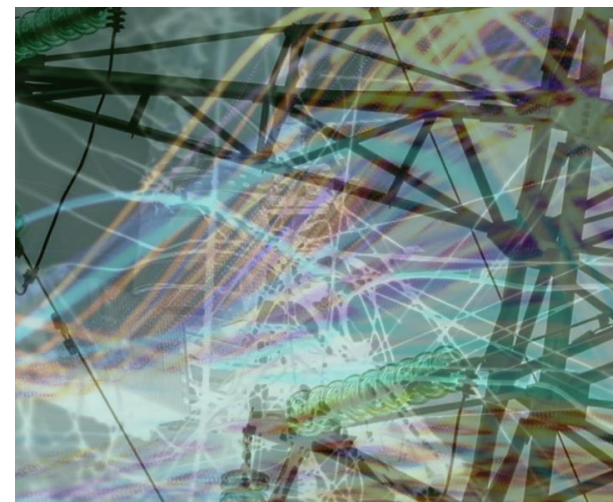


ELEKTRIČNA IN MAGNETNA POLJA (SEVANJA)  
V NARAVNEM IN ŽIVLJENJSKEM OKOLJU

# PRENOSNO ELEKTROENERGETSKO OMREŽJE V SLOVENIJI



# ALI VESTE?

- da so elektromagnetna sevanja **sestavni del naravnega in življenjskega okolja**, v katerem živi človeštvo že od samih začetkov obstoja? Izpostavljeni smo zemeljskemu magnetnemu polju, vidni svetlobi, UV žarkom, kozmičnim sevanjem iz vesolja, sevanjem radioaktivnih elementov v zemlji in še bi lahko naštevali.

# ALI VESTE?

- da je poleg elektromagnetnih polj naravnega izvora začelo človeštvo povzročati z začetkom razvoja elektrifikacije (to je pred približno 150 leti) **tudi elektromagnetna polja tehničnega izvora?**

# ALI VESTE?

- da nam **ravno elektromagnetna polja** znotraj električnih in elektroenergetskih naprav posredno **omogočajo delovanje** teh naprav (na primer **transformatorjev, generatorjev, električnih strojev ...**)?

# ALI VESTE?

- da **elektromagnetna polja**, ki se raztezajo v okoliški naravni in življenjski prostor okoli naprav, niso vedno le neizogiben stranski produkt delovanja, ampak **so včasih tudi osnovni namen delovanja naprave** (na primer mobilnih telefonov, radarjev, RTV oddajnikov ...)?

# DOPUSTNE OBREMENITVE OKOLJA

- **Uredba o elektromagnetnem sevanju** v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/1996) je **dokument, ki ureja dopustne obremenitve okolja in prebivalstva** na človeku dostopnih mestih v okolju na območju Slovenije. Uredba določa mejne vrednosti posebej za I. stopnjo in II. stopnjo varstva pred sevanji

# VARSTVO PRED EM SEVANJEM

- **I. stopnja varstva pred sevanjem** velja na I. območju varstva pred sevanji, kjer je potrebno povečano varstvo pred sevanji: **območje objektov vzgojnovarstvenega in izobraževalnega programa in zdravstvenega varstva, bolnišnic, objektov namenjenih bivanju, igri in rekreaciji, javnih zelenih in rekreacijskih površin, trgovsko-poslovno-stanovanjsko območje, ki je hkrati namenjeno bivanju** in obrtnim ter podobnim proizvodnim dejavnostim, javno središče, kjer se opravljajo upravne, trgovske, storitvene ali gostinske dejavnosti in podobno

# VARSTVO PRED EM SEVANJEM

- **II. stopnja varstva pred sevanjem** velja na II. območju varstva pred sevanji, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je zaradi sevanja bolj moteč. II. območje varstva pred sevanji **je zlasti območje brez stanovanj, namenjeno industrijski ali obrtni ali drugi podobni proizvodni dejavnosti, transportni, skladiščni ali servisni dejavnosti** ter vsa druga območja, ki niso določena kot I. območje varstva pred sevanji.



# ELEKTROENERGETSKE NAPRAVE

- **Daljnovid** je elektroenergetska **naprava za prenos in distribucijo električne energije, ki ima vodnike nameščene na stebrih**. Vodniki so ločeni – za vsako od treh faz se uporablja samostojen vodnik. V prenosnem omrežju se uporabljajo 110, 220 in 400 kV daljnovodi različnih tipov. Tip daljnovoda opiše, kako so posamezni vodniki na daljnovodnih stebrih razporejeni.

# VPLIVNO OBMOČJE EM SEVANJA

- **Vplivno območje** opisuje tisto območje v prostoru, kjer so glede na določila Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju **mejne vrednosti presežene**.

# OSNOVE (enosistemski daljnovod)

- pri **enosistemskem** daljnovodu na enem stebru nameščen **en trifazni sistem**, torej **trije vodniki**



# OSNOVE (dvosistemski daljnovod)

- pri **dvosistemskem** daljnovodu nameščena **dva trifazna sistema**, torej **šest vodnikov**

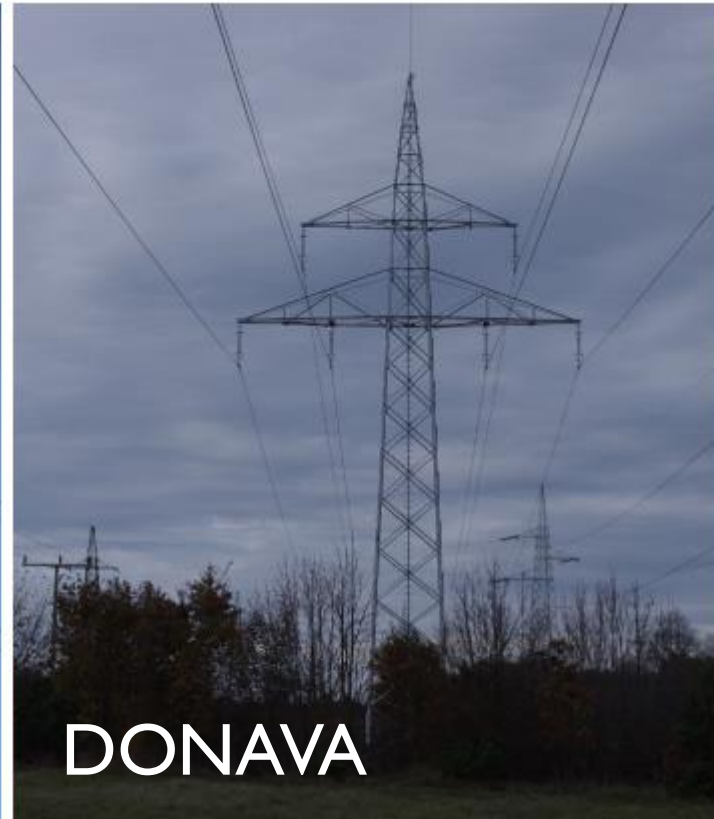
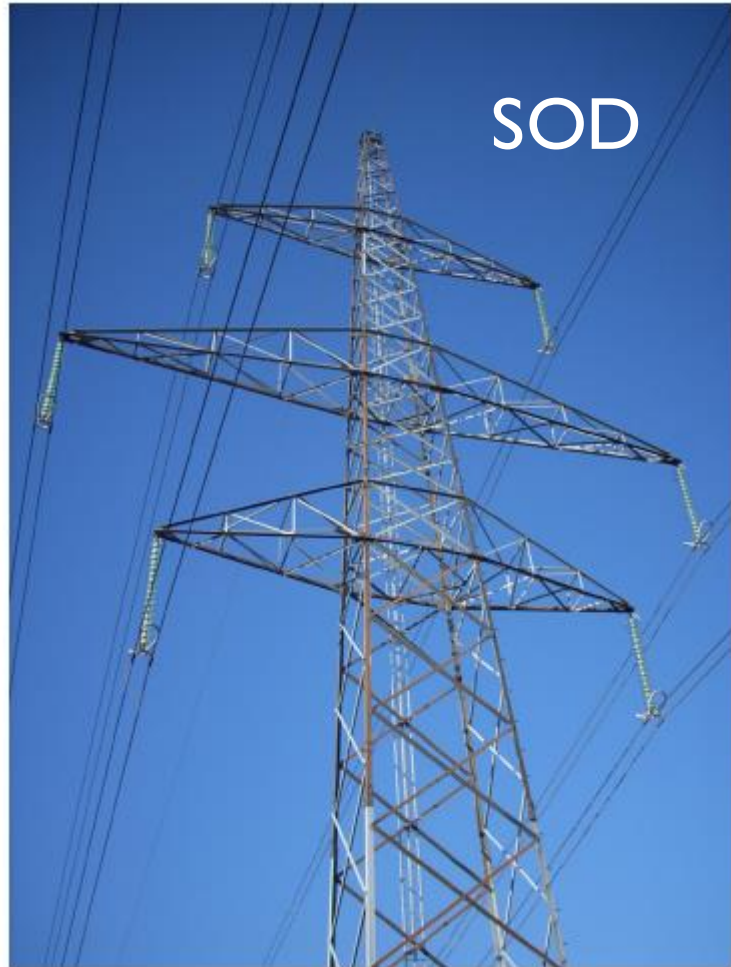


