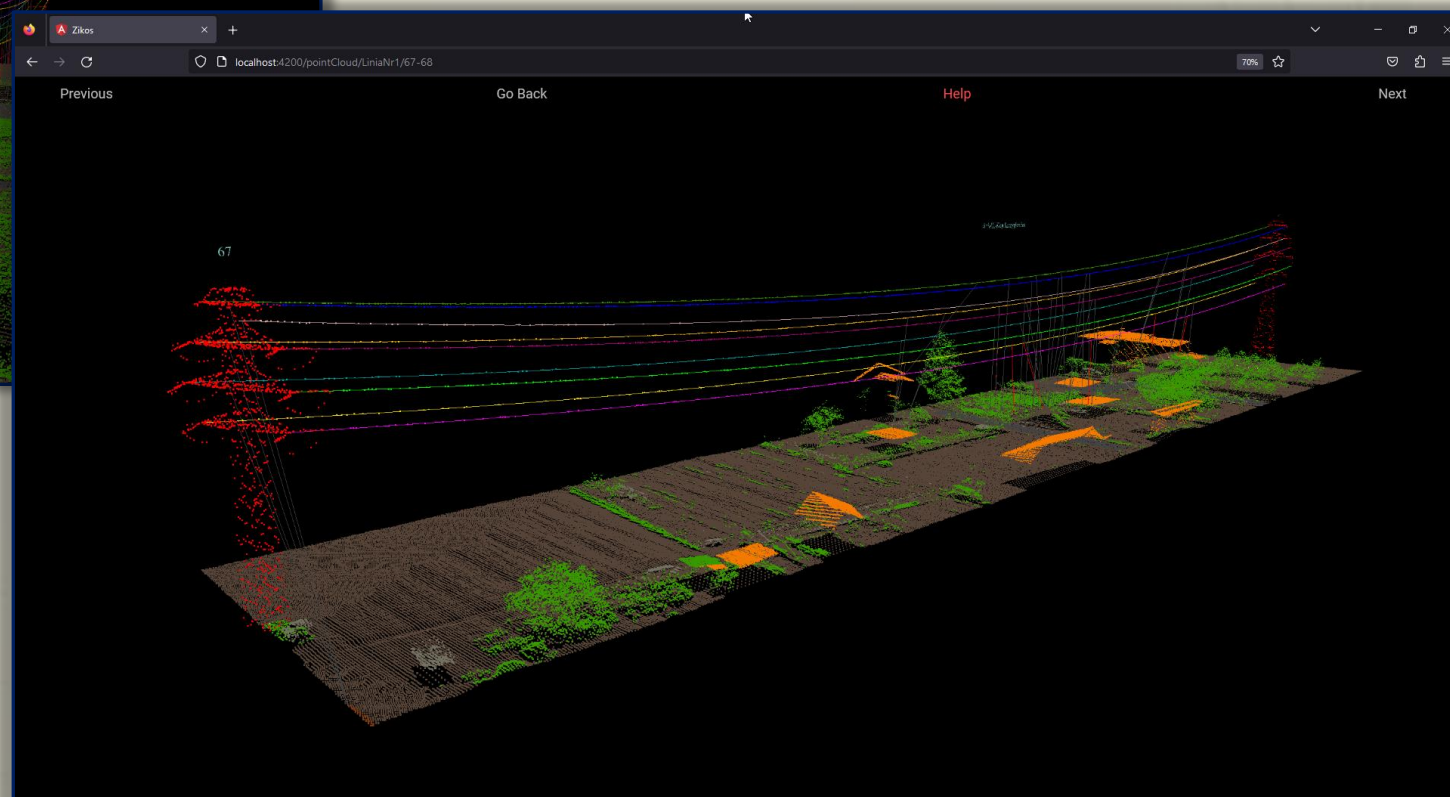
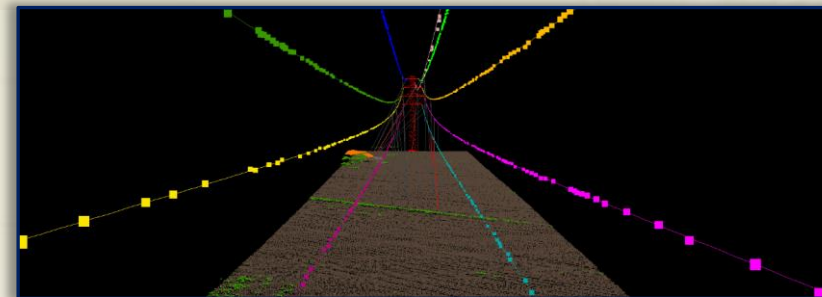
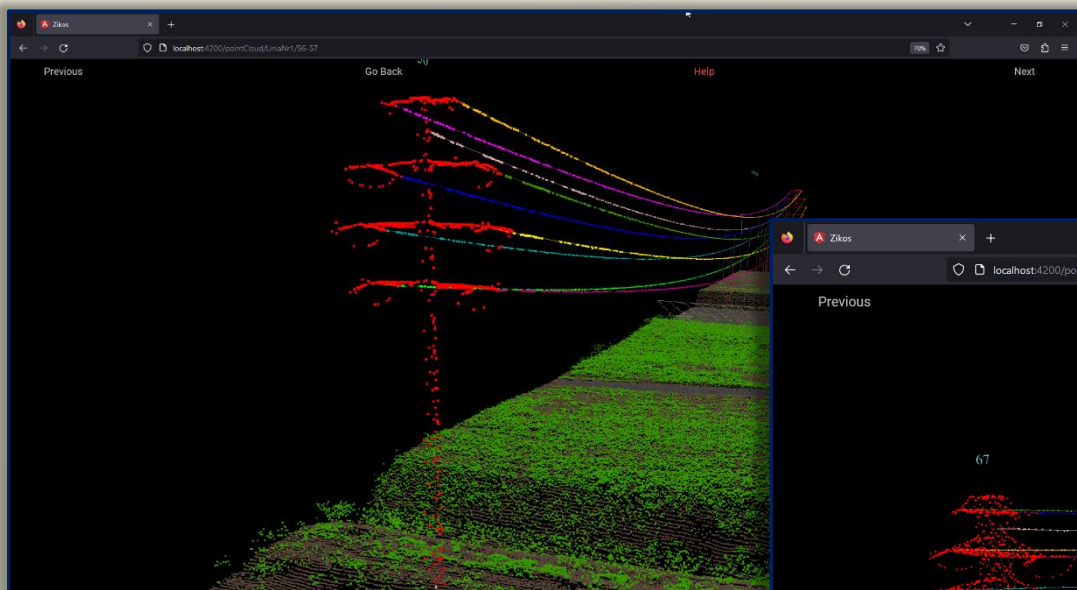
[Dodaj słup](#) [Usuń słup](#) [Usuń słupy](#)

