



ELEKTROINŠTITUT MIŁAN VIDMAR

*Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo
Ljubljana
Oddelek za vplive elektroenergetskih
naprav na okolje*

**ELABORAT POVPREČNE IZPOSTAVLJENOSTI OKOLJA EMS
OBSTOJEČIH DALJNOVODOV
ZA POTREBE PREHODA 220 kV OMREŽJA
NA 400 kV BERIČEVO–DIVAČA**

Poročilo: VENO 3551

Ljubljana, januar 2017



ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo
Ljubljana
Oddelek za vplive elektroenergetskih
naprav na okolje

ELABORAT POVPREČNE IZPOSTAVLJENOSTI OKOLJA EMS OBSTOJEČIH DALJNOVODOV ZA POTREBE PREHODA 220 kV OMREŽJA NA 400 kV BERIČEVO–DIVAČA

Poročilo: VENO 3551

Ljubljana, januar 2017



Direktor:

dr. Boris ŽITNIK, univ. dipl. inž. el.

2 2 2

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Besedilo smo oblikovali z:

- Microsoft Word 2013, podjetja Microsoft Corporation,
- Microsoft Excel 2013, podjetja Microsoft Corporation.

Izračune elektromagnetnega polja smo opravili s programskim orodjem:

- EFC – 400PS, Magnetic and Electric Field Calculation, Noise calculation, podjetja Narda Safety Test Solutions GmbH.

Analize podatkov smo opravili s programom:

Matlab R2015a, podjetja MathWorks.

Slike smo oblikovali s programskim paketom:

Corel Draw X6, podjetja Corel Corporation.

Pooblastila:

- Certifikat ISO 9001:2008 in ISO 14001:2004 za razvojno-raziskovalno dejavnost, inženiring, svetovanje, strokovno ocenjevanje ter preskušanje na področju elektroenergetike in splošne energetike, številka certifikata 12 100/104 23886 TMS, veljaven do 26.01.2018.
- Pooblastilo za izvajanje prvih meritev in obratovalnega monitoringa za nizkofrekvenčne vire elektromagnetnega sevanja, številka pooblastila: 35459-1/2015-2, dne 21.04.2015, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Pooblastilo za izvajanje prvih meritev in obratovalnega monitoringa hrupa za vire hrupa, številka pooblastila: 35445-1/2015-2, dne 07.05.2015, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Pooblastilo za izvajanje prvega ocenjevanja in obratovalnega monitoringa hrupa za vire hrupa, številka pooblastila: 35445-8/2012-3, dne 15.10.2012, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Pooblastilo/dovoljenje za delo za opravljanje strokovnih nalog varnosti pri delu iz 2. Člena Pravilnika o pogojih za pridobitev dovoljenja za delo za opravljanje strokovnih nalog varnosti pri delu, številka dovoljenja 10202/00044/2003, z dne 15.12.2003, številka odločbe 02039-68/2006, z dne 7.7.2006 ter številka odločbe 10200-16/2011, z dne 22.7.2011, Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve.
- Odločba za ugotavljanje skladnosti proizvodov v skladu z 11. členom Pravilnika o elektromagnetni združljivosti (Ur. l. RS št.: 132/06), številka odločbe: 3201-3/2004-8, z dne 26.11.2007, Ministrstvo za gospodarstvo.
- Akreditirane postopke po zahtevah standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005, številka akreditacijske listine LP-063.

© Elektroinštitut Milan Vidmar, 2017.

Vsebina poročila predstavlja izvirne podatke Laboratorija OVENO. Vse pravice so pridržane. Noben del tega poročila se ne sme razmnoževati, shranjevati v sistemu za shranjevanje podatkov ali prenašati v kakršnikoli obliki ali s kakršnimikoli sredstvi brez poprejšnjega pisnega dovoljenja Elektroinštituta Milan Vidmar.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Naslov: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača

Oznaka poročila: VENO 3551

Naročilo: Naročilnica: NAR2016/0784, z dne 15. 2. 2016

Delovni nalog: 216601

Naročnika: **ELES, d.o.o.**
Hajdrihova 2, Ljubljana

Odgovorni pri naročniku: mag. Aleš KREGAR, univ. dipl. inž. el.
Minče MANDELJ, univ. dipl. inž. el.
Kristjan BLAŽIČ, univ. dipl. inž. el.

Naslov izvajalca: **ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR**
Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo,
Hajdrihova ulica 2, Ljubljana

Izdelali: mag. Breda CESTNIK, univ. dipl. inž. el.,
mag. Karol GRABNER, univ. dipl. inž. el.
dr. Primož HROBAT, univ. dipl. inž. el.
Jaka NARDIN, dipl. inž. el.

Obseg poročila: 92 strani

Število izvodov: 5

Datum izdelave: februar 2017

Vodja oddelka:

dr. Primož HROBAT, univ. dipl. inž. el.



B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

KAZALO

1	UVOD.....	11
2	DOLOČITEV METODOLOGIJE ZA OCENO POVPREČNIH TOKOVNIH OBREMENITEV DV (DNEVNO IN LETNO).....	13
2.1	Izhodiščni pojem: povprečna izpostavljenost magnetnemu polju.....	13
2.2	Dolgotrajna povprečna izpostavljenost magnetnemu polju kot kazalec v epidemioloških študijah .	14
2.3	Povprečne tokovne obremenitve	15
3	OCENA POVPREČNIH TOKOVNIH OBREMENITEV OBSTOJEČIH DV (DNEVNO IN LETNO).....	16
3.1	Opredelitev obravnavanih daljnovodov – po fazah	16
3.2	Analiza povprečnih tokovnih obremenitev – za prvo fazo	17
3.3	Analiza povprečnih tokovnih obremenitev – za drugo, tretjo in četrto fazo	25
3.3.1	Splošno	25
3.3.2	Primerjava letne povprečne vrednosti za koledarsko leto in tekoče drseče enoletno obdobje ..	26
3.3.3	Ocena letne in dnevne povprečne tokovne obremenitve daljnovodov	28
3.4	Ocene letnih povprečnih vrednosti toka pri novih projektih	35
4	PREGLED STEBROV DALJNOVODOV IN DOLOČITEV TIPSKIH PREDSTAVNIKOV.....	37
4.1	Opredelitev tipskih stebrov za analizo – za prvo fazo.....	37
4.2	Opredelitev tipskih stebrov za analizo – za drugo, tretjo in četrto fazo	37
5	OCENA MAGNETNEGA POLJA ZA TIPSKE PREDSTAVNIKE IN OCENA ŠIRINE VPLIVNEGA OBMOČJA ZA RAZPON POVPREČNIH TOKOVNIH OBREMENITEV	41
5.1	Ocena magnetnega polja in oddaljenosti do kontur 0,4 μ T – za prvo fazo.....	41
5.2	Ocena magnetnega polja in oddaljenosti do kontur 0,4 μ T– za drugo, tretjo in četrto fazo.....	45

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

5.3	Ocena širin vplivnega območja do 0,4 μ T za letne povprečne tokovne obremenitve	60
5.4	Ocena oddaljenosti za opazovano mejo povprečne izpostavljenosti 0,4 μ T	68
6	MOŽNOSTI ZMANJŠANJA ŠIRINE VPLIVNEGA OBMOČJA	74
6.1	Splošno	74
6.2	Konstruktivski in umestitveni ukrepi pri virih sevanja	75
6.3	Dodatni kompenzacijski ukrepi.....	78
6.4	Uporaba drugih alternativnih rešitev z nižjimi obremenitvami okolja	78
6.5	Zniževanje toka	81
7	PRIPOROČILA GLEDE SPREMEMBE UREDBE O EMS.....	82
7.1	Stanje regulative v Evropi	82
7.2	Priporočila.....	83
8	ZAKLJUČEK.....	86
9	LITERATURA	89
10	PRILOGE.....	92

Priloga 1 - Stanje zakonodaje v Evropi

Priloga 2 – Program dela naloge

Priloga 3 – Skice stebrov

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

SEZNAM KRATIC

EMS	- elektromagnetno sevanje
ICNIRP	- Mednarodna komisija za zaščito pred neionizirnimi sevanji (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)
IARC	- Mednarodna agencija za raziskave raka (International Agency for Research on Cancer)
WHO	- Svetovna zdravstvena organizacija (World Health Organization)
SCENIHR	- Znanstveni odbor o novih in novoodkritih zdravstvenih tveganjih (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks)
DV	- daljnovod
B	- gostota magnetnega pretoka



B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2017.

