



Laboratorium Badawcze nr 1029

Akredytowane przez Czeski Instytut Akredytacji
Przedsiębiorstw Sektora Publicznego
zgodnie z ČSN EN ISO/IEC 17025:2018

PROTOKÓŁ Z TESTU LABORATORIUM AKREDYTOWANEGO

13092/26

Rewizja 0

KLIENT	Amentum Clean Energy s.r.o. ul. Křenová 184 602 00 Brno
PRZEDMIOT TESTU	Przestrzeń pod linią napowietrzną 400 kV i nad linią kablową 110 kV
SPECYFIKACJA TYPU	Wyprowadzenie mocy i zasilanie potrzeb własnych SMR ETE
PRZEPISY ODNOSZĄCE SIĘ DO TESTÓW	IP5 (Rozporządzenie Rządu nr 291/2015 Dz.U.; Biuletyn Ministerstwa Zdrowia Republiki Czeskiej, R. 2017, nr 8; ČSN 33 2040)
WYNIKI TESTÓW	podsumowanie wyników testów znajduje się na stronie 5
LICZBA STRON	34
DATA WYDANIA	2026-09-18

wykonał:
Ing. Martin Kněnický, Ph.D.
Kierownik testu

zatwierdził:
Ing. Marek Brosch
Kierownik
EGU HV LABORATORY

autoryzował:
Ing. Jan Lachman, Ph.D.
Dyrektor
EGU - HV Laboratory a.s.

 **REAL
INDEPENDENT TESTING**

WWW.EGUHV.COM

EGU – HV Laboratory a.s.
EGU HV LABORATORY, Podnikatelská 267, 190 11 Praga 9 – Běchovice, Republika Czeska | +420 267 193 361 | info@eguhv.com

Protokół z testu jest poufny i nie może być udostępniany osobom trzecim bez pisemnej zgody klienta. Protokołu nie wolno powielać w jakiegokolwiek innej formie niż w całości bez pisemnej zgody laboratorium. Wyniki testu odnoszą się wyłącznie do przedmiotu testu i nie zastępują innych dokumentów. O ile nie zaznaczono inaczej, wszystkie testy przeprowadzane są w siedzibie EGU HV LABORATORY. EGU HV LABORATORY nie ponosi odpowiedzialności za wyniki testów w przypadkach, w których informacje dostarczone przez klienta mogą mieć wpływ na ich ważność.

SD 1.16.C_v01

SZCZEGÓŁY TESTU

PRZEDMIOT TESTU	Przestrzeń pod linią napowietrzną 400 kV i nad linią kablową 110 kV
SPECYFIKACJA TYPU	Wyprowadzenie mocy i zasilanie potrzeb własnych SMR ETE
NR RYSUNKU	N/A
PRODUCENT	N/A
DATA DOSTAWY	N/A
DATA TESTU	Od 2026-05-04 do 2026-05-15
NR ZAMÓWIENIA	WC003349
Z UDZIAŁEM	N/A
ZAŁĄCZNIK	N/A
PRZEGLĄD REWIZJI	Rew.0 – Pierwsze wydanie

Wydanie o najwyższym numerze rewizji jest zawsze obowiązujące i zastępuje wszystkie wcześniej wydane wersje.

PROTOKÓŁ Z TESTU LABORATORIUM AKREDYTOWANEGO obejmuje procedury testowe wchodzące w zakres akredytacji laboratorium wysokonapięciowego EGU HV LABORATORY, stanowiący integralną część Certyfikatu akredytacji. Procedury testowe są zgodne z normami międzynarodowymi, regionalnymi i krajowymi. Wszelkie odstępstwa od tych normatywnych procedur są wyraźnie oznaczone.

SPIS TREŚCI

1	IDENTYFIKACJA PRZEDMIOTU TESTU	4
2	OGÓLNE WYNIKI OCENY (TESTU)	5
3	WYMAGANIA ROZPORZĄDZENIA RZĄDU NR 291/2015 DZ.U.	8
4	PARAMETRY OCENIANEJ LINII	12
4.1	Konstrukcje wsporcze.....	12
4.2	Oceniane równoległe przebiegi	13
4.3	Oceniane skrzyżowanie.....	15
4.4	Parametry przewodów	15
5	BŁĘDY OBLICZENIOWE OPROGRAMOWANIA OVERHEAD	18
6	WYNIKI OBLICZEŃ	19
6.1	Równoległy przebieg podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) i jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE)	19
6.2	Równoległy przebieg jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE) z dwiema jednotorowymi liniami napowietrznymi 400 kV (ETE 1,2)	25
6.3	Skrzyżowanie podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) z liniami napowietrznymi 400 kV i 110 kV istniejących bloków	28

1 IDENTYFIKACJA PRZEDMIOTU TESTU

Celem oceny jest sprawdzenie obowiązujących limitów higienicznych w zakresie pól elektrycznych i magnetycznych (promieniowania niejonizującego) zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U. i ČSN 33 2040 dla planowanej sytuacji budowy nowej linii napowietrznej 1x400 kV i nowej podziemnej linii kablowej 110 kV w ramach planowanego przedsięwzięcia SMR ETE. Przedmiotem planowanego przedsięwzięcia jest budowa nowej linii kablowej 110 kV do zasilania potrzeb własnych oraz nowej jednotorowej linii napowietrznej 400 kV do wyprowadzenia mocy w ramach projektu SMR ETE. Ocena ma na celu przeanalizowanie oddziaływania pól elektrycznych i magnetycznych w miejscach równoległego przebiegu i skrzyżowań nowo zaprojektowanych linii z istniejącą siecią przesyłową i dystrybucyjną, w szczególności z liniami 400 kV i 110 kV w lokalizacji Temelín.

Metodą oceny jest obliczenie parametrów pola elektromagnetycznego o częstotliwości 50 Hz (natężenie pola elektrycznego E (kV/m) oraz indukcji magnetycznej B (μT)). Na podstawie tych wielkości oblicza się zmodyfikowane natężenie pola elektrycznego E_{mod} indukowanego w tkance ludzkiej na wysokości 1,8 m nad ziemią w przypadku linii napowietrznych i na wysokości 0,1 m nad ziemią w przypadku linii kablowych (biorąc pod uwagę osoby leżące na ziemi). Zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U. za decydujące należy uznać narażenie w okolicy głowy. Przy konfigurowaniu torów linii w symulacji standardowo bierze się pod uwagę najmniej korzystną kolejność faz pod względem wielkości pola elektromagnetycznego. Wszystkie obliczenia pola elektromagnetycznego wykonano przy użyciu programu OVERHEAD w wersji 3.1.0.31.

Ocenę skutków pola elektromagnetycznego przeprowadza się zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi (w szczególności ustawą nr 258/2000 Dz.U. ze zmianami i Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U. ze zmianami) i obowiązującymi normami technicznymi (np. ČSN 33 2040 i PNE 33 3300 wyd. 3). Obliczenia wykonano zgodnie z metodyką Ministerstwa Zdrowia z dnia 11 lipca 2017 r.

2 OGÓLNE WYNIKI OCENY (TESTU)

Tab. 1 Wyniki oceny (testu)

Nazwa ocenianego wariantu linii (przekroju)	Przepis dotyczący testu	Wynik (Stwierdzenie zgodności)
Równoległy przebieg podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) i jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE)	ČSN 33 2040, Rozporządzenie Rządu nr 291/2015 Dz.U.	Spełnia wymagania
Równoległy przebieg jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE) z dwiema jednotorowymi liniami napowietrznymi 400 kV (ETE 1,2)	ČSN 33 2040, Rozporządzenie Rządu nr 291/2015 Dz.U.	Spełnia wymagania
Skrzyżowanie podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) z liniami napowietrznymi 400 kV i 110 kV istniejących bloków	ČSN 33 2040, Rozporządzenie Rządu nr 291/2015 Dz.U.	Spełnia wymagania

Objaśnienie wskaźników procedur testowych i norm:

- 1) Test przeprowadzono w zewnętrznym akredytowanym laboratorium.
- 2) Test przeprowadzono w ramach elastycznego zakresu akredytacji.
- 3) Test nie jest objęty akredytacją EGU HV Laboratory.
- 4) Procedura testowa lub kryteria oceny obejmują wymagania normatywne i wymagania klienta.

EGU – HV Laboratory przy podejmowaniu decyzji stosuje tzw. kryterium binarne:

SPEŁNIA WYMAGANIA – wynik pomiaru uznaje się za zadowalający (zgodny), jeżeli zmierzona wartość mieści się w przedziale tolerancji (specyfikacji)

NIE SPEŁNIA WYMAGAŃ – wynik pomiaru uznaje się za niezadowalający (niezgodny), jeżeli zmierzona wartość leży poza przedziałem tolerancji (specyfikacją).

Tab. 2 Podsumowanie wyników numerycznych natężenia pola elektrycznego i indukcji magnetycznej (najwyższa dopuszczalna wartość podana w normie ČSN 33 2040 wynosi $E_{max} = 10 \text{ kV/m}$ i $B_{max} = 500 \text{ }\mu\text{T}$)

Oceniany obiekt	Maksymalna wartość natężenia pola elektrycznego E_{max}	Maksymalna wartość indukcji magnetycznej B_{max}
Równoległy przebieg podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) oraz jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE) – wysokość 1,8 m nad ziemią	5,31 kV/m	26,9 μT
Równoległy przebieg podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) i jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE) – wysokość 0,1 m nad ziemią	5,13 kV/m	51,6 μT
Równoległy przebieg jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE) z dwiema jednotorowymi liniami napowietrznymi 400 kV (ETE 1,2) – wysokość 1,8 m nad ziemią	5,36 kV/m	25,4 μT
Skrzyżowanie podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) z liniami napowietrznymi 400 kV i 110 kV istniejących bloków – wysokość 1,8 m nad ziemią	5,36 kV/m	35,1 μT
Skrzyżowanie podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) z liniami napowietrznymi 400 kV i 110 kV istniejących bloków – wysokość 0,1 m nad ziemią	5,18 kV/m	63,3 μT

Tab. 3 Podsumowanie wyników numerycznych dla zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego (najwyższa dopuszczalna wartość podana w Rozporządzeniu Rządu nr 291/2015 Dz.U. wynosi $E_{mod} = 0,2$ V/m)

Nazwa ocenianego wariantu linii (przekroju)	Przyjęta minimalna wysokość przewodów fazy dolnej nad terenem h_{min}	Maksymalna wartość zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego E_{mod}
Równoległy przebieg podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) oraz jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE) – wysokość 1,8 m nad ziemią	12,5 m (400 kV) -1,3 m (kabel 110 kV)	0,047 V/m
Równoległy przebieg podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) i jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE) – wysokość 0,1 m nad ziemią	12,5 m (400 kV) -1,3 m (kabel 110 kV)	0,045 V/m
Równoległy przebieg jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE) z dwiema jednotorowymi liniami napowietrznymi 400 kV (ETE 1,2) – wysokość 1,8 m nad ziemią	12,5 m	0,048 V/m
Skrzyżowanie podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) z liniami napowietrznymi 400 kV i 110 kV istniejących bloków – wysokość 1,8 m nad ziemią	12,5 m (400 kV) 7,1 m (110 kV) -1,3 m (kabel 110 kV)	0,049 V/m
Skrzyżowanie podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) z liniami napowietrznymi 400 kV i 110 kV istniejących bloków – wysokość 0,1 m nad ziemią	12,5 m (400 kV) 7,1 m (110 kV) -1,3 m (kabel 110 kV)	0,052 V/m

3 WYMAGANIA ROZPORZĄDZENIA RZĄDU NR 291/2015 DZ.U.

Rozporządzenie Rządu nr 291/2015 Dz.U. (zwane dalej „Rozporządzeniem 2015”) ustala najwyższe dopuszczalne wartości zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego E_{mod} w tkance ludzkiej dla częstotliwości pola elektromagnetycznego 0 Hz – 10 MHz (a zatem również dla 50 Hz):

- $E_{mod} = 1,0 \text{ V/m}$ – dla pracowników
- $E_{mod} = 0,2 \text{ V/m}$ – dla osób fizycznych w środowisku komunalnym (poza zawodowym)

Pracownikiem w rozumieniu Rozporządzenia 2015 jest osoba, która zobowiązała się do wykonywania pracy zależnej w ramach podstawowego stosunku pracy i obecnie wykonuje tę pracę. W kontekście Rozporządzenia 2015 osobą fizyczną w środowisku komunalnym jest każda osoba, która nie jest pracownikiem.

