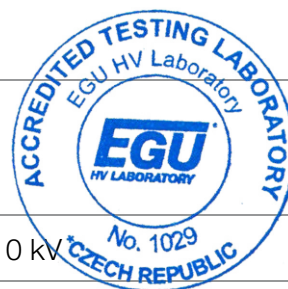




Zkušební laboratoř č. 1029

Akreditovaná Českým institutem pro akreditaci o.p.s  
podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018

# PROTOKOL O ZKOUŠCE 12404/24



## ZÁKAZNÍK

ČEPS Invest a.s.,  
Elektrárenská 774/2  
101 52 Praha

## ZKUŠEBNÍ PŘEDMĚT

Okolí sdruženého vedení 2x400 kV + 2x110 kV

## TYPOVÁ SPECIFIKACE

V415/495 – zaústění CHD

## ZKUŠEBNÍ PŘEDPISY

IP5 (Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením; Metodický návod k postupu podle § 35 a § 36 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů a nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením, Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR, roč. 2017, č. 8)

## POČET KOPIÍ

2+1

## POČET STRAN

13

## DATUM VYDÁNÍ

2024-02-06

Ing. Martin Kněnický, Ph.D.  
Vedoucí zkoušky

Ing. Marek Brosch  
Vedoucí  
EGU HV LABORATORY

Ing. Jan Lachman, Ph.D.  
Ředitel  
EGU – HV Laboratory a.s.

**REAL  
INDEPENDENT TESTING**

[WWW.EGUHV.COM](http://WWW.EGUHV.COM)

EGU – HV Laboratory a.s.

EGU HV LABORATORY, Podnikatelská 267, 190 11 Praha 9 – Běchovice, Česká republika | +420 267 193 361 | info@eguhv.com

Protokol o zkoušce je důvěrný a nesmí být předáván třetím osobám bez písemného souhlasu zákazníka. Protokol nesmí být v žádném případě bez písemného souhlasu laboratoře reprodukován jinak než celý. Výsledky zkoušky se týkají pouze předmětu zkoušky a nenahrazují jiné dokumenty. Všechny zkoušky jsou prováděny v sídle společnosti EGU HV LABORATORY, pokud není uvedeno jinak. EGU HV LABORATORY se zříká zodpovědnosti za výsledky zkoušek tam kde informace dodané zákazníkem mohou mít vliv na platnost výsledků.

# PROTOKOL 12404/24 O ZKOUŠCE

ZKUŠEBNÍ PŘEDMĚT	Okolí sdruženého vedení 2x400 kV + 2x110 kV
TYPOVÁ SPECIFIKACE	V415/495 – zaústění CHD
VÝKRES Č.	n/a
VÝROBCE	n/a
DATUM DODÁNÍ	n/a
DATUM ZKOUŠKY	Od 2024-01-15 do 2024-01-17
OBJEDNÁVKA Č.	2170002000
ZA ÚČASTI	n/a
PŘÍLOHA	n/a

## OBSAH

1	IDENTIFIKACE ZKUŠEBNÍHO PŘEDMĚTU .....	4
2	CELKOVÉ VÝSLEDKY POSOUZENÍ .....	5
3	POŽADAVKY NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 291/2015 SB. ....	6
3.1	Poznámka k původnímu posouzení NIZ z roku 2012 .....	8
4	PARAMETRY POSUZOVANÉHO VEDENÍ.....	9
4.1	Stožárové konstrukce .....	9
4.2	Parametry vodičů .....	10
5	CHYBY VÝPOČTŮ V SOFTWARE OVERHEAD.....	11
6	VÝSLEDKY VÝPOČTŮ .....	12

## 1 IDENTIFIKACE ZKUŠEBNÍHO PŘEDMĚTU

Cílem posouzení je provést ověření hygienických limitů z hlediska elektrického a magnetického pole dle Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. pro celkovou situaci umístění dvojitého vedení 400 kV V415/495 s podvěšeným dvojitým vedením 110 kV V1955/1956 v úseku TR Chodov – st. č. 24. Výsledky posouzení uvedené v tomto protokolu se vztahují k projektu záměru „V415/495 – zaústění CHD“. Posouzení je vyhotoveno za účelem oponentního posudku k Posouzení NIZ zpracované v rámci procesu EIA (v r. 2012).