# NAJPOGOSTEJŠI TIPI STEBROV ENOSISTEMSKEGA VN DALJNOVODA



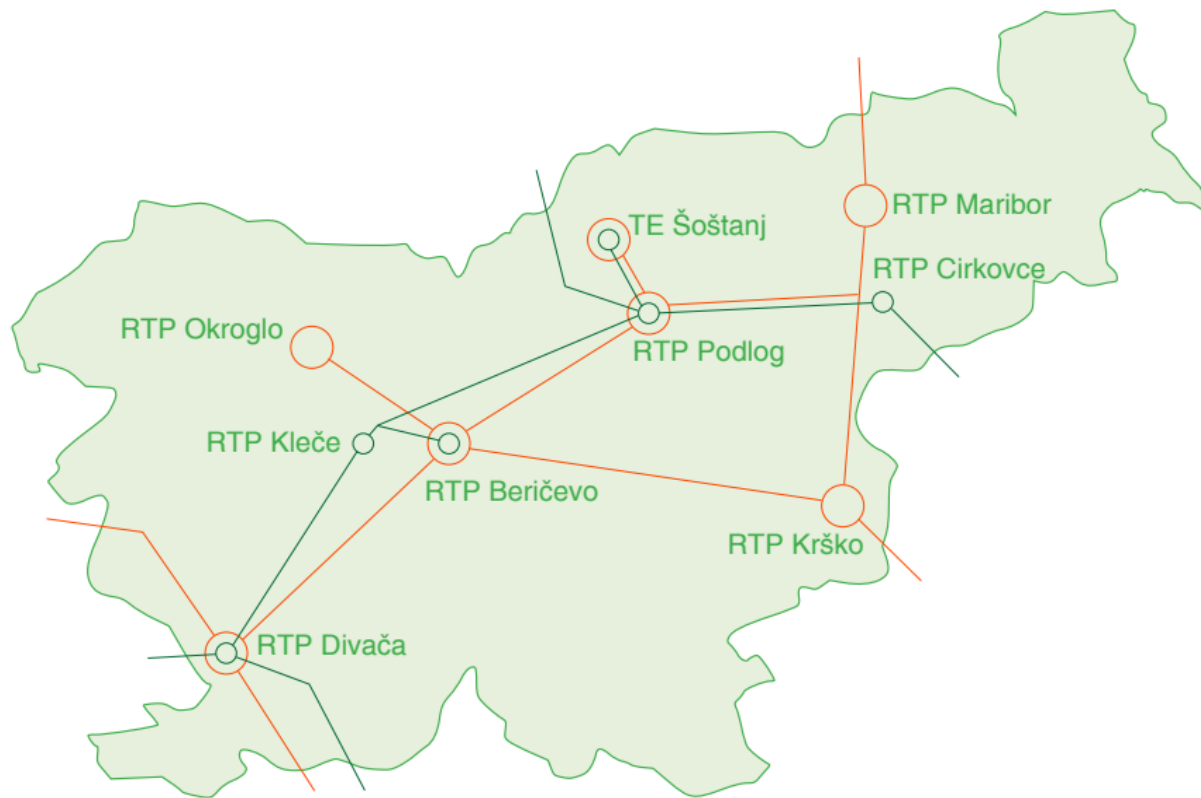
S2: Najpogostejša tipa stebrov enosistemskega VN daljnovoda. Levo jelka, desno ipsilon.

# NAJPOGOSTEJŠI TIPI STEBROV DVO SISTEMSKEGA VN DALJNOVODA



S3: Najpogostejša tipa stebrov dvosistemskega VN daljnovoda. Levo sod, desno donava.

# SLOVENSKO PRENOSNO OMREŽJE



S1: Slovensko prenosno omrežje 220 kV in 400 kV.

- V Sloveniji je trenutno (december 2018):
- \* 669 km 400 kV daljnovodov,
  - \* 382 km 220 kV daljnovodov,
  - \* 2723 km 110 kV daljnovodov,
  - \* 21 km 110 kV kablovodov,
  - \* 45 RTP (razdelilno transformatorskih postaj)

- Po napetosti delimo električna omrežja na:
- NN – niskonapetostna (do 1 kV),
  - SN – sredjenapetostna (1-35 kV),
  - VN – visokonapetostna (110-400 kV).

3 visokonapetostni (VN) nivoji: **400 kV**, **220 kV** in **110 kV**.

V distribucijskem omrežju se uporablja 5 napetostnih nivojev: 110 kV, 35 kV, 20 kV, 10 kV in 0,4 kV

Vir	Odmik v m na višini 1 m nad tlemi za I. območje varstva pred sevanji
400 kV enosistemski daljnovod ipsion	46
400 kV dvosistemski daljnovod sod	42
220 kV enosistemski daljnovod jelka	24
220 kV dvosistemski daljnovod sod	18
110 kV dvosistemski daljnovod donava	14
110 kV enosistemski daljnovod jelka	12
110 kV dvosistemski daljnovod sod	9

Velikost vplivnega območja, **kjer so lahko presežene mejne vrednosti za I. območje** varstva pred sevanji na višini 1 m nad tlemi. Za II. območje varstva pred sevanji mejne vrednosti niso presežene.