Aby określić zmodyfikowane natężenie pola elektrycznego E_{mod} , należy najpierw określić natężenie wewnętrznego pola elektrycznego E indukowanego w tkance przez zewnętrzne pole elektromagnetyczne. Zewnętrzne pole elektromagnetyczne wyraża się za pomocą wielkości indukcji magnetycznej B^{ext} i natężenia pola elektrycznego E^{ext} , przy czym obowiązuje następująca zasada:

$$E_1 = K_B \cdot \frac{dB^{ext}}{dt} \quad (1)$$

$$E_2 = \frac{\epsilon_0}{\sigma} \cdot K_E \cdot \frac{dE^{ext}}{dt} \quad (2)$$

$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ – przenikalność elektryczna próżni

$\sigma = 0,20 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ – przewodność elektryczna tkanki

K_B , K_E – współczynniki narażenia (rozkład pola, jego orientacja względem ciała i lokalizacja na ciele)

Zgodnie z Rozporządzeniem 2015 za decydujące należy uznać narażenie w okolicy głowy. Aby uwzględnić najgorszy scenariusz pod względem higienicznym, zakłada się ponadto, że stopy osoby mają kontakt przewodzący z ziemią (bose stopy na wilgotnej ziemi). Rozważa się zatem najgorszy scenariusz pod względem higienicznym, w którym ciało jest narażone na działanie jednorodnego pola magnetycznego prostopadłego do klatki piersiowej oraz jednorodnego pola elektrycznego w kierunku od głowy do stóp. Jeśli chodzi o wybór stałych, wybiera się bardziej rygorystyczny filtr, biorąc pod uwagę narażenie głowy – konkretnie narażenie oczu i ucha środkowego ($K_B = 0,05 \text{ m}$ i $K_E = 66$).

Chociaż zarówno natężenie pola elektrycznego, jak i indukcja magnetyczna są wielkościami wektorowymi, w równaniach są one wyrażone w postaci skalarnej. Orientacja wektorowa może być w ogólnym przypadku bardzo złożona i zależy od konkretnego rozkładu pola elektrycznego i magnetycznego wzbudzającego. Sytuację można uprościć, rozpatrując przypadek najbardziej niekorzystny pod względem higienicznym, kiedy przy równoczesnym narażeniu na pole elektryczne i magnetyczne, narażenia te sumujemy.

W przypadku sygnału sinusoidalnego ocena narażenia jest bardzo prosta. Początkową wielkością składowej magnetycznej pola jest wartość skuteczna indukcji magnetycznej B_{ef}^{ext} . Amplituda indukcji magnetycznej wynosi wówczas $B_a^{ext} = \sqrt{2} \cdot B_{ef}^{ext}$ i jej pochodna czasowa, potrzebna do podstawienia do wzoru (1), ma postać:

$$\frac{dB^{ext}}{dt} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot B_a^{ext} \quad (3)$$

gdzie f jest częstotliwością. Natężenie pola elektrycznego indukowanego przez to pole magnetyczne będzie wówczas zgodne ze wzorem (1) ($K_B = 0,05$ m):

$$E_1 = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot K_B \cdot \pi \cdot f \cdot B_{ef}^{ext} \quad (4)$$

Podobnie wielkością wyjściową składowej elektrycznej pola jest wartość skuteczna natężenia pola elektrycznego E_{ef}^{ext} . Natężenie elektryczne indukowane przez to pole elektryczne będzie następnie wyprowadzone w podobny sposób zgodnie ze wzorem (2) ($K_E = 66$):

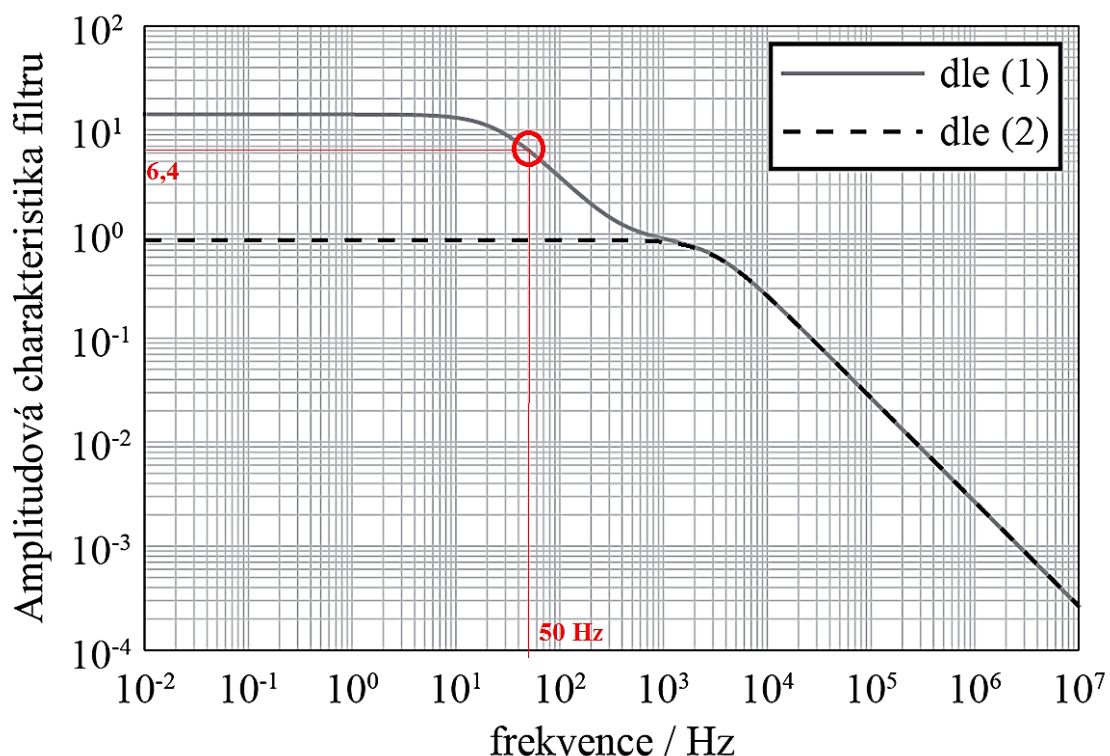
$$E_2 = \frac{\epsilon_0}{\sigma} \cdot 2 \cdot \sqrt{2} \cdot K_E \cdot \pi \cdot f \cdot E_{ef}^{ext} \quad (5)$$

Suma narażenia na pole elektryczne i magnetyczne określa natężenie indukowanego pola elektrycznego:

$$E = E_1 + E_2 = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi \cdot f \cdot \left(K_B \cdot B_{ef}^{ext} + \frac{\epsilon_0}{\sigma} \cdot K_E \cdot E_{ef}^{ext} \right) \quad (6)$$

Zmodyfikowane natężenie pola elektrycznego E_{mod} jest następnie określane przez natężenie pola elektrycznego indukowanego E , które przechodzi przez filtr o charakterystyce częstotliwościowej zgodnie z Rys. 1. Dla częstotliwości 50 Hz wartość $G(50)$ wynosi zatem 6,4, a E_{mod} wyznacza się ze wzoru:

$$E_{mod} = 6,4 \cdot E \quad (7)$$



Amplitudová charakteristika filtru	Charakterystyka amplitudy filtra
------------------------------------	----------------------------------

dle (1)	zgodnie z (1)
dle (2)	zgodnie z (2)
frekwencje / Hz	częstotliwość / Hz

Rys. 1 Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa filtrów określających modyfikowane natężenie pola elektrycznego

W Rozporządzeniu 2015 określono również wartości odniesienia dla natężenia pola elektrycznego E oraz indukcji magnetycznej B , których celem jest uproszczenie oceny sytuacji narażenia. Wartości odniesienia określone są za pomocą wielkości E_{ef}^{Limit} i B_{ef}^{Limit} , które zgodnie z tabelą zawartą w Rozporządzeniu 2015, dla częstotliwości 50 Hz przyjmują następujące wartości:

- $E_{ef}^{Limit} (50 \text{ Hz}) = 10 \text{ kV/m}$
- $B_{ef}^{Limit} (50 \text{ Hz}) = 1 \text{ mT}$

Aby nie przekroczyć wartości odniesienia, należy spełnić poniższe kryterium dotyczące wartości skutecznych maksymalnych wartości przestrzennych natężenia pola elektrycznego i indukcji magnetycznej dla częstotliwości 50 Hz, które wywodzi się z bardziej ogólnego kryterium określonego w Rozporządzeniu 2015:

$$\frac{E_{ef}^{ext}{}_{max}}{E_{ef}^{Limit}} + \frac{B_{ef}^{ext}{}_{max}}{B_{ef}^{Limit}} \leq H_{lim} \quad (8)$$

w tym przypadku dla współczynnika granicznego obowiązują następujące kryteria:

- $H_{lim} = 1,0$ – dla pracowników
- $H_{lim} = 0,2$ – dla osób fizycznych w środowisku komunalnym (poza zawodowym)

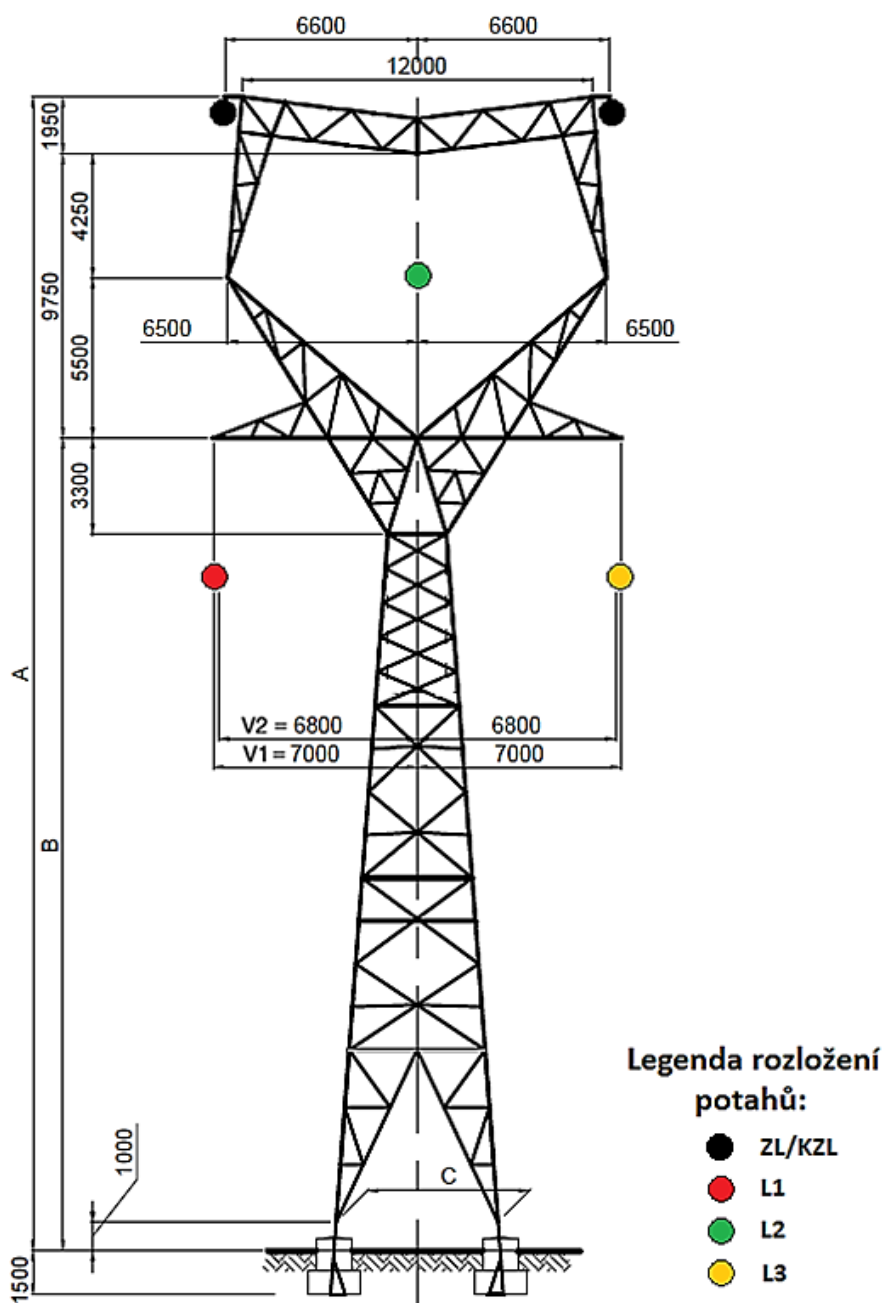
Na podstawie tego współczynnika granicznego dla osób w środowisku komunalnym wyprowadzono granice wartości odniesienia natężenia pola elektrycznego i indukcji magnetycznej na poniższych wykresach obliczeniowych:

- $E_{ef}^{ext}{}_{lim} (50 \text{ Hz}) = 2 \text{ kV/m}$
- $B_{ef}^{ext}{}_{lim} (50 \text{ Hz}) = 0,2 \text{ mT}$

4 PARAMETRY OCENIANEJ LINII

4.1 KONSTRUKCJE WSPORCZE

W ramach planowanego przedsięwzięcia SMR ETE rozważana jest budowa nowej linii napowietrznej do wyprowadzenia mocy ze słupami typu Delta 1x400 kV zgodnie z Rys. 2. Standardowa minimalna wysokość przewodów fazowych nad terenem wynosi 12,5 m.