Według specyfikacji użytkownika Według normy

Naprężenia na podstawie pomiarów geodezyjnych



Wizualizacja i analiza danych z oblotów



Modelowanie uziomów

Rezystancja uziomu:

$$R = 1,625 \Omega$$

Współczynnik dotykowy:

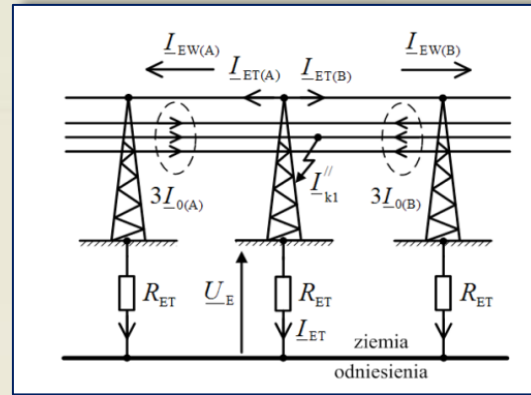
$$\alpha_D = 0,0762$$

Potencjał względny na powierzchni gruntu w odległości x od środka otoku



Rozkład potencjału na powierzchni gruntu

Dane uziomów otokowych							Zwiń/rozwiń		
Lp.	Szerokość taśmy m	Grubość taśmy m	Głębokość zakopania uziomu m	Rezystywność gruntu Ω/km	Rodzaj uziomu	Promień r / Długość boku a1 m	Długość boku a2 m		
1	0.025	0.004	0.600	100.000	○	3.300		+	-
2	0.025	0.004	0.850	100.000	○	3.800		+	-
3	0.025	0.004	1.100	100.000	○	4.300		+	-
4	0.025	0.004	1.350	100.000	○	4.800		+	-
5	0.025	0.004	1.600	100.000	○	5.300		+	-