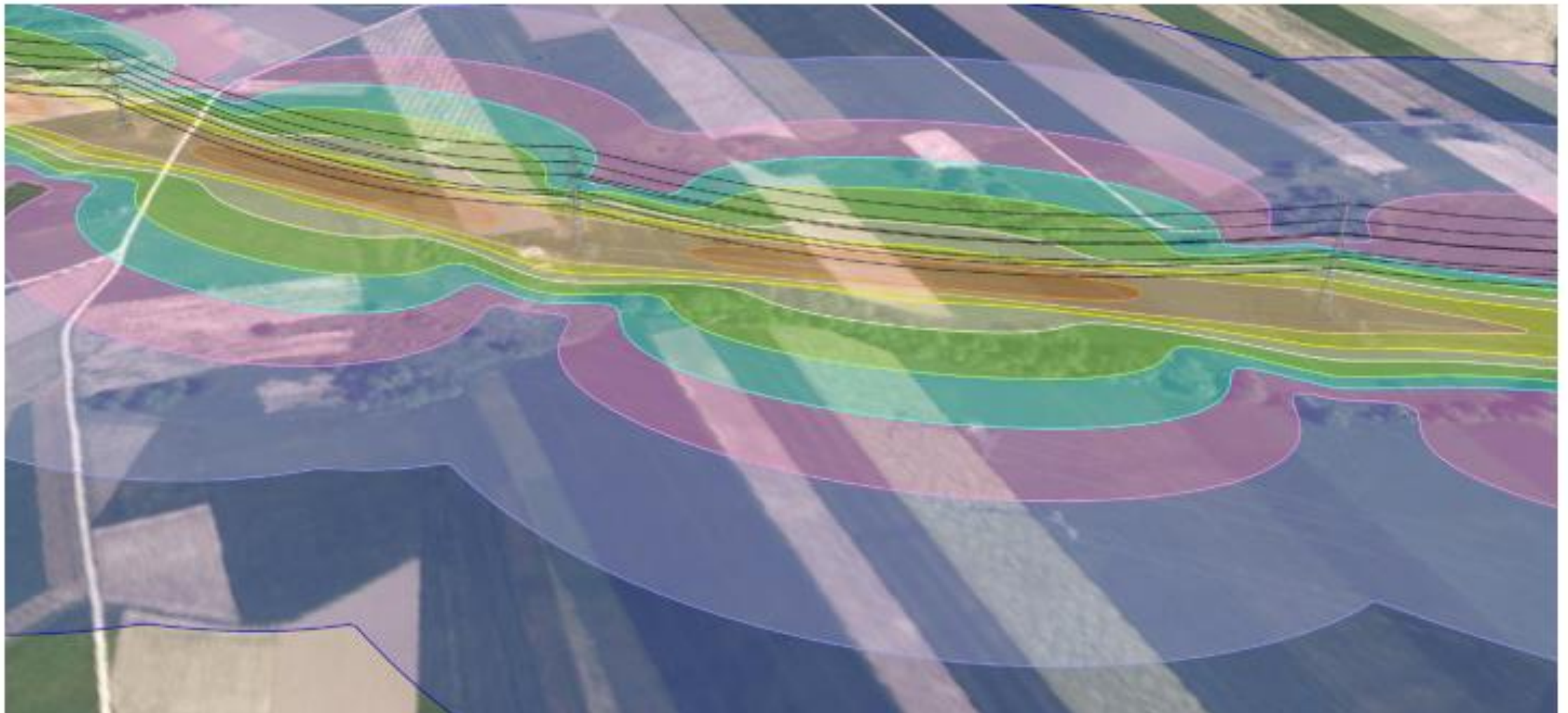
*Tabela 1: Pregled mejnih vrednosti za nizkofrekvenčna električna in magnetna polja.*

	mejne vrednosti za	
	jakost električnega polja E [V/m]	gostoto magnetnega pretoka B [ $\mu$ T]
Uredba I. območje	500	10
Uredba I. obstoječi viri*	10000	100
Uredba I. rekonstrukcija**	1800	15
Uredba II. območje	10000	100
Priporočila Evropskega sveta 1999	5000	100
Smernice ICNIRP 2010	5000	200

\*Za obstoječe vire, to je vire, ki so bili v obratovanju na dan uveljavitve Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (6. 12. 1996), ki se nahajajo na I. območju, veljajo mejne vrednosti za II. območje.

\*\* V primeru rekonstrukcije obstoječega podzemnega ali nadzemnega voda veljajo v bivalnih prostorih in vseh drugih prostorih zgradb, v katerih se zadržujejo ljudje, posebne mejne vrednosti.

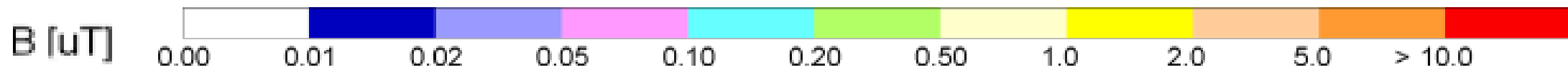
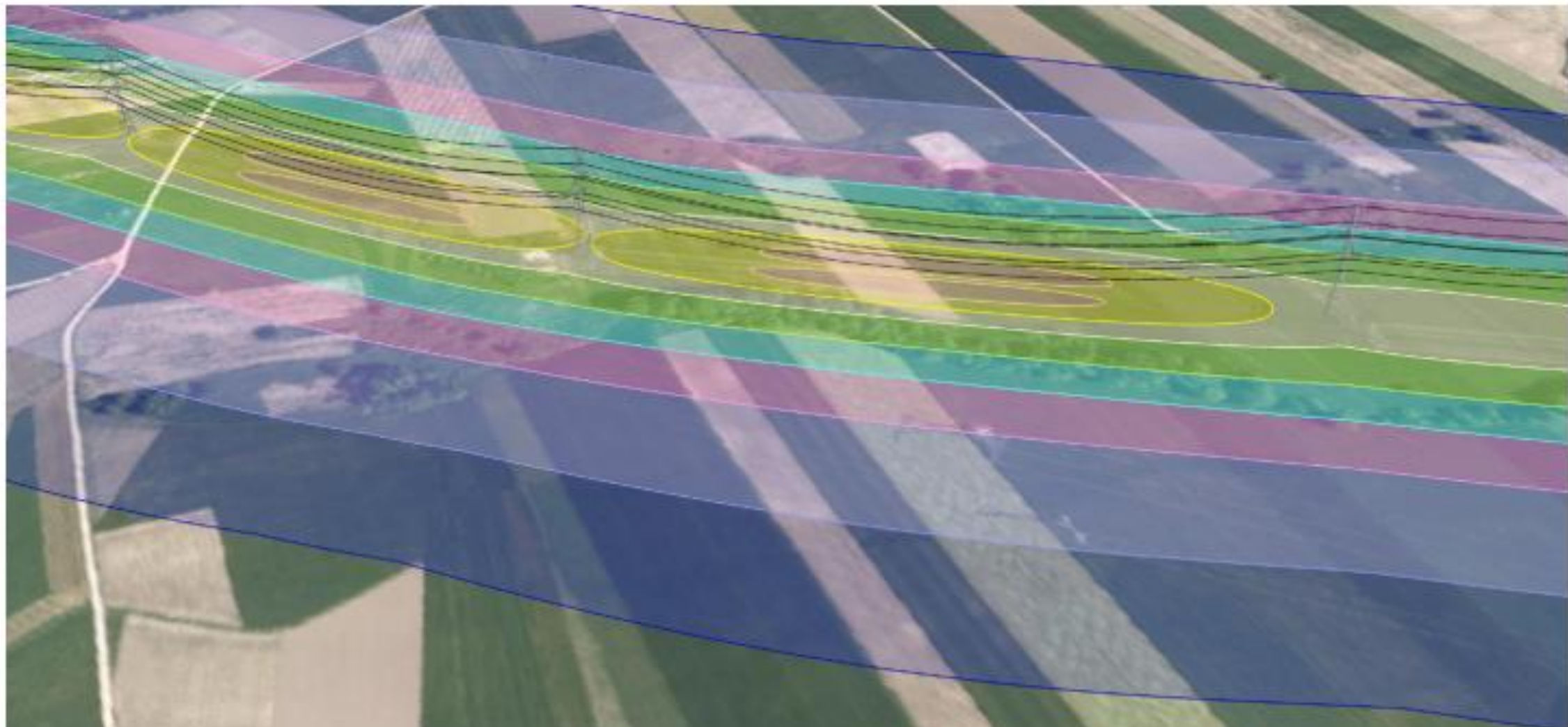
Za poklicno izpostavljenost pa velja zakonodaja s področja varovanja zdravja pri delu, to je Uredba o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti elektromagnetnim sevanjem (UL RS, 49/16).