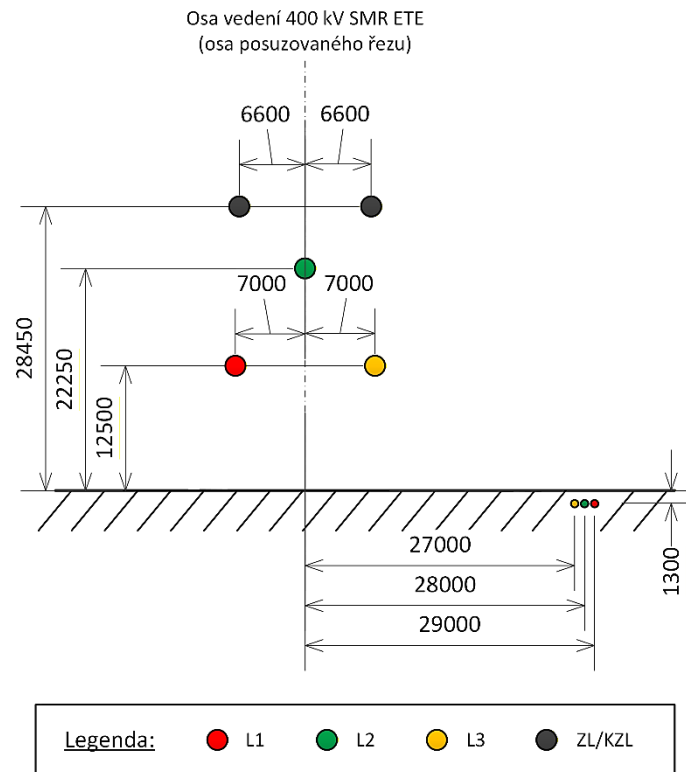
Legenda rozložení potahů:

Legenda ukladu torův linii:

Rys. 2 Schemat rozmieszczenia konstrukcji wsporczej typu Delta (2023), słup przelotowy 1x400 kV

4.2 OCENIANE RÓWNOLEGŁE PRZEBIEGI

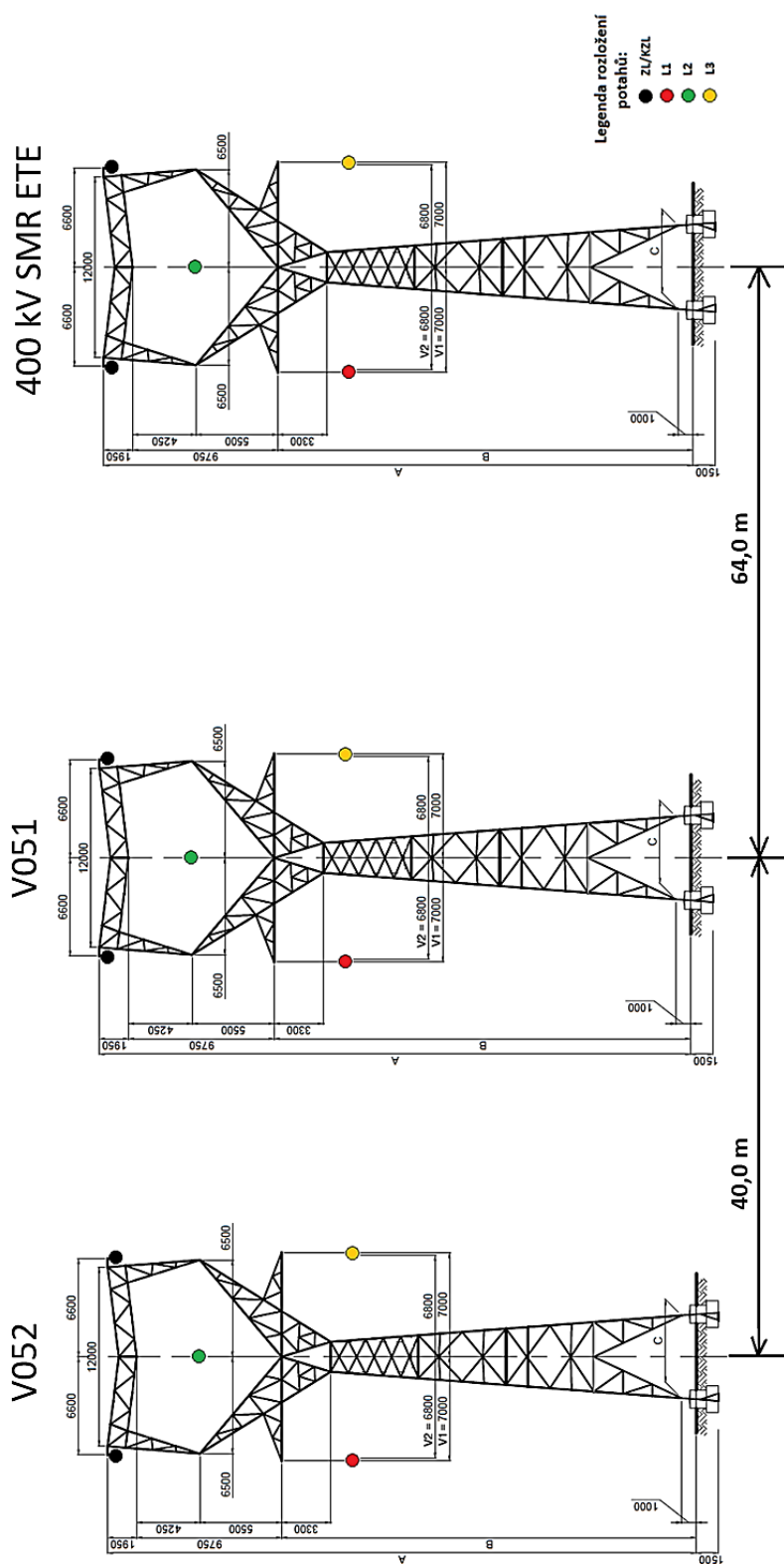
Planowana podziemna linia kablowa o napięciu 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) będzie przebiegać równoległe do planowanej jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE), która zostanie poprowadzona na konstrukcjach wsporczych typu Delta 1x400 kV. Najmniej korzystny z ocenianych wariantów zaznaczono na Rys. 3.



Osa vedení 400 kV SMR ETE (osa posuzovaného řezu)	Oś linii SMR ETE 400 kV (oś ocenianego przekroju)
Legenda:	Legenda:

Rys. 3 Oceniany równoległy przebieg planowanej podziemnej linii kablowej 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) i planowanej linii napowietrznej typu Delta 1x400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE)

Ponadto planowana jest budowa jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE), biegnącej równoległe z istniejącymi jednotorowymi liniami napowietrznymi 400 kV (wyprowadzenie mocy ETE 1,2). Wszystkie linie biegnące równoległe wykorzystują konstrukcje wsporcze typu Delta 1x400 kV. Przekrój ocenianego równoległego przebiegu jest zaznaczony na Rys. 4. Minimalna wysokość przewodów fazy dolnej nad ziemią wynosi 12,5 m dla wszystkich linii 400 kV.



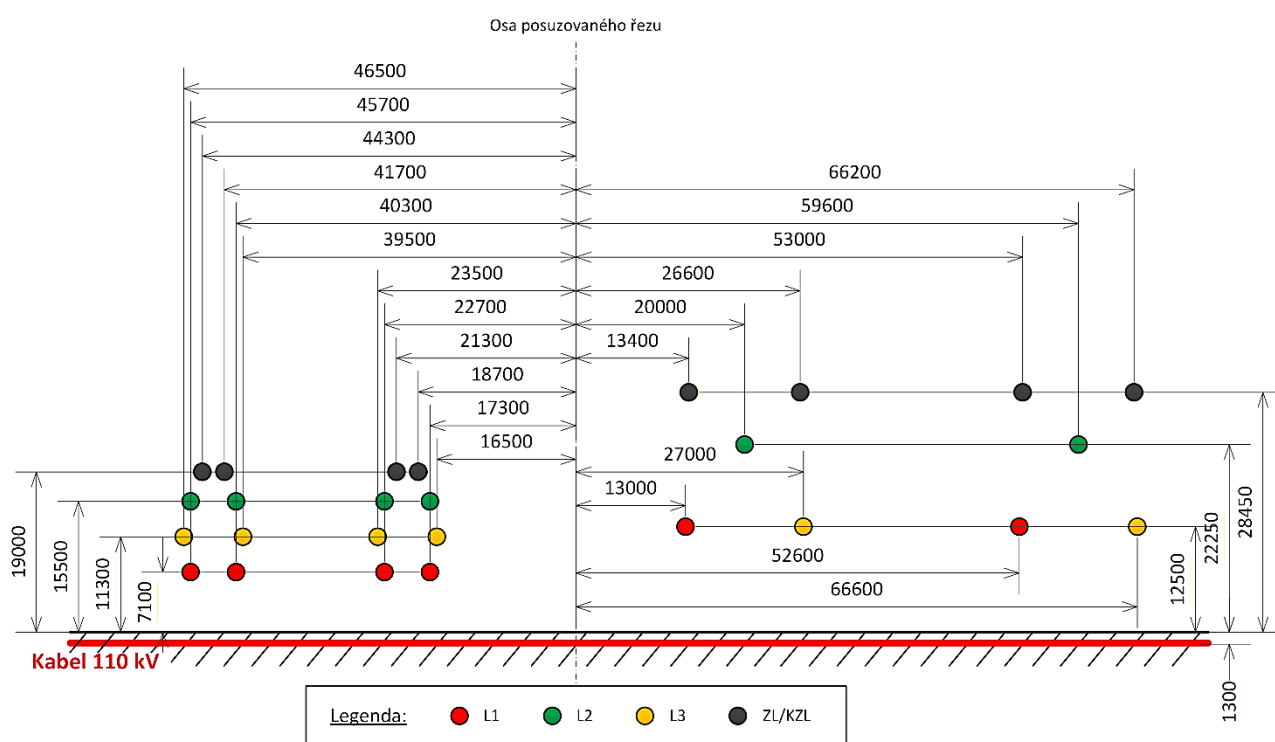
Legenda rozloženi potahů:

Legenda ukladu torůw linii:

Rys. 4 Oceniany równoległy przebieg planowanej linii napowietrznej typu Delta 1x400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE) z liniami napowietrznymi typu Delta 1x400 kV (wyprowadzenie mocy ETE 1,2)

4.3 OCENIANE SKRZYŻOWANIE

Planowana podziemna linia kablowa 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) będzie przecinać się z jednotorową linią napowietrzną typu Delta 1x400 kV (wyprowadzenie mocy ETE 1,2) oraz z linią napowietrzną 110 kV typu Soudek 2x110 kV (zasilanie potrzeb własnych ETE 1,2). Zgodnie z dokumentacją modernizacji linii napowietrznej 110 kV, w miejscu skrzyżowania każda linia napowietrzna 110 kV będzie prowadzona podwójnie (równolegle) na konstrukcjach wsporczych typu Soudek 2x110 kV. Przekrój ocenianej sytuacji skrzyżowania przedstawiono na Rys. 5. W ocenie przyjęto, że wszystkie linie w analizowanym przekroju pracują przy maksymalnym obciążeniu prądowym i napięciowym, co odpowiada najbardziej niekorzystnym warunkom pod względem oddziaływania pola elektromagnetycznego.



Osa poszukiwanego przekroju	Oś ocenianego przekroju
Kabel 110 kV	Kabel 110 kV
Legenda	Legenda

Rys. 5 Przekrój w miejscu skrzyżowania linii kablowej 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) z dwiema liniami typu Delta 1x400 kV (na prawo od osi przekroju) oraz dwiema liniami 110 kV typu Soudek 2x110 kV (na lewo od osi przekroju)

4.4 PARAMETRY PRZEWODÓW

W linii kablowej o napięciu 110 kV pole elektryczne każdej fazy jest skutecznie ekranowane przez uziemiony ekran przewodzący danej fazy, w związku z czym uwzględnia się jedynie skutki działania pola magnetycznego (natężenie pola elektrycznego jest znikome). W przypadku indukcji prądów roboczych w ekranie kabli doszłoby do sytuacji, w której przepływ prądu w ekranie kabla zmniejszyłby natężenie pola magnetycznego w otoczeniu kabla. Dla uproszczenia w obliczeniach uwzględniono najbardziej niekorzystny scenariusz pod względem oddziaływania pola

magnetycznego, w którym przez ekran nie przepływa żaden prąd indukowany, który zmniejszałby wpływ pola magnetycznego kabla na otoczenie.

Parametry przewodów dla planowanej podziemnej linii kablowej 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) i planowanej jednotorowej linii napowietrznej 400 kV (wyprowadzenie mocy SMR ETE) podano w Tab. 4 i Tab. 5. Parametry przewodów linii napowietrznych 400 kV ETE 1,2 podano w Tab. 6. Parametry przewodów linii napowietrznej 110 kV ETE 1,2 w planowanym punkcie skrzyżowania podano w Tab. 7.