Obliczenia zwarcia dla linii napowietrznych

Nazwa słupa	Prąd zwarcia 1-faz	Prąd zwarcia 1-faz ze stacji A	Prąd zwarcia 1-faz ze stacji B	Prąd zwarcia w przewodzie odgromowym do stacji A	Prąd zwarcia w przewodzie odgromowym do stacji B	Prąd słupa	Napięcie uziomowe	Prąd uziomowy	Współczynnik redukcji do stacji A	Współczynnik redukcji do stacji B
Słup	$3I_0$	$3I_{0A}$	$3I_{0B}$	I_A	I_B	I_{ET}	U_E	I_E	r_A	r_B
	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kV	kA		
1	2,972	1,747	1,225	1,822	1,054	0,112	1,677	2,258	0,760	0,760
2	2,517	1,426	1,091	1,445	0,979	0,100	1,498	1,912	0,760	0,760
3	2,271	1,238	1,033	1,224	0,958	0,094	1,407	1,726	0,760	0,760
4	2,150	1,126	1,024	1,087	0,975	0,091	1,362	1,633	0,760	0,760
5	2,118	1,065	1,054	1,004	1,028	0,090	1,347	1,610	0,760	0,760
6	2,169	1,044	1,125	0,960	1,122	0,091	1,360	1,648	0,760	0,760
7	2,317	1,066	1,251	0,948	1,279	0,094	1,405	1,760	0,760	0,760
8	2,593	1,139	1,455	0,976	1,524	0,100	1,498	1,970	0,760	0,760
9	3,030	1,274	1,756	1,060	1,876	0,111	1,662	2,302	0,760	0,760

Zagrozenie porazeniowe - Dopuszczalne napięcie dotykowe

Nazwa słupa	Napięcie uziomowe	Obliczeniowy czas zwarcia	Rezystancja dodatkowa	Współczynnik dotykowy	U_{d1}	U_{d2}	U_{d3}	U_{d4}	U_{da}	U_{stp}
Słup	U_E	t_f	R_a	α_D	V	V	V	V	V	V
	kV	s	Ω							
1	1,677	0,700	0,0	—	178,0	444,0	786,0	1242,0	178,0	—
2	1,498	0,700	0,0	—	178,0	444,0	786,0	1242,0	178,0	—
3	1,407	0,700	0,0	—	178,0	444,0	786,0	1242,0	178,0	—
4	1,362	0,700	0,0	—	178,0	444,0	786,0	1242,0	178,0	—
5	1,347	0,700	0,0	—	178,0	444,0	786,0	1242,0	178,0	—
6	1,360	0,700	0,0	—	178,0	444,0	786,0	1242,0	178,0	—
7	1,405	0,700	0,0	—	178,0	444,0	786,0	1242,0	178,0	—
8	1,498	0,700	0,0	—	178,0	444,0	786,0	1242,0	178,0	—
9	1,662	0,700	0,0	—	178,0	444,0	786,0	1242,0	178,0	—

Dopuszczalne napięcie dotykowe

Modelowanie wielotorowych linii
napowietrznych

Parametry zasilania

Napięcie: 110 kV Prąd: 309 A
Kąt fazowy napięcia: 0 Kąt fazowy prądu: 0

Parametry przewodów

Średnica przewodu: 18,1 mm
Liczba drutów w ostatniej warstwie (Nd): 36

Przewód z rdzeniem stalowym: Nie
Średnica rdzenia stalowego: mm

Przewód izolowany: Tak
Średnica izolacji: 23,2 mm
Względna przenikalność elektryczna: 2

Położenie przewodów (geometryczny środek wiązki)