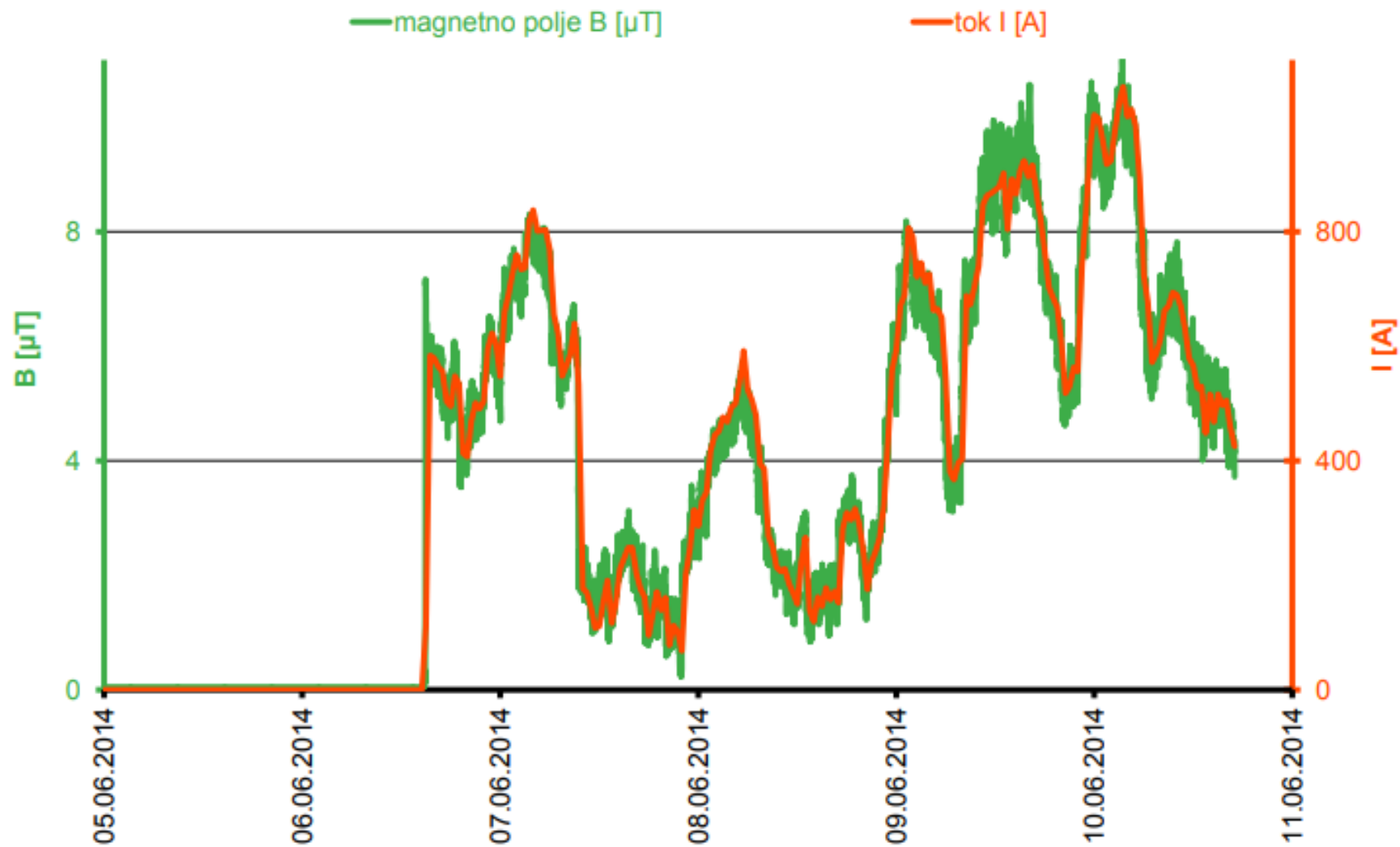
**E [kV/m]**



S10: Potek električnega polja v bližini 400 kV daljnovoda tipa sod na višini 1 m nad tlemi. V bližini stebrov, kjer so vodniki višje nad tlemi, so vrednosti električnega polja nižje, najvišje pa so v sredni med stebroma, kjer so vodniki najnižje.