POVZETEK

Elaborat vsebuje strokovne podlage in ocene povprečne izpostavljenosti okolja elektromagnetnemu sevanju (EMS) obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača, skladno s programom del naloge po ponudbi s poudarkom na magnetnem polju.

V elaboratu smo najprej analizirali razpon povprečnih tokovnih obremenitev v obstoječih daljnovodih slovenskega prenosnega elektroenergetskega omrežja na podlagi podatkov iz obdobja 2011–2015. Zajeti so bili vsi 400 kV in 220 kV daljnovodi ter nekateri 110 kV daljnovodi. V nadaljevanju smo podali grafe za oceno oddaljenosti od osi DV, izven katerih je dolgotrajna povprečna izpostavljenost magnetnemu polju (B) manjša od določenih opazovanih meja povprečne izpostavljenosti ($0,4 \mu\text{T}$, $0,8 \mu\text{T}$, $1 \mu\text{T}$), in sicer na podlagi tipskih predstavnikov glav obstoječih stebrov. Za razpon povprečnih tokovnih obremenitev je izdelana ocena širine vplivnega območja za mejo povprečne izpostavljenosti $0,4 \mu\text{T}$ na posameznem nazivnem napetostnem nivoju. Opisane so načelne možnosti zmanjšanja širine vplivnega območja za povprečno izpostavljenost določenim predpostavljenim obravnavanim vrednostim. Podan je pregled stanja zakonodaje za države v Evropi. Na podlagi tega so podana priporočila glede spremembe uredbe o EMS.

Ključne besede: elektromagnetno sevanje, magnetno polje, daljnovod, povprečna obremenitev.



B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

1 UVOD

Zaradi vse večjega zanimanja javnosti glede zdravstvenih učinkov elektromagnetnega sevanja (EMS) pri prehodu 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača je aktualno vprašanje, ki se je doslej že večkrat pojavilo v javnosti, in sicer izven katerih oddaljenosti od osi daljnovodov je dolgotrajna povprečna izpostavljenost magnetnemu polju (B) manjša od $0,4 \mu\text{T}$.

Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) namreč v svoji publikaciji [3] navaja¹: »Odkar je bilo leta 1979 objavljeno prvo poročilo, ki je nakazalo povezavo med nizkofrekvenčnimi električnimi in magnetnimi polji v stanovanjih in otroško levkemijo, je to povezavo preučevalo desetine čedalje bolj dodelanih študij. Poleg tega so nastale številne celovite ocene, meta analize in dve nedavni združeni analizi. V eni združeni analizi, ki temelji na devetih dobro izvedenih študijah, ni bilo ugotovljenega povečanega tveganja pri izpostavljenosti nizkofrekvenčnim magnetnim poljem pod $0,4 \mu\text{T}$, obenem pa je bilo ugotovljeno dvakrat povečano tveganje pri izpostavljenosti nad $0,4 \mu\text{T}$. Druga združena analiza je vključila 15 študij, ki temeljijo na manj strogih merilih za vključitev, in je uporabila $0,3 \mu\text{T}$ kot najvišjo mejno točko. Poročala je o relativnem tveganju 1,7 za izpostavljenost nad $0,3 \mu\text{T}$. Obe študiji sta tesno skladni. V nasprotju s temi rezultati za nizkofrekvenčna magnetna polja so dokazi, da so električna polja povezana z levkemijo pri otrocih, nezadostni za ocenjevanje.«

Ker slovenska zakonska regulativa, natančneje Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ur. l. RS 70/96) [6], postavlja omejitve za maksimalne predvidene obremenitve virov sevanja, doslejšnje študije povprečnih izpostavljenosti niso analizirale. Doslejšnje študije in strokovne ocene so metodologijo ugotavljanja čezmernosti in logiko sklepanja prilagodile mejnim vrednostim za maksimalno predvideno obratovalno stanje.

¹ Orig. (ang.): » Since the first report suggesting an association between residential ELF electric and magnetic fields and childhood leukaemia was published in 1979, dozens of increasingly sophisticated studies have examined this association. In addition, there have been numerous comprehensive reviews, meta-analyses, and two recent pooled analyses. In one pooled analysis based on nine well conducted studies, no excess risk was seen for exposure to ELF magnetic fields below $0.4 \mu\text{T}$ and a twofold excess risk was seen for exposure above $0.4 \mu\text{T}$. The other pooled analysis included 15 studies based on less restrictive inclusion criteria and used $0.3 \mu\text{T}$ as the highest cut-point. A relative risk of 1.7 for exposure above $0.3 \mu\text{T}$ was reported. The two studies are closely consistent. In contrast to these results for ELF magnetic fields, evidence that electric fields are associated with childhood leukaemia is inadequate for evaluation.«

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Ocenjevanje dolgotrajne povprečne izpostavljenosti oziroma obremenitve okolja z vidika povprečne izpostavljenosti zahteva statistično obravnavo. Magnetna polja daljnovodov namreč v splošnem dosegajo prostorsko gledano zelo različne vrednosti in se tudi zelo spreminjajo s časom.

Glavna naloga pričujočega elaborata je izdelati orodja za ocenjevanje povprečne izpostavljenosti pri posamičnih daljnovodih, s katerimi je možno prevesti določene opazovane meje povprečne izpostavljenosti (0,4 μ T, 0,8 μ T, 1 μ T) v oddaljenosti od osi nadzemnega voda. Znotraj tako ocenjenih oddaljenosti je pričakovati povprečne izpostavljenosti višje od teh določenih vrednosti, izven pa nižje od teh določenih vrednosti. V pričujočem elaboratu se izvede tudi groba ocena za obstoječe slovenske prenosne elektroenergetske nadzemne vode, izdelana za razpon povprečnih tokovnih obremenitev, in sicer te oddaljenosti podamo kot ocene širine vplivnega območja za povprečno izpostavljenost 0,4 μ T.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2017.

2 DOLOČITEV METODOLOGIJE ZA OCENO POVPREČNIH TOKOVNIH OBREMENITEV DV (DNEVNO IN LETNO)

2.1 Izhodiščni pojem: povprečna izpostavljenost magnetnemu polju

Ko opazujemo magnetno polje v določeni točki prostora v bližini daljnovoda kot vira elektromagnetnega sevanja in to opazovanje traja določeno časovno obdobje (npr. en dan, mesec, leto ali celo življenjsko dobo daljnovoda), lahko opazimo, da se v tej točki trenutna vrednost magnetnega polja v splošnem s časom zelo spreminja. Razlikovati je treba med pojmi: trenutna vrednost magnetnega polja, maksimalna vrednost magnetnega polja in povprečna vrednost magnetnega polja.

Trenutna vrednost magnetnega polja je vrednost v kateremkoli določenem trenutku in se lahko zajame z enkratno trenutno meritvijo.