Metodou posouzení je výpočet parametrů elektromagnetického pole 50 Hz (intenzita elektrického pole  $E$  (kV/m) a magnetické indukce  $B$  ( $\mu$ T)). Na základě těchto veličin se provádí výpočet modifikované intenzity elektrického pole  $E_{mod}$  indukované v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad zemí. Podle Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. je nutné jako rozhodující posuzovat expozici v oblasti hlavy. Při konfiguraci potahů v rámci simulací se standardně uvažuje nejméně příznivý sled fází z hlediska velikosti elektromagnetického pole. Veškeré výpočty elektromagnetického pole jsou provedeny programem OVERHEAD verze 3.1.0.31.

Posouzení vlivů elektromagnetického pole je v souladu s platnými právními předpisy (zejména zákon č. 258/2000 Sb., v platném znění a Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. v platném znění) a platnými technickými normami (např. ČSN 33 2040 a PNE 33 3300 ed.3). Výpočty jsou provedeny v souladu s metodikou Ministerstva zdravotnictví z 11. července 2017.

## 2 CELKOVÉ VÝSLEDKY POSOUZENÍ

Tab. 1 Výsledky posouzení

Název posuzované varianty (řezu) vedení	Zkušební předpis	Výsledek
Vedení 2x400 kV tvaru Dunaj s podvěšeným vedením 2x110 kV	Nařízení vlády č. 291/2015 Sb.	Vyhovuje

Tab. 2 Shmutí numerických výsledků (nejvyšší přípustná hodnota modifikované intenzity elektrického pole daná Nařízením vlády č. 291/2015 Sb. je  $E_{mod} = 0,2$  V/m)

Název posuzované varianty (řezu) vedení	Uvažovaná minimální výška spodních fázových vodičů nad terénem $h_{min}$	Maximální hodnota modifikované intenzity elektrického pole $E_{mod}$
Vedení 2x400 kV tvaru Dunaj s podvěšeným vedením 2x110 kV	8,1 m (systémy 110 kV)	0,039 V/m

### 3 POŽADAVKY NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 291/2015 SB.

V Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. (dále NV 2015) jsou stanoveny nejvyšší přípustné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole  $E_{mod}$  v lidské tkáni pro kmitočety elektromagnetického pole 0 Hz – 10 MHz (a tudíž i pro 50 Hz):

- $E_{mod} = 1,0 \text{ V/m}$  – pro zaměstnance
- $E_{mod} = 0,2 \text{ V/m}$  – pro fyzické osoby v komunálním (nepracovním) prostředí

Zaměstnancem v souvislosti s NV 2015 se míní osoba, která se zavázala k výkonu závislé práce v základním pracovněprávním vztahu a současně tuto práci vykonává. Fyzickou osobou v komunálním prostředí se v souvislosti s NV 2015 míní kterákoliv osoba, která není zaměstnancem.

Pro určení modifikované intenzity elektrického pole  $E_{mod}$  je nejprve třeba určit vlastní intenzitu elektrického pole  $E$  indukovanou v tkáni vnějším elektromagnetickým polem. Vnější elektromagnetické pole je vyjádřeno veličinami magnetické indukce  $B^{ext}$  a intenzitou elektrického pole  $E^{ext}$  a platí:

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

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

$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$  – permitivita vakua

$\sigma = 0,20 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$  – vodivost tkáně

$K_B, K_E$  – koeficienty expozice (rozložení pole, jeho orientace k tělu a místo na těle)

Podle NV 2015 je nutné jako rozhodující posuzovat expozici v oblasti hlavy. Pro uvážení hygienicky nejhoršího případu se dále předpokládá, že chodidla osoby jsou vodivě spojena se zemí (bosé nohy na vlhké zemi). Uvažuje se tedy hygienicky nejhorší situace, kdy je tělo vystaveno homogennímu magnetickému poli kolmému k hrudi a homogennímu elektrickému poli ve směru od hlavy k nohám. **Ohledně volby konstant se volí přísnější filtr uvážující expozici hlavy – konkrétně expozici očí a středního ucha ( $K_B = 0,05 \text{ m}$  a  $K_E = 66$ ).**

Ačkoli jsou jak intenzita elektrického pole, tak magnetická indukce vektorové veličiny, jsou v rovnicích vyjádřeny skalárně. Vektorová orientace může být v obecném případě velmi složitá a závisí na konkrétním rozložení budícího elektrického a magnetického pole. **Situaci lze zjednodušit uvážením hygienicky nejnepříznivějšího případu, kdy při souběžné expozici elektrickému a magnetickému poli se expozice sečtou.**