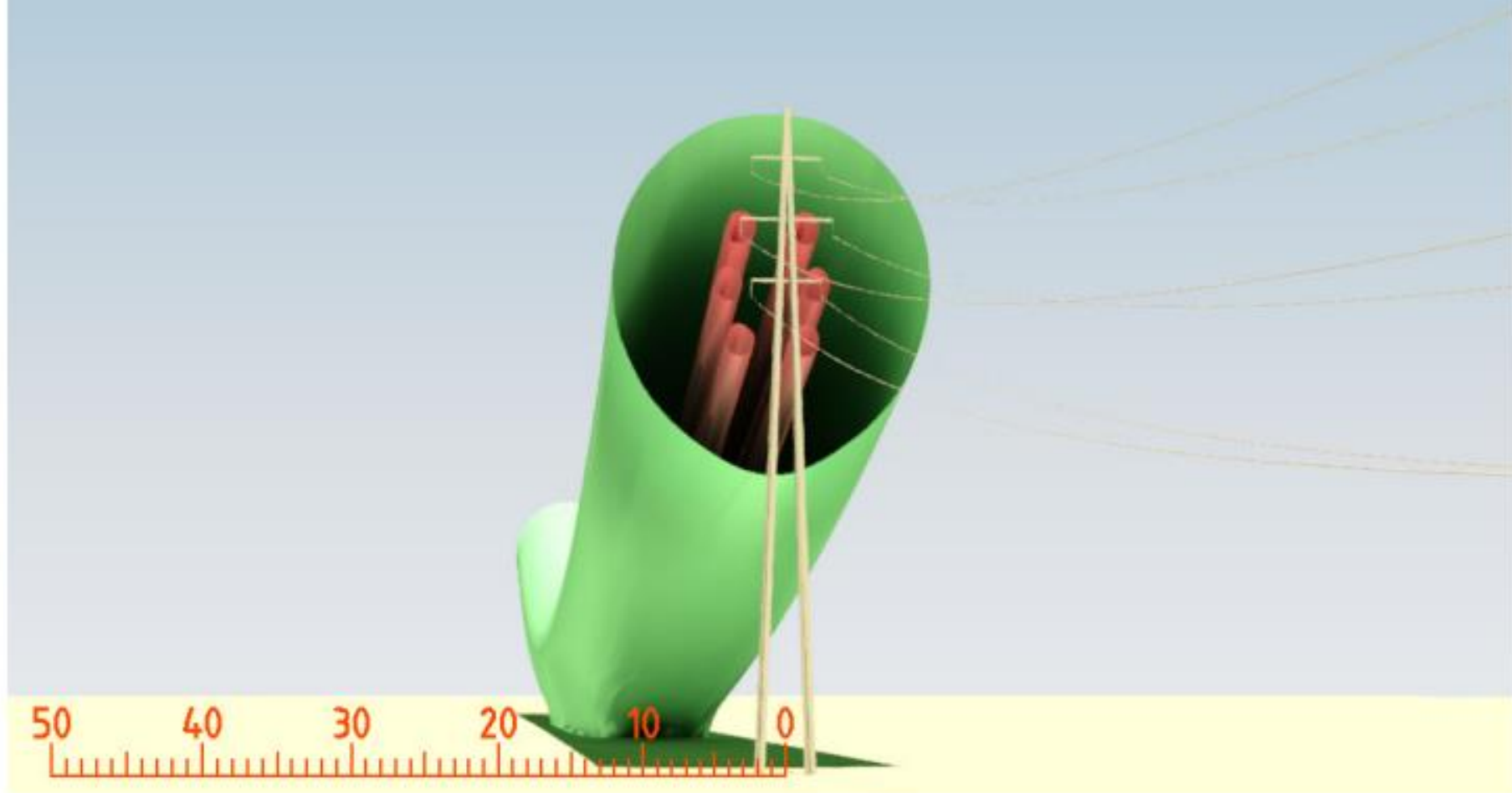


S11: Potek magnetnega polja v bližini 400 kV daljnovoda tipa sod na višini 1 m nad tlemi. V bližini stebrov, kjer so vodniki višje nad tlemi, so vrednosti magnetnega polja nižje, najvišje pa so v sredni med stebroma, kjer so vodniki najnižje.



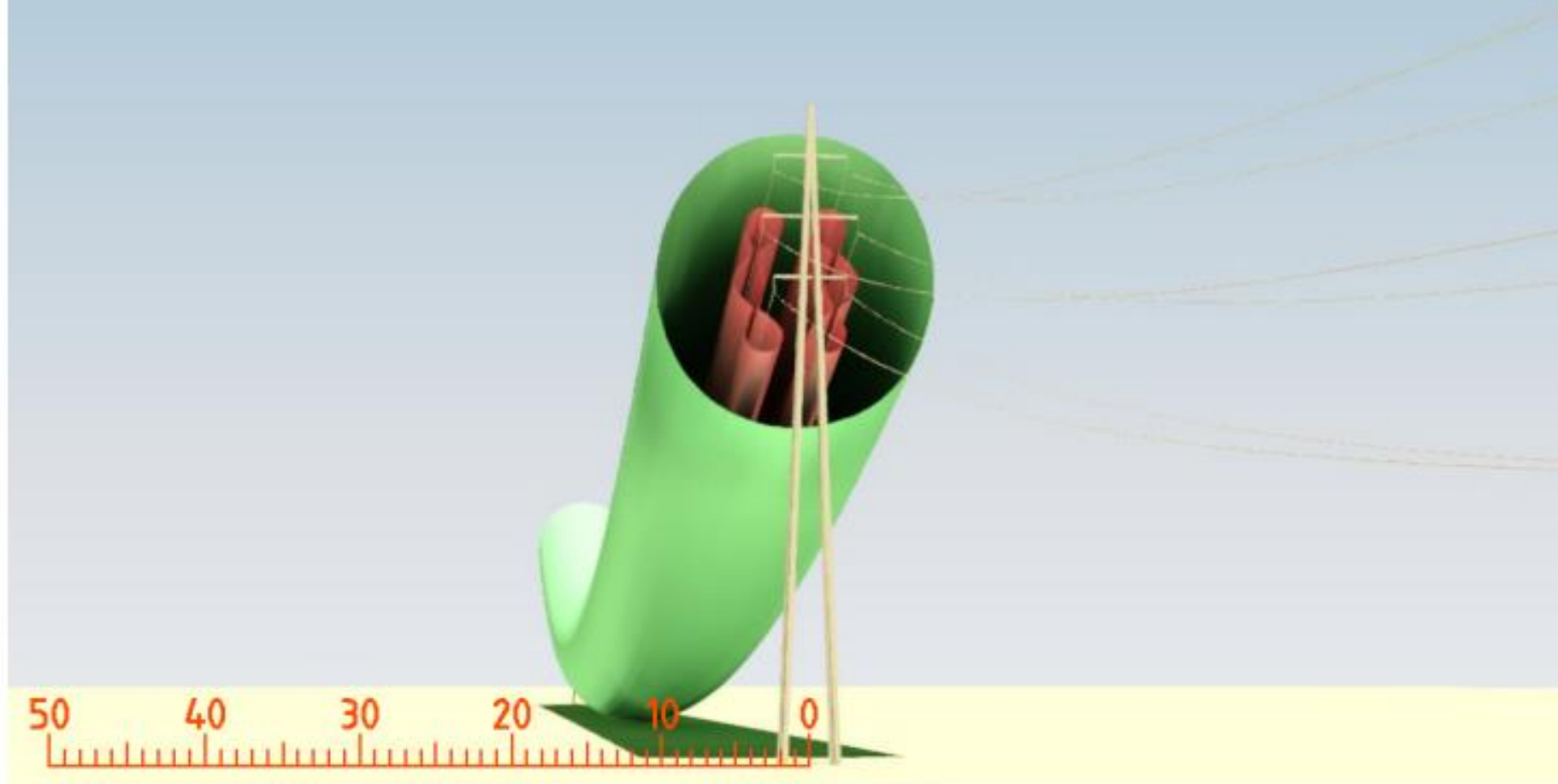
S7: Potek magnetnega polja (črna, leva skala) in obremenjenosti daljnovoda (rdeča, desna skala) za lokacijo, ki se nahaja v neposredni bližini 400 kV daljnovoda. V začetku daljnovod ni bil obremenjen, zato je tudi magnetno polje nizko. Ko je daljnovod obremenjen, se magnetno polje spreminja v odvisnosti od obremenjenosti daljnovoda