Tab. 4 Parametry kabla 110 kV linii zasilania potrzeb własnych SMR ETE – 3 kable jednofazowe ekranowane

Przekrój żyły (mm ²)	Napięcie znamionowe (kV)	Prąd znamionowy (A)	Średnica żyły kabla (mm)	Materiał żyły kabla	Rezystancja prądu stałego (dla 20°C) (Ω/km)	Minimalna głębokość osadzenia (m)
1 x 400	123	410	23,0	Al	0,0778	1,3

Tab. 5 Parametry przewodów linii napowietrznej 400 kV wyprowadzenia mocy SMR ETE

Parametry	Typ	Średnica liny (mm)	Rezystancja prądu stałego (dla 20°C) (Ω/km)	Całkowity przekrój (mm ²)	Całkowita obciążalność systemu (A)
Przewody fazowe	3x 434-AL1/56-ST1A	28,8	0,0666	490,6	1800
Przewód odgromowy (PO)	1x 185-AL4/43-ST6C	19,6	0,1805	227,8	-
Kombinowany PO (KPO)	1x AL3/A20SA 203/70	22,1	0,1640	272,8	-

Tab. 6 Parametry przewodów linii napowietrznych 400 kV ETE 1,2

Parametry	Typ	Średnica liny (mm)	Rezystancja prądu stałego (dla 20°C) (Ω/km)	Całkowity przekrój (mm ²)	Całkowita obciążalność systemu (A)
Przewody fazowe	3x 434-AL1/56-ST1A	28,8	0,0666	490,6	1800
Przewód odgromowy (PO)	1x 185-AL4/43-ST6C	19,6	0,1805	227,8	-
Kombinowany PO (KPO)	1x AL3/A20SA 203/70	22,1	0,1640	272,8	-

Tab. 7 Parametry przewodów linii napowietrznej 110 kV ETE 1,2

Parametry	Typ	Średnica liny (mm)	Rezystancja prądu stałego	Całkowity przekrój (mm ²)	Całkowita obciążalność systemu (A)
-----------	-----	--------------------	---------------------------	---------------------------------------	------------------------------------

			(dla 20°C) (Ω/km)		
Przewody fazowe	1x 679-AL1/86-ST1A	36,0	0,0426	764,5	400
Przewód odgromowy (PO)	1x 185-AL4/43-ST6C	19,6	0,1805	227,8	-
Kombinowany PO (KPO)	1x AL4/A20SA 195/42	20,7	0,1718	236,9	-

5 BŁĘDY OBLICZENIOWE OPROGRAMOWANIA OVERHEAD

Walidacja oprogramowania OVERHEAD w wersji 3.1.0.31, które zostało wykorzystane w ramach oceny limitów higienicznych pola elektromagnetycznego, została przeprowadzona przy użyciu oprogramowania Wolfram Mathematica oraz COMSOL Multiphysics i stanowi część raportu wewnętrznego nr Int_1/23 z 29.08.2023 r.

Wynikiem walidacji jest potwierdzenie przydatności oprogramowania OVERHEAD do użytku oraz określenie wartości jego błędów:

- Błąd w obliczeniach pola elektrycznego δ_E jest mniejszy niż 0,001%
- Błąd w obliczeniach pola magnetycznego δ_B jest mniejszy niż 6%

Są to maksymalne możliwe błędy względne, które znajdują odzwierciedlenie w ogólnej ocenie symulacji numerycznych w ramach obliczeń zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego (patrz wzory (6) i (7)). Częścią oceny jest zatem również obliczenie błędu bezwzględnego i względnego wartości wynikowej zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego zgodnie z następującymi wzorami:

$$\Delta_{Emod} = 6,4 \cdot (\delta_B \cdot E_1 + \delta_E \cdot E_2) \quad (9)$$

$$\delta_{Emod} = (\Delta_{Emod}/E_{mod}) \cdot 100 \quad (10)$$

6 WYNIKI OBLICZEŃ

6.1 RÓWNOLEGŁY PRZEBIEG PODZIEMNYCH LINII KABLOWYCH 110 KV (ZASILANIE POTRZEB WŁASNYCH SMR ETE) I JEDNOTOROWEJ LINII NAPOWIETRZNEJ 400 KV (WYPROWADZENIE MOCY SMR ETE)

Przebiegi wartości skutecznej natężenia pola elektrycznego oraz wartości skutecznej indukcji magnetycznej w przekroju ocenianego równoległego przebiegu linii na wysokości 1,8 m nad terenem przedstawiono na Rys. 6 i Rys. 7. Przebieg zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego w tkance ludzkiej na wysokości 1,8 m nad terenem przedstawiono na Rys. 8. Przebiegi wartości skutecznej natężenia pola elektrycznego oraz wartości skutecznej indukcji magnetycznej w przekroju ocenianego skrzyżowania linii na wysokości 0,1 m nad terenem przedstawiono na Rys. 9 i Rys. 10. Przebieg zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego w tkance ludzkiej na wysokości 0,1 m nad terenem przedstawiono na Rys. 11. Przebiegi te przedstawiono w odniesieniu do wartości referencyjnych określonych w Rozporządzeniu 2015 dla osób fizycznych w środowisku komunalnym (poza zawodowym). Wyniki obliczeń oraz oceny wartości referencyjnych dla natężenia pola elektrycznego i indukcji magnetycznej zostały podsumowane dla wysokości 1,8 m nad terenem w Tab. 8 oraz dla wysokości 0,1 m nad terenem w Tab. 9.

Stwierdzenie zgodności:

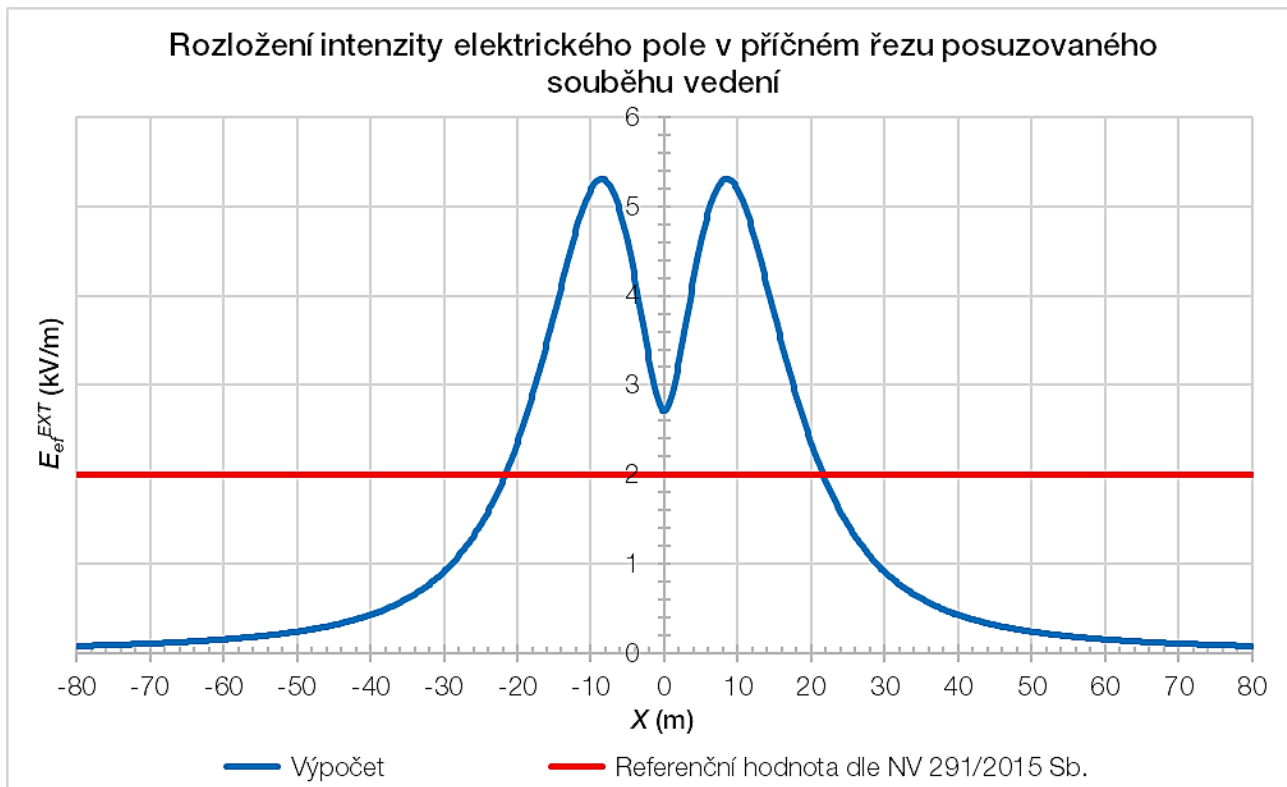
Planowany stan równoległego przebiegu podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) i jednotorowej linii napowietrznej 400 kV typu Delta (wyprowadzenie mocy SMR ETE) spełnia wymagania Rozporządzenia 2015 dotyczącego osób fizycznych w środowisku komunalnym (poza zawodowym) oraz ČSN 33 2040 „Przepisy elektrotechniczne. Ochrona przed oddziaływaniem pola elektromagnetycznego o częstotliwości 50 Hz w pasie oddziaływania urządzeń sieci elektroenergetycznej”.

Tab. 8 Wyniki obliczeń i ocena wartości referencyjnych dla E i B na wysokości 1,8 m nad terenem

$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)	ΔE_{mod} (mV/m)	δE_{mod} (%)
26,87	5,31	0,56	0,2	NIE	0,047	0,23	0,49

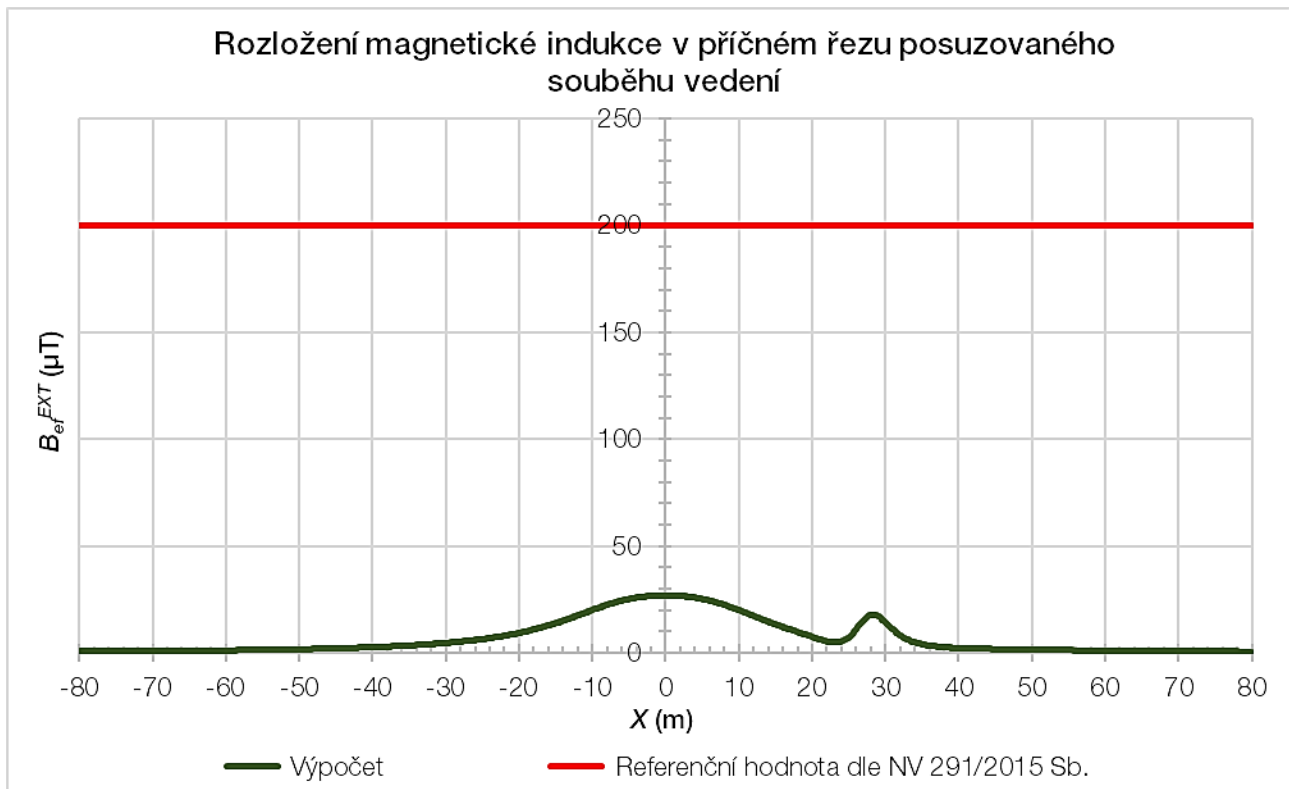
Tab. 9 Wyniki obliczeń i ocena wartości referencyjnych dla E i B na wysokości 0,1 m nad terenem

$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod_{max}}$ (V/m)	ΔE_{mod} (mV/m)	δE_{mod} (%)
51,57	5,13	0,56	0,2	NIE	0,045	0,44	0,97