V případě sinusového signálu je hodnocení expozice velmi jednoduché. Výchozí veličinou magnetické složky pole je efektivní hodnota magnetické indukce  $B_{ef}^{ext}$ . Amplituda magnetické indukce je pak  $B_a^{ext} = \sqrt{2} \cdot B_{ef}^{ext}$  a její časová derivace, potřebná pro dosažení do vztahu (1), má tvar:

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

kde  $f$  je frekvence. Elektrická intenzita indukovaná tímto magnetickým polem pak bude dle vztahu (1) ( $K_B = 0,05 \text{ m}$ ):

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

Podobně výchozí veličinou elektrické složky pole je efektivní hodnota intenzity elektrického pole  $E_{ef}^{ext}$ . Elektrická intenzita indukovaná tímto elektrickým polem pak bude obdobně odvozena dle vztahu (2) ( $K_E = 66$ ):

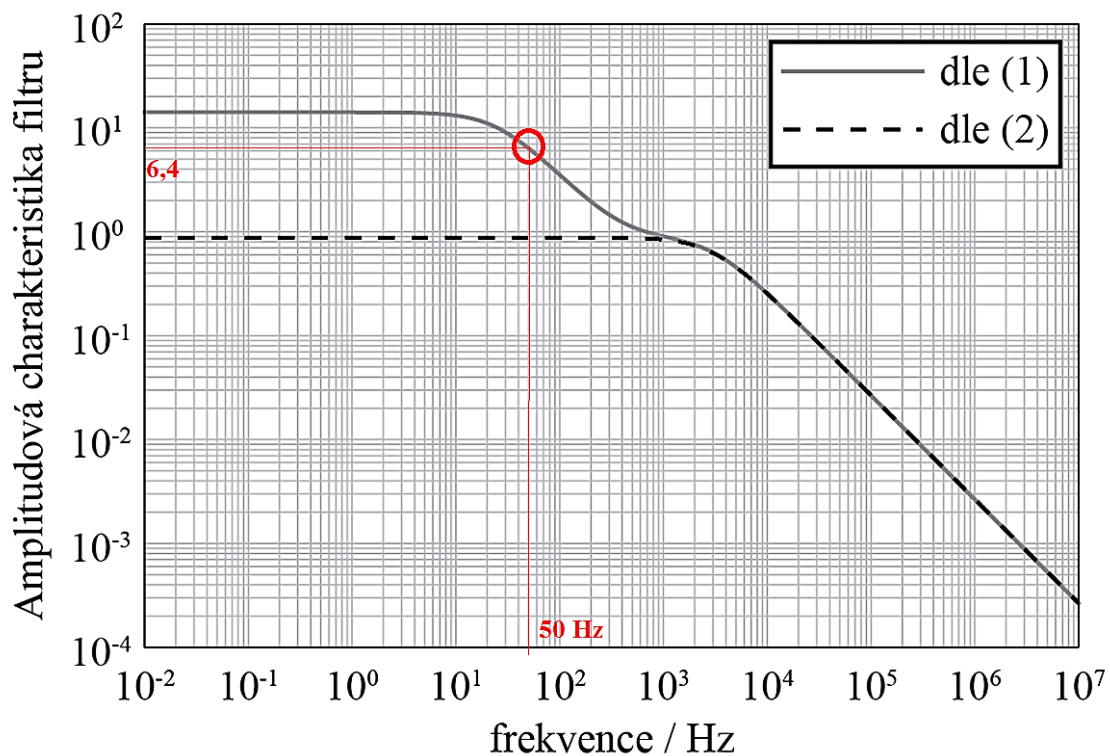
$$E_2 = \frac{\varepsilon_0}{\sigma} \cdot 2 \cdot \sqrt{2} \cdot K_E \cdot \pi \cdot f \cdot E_{ef}^{ext} \quad (5)$$

Součet expozice elektrického a magnetického pole pak určuje výslednou indukovanou intenzitu elektrického pole:

$$E = E_1 + E_2 = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi \cdot f \cdot \left( K_B \cdot B_{ef}^{ext} + \frac{\varepsilon_0}{\sigma} \cdot K_E \cdot E_{ef}^{ext} \right) \quad (6)$$

Modifikovaná intenzita elektrického pole  $E_{mod}$  je pak určena indukovanou intenzitou elektrického pole  $E$ , která projde filtrem s frekvenční odezvou podle **Obr. 1**. Pro 50 Hz je to tedy  $G(50) = 6,4$  a  $E_{mod}$  je pak určeno vztahem:

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



Obr. 1 Amplitudová frekvenční charakteristika filtrů určujících modifikovanou intenzitu elektrického pole

V NV 2015 jsou zároveň stanoveny referenční hodnoty pro intenzitu elektrického pole  $E$  a pro magnetickou indukci  $B$ , jejichž účelem je zjednodušit posouzení expoziční situace. Referenční hodnoty jsou definované pomocí veličin  $E_{ef}^{Limit}$  a  $B_{ef}^{Limit}$ , které dle tabulky uvedené v NV 2015 pro frekvenci 50 Hz nabývají hodnot:

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

Pro nepřekročení referenční hodnoty je nutné splnit následující kritérium s efektivními hodnotami prostorových maxim intenzity elektrického pole a magnetické indukce pro frekvenci 50 Hz, které je odvozené z obecnějšího kritéria uvedeného v NV 2015:

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

zde platí pro limitní koeficient kritéria:

- $H_{lim} = 1,0$  – pro zaměstnance
- $H_{lim} = 0,2$  – pro fyzické osoby v komunálním (nepracovním) prostředí

Z tohoto limitního koeficientu pro fyzické osoby v komunálním prostředí byly odvozeny limity referenčních hodnot intenzity elektrického pole a magnetické indukce v následujících grafech výpočtů:

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

### 3.1 POZNÁMKA K PŮVODNÍMU POSOUZENÍ NIZ Z ROKU 2012

Původní posouzení NIZ pro přestavbu vedení V415/495 zpracované v rámci procesu EIA je z roku 2012 (zakázka EGU – HV Laboratory a.s. č. 70006/B/12) a bylo vypracováno dle tehdejší legislativy a metodik (dle tehdejšího znění zákona č. 258/2000 Sb. a Nařízení vlády č. 1/2008 Sb., včetně změn platných od 1. 5. 2010).

Věštník Ministerstva zdravotnictví ze dne 28. 7. 2017 uvádí, že „Dokumentace prokazující nepřekročení nejvyšších přípustných hodnot neionizujícího záření (dále jen „nejvyšší přípustné hodnoty“) upravených Nařízením vlády č. 1/2008 Sb. vydaných před 18. 11. 2015, včetně, se považuje za doklad, že nejsou překročeny ani nejvyšší přípustné hodnoty expozice upravené Nařízením vlády č. 291/2015 Sb. Výjimkou je pouze hodnocení expozice zaměstnanců ve frekvenčním intervalu 0 Hz – 300 Hz, pro niž nebyla v nařízení vlády č. 1/2008 Sb. nejvyšší přípustná hodnota závazná.“

V Nařízení vlády č. 1/2008 Sb. byly pro frekvenci 50 Hz stanoveny nejvyšší přípustné hodnoty modifikované indukované proudové hustoty  $J_{mod}$  v centrálním nervovém systému takto:

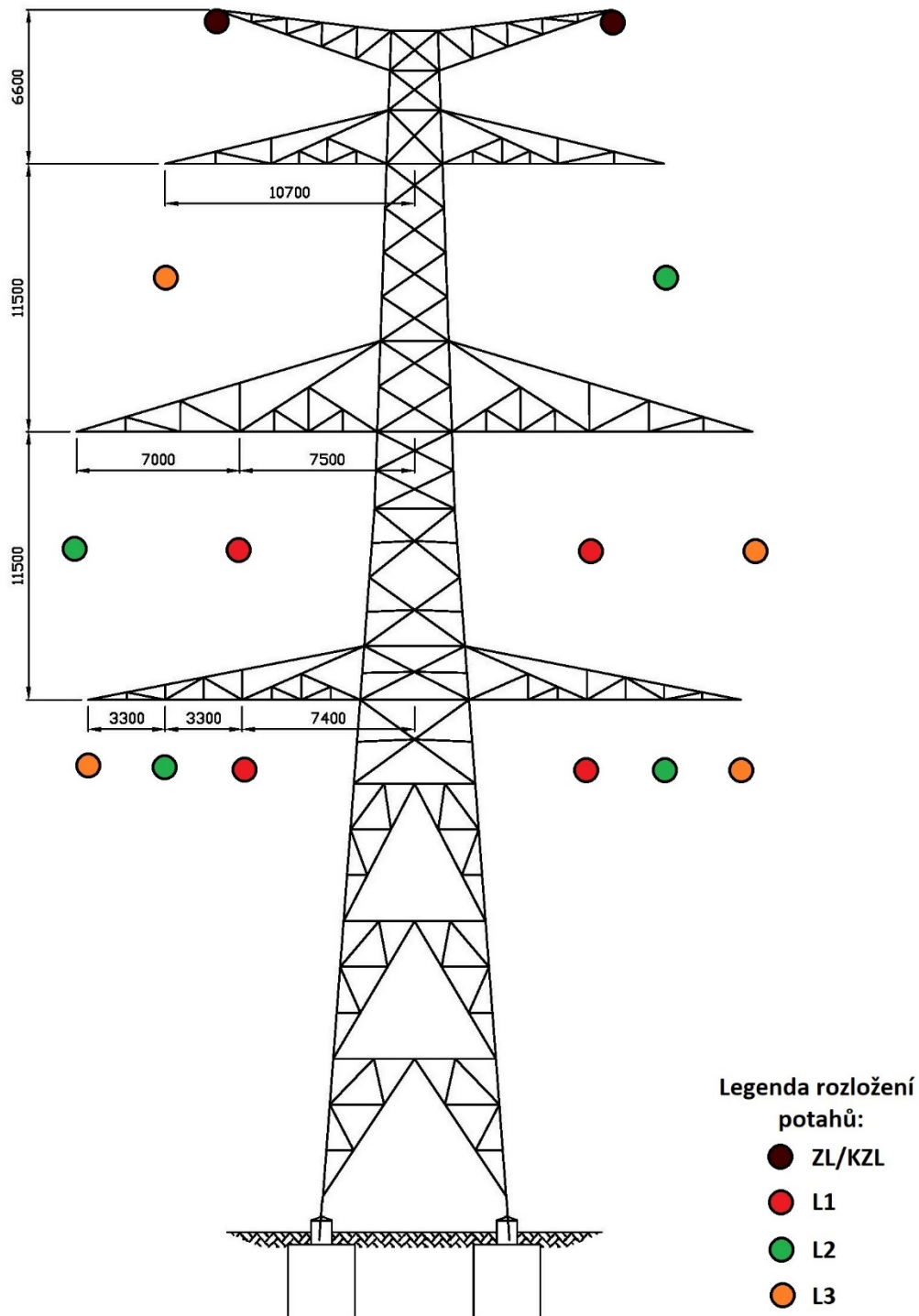
- pro zaměstnance:  $J_{mod} = \sqrt{2} \cdot 0,01 = 0,01414 \text{ A}\cdot\text{m}^{-2} = 14,14 \text{ mA}\cdot\text{m}^{-2}$
- pro ostatní osoby:  $J_{mod} = 0,01414 / 5 = 0,002828 \text{ A}\cdot\text{m}^{-2} = 2,83 \text{ mA}\cdot\text{m}^{-2}$



## 4 PARAMETRY POSUZOVANÉHO VEDENÍ

### 4.1 STOŽÁROVÉ KONSTRUKCE

V dotčeném úseku (TR Chodov – st. č. 24) jsou uvažovány stožáry tvaru Dunaj pro sdružené vedení 2x400 kV + 2x110 kV dle **Obr. 2**. Konfigurace fází je uvažována jako nejnepříznivější z hlediska vlivu elektromagnetického pole. Pro vedení se uvažuje standardní minimální výška fázových vodičů nad terénem 8,1 m (pro fázové vodiče pověšeného vedení 110 kV). Délka nosného zavěšení fázových vodičů 400 kV je 4,8 m a fázových vodičů 110 kV je 1,9 m.



Obr. 2 Schéma uspořádání stožárové konstrukce tvaru Dunaj, nosný 2x400 kV + 2x110 kV

## 4.2 PARAMETRY VODIČŮ

Parametry vodičů plánovaného sdruženého vedení 2x400 kV + 2x110 kV V415/495/1955/1956 v úseku TR Chodov – st. č. 24 jsou uvedeny v **Tab. 3** (svazkový krok fázových vodičů 400 kV je 40 cm).