Glavni vplivni parameter pri viru elektromagnetnega sevanja, ki povzroča časovno spremenljivost magnetnega polja, je tokovna obremenitev daljnovoda. Ta je v splošnem časovno spremenljiva, in ker je relacija med višino magnetnega polja in tokom kot virom magnetnega polja linearna, je časovno spremenljivo tudi magnetno polje v opazovani točki. **Maksimalna vrednost magnetnega polja** v opazovanem časovnem oknu je maksimalna trenutna vrednost v tem časovnem oknu in korelira z maksimalnim tokom, ki je tedaj tekkel po daljnovodu.

Povprečna vrednost magnetnega polja pa je povprečje trenutnih vrednosti. Ko je tok/polje zajeman/-o v enakih časovnih intervalih, se lahko izraža s srednjimi vrednostmi. Srednje vrednosti so:

- aritmetična,
- geometrijska in
- harmonična.

Če je končni nabor podatkov: a_1, a_2, \dots, a_n , se **aritmetična srednja vrednost** izrazi kot:

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

geometrijska srednja vrednost se izrazi kot:

$$G = \left(\prod_{i=1}^n a_i \right)^{1/n} = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n}$$

in **harmonična srednja vrednost** se izrazi kot:

$$H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{a_i}} = \frac{n}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \dots + \frac{1}{a_n}}$$

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Za vse nabore podatkov pozitivnih vrednosti podatkov, ki vsebujejo vsaj dve različni vrednosti, je harmonična srednja vrednost vedno najmanjša od teh treh srednjih vrednosti, medtem ko je aritmetična srednja vrednost vedno največja od teh treh srednjih vrednosti, in geometrijska srednja vrednost je vedno vmes.

Povprečna izpostavljenost magnetnemu polju je vedno vezana na obdobje, v katerem jo spremljamo. Ko govorimo o dnevni ali letni povprečni izpostavljenosti, s tem definiramo opazovano časovno okno (dan ali leto). Lahko imamo v mislih točno določen dan ali določeno leto, lahko pa znotraj opazovanega obdobja iščemo dan ali leto, ko je ocena povprečne obremenitve povprečna glede na ostalo opazovano obdobje, ali pa, ko je ocena povprečne obremenitve maksimalna glede na ostalo opazovano obdobje.

Pri tem je letna povprečna izpostavljenost pravzaprav kazalec **povprečne 24-urne povprečne izpostavljenosti** v določenem letu, medtem ko **maksimalno dnevno (24-urno) povprečno izpostavljenost** v tem letu dobimo, če pregledamo vse dnevne povprečne izpostavljenosti v tem letu in izmed njih poiščemo največjo.

2.2 Dolgotrajna povprečna izpostavljenost magnetnemu polju kot kazalec v epidemioloških študijah

Magnetna polja daljnovodov dosegajo prostorsko gledano zelo različne vrednosti in se tudi zelo spreminjajo s časom.

Nizke vrednosti polj, ki se uporabljajo v epidemioloških študijah, so ocene dolgoročne povprečja izpostavljenosti magnetnim poljem. Zato, če se v kateri regulativi sklicuje na nižje vrednosti od referenčnih ICNIRP mejnih vrednosti, ki jih podajajo Smernice ICNIRP 2010 [8], je treba te vrednosti pravilno opredeliti. To je mogoče storiti s statističnimi količinami, ocenjenimi v določenem prostoru in v določenem časovnem obdobju. Na primer, glede na čas, možnosti vključujejo srednje vrednosti v času enega dneva, srednje vrednosti v času enega leta ...

Iz strokovne literature [4] povzemamo, da se epidemiološke študije običajno osredotočajo na dolgotrajno izpostavljenost, zaradi védenja, da kemične snovi oziroma dejavniki v okolju (na primer tobačni dim, alkohol, sončna svetloba), ki so poznani, da povzročajo raka, zahtevajo ponavljajočo izpostavljenost pri povišanih vrednostih čez dolgo časovno obdobje. To védenje in pomanjkanje dokončne navedbe, kakšna metrika izpostavljenosti magnetnemu polju bi lahko bila biološko pomembna, je pripeljalo do uporabe metrike časovnega povprečja izpostavljenosti kot privzete izpostavljenosti. Aritmetične in geometrične srednje vrednosti so v poročilih uporabljene metrike izpostavljenosti magnetnemu polju z najvišjo oceno od leta do leta.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Ne glede na natančen postopek, ki se uporablja za oceno izpostavljenosti v študiji, je bil skupni splošni cilj posameznih epidemioloških študij in tudi združenih analiz oceniti **dolgotrajno** povprečno izpostavljenost otrok magnetnim poljem. Vrednost $0,4 \mu\text{T}$ (na katero se IARC sklicuje) je treba vedno razumeti kot povprečno vrednost, ki je bila ocenjena s pomočjo nadomestnih indikatorjev pretekle izpostavljenosti.

2.3 Povprečne tokovne obremenitve

Glavni vplivni parameter pri viru elektromagnetnega sevanja, ki povzroča časovno spremenljivost magnetnega polja, je tokovna obremenitev daljnovoda. Ta je v splošnem časovno zelo spremenljiva, in ker je relacija med višino magnetnega polja in tokom kot virom magnetnega polja linearna, je časovno spremenljivo tudi magnetno polje v opazovani točki.

Dolgotrajna povprečna izpostavljenost magnetnemu polju zato zahteva analizo dolgotrajne povprečne tokovne obremenitve daljnovoda. Analizi le-teh je posvečeno celo naslednje poglavje.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

3 OCENA POVPREČNIH TOKOVNIH OBREMENITEV OBSTOJEČIH DV (DNEVNO IN LETNO)

3.1 Opredelitev obravnavanih daljnovodov – po fazah

Izdelava ocene povprečnih tokovnih obremenitev daljnovodov, pregled stebrov daljnovodov in določitev tipskih predstavnikov, ocena magnetnega polja za tipske predstavnike in ocena širine vplivnega območja za razpon povprečnih tokovnih obremenitev so zasnovani **v štirih fazah**, glede na dinamiko pridobivanja podatkov.

Naročnik je za analizo **v prvi fazi** izbral naslednje štiri vzorčne daljnovode:

1. DV 400 kV Divača–Redipuglija,
2. DV 220 kV Beričevo–Kleče,
3. DV 110 kV Ajdovščina–Gorica (HACIN),
4. DV 110 kV Dravograd–Slovenj Gradec,

v drugi fazi vse 400 kV daljnovode slovenskega elektroenergetskega omrežja:

1. DV 400 kV Divača– Redipuglia,
2. DV 400 kV Divača–Melina,
3. DV 2 x 400 kV Krško–Zagreb,
4. DV 400 kV Krško–Maribor (odsek Krško–Mihovci in odsek Mihovci–Maribor),
5. DV 400 kV Maribor–Podlog (odsek Maribor–Mihovci in odsek Mihovci–Podlog),
6. DV 2 x 400 kV Maribor–Kainachtal,
7. DV 400 kV Podlog–Šoštanj,
8. DV 400 kV Podlog–Beričevo,
9. DV 2 x 400 kV Beričevo–Krško,
10. DV 400 kV Beričevo–Divača,
11. DV 2 x 400 kV Beričevo–Okroglo,

v tretji fazi vse 220 kV daljnovode slovenskega elektroenergetskega omrežja:

1. DV 220 kV Beričevo–Kleče (odsek Beričevo–Rašica in odsek Rašica–Kleče),
2. DV 220 kV Podlog–Beričevo (odsek Podlog–Rašica in odsek Rašica–Beričevo),
3. DV 220 kV Kleče–Divača,
4. DV 220 kV Divača–Padriče,
5. DV 220 kV Divača–Pehlin,
6. DV 220 kV Cirkovce–Mraclin,
7. DV 220 kV Cirkovce–Podlog,
8. DV 220 kV Podlog–Šoštanj,
9. DV 220 kV Podlog–Obersielach,

v četrti fazi pa zaradi velikega števila vseh daljnovodov v slovenskem 110 kV omrežju le naslednje izbrane 110 kV daljnovode slovenskega elektroenergetskega omrežja:

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

1. DV 2 x 110 kV Kleče–Okroglo II (odsek Kleče–Okroglo in odcep proti Mavčičam),
2. DV 2 x 110 kV Okroglo–Moste,
3. DV 2 x 110 kV Kleče–(Črnuče)–Toplarna,
4. DV 110 kV Brestanica–Hudo,
5. DV 110 kV Avče–Tolmin (odsek RTP Avče–SM15 in odsek SM15–RTP Tolmin),
6. DV 110 kV Tolmin–Cerkno,
7. DV 110 kV Idrija–Ajdovščina,
8. DV 110 kV Maribor–Pekre 1,
9. DV 110 kV Maribor–Cirkovce 1,
10. DV 110 kV Maribor–Pekre 2,
11. DV 110 kV Maribor–Cirkovce 2,
12. DV 110 kV Avče–Doblar,
13. DV 2 x 110 kV Maribor–Slovenske Konjice (odsek Sl. Konjice–Sl. Bistrica, odsek Sl. Bistrica–Rače, odsek Rače–RTP Maribor),
14. DV 110 kV Cirkovce–Formin,
15. DV 110 kV Grosuplje–Ribnica–Kočevje (odsek Grosuplje–Ribnica in odsek Ribnica–Kočevje).

Na tem mestu naj opozorimo na razliko v terminologiji imenovanja daljnovoda med obravnavo, vezano na obratovanje, in obravnavo, vezano na umeščanje v prostor. Pri umeščanju je ponavadi daljnovod mišljen kot objekt, ki ga lahko sestavlja več sistemov, pri obratovanju pa kot posamezni električni sistem daljnovoda. Tako je treba obratovalne podatke sistemov daljnovoda pravilno združiti za vsak daljnovod kot objekt oziroma segment daljnovoda kot objekta.

3.2 Analiza povprečnih tokovnih obremenitev – za prvo fazo

Naročnik je za prvo fazo za analizo podal tokovne obremenitve za leto 2015, in sicer podatke o povprečnih urnih števnih² vrednostih toka v letu 2015. Ker DV 220 kV Beričevo–Kleče na določenem segmentu poteka na dvosistemskih stebrih (drugi sistem je DV 220 kV Beričevo–Podlog), smo pridobili podatke o povprečnih urnih vrednostih toka v letu 2015 tudi za DV 220 kV Beričevo–Podlog.

Skupaj smo izvedli analizo podatkov o tokovnih obremenitvah za pet daljnovodnih sistemov. Na podlagi podanih podatkov smo za vsak sistem daljnovoda izračunali drseče³ povprečne

² Izračun povprečne urne vrednosti temelji na absolutni vrednosti toka in ni vezan na smer pretoka energije.

³ Drseča povprečja so povprečja nabora podatkov za podan časovni okvir oziroma okno, s tem, da se časovni okvir premika (drsi) po podatkih naprej v opazovanem obdobju.

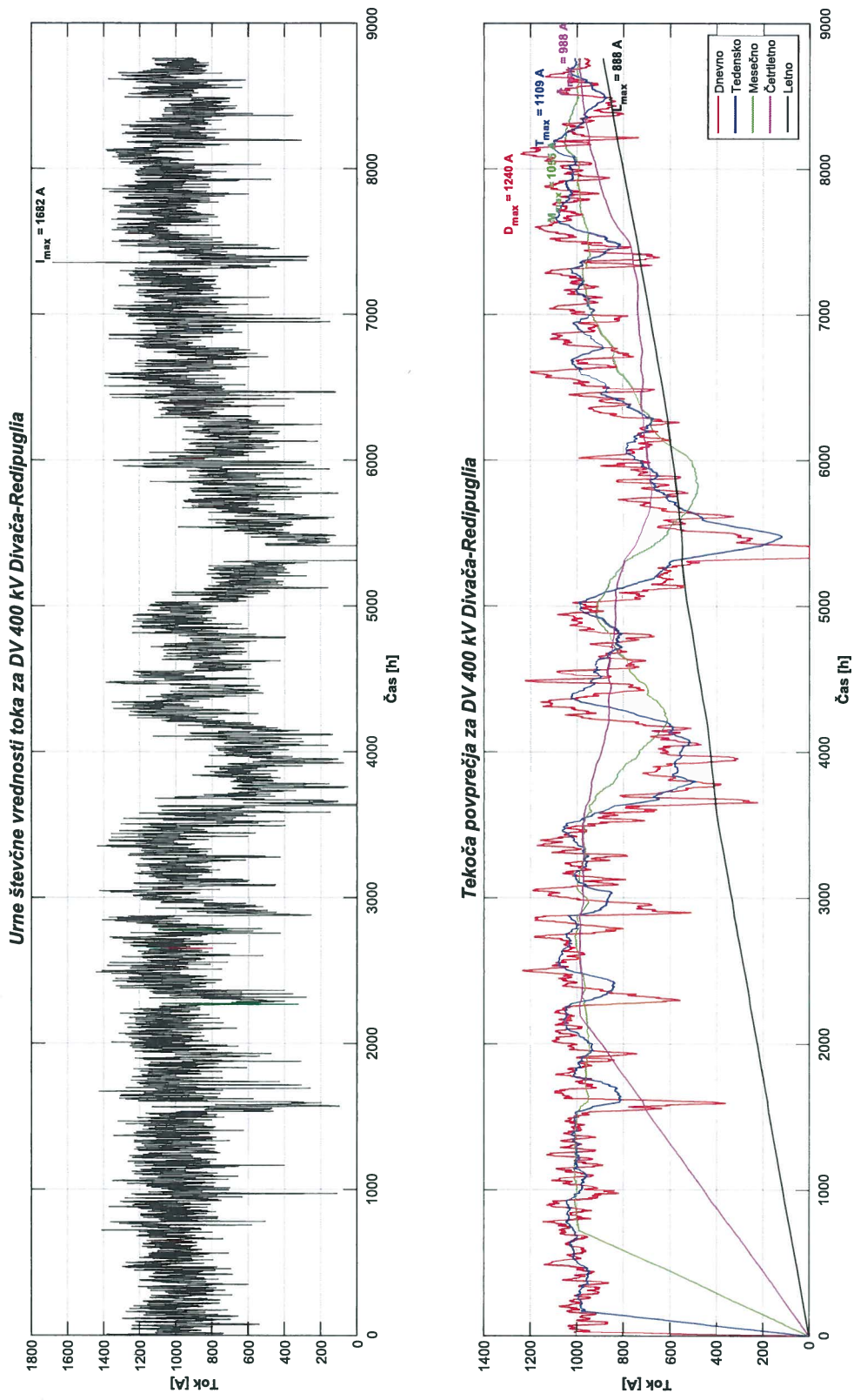
B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

vrednosti toka za pet časovnih okvirjev (dan, teden, mesec, četrletje in leto). Za vsakega smo nato določili maksimalno vrednost drsečega povprečja, ki se pojavi v letu 2015 (tabela 1, slike od 1 do 5).

Tabela 1: Največja vrednost drsečega povprečja za različne časovne okvirje in maksimalna vrednost, ki se upošteva v prediktivnih analizah magnetnega polja.