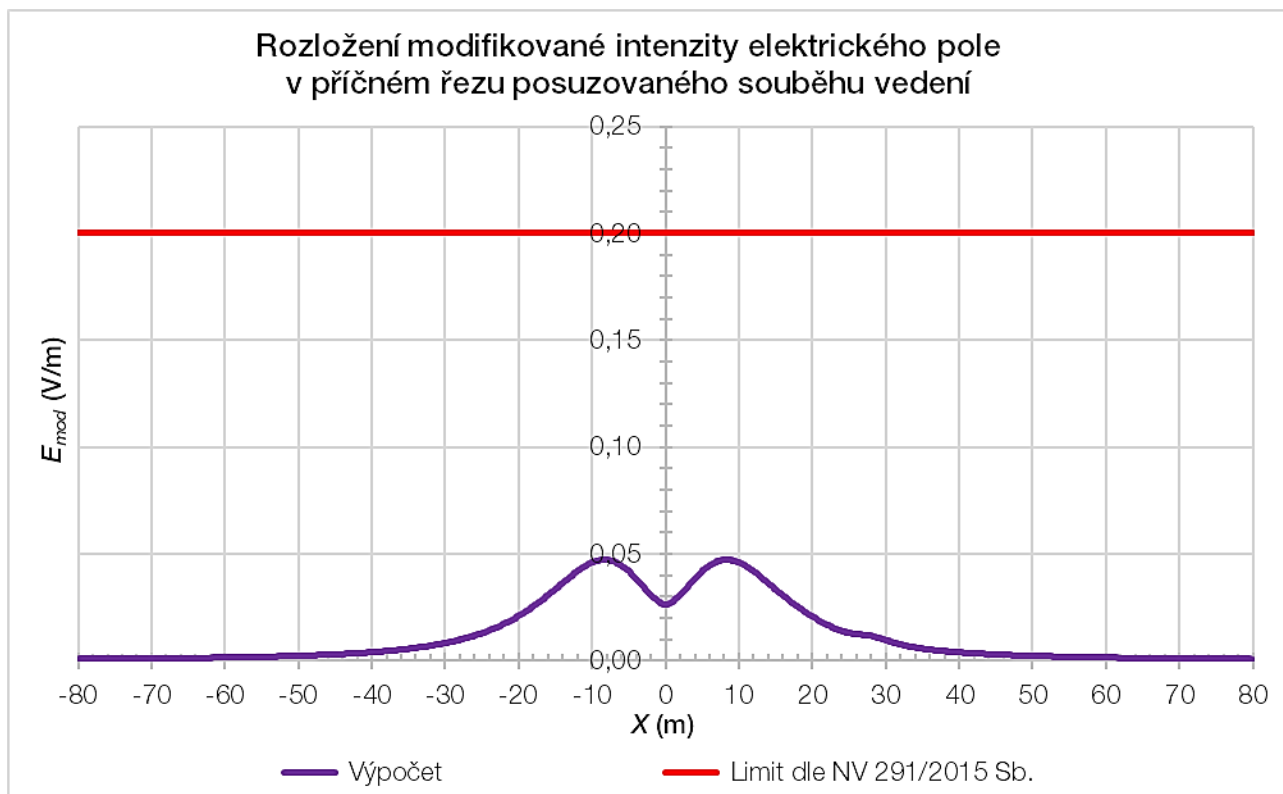
Rozložení intenzity elektrického pole v příčném řezu posuzovaného souběhu vedení	Rozklad natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym ocenianego równoległego przebiegu linii
Výpočet	Obliczenie
Referenční hodnota dle NV 291/2015 Sb.	Wartość referencyjna zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 6 Natężenie pola elektrycznego na wysokości 1,8 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego równoległego przebiegu linii



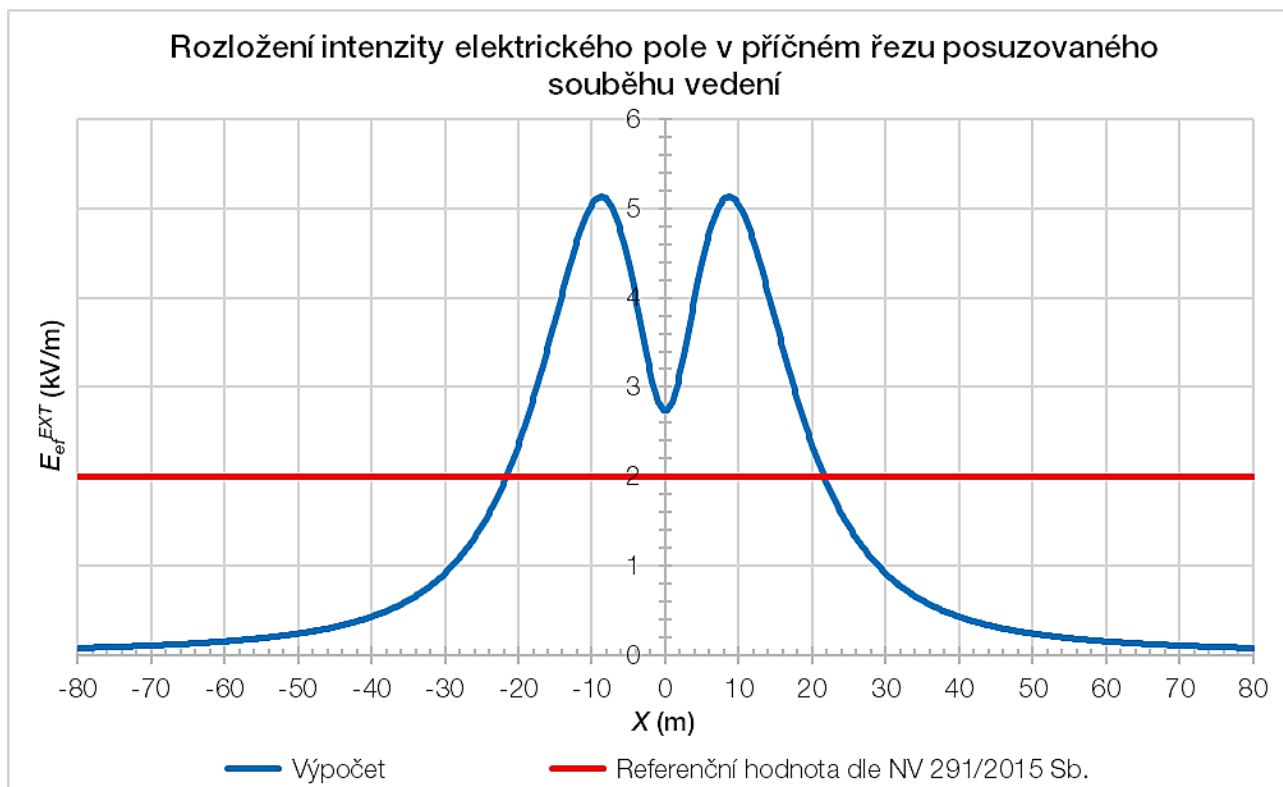
Rozložení magnetické indukce v příčném řezu posuzovaného souběhu vedení	Rozklad indukci magnetycznej w przekroju poprzecznym ocenianego równoległego przebiegu linii
Výpočet	Obliczenie
Referenční hodnota dle NV 291/2015 Sb.	Wartość referencyjna zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 7 Indukcja magnetyczna na wysokości 1,8 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego równoległego przebiegu linii



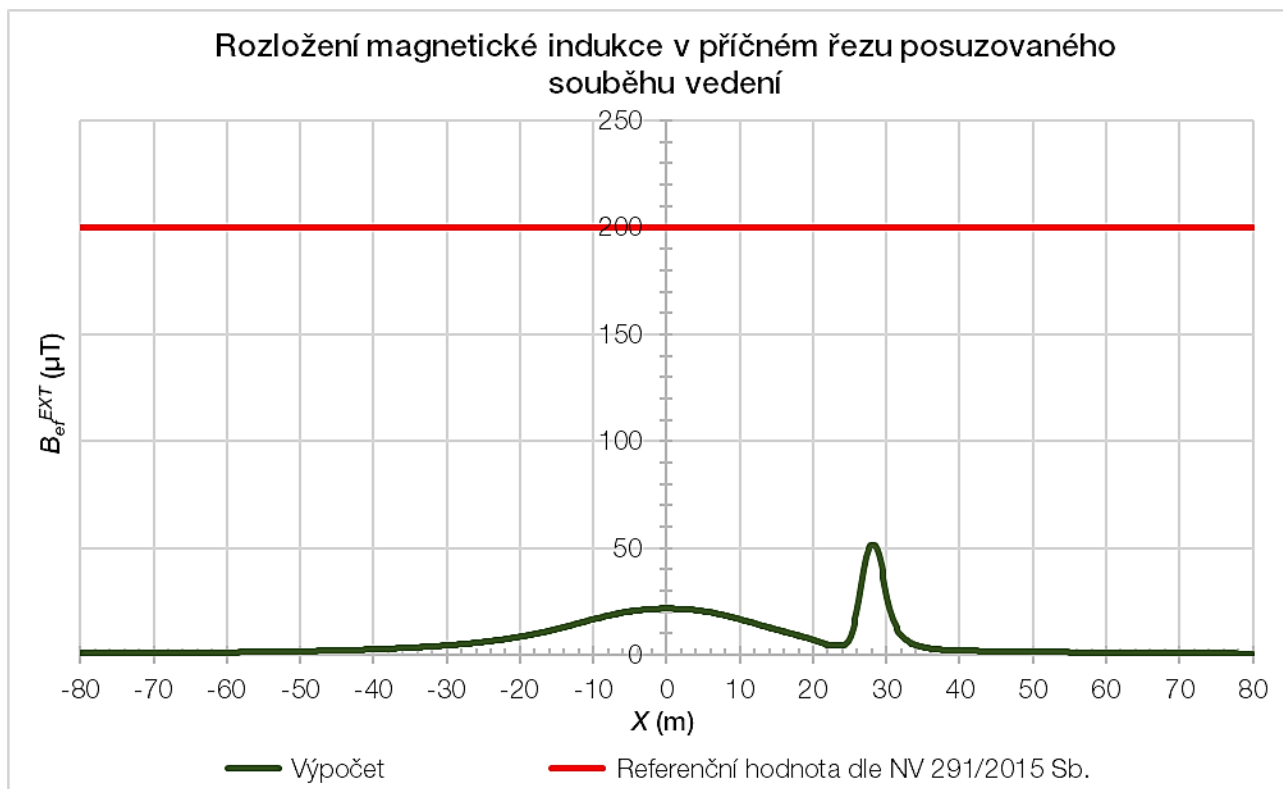
Rozložení modifikované intenzity elektrického pole v příčném řezu posuzovaného souběhu vedení	Rozkład zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym ocenianego równoległego przebiegu linii
Výpočet	Obliczenie
Limit dle NV 291/2015 Sb.	Limit zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 8 Zmodyfikowane natężenie pola elektrycznego na wysokości 1,8 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego równoległego przebiegu linii



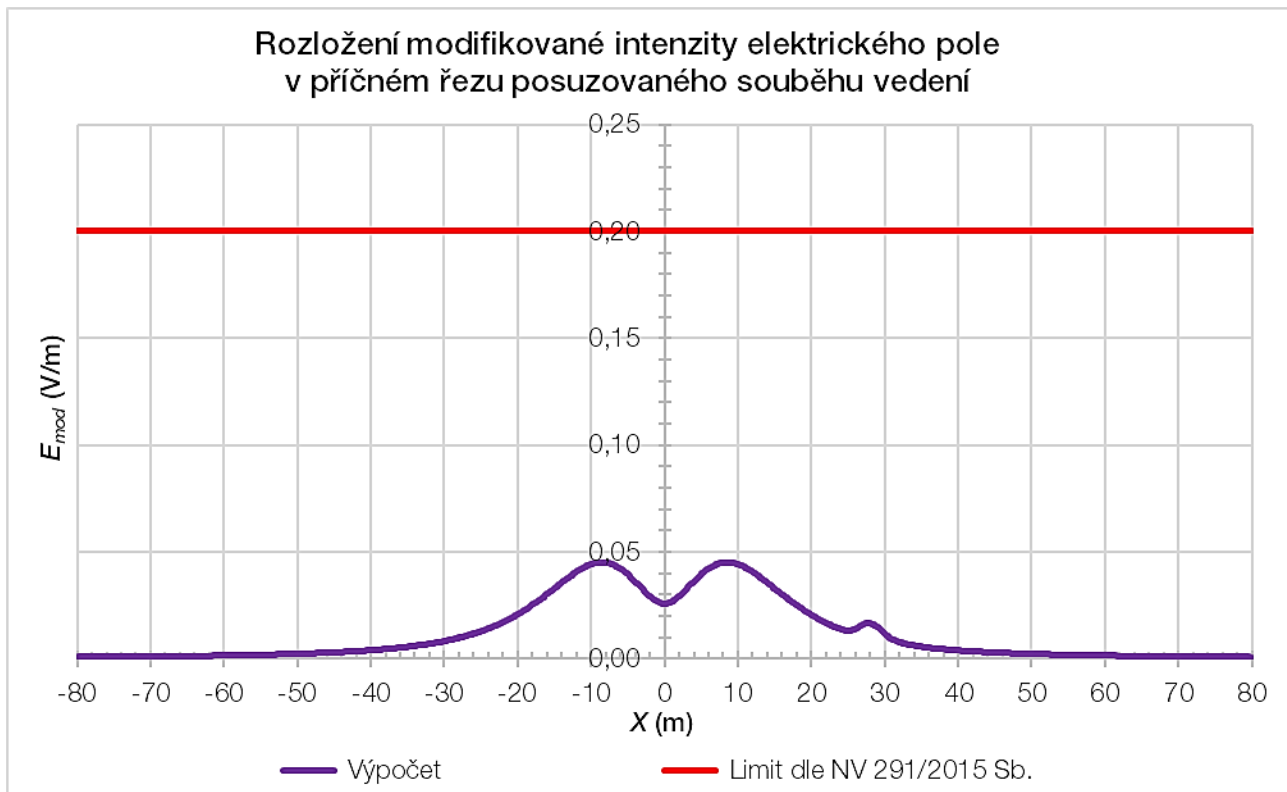
Rozložení intenzity elektrického pole v příčném řezu posuzovaného souběhu vedení	Rozklad natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym ocenianego równoległego przebiegu linii
Výpočet	Obliczenie
Referenční hodnota dle NV 291/2015 Sb.	Wartość referencyjna zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 9 Natężenie pola elektrycznego na wysokości 0,1 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego równoległego przebiegu linii