## 110 kV, tip SOD, električno polje



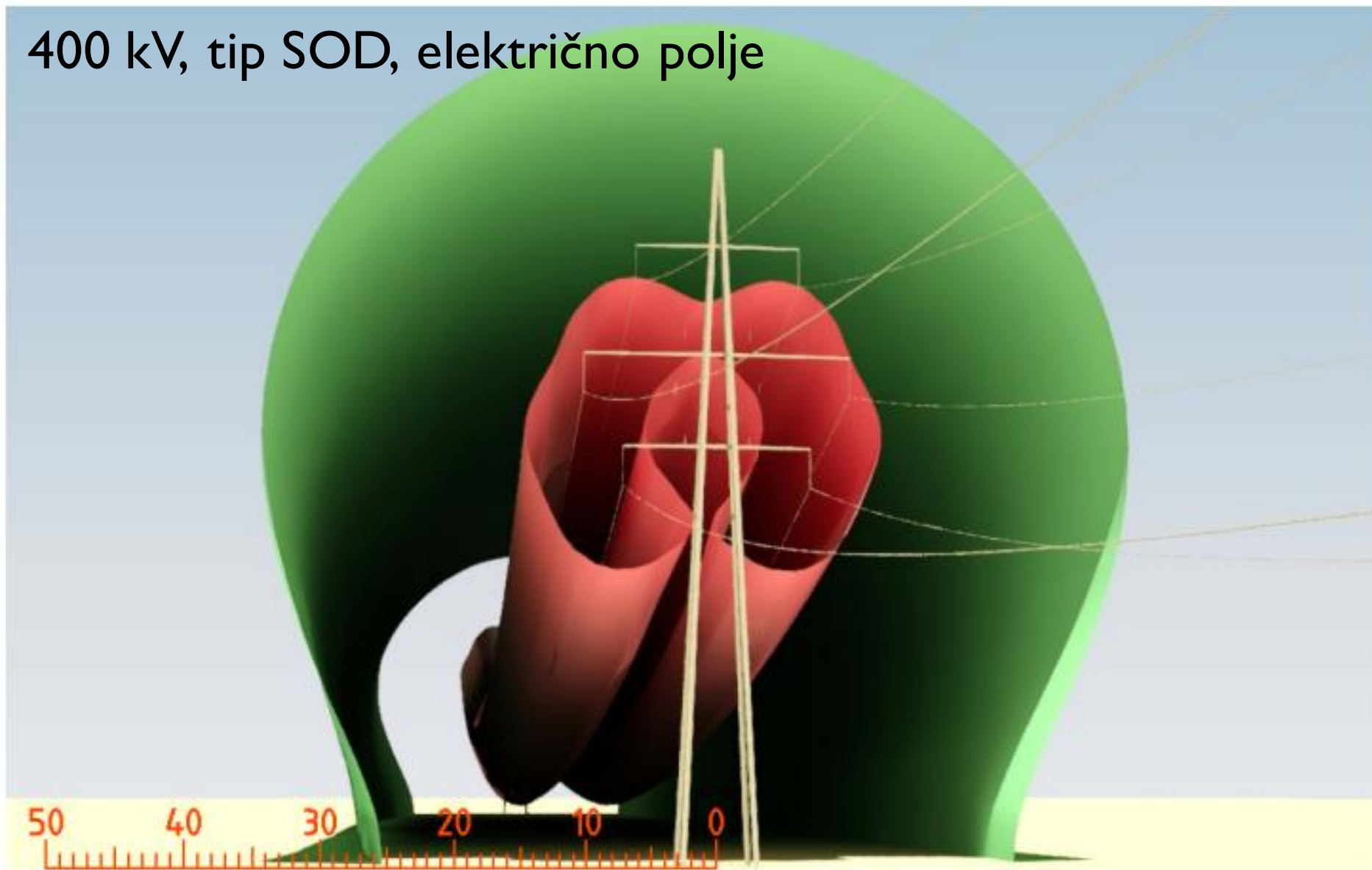
S12: Električno polje v prostoru v okolici 110 kV daljnovoda tipa sod. Zelena barva predstavlja območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, rdeča pa območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji.

## 110 kV, tip SOD, magnetno polje



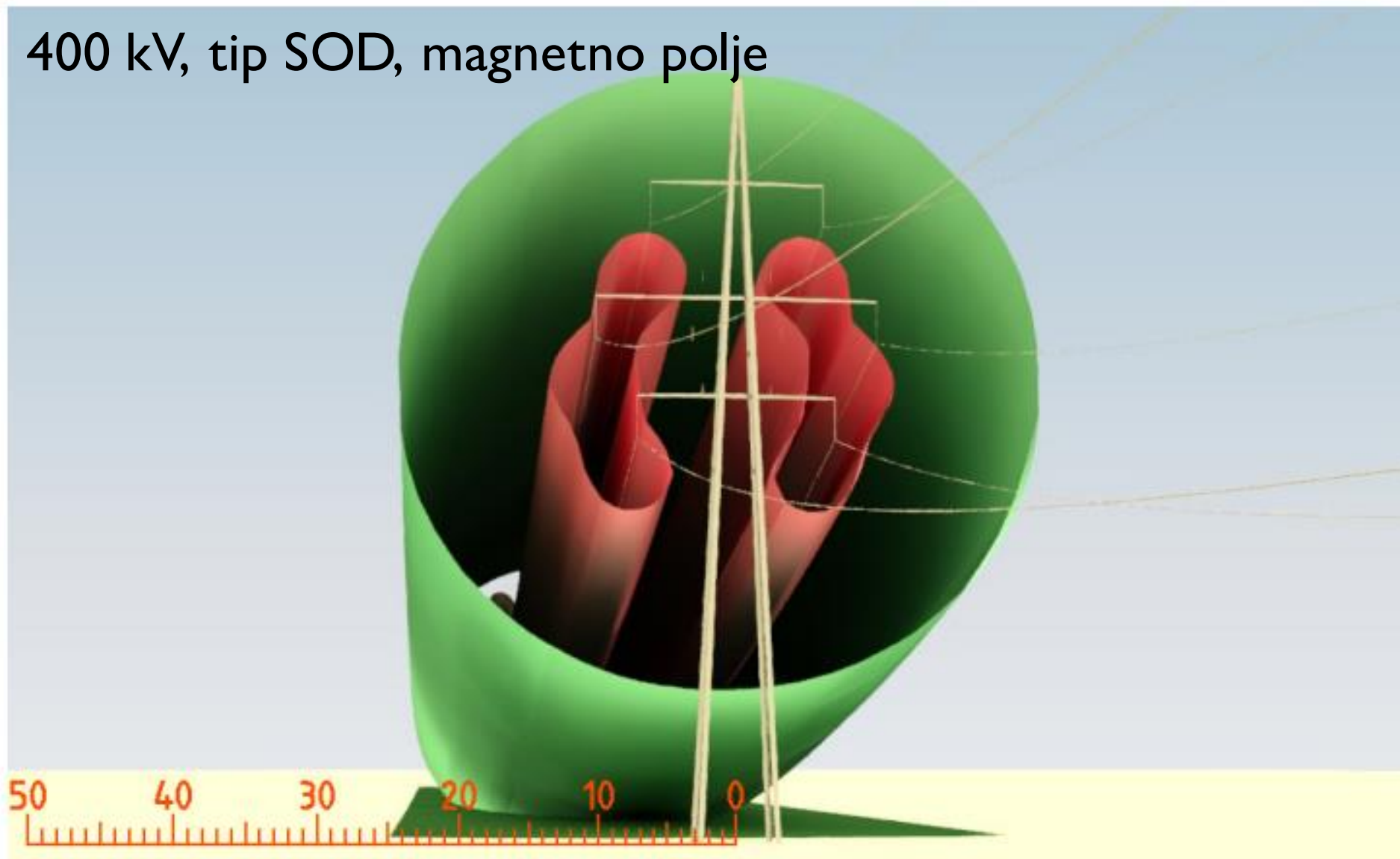
S13: Magnetno polje v prostoru v okolici 110 kV daljnovoda tipa sod. Zelena barva predstavlja območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, rdeča pa območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji.

## 400 kV, tip SOD, električno polje



S14: Električno polje v prostoru v okolici 400 kV daljnovoda tipa sod. Zelena barva predstavlja območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, rdeča pa območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji.