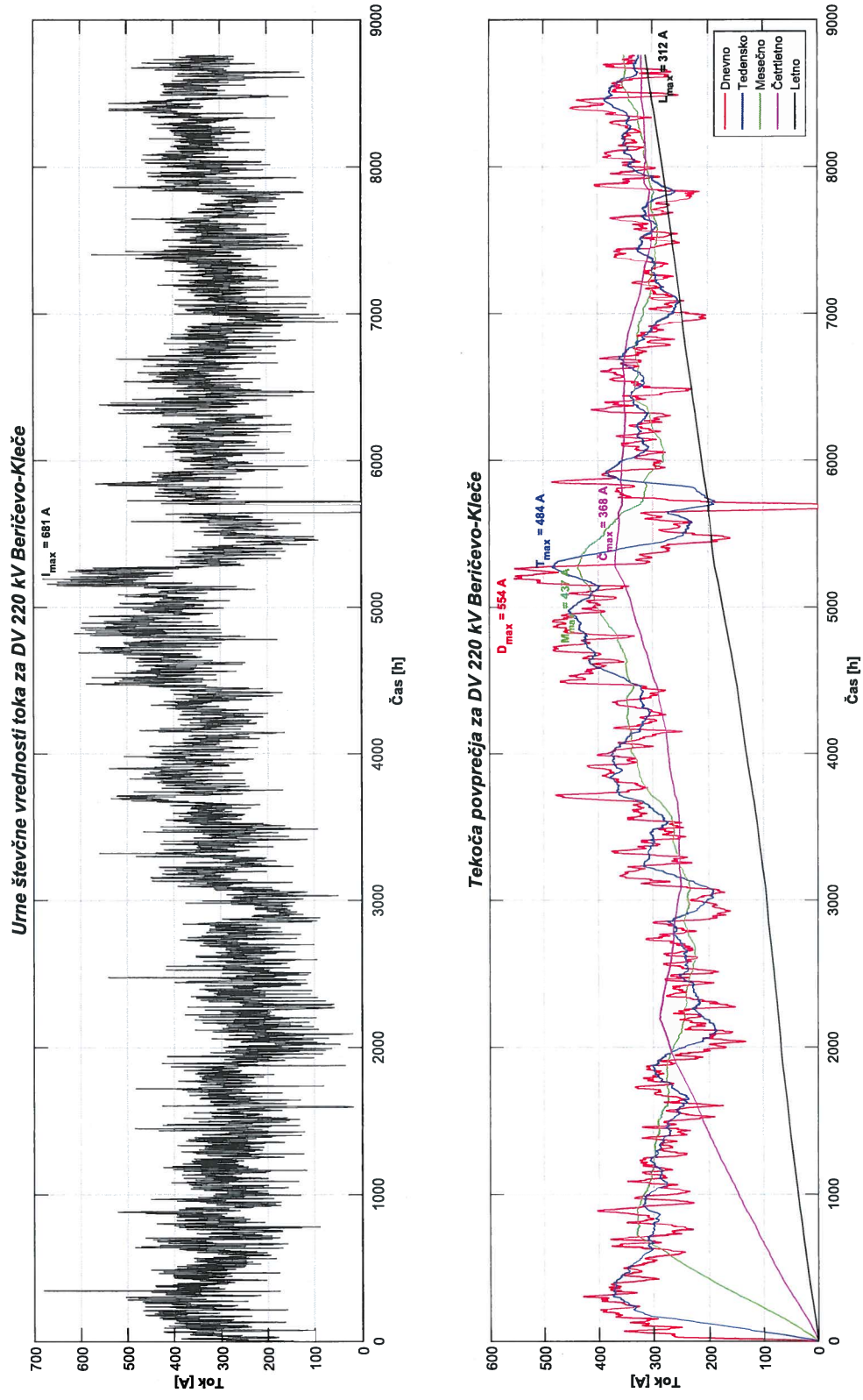
<i>Ime\Časovni okvir</i>	<i>Dan</i>	<i>Teden</i>	<i>Mesec</i>	<i>Četrletje</i>	<i>Leto</i>	<i>MAX</i>
DV 110 kV Dravograd–Sl. Gradec	356 A	315 A	268 A	241 A	185 A	400 A
DV 220 kV Beričevo–Podlog	561 A	466 A	411 A	347 A	263 A	800 A
DV 220 kV Beričevo–Kleče	554 A	484 A	437 A	368 A	312 A	800 A
DV 110 kV Ajdovščina–Gorica	667 A	475 A	443 A	414 A	364 A	1100 A
DV 400 kV Divača–Redipuglia	1240 A	1109 A	1055 A	988 A	888 A	1600 A

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinžitritut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



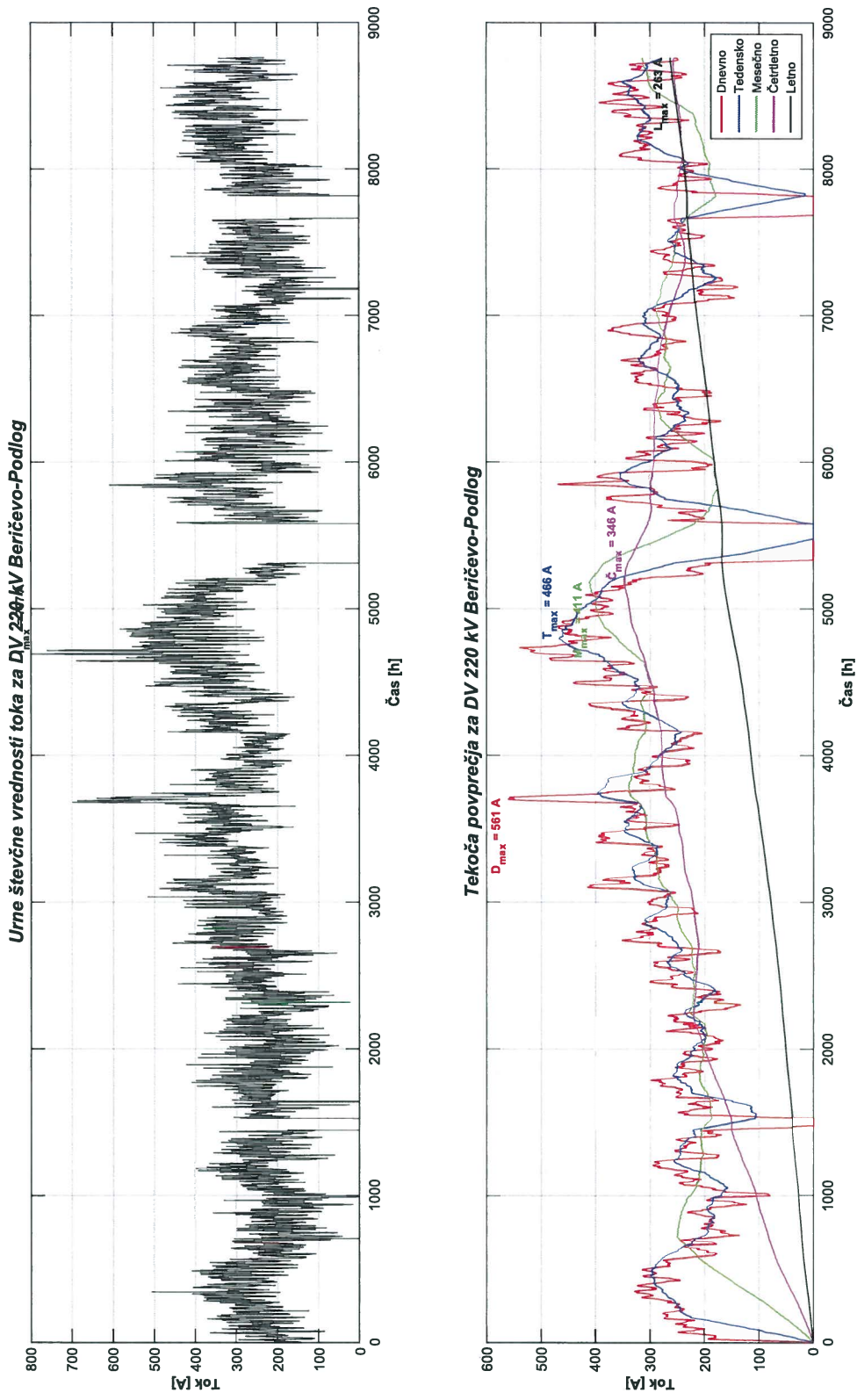
Slika 1: Analiza drsečih povprečij za DV 400 kV Divča–Redipuglia.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaboraat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