Rozložení magnetické indukce v příčném řezu posuzovaného souběhu vedení	Rozklad indukci magnetycznej w przekroju poprzecznym ocenianego równoległego przebiegu linii
Výpočet	Obliczenie
Referenční hodnota dle NV 291/2015 Sb.	Wartość referencyjna zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 10 Indukcja magnetyczna na wysokości 0,1 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego równoległego przebiegu linii



Rozložení modifikované intenzity elektrického pole v příčném řezu posuzovaného souběhu vedení	Rozklad zmodyfikovaného natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym ocenianego równoległego przebiegu linii
Výpočet	Obliczenie
Limit dle NV 291/2015 Sb.	Limit zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 11 Zmodyfikowane natężenie pola elektrycznego na wysokości 0,1 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego równoległego przebiegu linii

6.2 RÓWNOLEGLY PRZEBIEG JEDNOTOROWEJ LINII NAPOWIETRZNEJ 400 KV (WYPROWADZENIE MOCY SMR ETE) Z DWIEMA JEDNOTOROWYMI LINIAMI NAPOWIETRZNYMI 400 KV (ETE 1,2)

Przebiegi wartości skutecznej natężenia pola elektrycznego oraz wartości skutecznej indukcji magnetycznej w przekroju ocenianego równoległego przebiegu linii na wysokości 1,8 m nad terenem przedstawiono na Rys. 12 i Rys. 13. Przebieg zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego w tkance ludzkiej na wysokości 1,8 m nad terenem przedstawiono na Rys. 14. Przebiegi te przedstawiono w odniesieniu do wartości referencyjnych określonych w Rozporządzeniu 2015 dla osób fizycznych w środowisku komunalnym (poza zawodowym). Wyniki obliczeń oraz ocena wartości referencyjnych dotyczących natężenia pola elektrycznego i indukcji magnetycznej zostały podsumowane w Tab. 10.

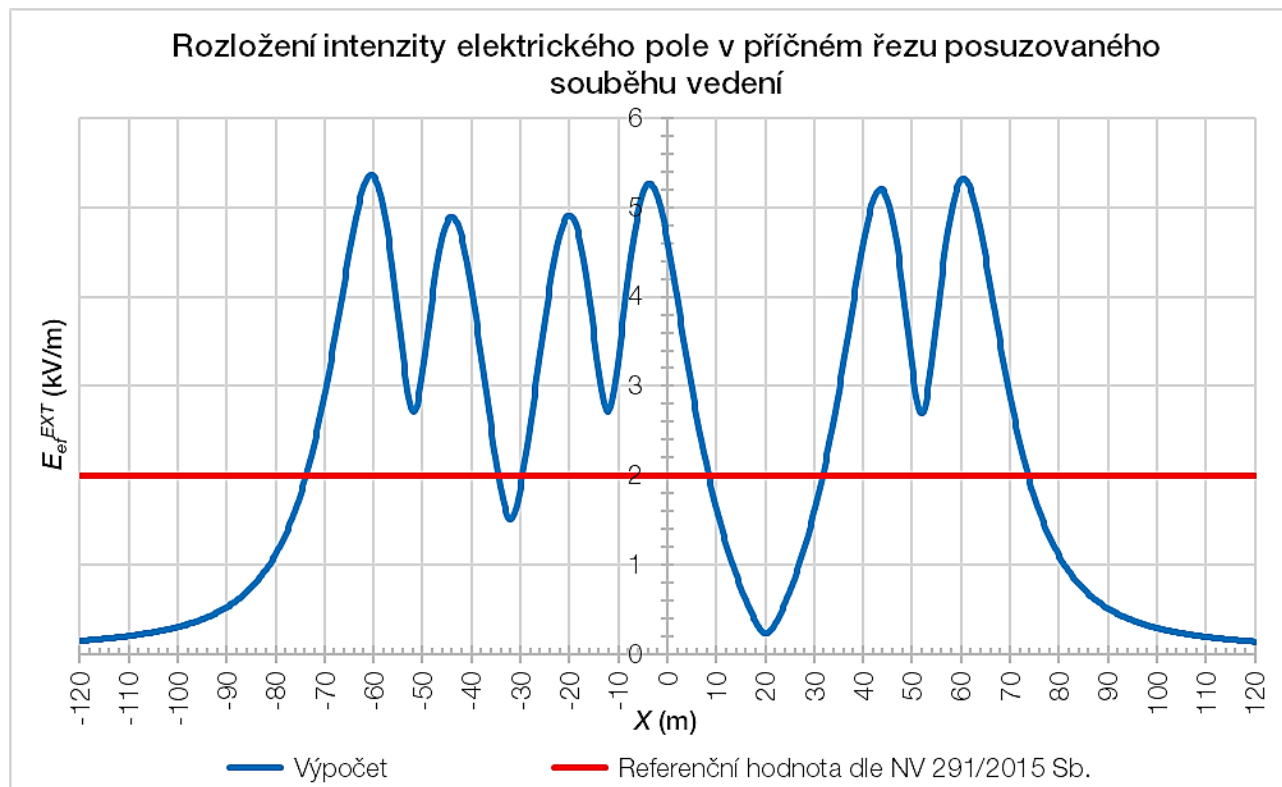
Stwierdzenie zgodności:

Planowany stan równoległego przebiegu jednotorowej linii napowietrznej 400 kV typu Delta (wyprowadzenie mocy SMR ETE) z dwiema jednotorowymi liniami napowietrznymi 400 kV typu Delta (ETE 1,2) spełnia wymagania Rozporządzenia Rządu nr 291/2015 Dz.U. dotyczącego osób fizycznych w środowisku komunalnym (poza zawodowym) oraz ČSN 33 2040 „Przepisy

elektrotechniczne. Ochrona przed oddziaływaniem pola elektromagnetycznego o częstotliwości 50 Hz w pasie oddziaływania urządzeń sieci elektroenergetycznej”.

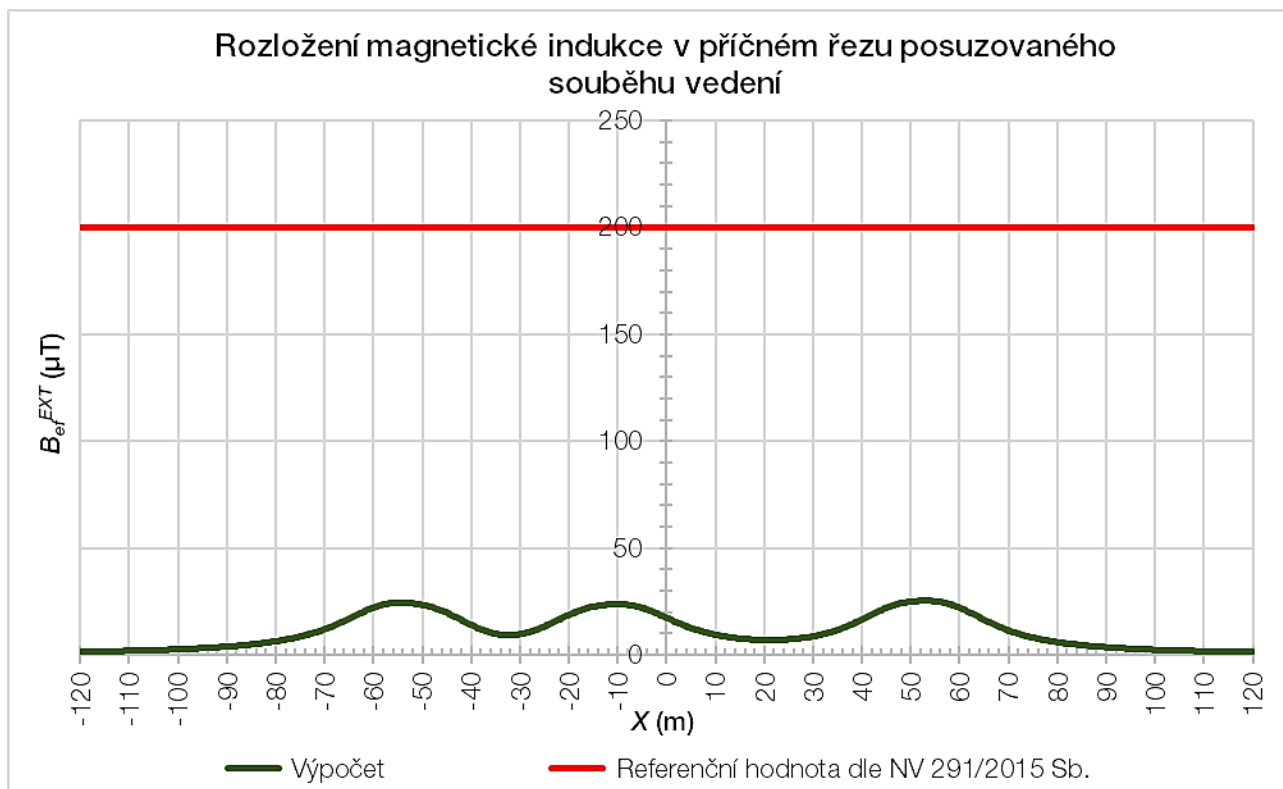
Tab. 10 Wyniki obliczeń i ocena wartości referencyjnych dla E i B na wysokości 1,8 m nad terenem

$B_{ef}^{EXT_max}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_max}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	E_{mod_max} (V/m)	ΔE_{mod} (mV/m)	δE_{mod} (%)
25,36	5,36	0,56	0,2	NIE	0,048	0,22	0,45



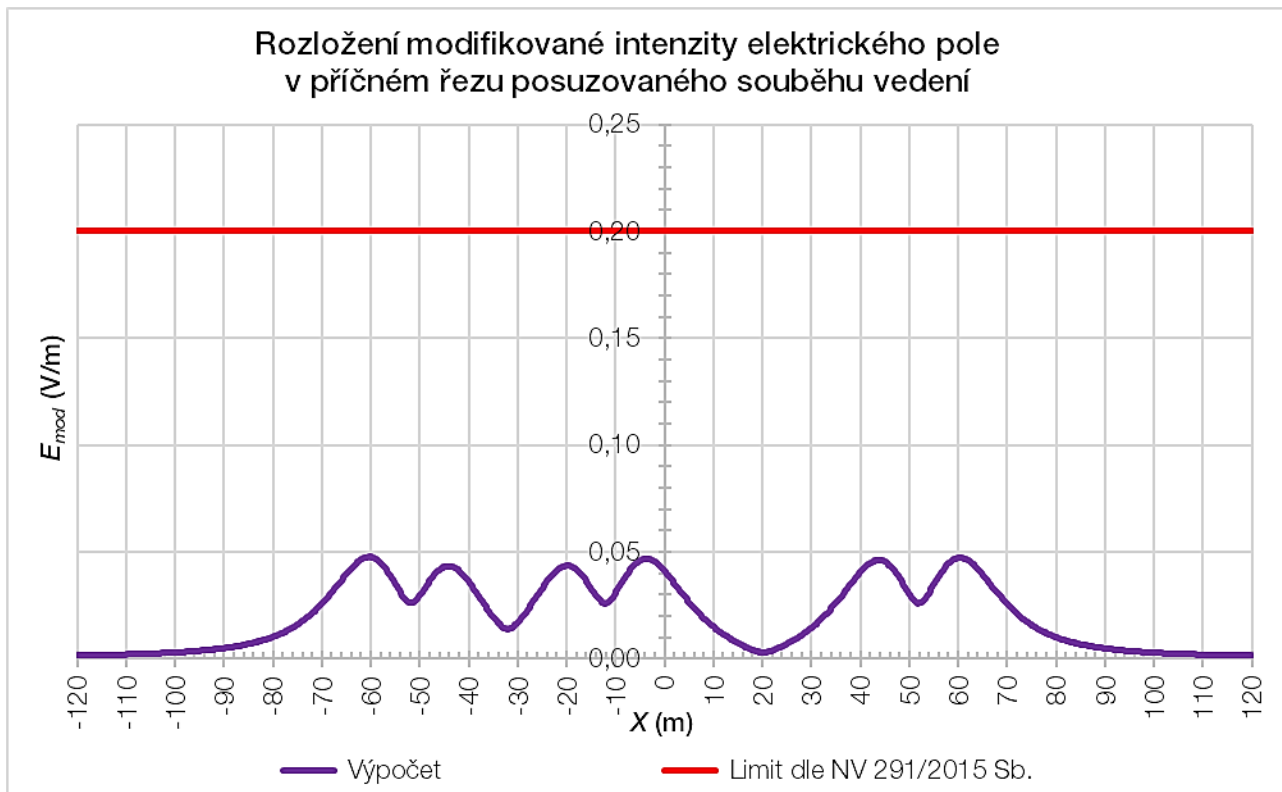
Rozložení intenzity elektrického pole v příčném řezu posuzovaného souběhu vedení	Rozklad natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym ocenianego równoległego przebiegu linii
Výpočet	Obliczenie
Referenční hodnota dle NV 291/2015 Sb.	Wartość referencyjna zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 12 Natężenie pola elektrycznego na wysokości 1,8 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego równoległego przebiegu linii