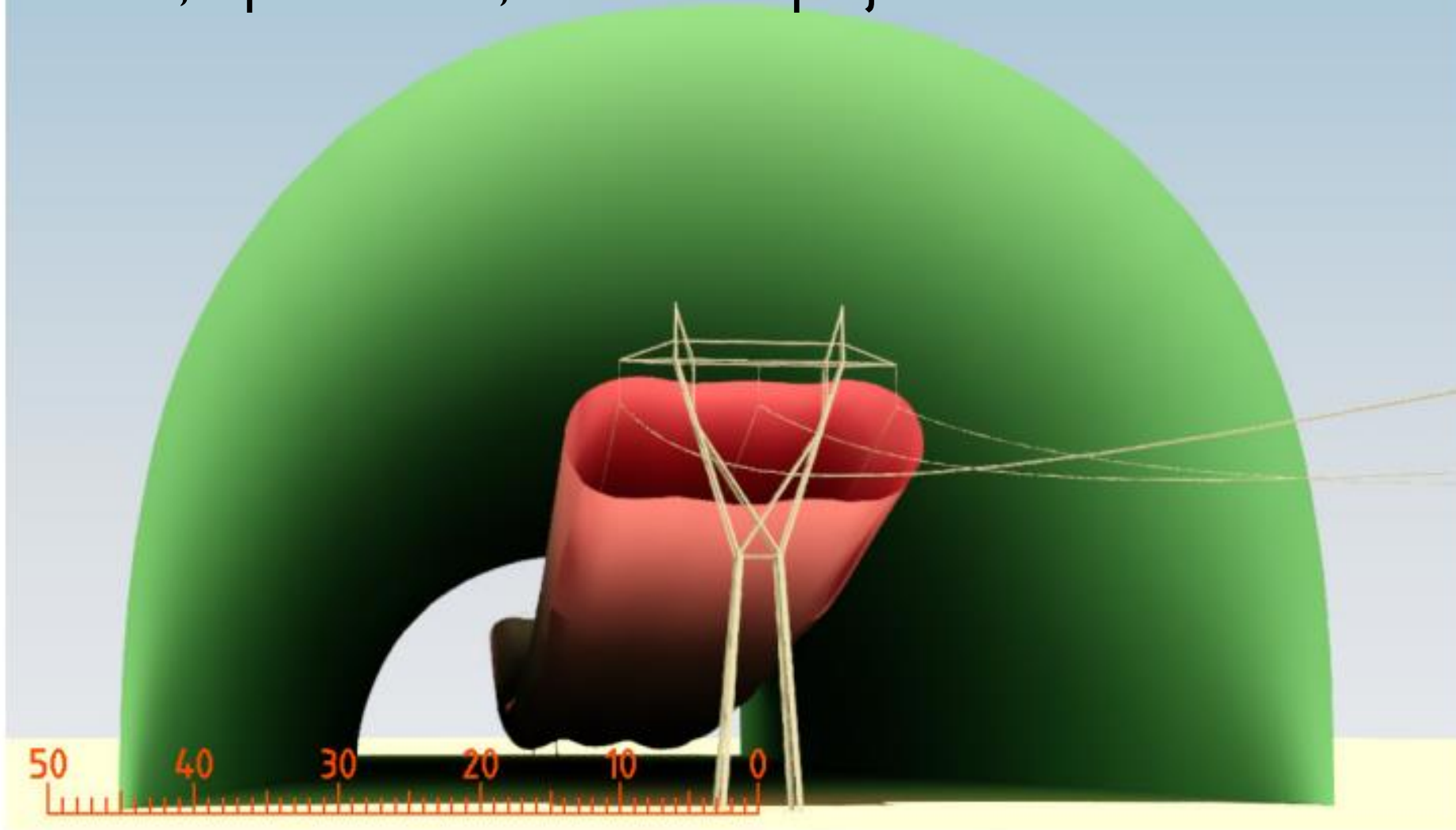
## 400 kV, tip SOD, magnetno polje



S15: Magnetno polje v prostoru v okolici 400 kV daljnovoda tipa sod. Zelena barva predstavlja območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, rdeča pa območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji.