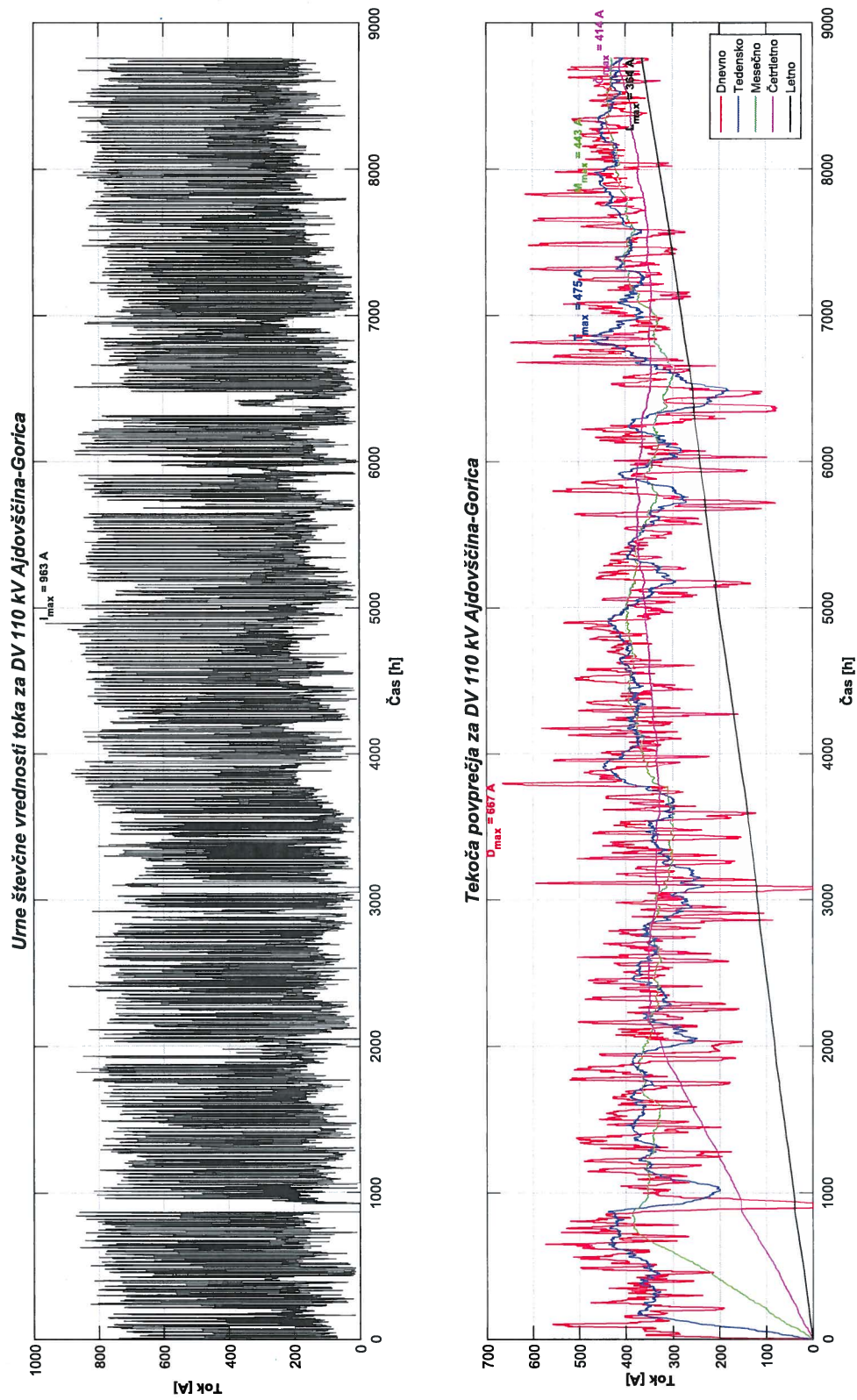
Slika 2: Analiza drsečih povprečij za DV 220 kV Beričevo–Kleče.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



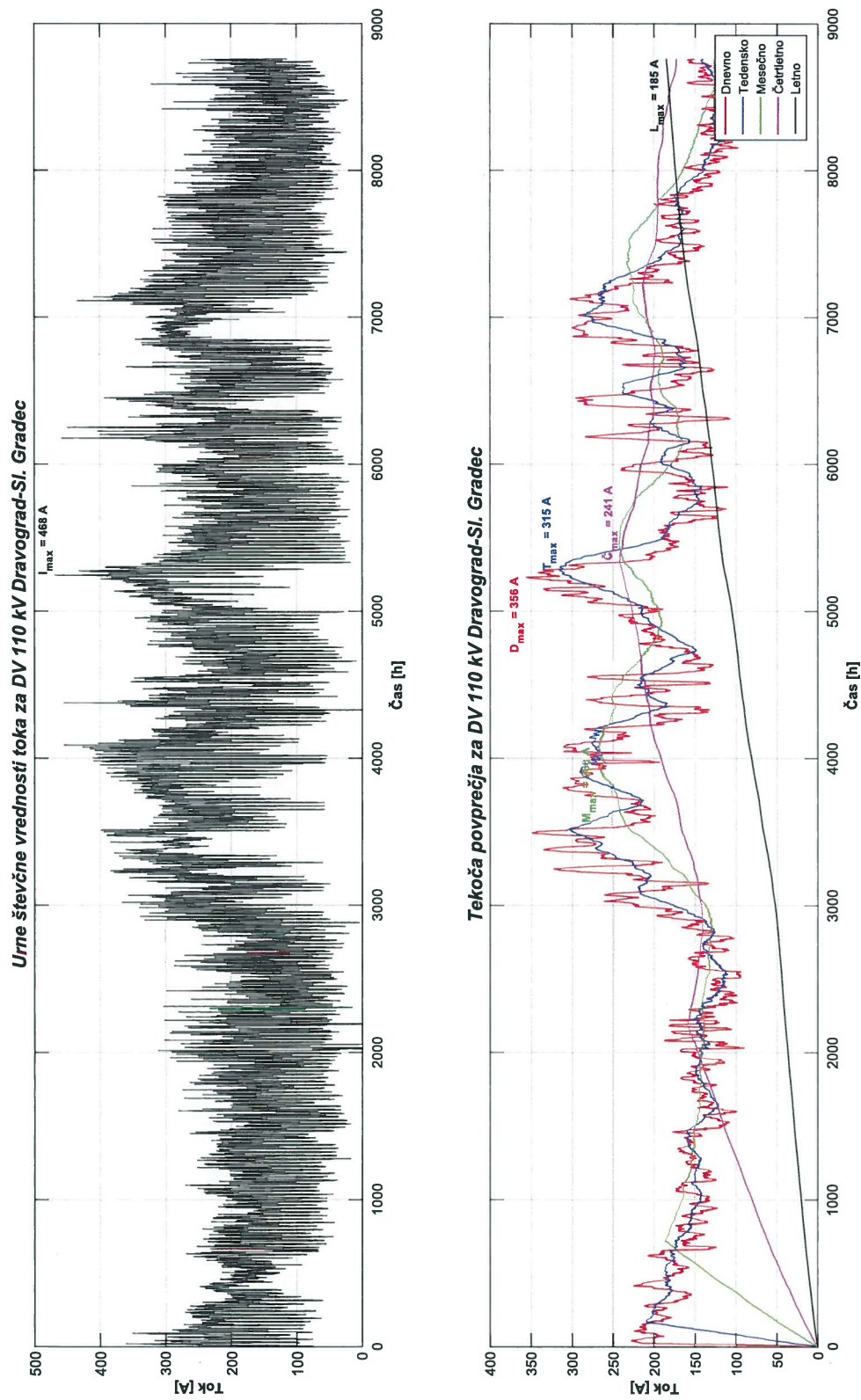
Slika 3: Analiza drsečih povprečij za DV 220 kV Beričevo–Podlog.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Bertičevo–Divča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