Tab. 3 Parametry vodičů plánovaného vedení 2x400 kV + 2x110 kV V415/495/1955/1956

Parametry	Typ	Průměr lana (mm)	DC odpor (Ω/km)	Celkový průřez (mm <sup>2</sup> )	Celková zatížitelnost systému (A)
Fázový vodič 400 kV	2x3x3x 490-AL1/64-ST1A	30,6	0,0590	553,8	2500
Fázový vodič 110 kV	2x3x1x 679-AL1/83-ST1A	36,0	0,0426	764,5	990
Zemnicí lano (ZL)	1x 185-AL4/43-ST6C	19,6	0,1805	227,8	x
Kombinované ZL (KZL)	1x 195-AL4/42-A20SA – 23,5	20,3	0,1540	237,8	x

## 5 CHYBY VÝPOČTŮ V SOFTWARE OVERHEAD

Validace softwaru OVERHEAD verze 3.1.0.31, který byl v rámci posouzení hygienických limitů elektromagnetického pole použit, byla provedena pomocí softwaru Wolfram Mathematica a softwaru COMSOL Multiphysics a je součástí interní zprávy č. Int\_1/23 z 29.08.2023.

Výsledkem validace je potvrzení vhodnosti použití softwaru OVERHEAD a vyjádření jeho chyb:

- Chyba výpočtu elektrického pole  $\delta_E$  je menší než 0,001 %
- Chyba výpočtu magnetického pole  $\delta_B$  je menší než 6 %

Toto jsou maximální možné relativní chyby, které se promítají do celkového vyhodnocení numerických simulací v rámci výpočtu modifikované intenzity elektrického pole (viz vztah (6) a (7)). Součástí vyhodnocení je tedy i výpočet absolutní a relativní chyby výsledné hodnoty modifikované intenzity elektrického pole dle vztahů:

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

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

## 6 VÝSLEDKY VÝPOČTŮ

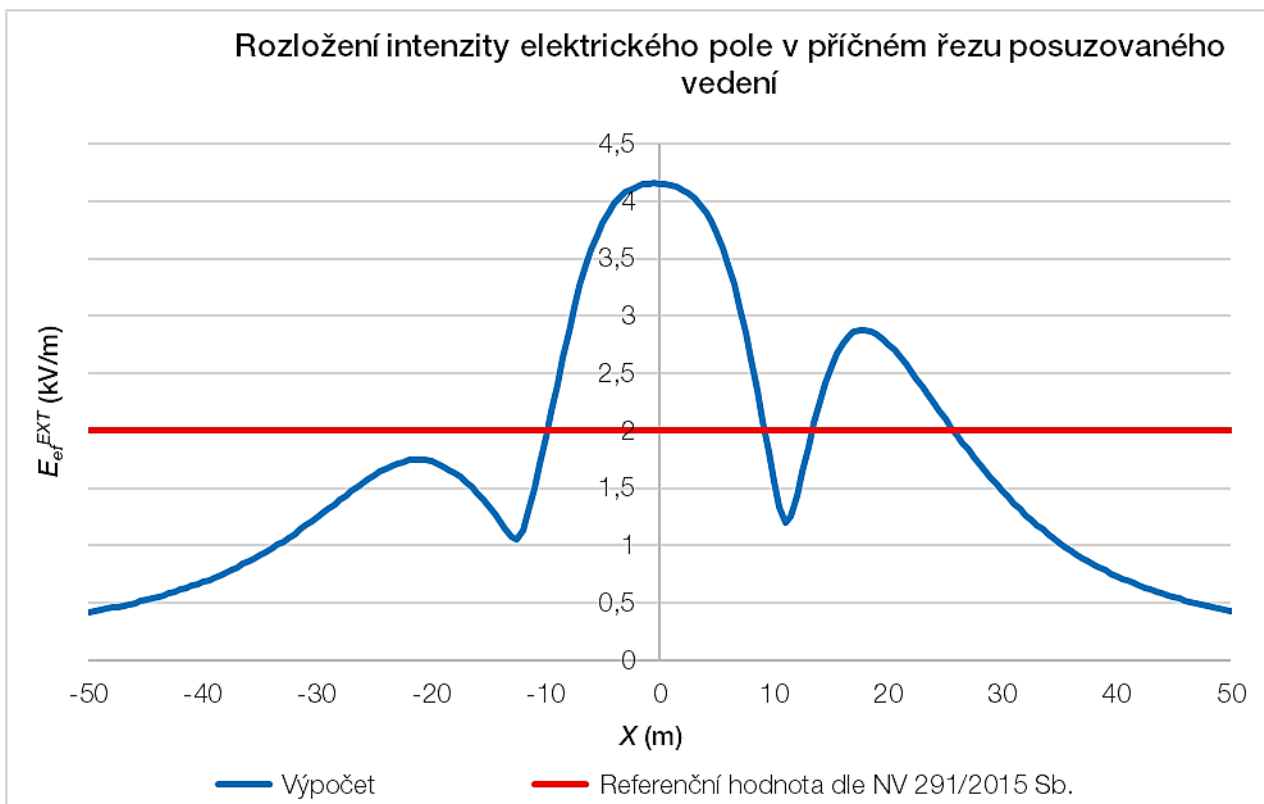
Průběhy efektivní hodnoty intenzity elektrického pole a efektivní hodnoty magnetické indukce v řezu posuzovaného vedení ve výšce 1,8 m nad terénem jsou vykresleny na **Obr. 3** a **Obr. 4**. Průběh modifikované intenzity elektrického pole v lidské tkáni ve výšce 1,8 m nad terénem je vykreslen na **Obr. 5**. Výsledky výpočtů a vyhodnocení posouzení referenčních hodnot pro intenzitu elektrického pole a magnetickou indukci jsou shrnuty v **Tab. 4**. Průběhy hodnocených intenzit na **Obr. 3**, **Obr. 4** a **Obr. 5** jsou znázorněny vůči referenčním hodnotám dle NV 291/2015 Sb. pro fyzické osoby v komunálním (nepracovním) prostředí.