Rozložení magnetické indukce v příčném řezu posuzovaného souběhu vedení	Rozklad indukci magnetycznej w przekroju poprzecznym ocenianego równoległego przebiegu linii
Výpočet	Obliczenie
Referenční hodnota dle NV 291/2015 Sb.	Wartość referencyjna zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 13 Indukcja magnetyczna na wysokości 1,8 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego równoległego przebiegu linii



Rozložení modifikované intenzity elektrického pole v příčném řezu posuzovaného souběhu vedení	Rozklad zmodyfikovaného natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym ocenianego równoległego przebiegu linii
Výpočet	Obliczenie
Limit dle NV 291/2015 Sb.	Limit zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 14 Zmodyfikowane natężenie pola elektrycznego na wysokości 1,8 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego równoległego przebiegu linii

6.3 SKRZYŻOWANIE PODZIEMNYCH LINII KABLOWYCH 110 KV (ZASILANIE POTRZEB WŁASNYCH SMR ETE) Z LINIAMI NAPOWIETRZNYMI 400 KV I 110 KV ISTNIEJĄCYCH BLOKÓW

Przebiegi wartości skutecznej natężenia pola elektrycznego oraz wartości skutecznej indukcji magnetycznej w przekroju ocenianego skrzyżowania linii na wysokości 1,8 m nad terenem przedstawiono na Rys. 15 i Rys. 16. Przebieg zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego w tkance ludzkiej na wysokości 1,8 m nad terenem przedstawiono na Rys. 17. Przebiegi wartości skutecznej natężenia pola elektrycznego oraz wartości skutecznej indukcji magnetycznej w przekroju ocenianego skrzyżowania linii na wysokości 0,1 m nad terenem przedstawiono na Rys. 18 i Rys. 19. Przebieg zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego w tkance ludzkiej na wysokości 0,1 m nad terenem przedstawiono na Rys. 20. Przebiegi te przedstawiono w odniesieniu do wartości referencyjnych określonych w Rozporządzeniu 2015 dla osób fizycznych w środowisku komunalnym (poza zawodowym). Wyniki obliczeń i oceny wartości referencyjnych natężenia pola elektrycznego i indukcji magnetycznej zostały podsumowane dla wysokości 1,8 m nad terenem w Tab. 11 i na wysokości 0,1 m nad terenem w Tab. 12.

Stwierdzenie zgodności:

Planowany stan skrzyżowania podziemnych linii kablowych 110 kV (zasilanie potrzeb własnych SMR ETE) z dwiema jednotorowymi liniami napowietrznymi 400 kV typu Delta (wyprowadzenie

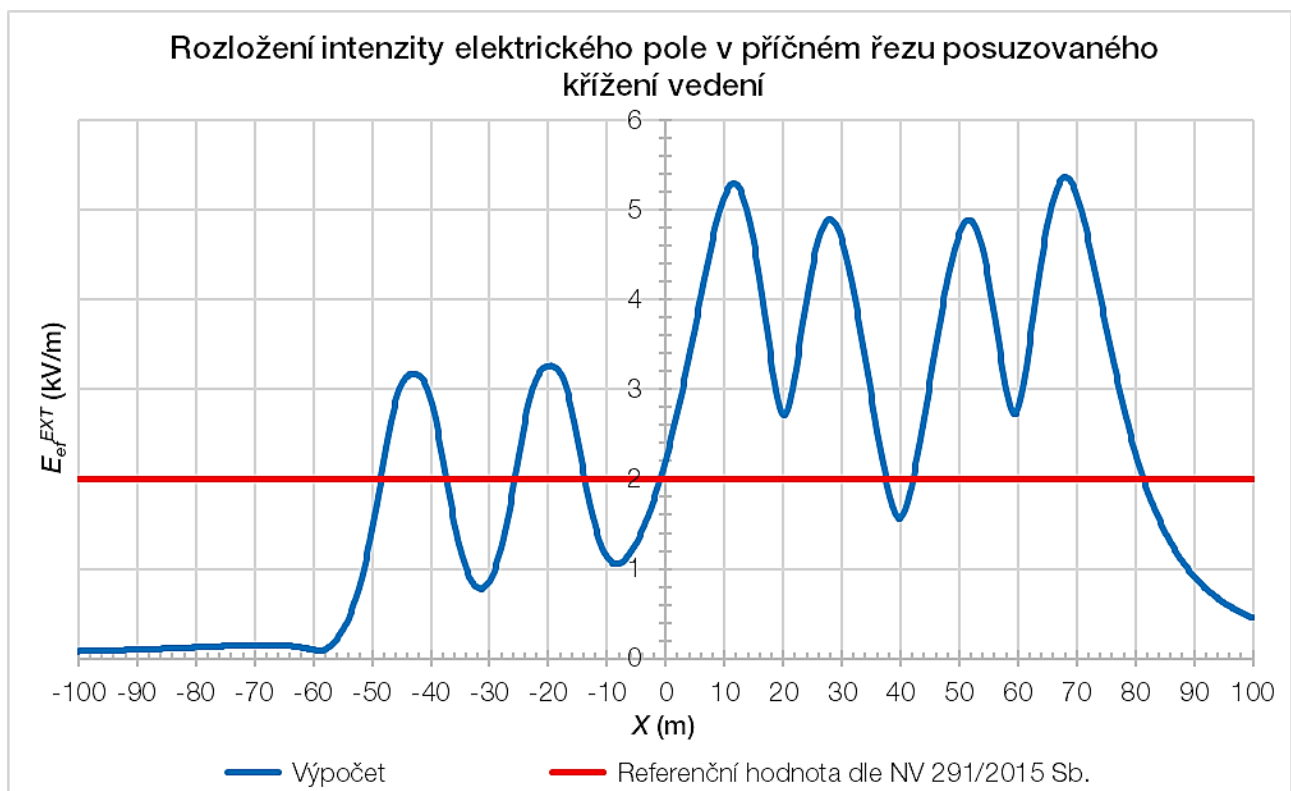
mocy SMR ETE 1,2) i dwiema liniami napowietrznymi 110 kV typu Soudek (zasilanie potrzeb własnych ETE 1,2) spełnia wymagania Rozporządzenia 2015 dotyczącego osób fizycznych w środowisku komunalnym (pozazawodowym) oraz ČSN 33 2040 „Przepisy elektrotechniczne. Ochrona przed oddziaływaniem pola elektromagnetycznego o częstotliwości 50 Hz w pasie oddziaływania urządzeń sieci elektroenergetycznej”.

Tab. 11 Wyniki obliczeń i ocena wartości referencyjnych dla E i B na wysokości 1,8 m nad terenem

$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	E_{mod_max} (V/m)	ΔE_{mod} (mV/m)	δE_{mod} (%)
35,05	5,36	0,57	0,2	NIE	0,049	0,30	0,61

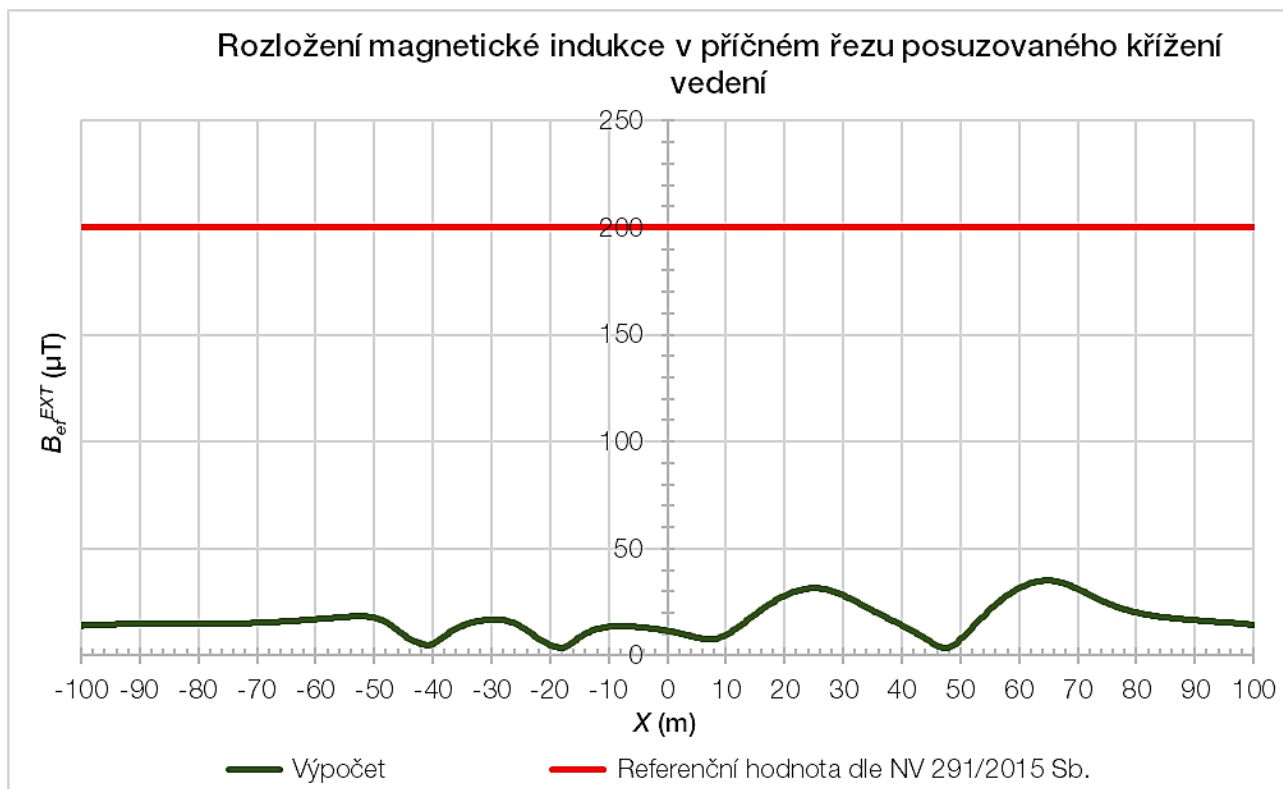
Tab. 12 Wyniki obliczeń i ocena wartości referencyjnych dla E i B na wysokości 0,1 m nad terenem

$B_{ef}^{EXT_{max}}$ (μT)	$E_{ef}^{EXT_{max}}$ (kV/m)	H (-)	H_{lim} (-)	$H \leq H_{lim}$	E_{mod_max} (V/m)	ΔE_{mod} (mV/m)	δE_{mod} (%)
63,25	5,18	0,58	0,2	NIE	0,052	0,54	1,04



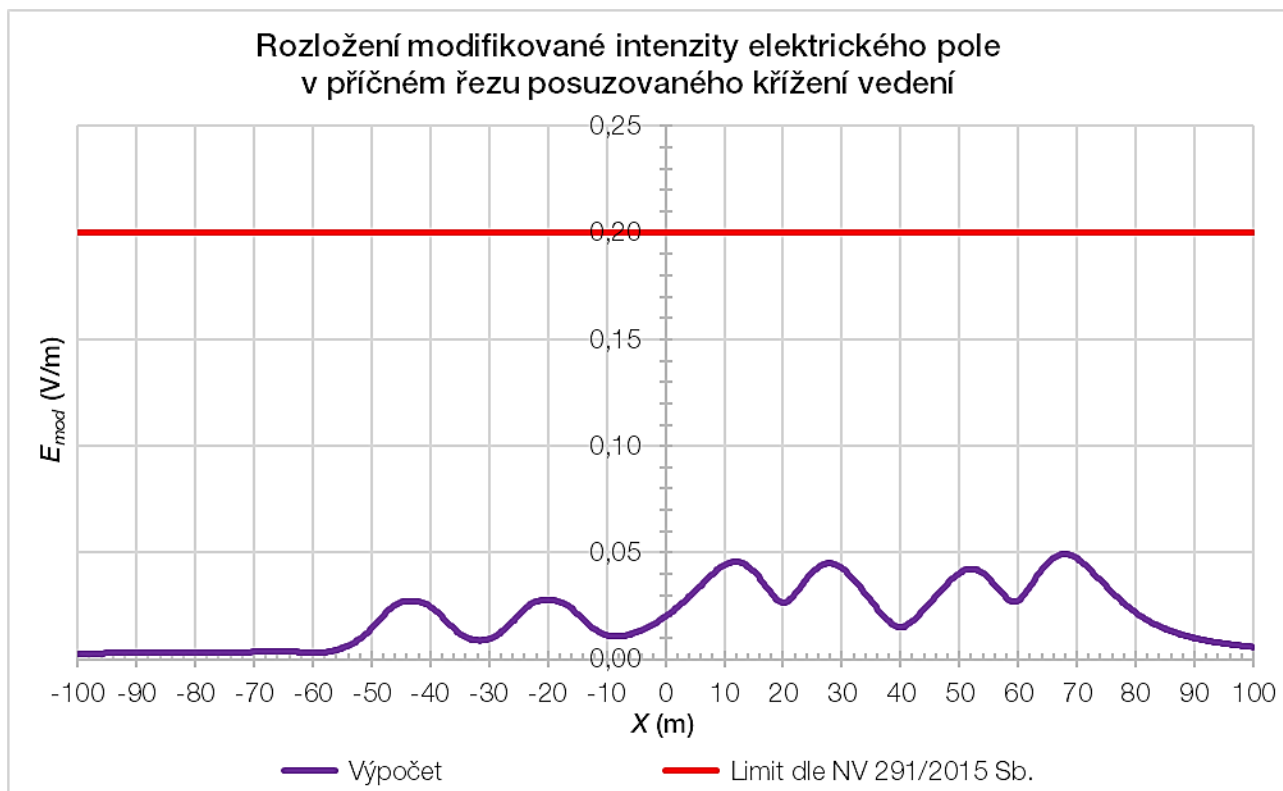
Rozložení intenzity elektrického pole v příčném řezu posuzovaného křížení vedení	Rozklad natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym ocenianego skrzyżowania linii
Výpočet	Obliczenie
Referenční hodnota dle NV 291/2015 Sb.	Wartość referencyjna zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 15 Natężenie pola elektrycznego na wysokości 1,8 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego przekroju skrzyżowania linii