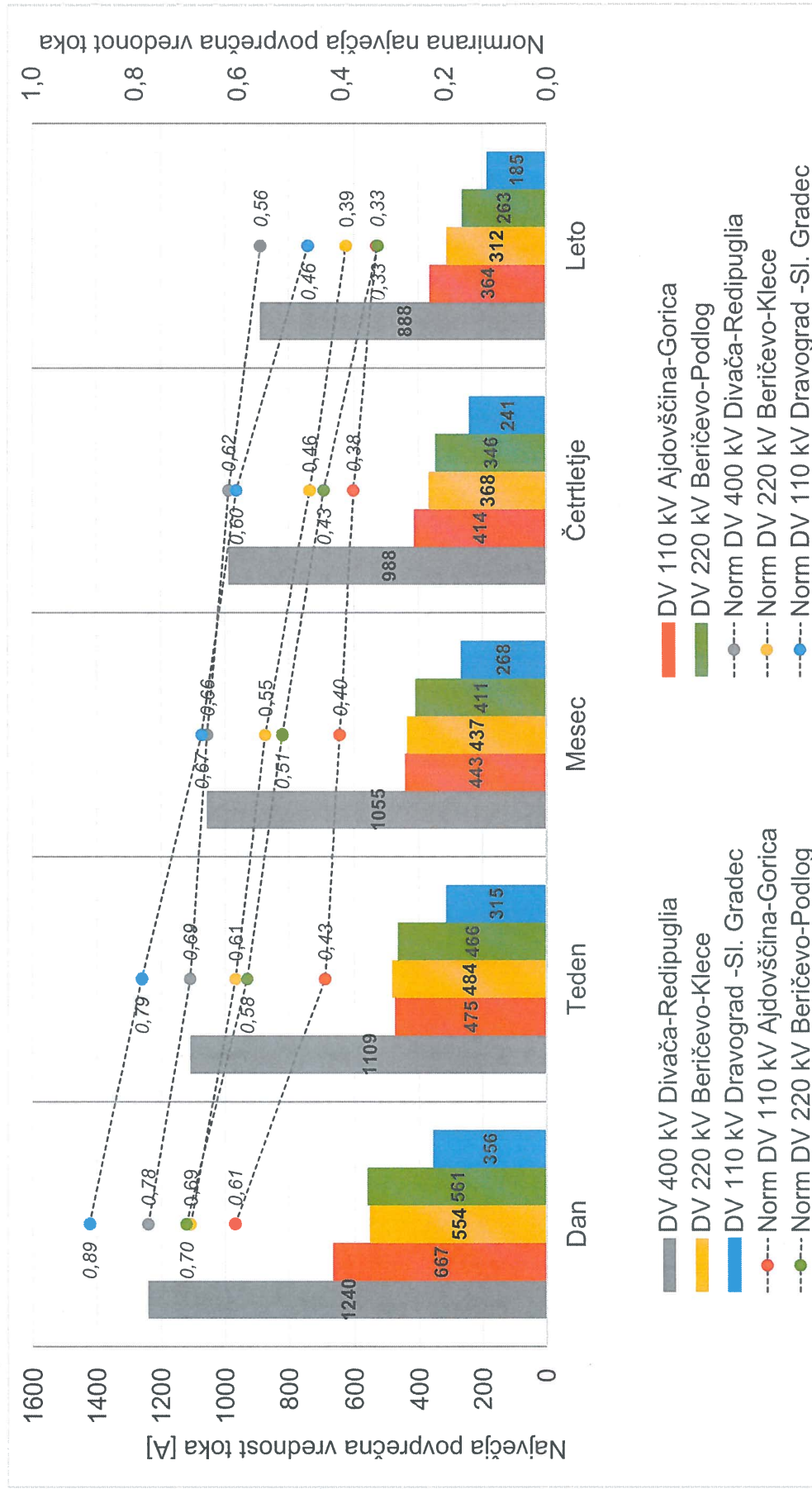
Slika 4: Analiza drsečih povprečij za DV 110 kV Ajdovščina–Gorica.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardín: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beničevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



Slika 5: Analiza drsečih povprečij za DV 110 kV Dravograd–Slovenj Gradec.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divāča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



Slika 6: Analiza drsečih povprečij.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Na sliki 6 je analiza drsečih povprečij; stolpci predstavljajo največje povprečne vrednosti toka. Črtni grafi povezujejo točke, ki predstavljajo normirano največjo povprečno vrednost toka na maksimalno vrednost.

3.3 Analiza povprečnih tokovnih obremenitev – za drugo, tretjo in četrto fazo

3.3.1 Splošno

V nadaljnjih fazah smo obravnavo razširili na petletno obdobje in večje število visokonapetostnih daljnovodov, kar predstavlja večjo količino podatkov. Podatkov o tokovnih obremenitvah za tako količino podatkov ni bilo možno pridobiti, saj v bazah podatkov ni podatkov o tokovih, temveč le o količinah prenešene električne energije. Tokovne obremenitve posameznih daljnovodov smo tako določili na podlagi prejetih podatkov s števnih regulatorjev (oznaka P) in števcov (oznaka M), ki vsebujejo 15-minutne količine prejete in oddane delovne ter jalove energije. Povprečni tok v 15-minutnem oknu smo določili na podlagi enačb, ki so predstavljene v nadaljevanju.

Iz prejetih podatkov o energiji smo določili povprečno delovno in jalovo moč v intervalu Δt (15 min.):

$$P_{AVG15} = \frac{W_{DC}}{\Delta t_{15}}$$

$$Q_{AVG15} = \frac{W_{JC}}{\Delta t_{15}}$$

kjer sta celotni energiji določeni iz podatkov

$$W_{DO} + W_{DP} = W_{DC}$$

$$W_{JO} + W_{JP} = W_{JC}$$

Tako enačbi povprečne delovne in jalove moči v 15-minutnem intervalu vstavimo enačbo za navidezno moč:

$$S_{AVG15} = \sqrt{P_{AVG15}^2 + Q_{AVG15}^2} = \sqrt{\left(\frac{W_{DC}}{\Delta t_{15}}\right)^2 + \left(\frac{W_{JC}}{\Delta t_{15}}\right)^2} = \frac{1}{\Delta t_{15}} \sqrt{(W_{DC})^2 + (W_{JC})^2}$$

Tako dobimo končno enačbo za povprečni tok v petnajstminutnem intervalu:

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

$$I_{AVG15} = \frac{S_{AVG15}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1}{\Delta t_{15}} \cdot \frac{\sqrt{(W_{DC})^2 + (W_{JC})^2}}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

pri čemer so:

I_{AVG15} – povprečni fazni tok v intervalu Δt_{15} (A),

U_n – nazivna napetost (kV),

Δt_{15} = 15-minutni časovni interval (= 0,25 h), v katerem so na voljo podatki o energiji,

W_{DO} – delovna oddana energija v 15-minutnem intervalu (kWh),

W_{DP} – delovna prejeta energija v 15-minutnem intervalu (kWh),

W_{DC} – celotna delovna energija v 15-minutnem intervalu (kWh),

W_{JO} – jalova oddana energija v 15-minutnem intervalu (kvarh),

W_{JP} – jalova prejeta energija v 15-minutnem intervalu (kvarh),

W_{JC} – celotna jalova energija v 15-minutnem intervalu (kvarh),

Števnici regulatorji (P) in števcu (M) so števcu električne energije, ki se nahajajo v RTP-jih. V obravnavanem petletnem obdobju so za posamezni daljnovod na voljo podatki z enega ali obeh RTP-jev in enega ali drugega števca električne energije. To pomeni, da določenemu daljnovodu v določenem 15-minutnem intervalu pripada več informacij o preneseni energiji, zato je tudi na voljo več informacij o toku. Končni časovni vektor toka, ki smo ga upoštevali kot vhodni podatek za določitev povprečne vrednosti toka, smo sestavili iz navedenih podatkov po konzervativnem kriteriju. V vsakem 15-minutnem intervalu smo izbrali najvišjo vrednost, ki je bila na voljo iz prejetih podatkov.