### Výrok o shodě:

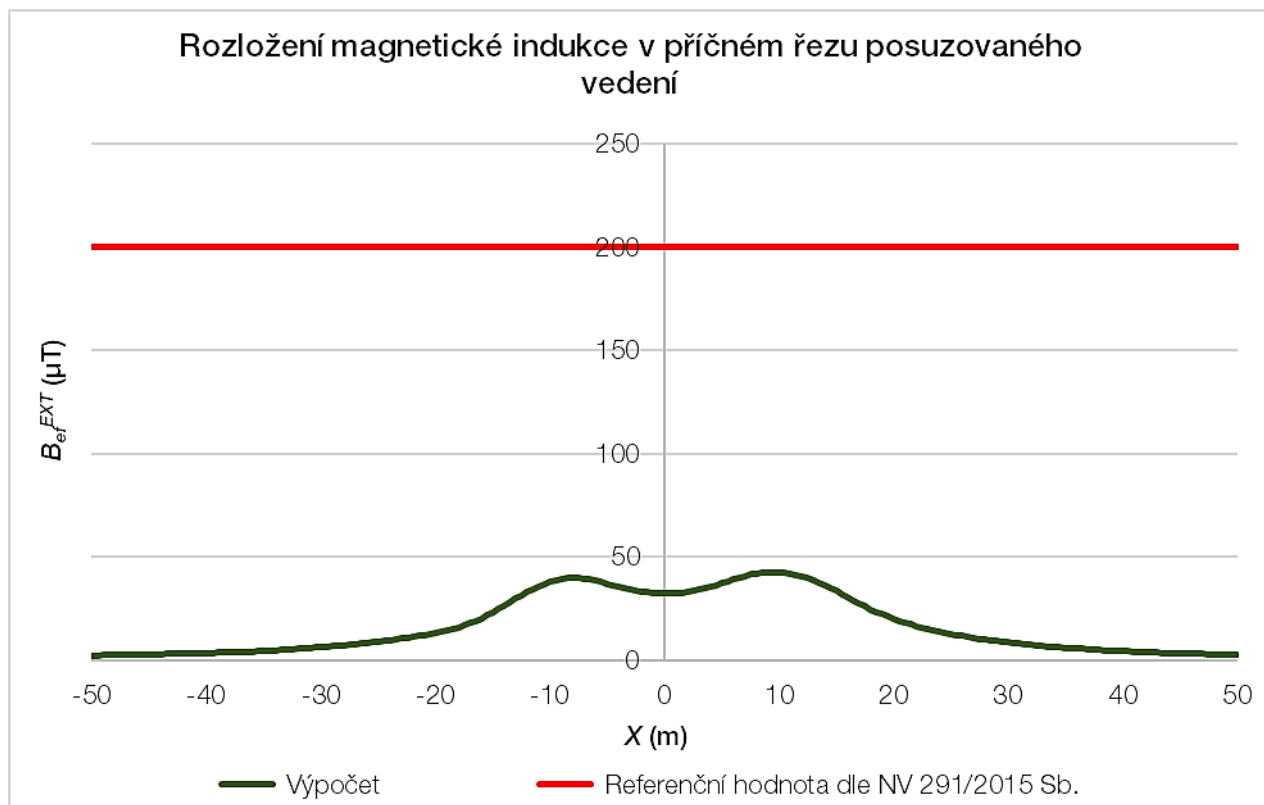
Sdružené vedení tvaru Dunaj 2x400 kV + 2x110 kV V415/495/1955/1956 v rámci projektu záměru „V415/495 – zaústění CHD“ **vyhovují** požadavkům Nařízením vlády č. 291/2015 Sb. pro fyzické osoby v komunálním (nepracovním) prostředí.