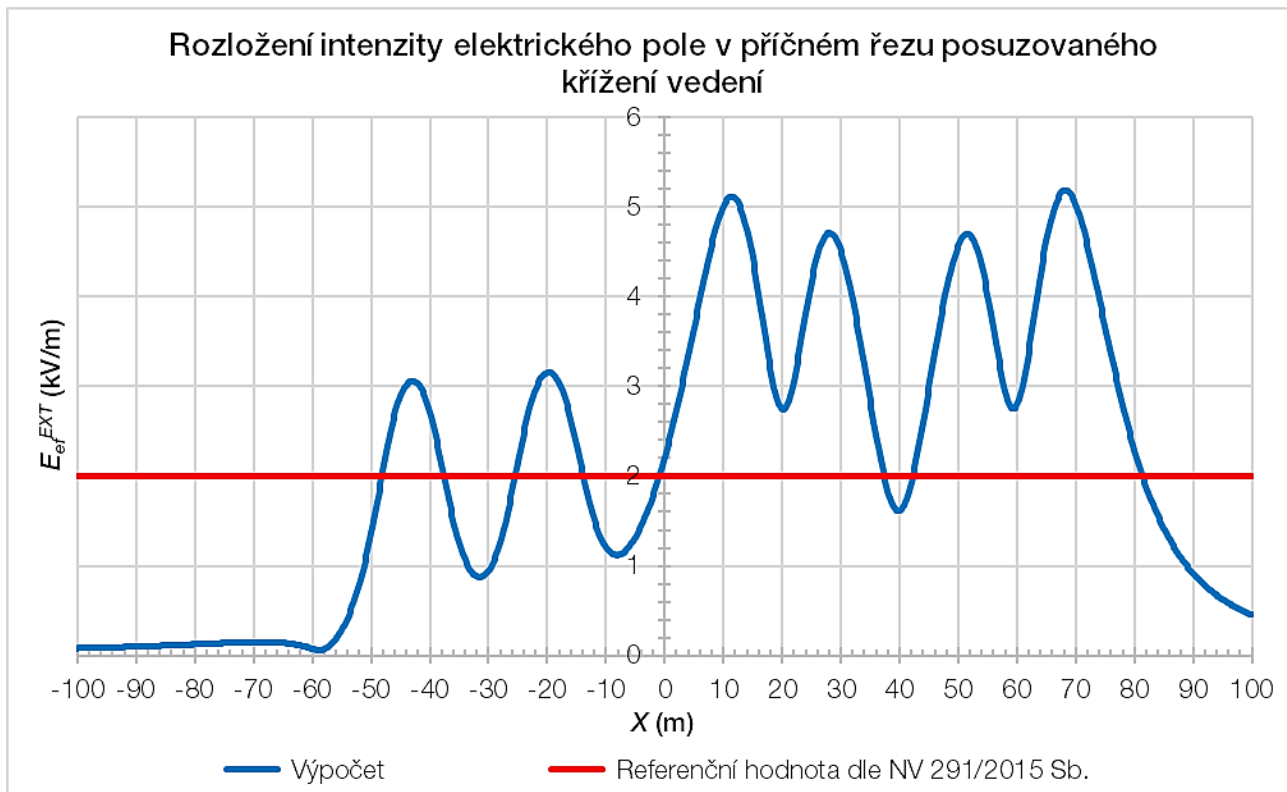
Rozložení magnetické indukce v příčném řezu posuzovaného křížení vedení	Rozklad indukci magnetycznej w przekroju poprzecznym ocenianego skrzyżowania linii
Výpočet	Obliczenie
Referenční hodnota dle NV 291/2015 Sb.	Wartość referencyjna zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 16 Indukcja magnetyczna na wysokości 1,8 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego przekroju skrzyżowania linii



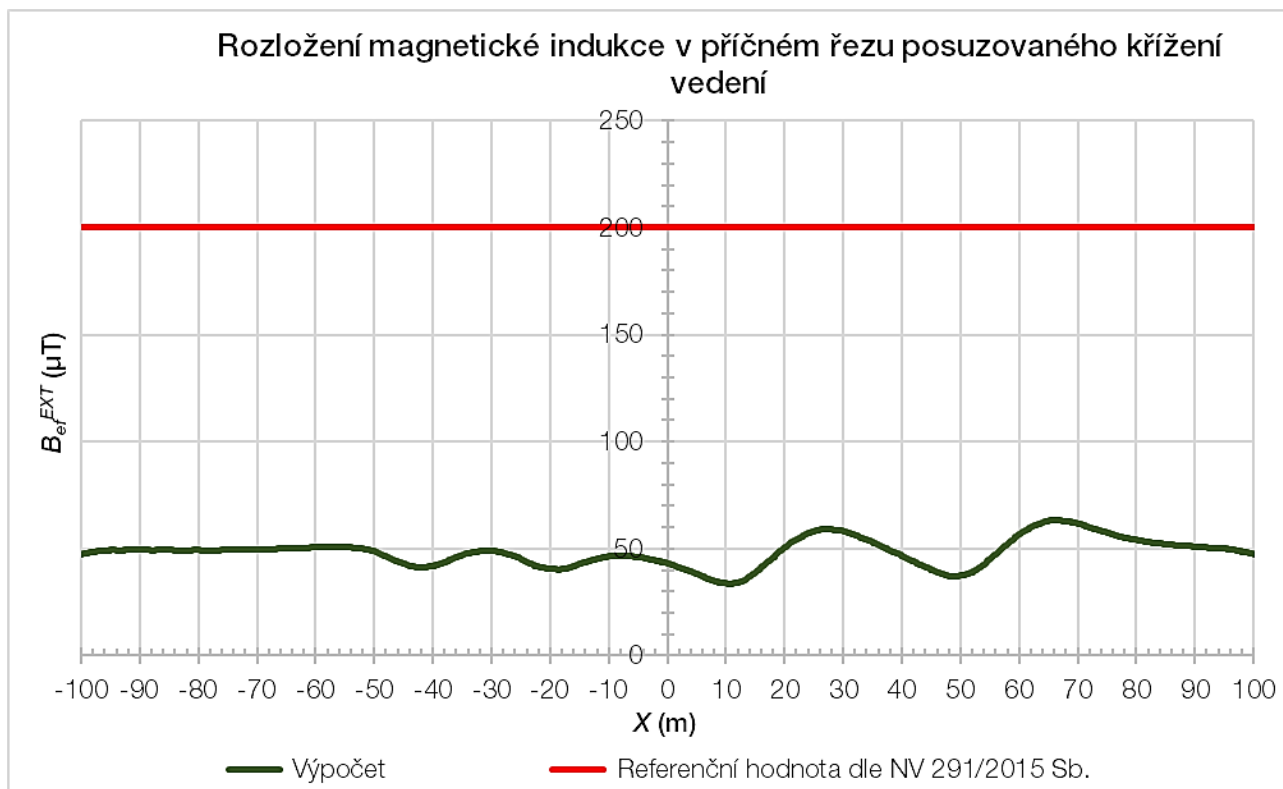
Rozložení modifikované intenzity elektrického pole v příčném řezu posuzovaného křížení vedení	Rozkład zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym ocenianego skrzyżowania linii
Výpočet	Obliczenie
Limit dle NV 291/2015 Sb.	Limit zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 17 Zmodyfikowane natężenie pola elektrycznego na wysokości 1,8 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego przekroju skrzyżowania linii



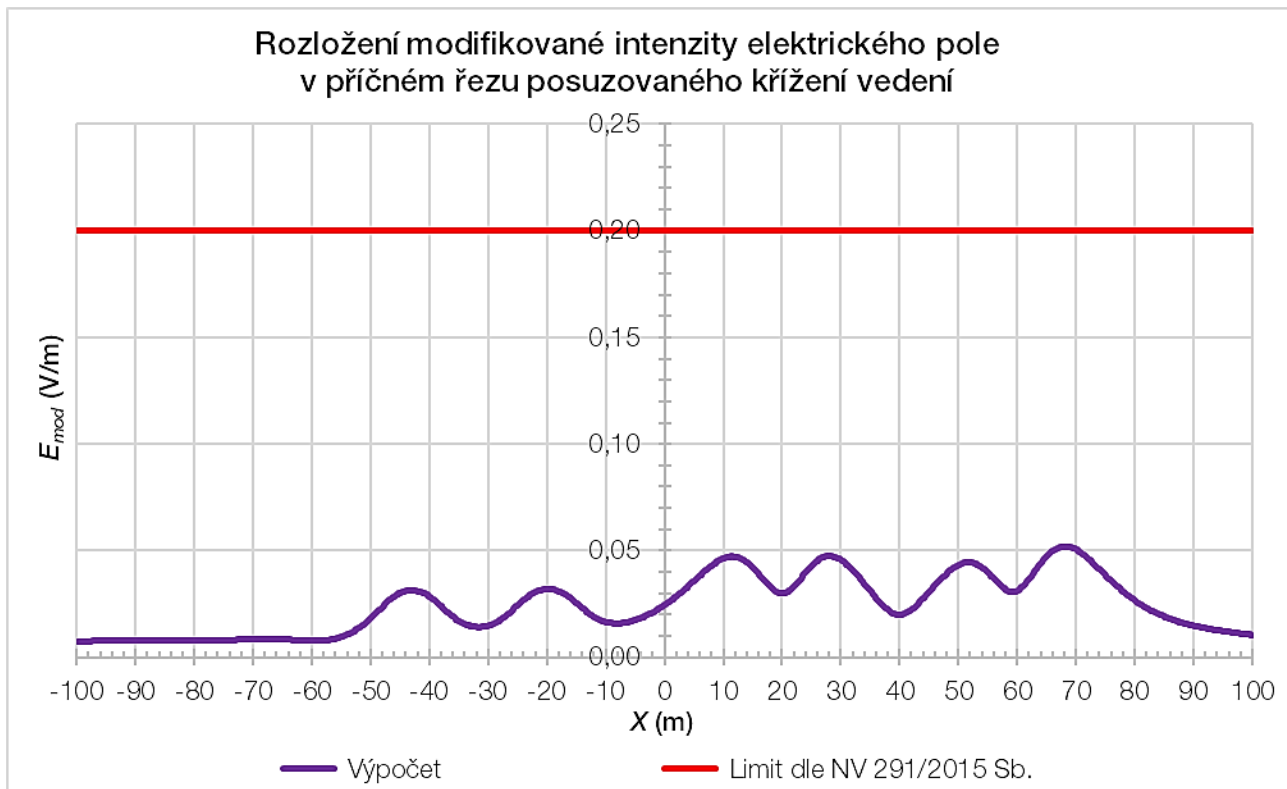
Rozložení intenzity elektrického pole v příčném řezu posuzovaného křížení vedení	Rozklad natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym ocenianego skrzyżowania linii
Výpočet	Obliczenie
Referenční hodnota dle NV 291/2015 Sb.	Wartość referencyjna zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 18 Natężenie pola elektrycznego na wysokości 0,1 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego przekroju skrzyżowania linii



Rozložení magnetické indukce v příčném řezu posuzovaného křížení vedení	Rozklad indukci magnetycznej w przekroju poprzecznym ocenianego skrzyżowania linii
Výpočet	Obliczenie
Referenční hodnota dle NV 291/2015 Sb.	Wartość referencyjna zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 19 Indukcja magnetyczna na wysokości 0,1 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego przekroju skrzyżowania linii



Rozložení modifikované intenzity elektrického pole v příčném řezu posuzovaného křížení vedení	Rozkład zmodyfikowanego natężenia pola elektrycznego w przekroju poprzecznym ocenianego skrzyżowania linii
Výpočet	Obliczenie
Limit dle NV 291/2015 Sb.	Limit zgodnie z Rozporządzeniem Rządu nr 291/2015 Dz.U.

Rys. 20 Zmodyfikowane natężenie pola elektrycznego na wysokości 0,1 m nad terenem w zależności od odległości od osi ocenianego przekroju skrzyżowania linii

– koniec protokołu –