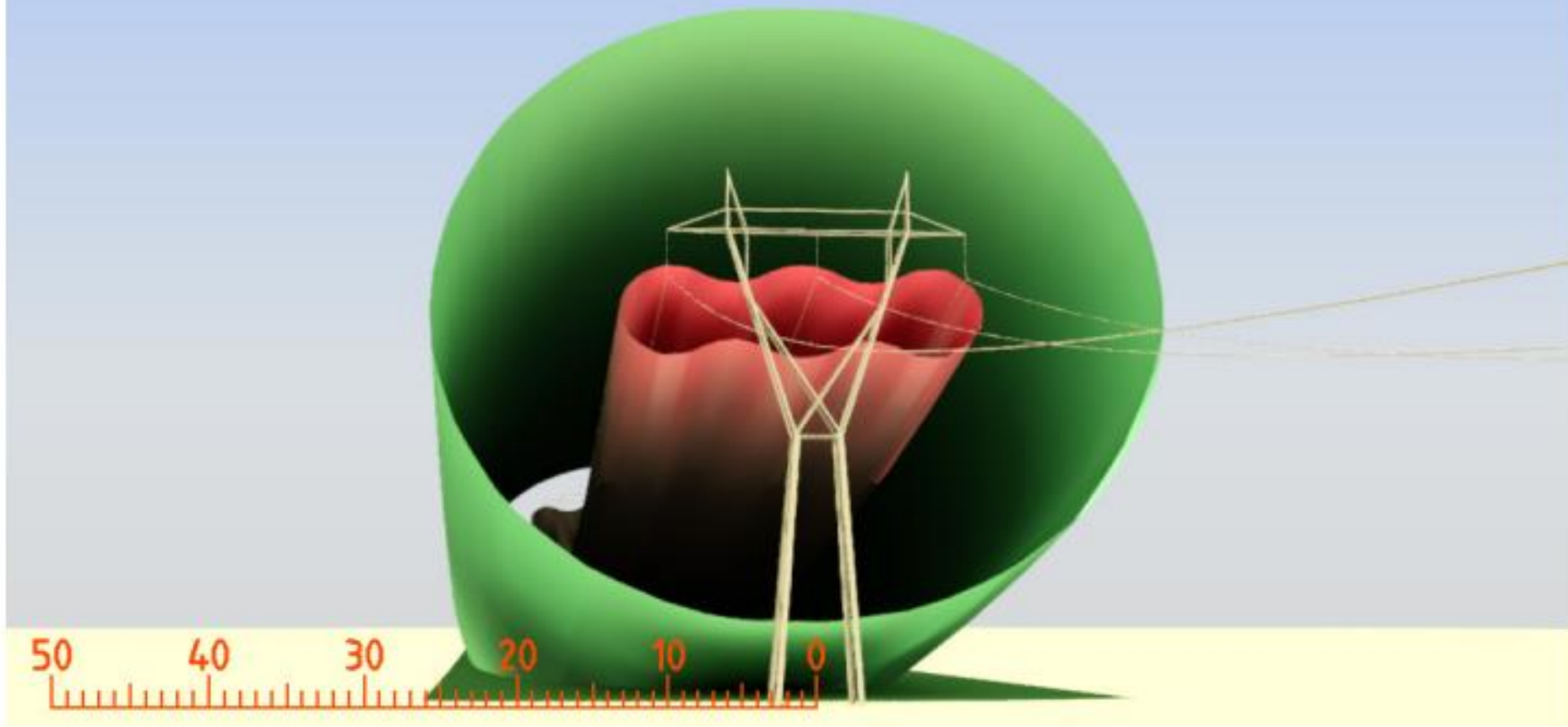


## 400 kV, tip IPSILON, električno polje



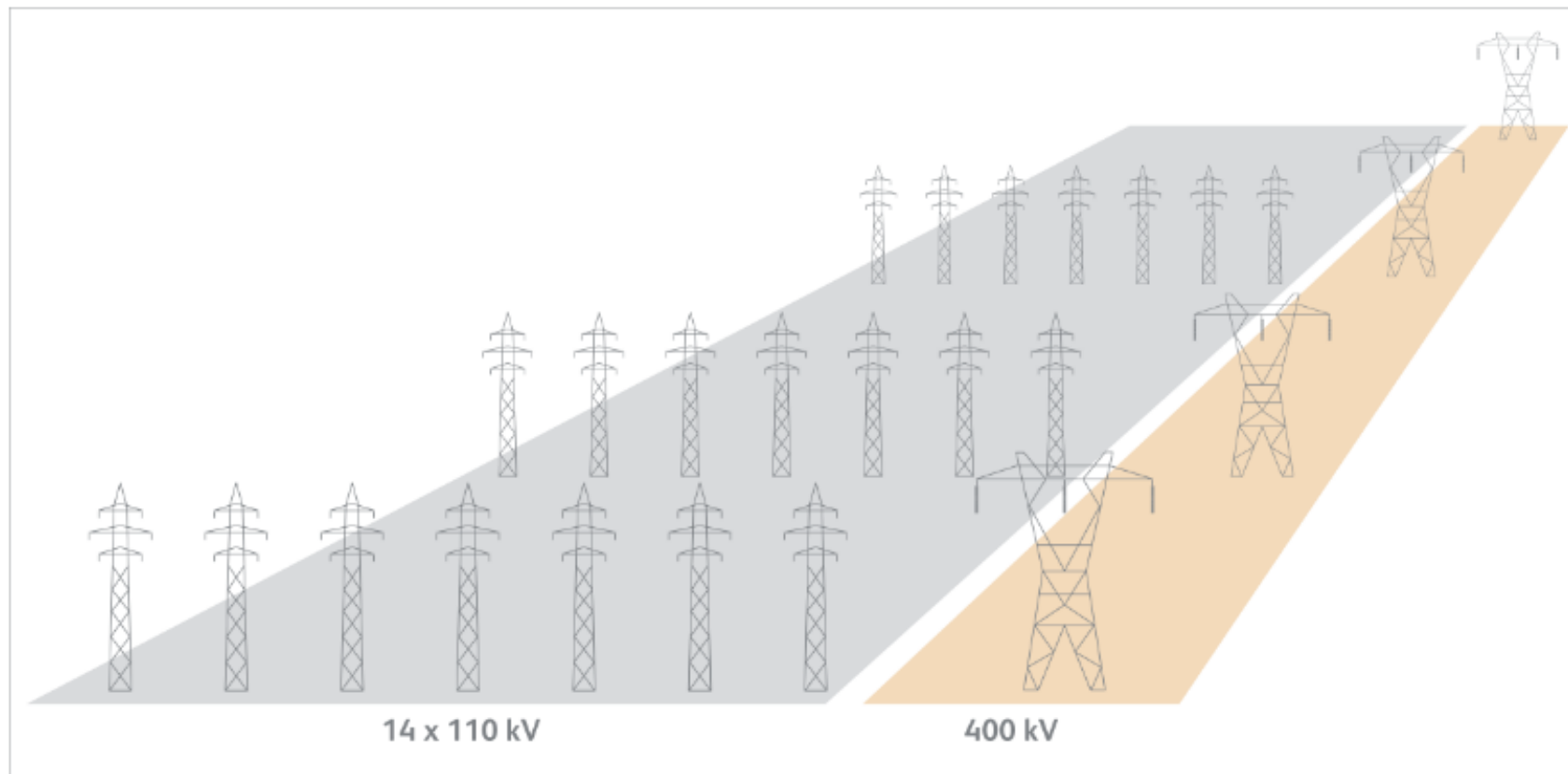
S16: Električno polje v prostoru v okolici 400 kV daljnovoda tipa ipsion. Zelena barva predstavlja območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, rdeča pa območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji.

## 400 kV, tip IPSILON, magnetno polje



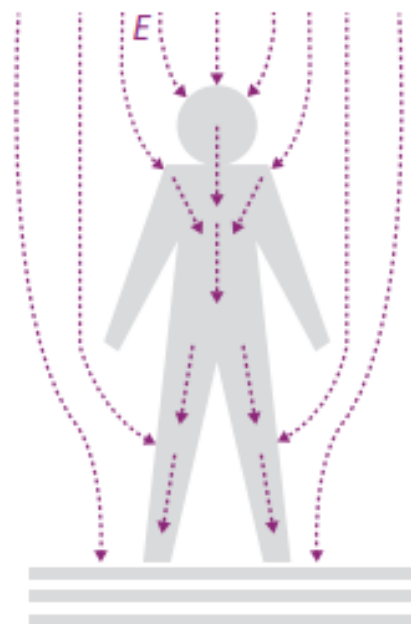
S17: Magnetno polje v prostoru v okolici 400 kV daljnovoda tipa ipsion. Zelena barva predstavlja območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, rdeča pa območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji.

In še zanimivost: sedem dvosistemskih 110 kV daljnovodov ustreza enemu enosistemskemu 400 kV daljnovodu.

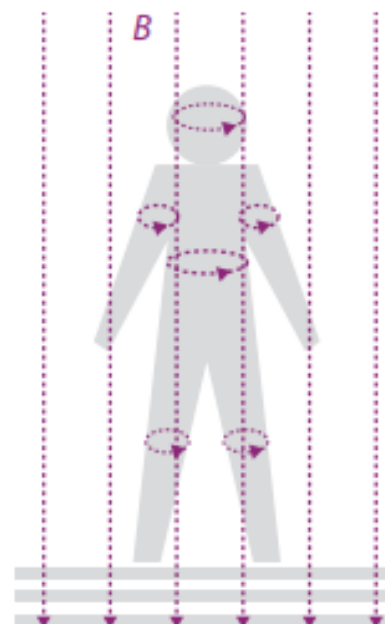


Vir: Rožman, Robert. 2013. Prenos električne energije. Krško: Zavod

V mednarodnih smernicah ICNIRP za zaščito ljudi mejne vrednosti za jakosti električnih in magnetnih polj 50 (60) Hz temeljijo na akutnih učinkih tokov, ki se inducirajo v telesu zaradi električnih in magnetnih polj, vključujejo pa še dodatne varnostne faktorje.



**Slika 19:**  
*Človek v električnem polju.*



**Slika 20:**  
*Človek v magnetnem polju.*

Akutni učinki so torej znanstveno dokazani; določena mera negotovosti pa obstaja glede morebitnih zapoznelih učinkov dolgotrajnega izpostavljanja jakostim polj, ki so nižje od postavljenih mej na podlagi akutnih učinkov.

Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) pod svojim okriljem spremlja elektromagnetno sevanje kot faktor, ki lahko vpliva na zdravje ljudi. Na svoji spletni strani <http://www.who.int/peh-emf/en/> objavlja informacije o splošnih dejstvih o elektromagnetnih poljih in njihove-mu vplivu na zdravje, stanju standardov, modelu zakonodaje itd.

# ZAKLJUČEK



Vsaka medalja ima dve plati. Ena plat je ponavadi ugodnejša, druga manj.

Brez visokonapetostnih daljnovodov zaenkrat ne bi mogli ustrezno oskrbovati uporabnikov.

Zavedati se je potrebno, da človek vsega ne ve, da pogosto šele po odkritju neugodnih posledic začne iskati vzroke zanje. (Spomnimo se npr. na tobak, kako je bil zaželen na začetku. Enako je pri mobilnih, pametnih telefonih, ... )