Tab. 4 Výsledky výpočtů a posouzení referenčních hodnot pro E a B

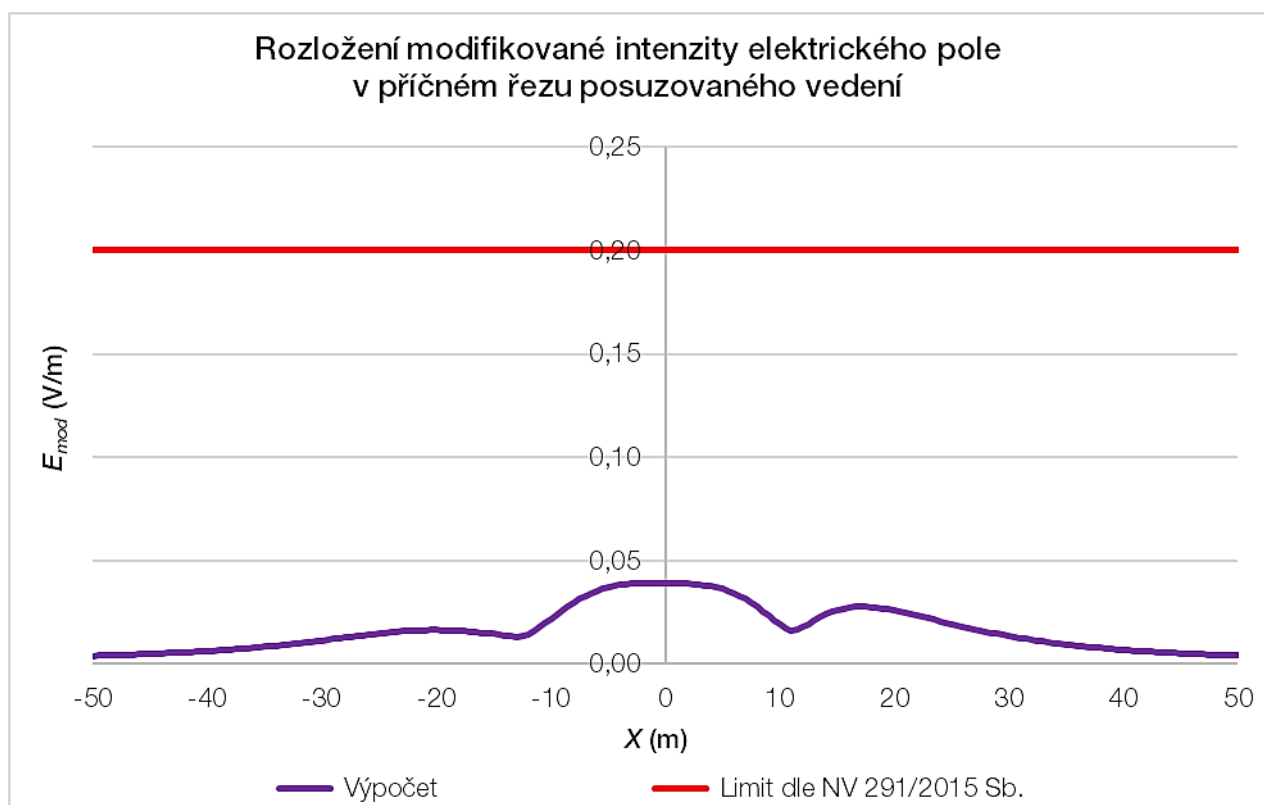
$B_{ef}^{EXT\ max}$ ( $\mu T$ )	$E_{ef}^{EXT\ max}$ (kV/m)	$H$ (-)	$H_{lim}$ (-)	$H \leq H_{lim}$	$E_{mod\ max}$ (V/m)	$\Delta E_{mod}$ (mV/m)	$\delta E_{mod}$ (%)
42,72	4,16	0,46	0,2	NE	0,039	0,36	0,93



Obr. 3 Intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terénem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení



Obr. 4 Magnetická indukce ve výšce 1,8 m nad terémem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení



Obr. 5 Modifikovaná intenzita elektrického pole ve výšce 1,8 m nad terémem v závislosti na vzdálenosti od osy posuzovaného vedení