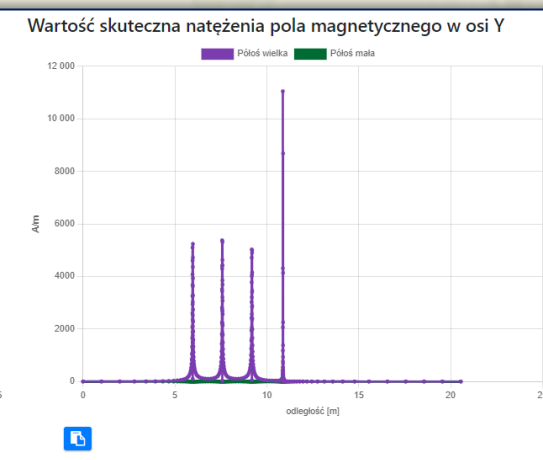
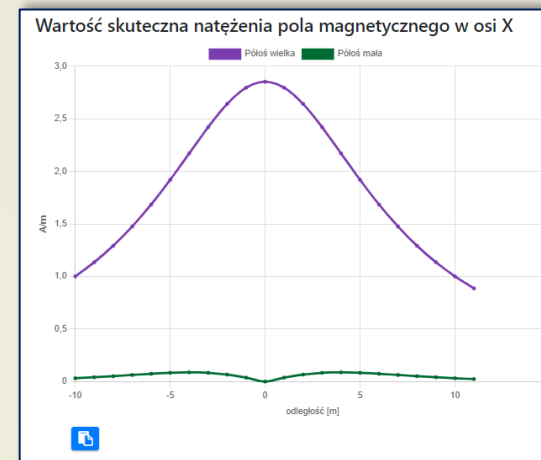
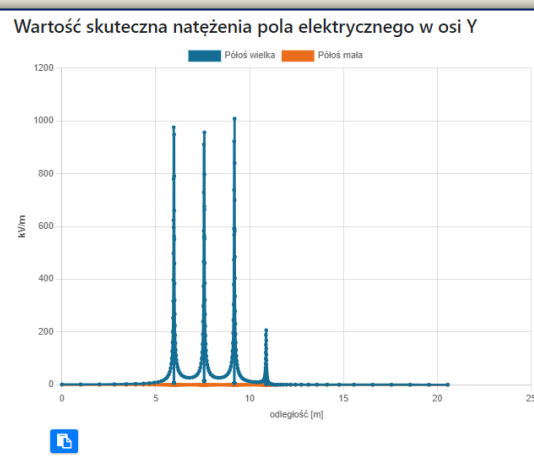
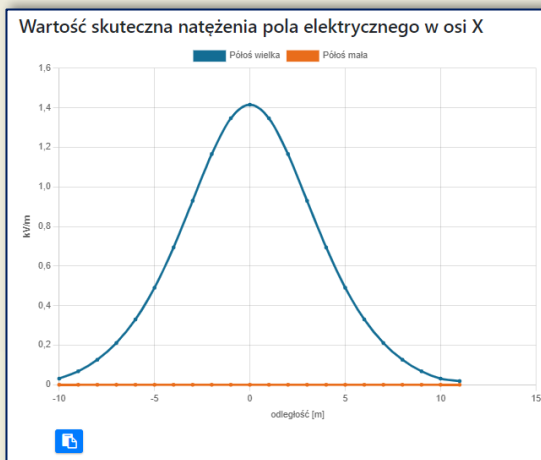
Faza	X [m]	Y [m]
L1	0	9,19
L2	0	7,58
L3	0	5,97

Przewody wiązkowe: Tak
Liczba przewodów: 1
Odstęp: 0 m
Kąt: 0

Rozkład natężenia pola
elektrycznego na powierzchni
przewodów i powierzchni izolacji

Wartość skuteczna natężenia pola
elektrycznego w osiach X i Y

Wartość skuteczna natężenia pola
magnetycznego w osiach X i Y



Dziękujemy za uwagę!



IPC Sp. z o.o.

ul. Łużycka 16/314

44-100 Gliwice

www.ipc.biz.pl

NIP: 631-266-01-81

REGON: 363305534

KRS: 0000593731

dr inż. Edward Siwy

Prezes Zarządu

Tel. +48 604 546 464

Email: ipc@ipc.biz.pl

mgr inż. Mateusz Janik

Dyrektor sprzedaży i rozwoju rynku

Tel. +48 780 009 678

Email: mateusz.janik@ipc.biz.pl