3.3.2 Primerjava letne povprečne vrednosti za koledarsko leto in tekoče drseče enoletno obdobje

Preden smo se lotili analize povprečja, smo na treh primerih (za: DV 400 kV Beričevo–Divača, DV 220 kV Podlog–Obersielah, DV 110 kV Brestanica–Hudo) opravili primerjavo med najvišjo letno povprečno vrednostjo toka izmed obravnavanih petih koledarskih let in najvišjo povprečno vrednostjo toka, ki izide iz tekočih drsečih povprečnih vrednosti v obdobju enega leta. Rezultati so navedeni v tabelah od 2 do 4. Časovna značka označuje zaključni trenutek parametra, kateremu je pripisana.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2017.

Tabela 2: Primerjava letnih povprečnih vrednosti glede na različni metodologiji izračuna za DV 400 kV Beričevo–Divača.

<i>Leto</i>	<i>I_L (A)</i>	<i>Časovna značka in MAX drseče letno povprečje (A)</i>
2011	320,4	2015-12-27 22:45:00 600,8
2012	388,1	
2013	344,7	
2014	365,4	
2015	600,6	

Tabela 3: Primerjava letnih povprečnih vrednosti glede na različni metodologiji izračuna za DV 220 kV Podlog–Obersielah.

<i>Leto</i>	<i>I_L (A)</i>	<i>Časovna značka in MAX drseče letno povprečje (A)</i>
2011	280,9	2012-11-19 16:00:00 351,4
2012	350,3	
2013	256,6	
2014	321,4	
2015	330,5	

Tabela 4: Primerjava letnih povprečnih vrednosti glede na različni metodologiji izračuna za DV 110 kV Brestanica–Hudo.

<i>Leto</i>	<i>I_L (A)</i>	<i>Časovna značka in MAX drseče letno povprečje (A)</i>
2011	141,9	2013-05-13 05:15:00 144,2
2012	138,0	
2013	135,8	
2014	136,4	
2015	133,9	

Na treh primerih se je potrdilo pričakovano, in sicer, da je maksimalna vrednost drsečega povprečja v obdobju enega leta višja od letnega povprečja po koledarskih letih. Razlika med povprečnima vrednostnima res ni velika; navkljub temu je izbira drsečega letnega povprečja

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

primernejša, saj predstavlja konzervativni⁴ kriterij. Poleg tega je za ocenjevanje izpostavljenosti relevantna pretekla obremenitev, ne glede na dan v letu. Tudi v tem smislu je izbira drsečega povprečja v obdobju enega leta primernejša od koledarskega povprečja. V nadaljnjih analizah je tako vselej kot rezultat podana najvišja drseča povprečna vrednost, bodisi letna ali dnevna.

3.3.3 Ocena letne in dnevne povprečne tokovne obremenitve daljnovidov

Na podlagi podatkov o toku smo za vsak sistem 400 kV in 220 kV ter izbranih 110 kV daljnovidov izračunali drseče povprečne vrednosti toka za dva časovna okvirja (dan in leto). Rezultati so za 400 kV, 220 kV in 110 kV napetostni nivo prikazani v ločenih tabelah (tabele od 5 do 7) in slikah (slike od 7 do 9).

⁴ Z izrazom konzervativen kriterij (ocena, pristop ...) bomo v tem elaboratu opredeljevali vsak tak kriterij (oceno, pristop ...), ki je predviden in namenoma manj ugoden za naš končni ocenjevani parameter (širino vplivnega območja do opazovane vrednosti magnetnega polja), to pomeni, da daje kot rezultat večje širine vplivnih območij do opazovanih vrednosti magnetnega polja.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo-Divača. VENO 3551. Elektroinžititut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Tabela 5: Najvišji drseči dnevni in letni povprečni vrednosti toka 400 kV sistemov daljnovodov med leti 2011 in 2015.

<i>Daljnovodni sistem</i>	<i>Datoteka_DV</i>	<i>Dnevna povprečna vrednost (A)</i>	<i>Časovna značka (dnevna povpr. vr.)</i>	<i>Letna povprečna vrednost (A)</i>	<i>Časovna značka (letna povpr. vr.)</i>	<i>Letna povprečna vrednost / Dnevna povprečna vrednost (%)</i>
400 kV BER DIV	DV_400_BER_DIV.csv	1045,3	2015-07-06 23:00:00	600,8	2015-12-27 22:45:00	57,5
400 kV BER KRS 1	DV_400_BER_KRS_1.csv	666,6	2014-09-23 00:45:00	244,8	2015-12-27 10:00:00	36,7
400 kV BER KRS 2	DV_400_BER_KRS_2.csv	714,9	2014-10-19 12:00:00	272,6	2015-10-02 20:00:00	38,1
400 kV BER OKR 1	DV_400_BER_OKR_1.csv	337,8	2015-09-11 21:45:00	134,9	2012-09-25 07:30:00	39,9
400 kV BER OKR 2	DV_400_BER_OKR_2.csv	360,2	2015-08-14 19:30:00	178,1	2014-09-03 09:00:00	49,4
400 kV BER POD	DV_400_BER_POD.csv	1005,4	2012-09-25 16:00:00	732,1	2012-10-31 19:00:00	72,8
400 kV DIV MEL	DV_400_DIV_MEL.csv	1178,3	2014-02-02 19:00:00	631,9	2013-12-15 04:15:00	53,6
400 kV DIV RED	DV_400_DIV_RED.csv	1614,2	2014-09-23 01:30:00	949,1	2015-08-01 17:00:00	58,8
400 kV K3S MAR	DV_400_K3S_MAR.csv	729,1	2015-05-14 22:45:00	327,4	2015-12-31 23:00:00	44,9
400 kV K4S MAR	DV_400_K4S_MAR.csv	718,0	2015-05-14 22:30:00	319,8	2015-12-31 23:00:00	44,5
400 kV KRS MAR	DV_400_KRS_MAR.csv	781,6	2013-03-13 22:45:00	296,7	2011-12-31 22:45:00	38,0
400 kV KRS ZAG 1	DV_400_KRS_ZAG_1.csv	798,6	2012-11-09 10:45:00	323,7	2013-01-12 05:15:00	40,5
400 kV KRS ZAG 2	DV_400_KRS_ZAG_2.csv	725,2	2012-11-27 08:30:00	329,4	2013-01-11 20:00:00	45,4
400 kV MAR NEK	DV_400_MAR_NEK.csv	777,4	2013-03-13 22:45:00	315,9	2013-06-17 04:45:00	40,6
400 kV MAR POD	DV_400_MAR_POD.csv	850,3	2012-09-25 16:00:00	425,4	2012-10-14 11:30:00	50,0
400 kV POD TES	DV_400_POD_TES.csv	880,8	2015-02-06 20:15:00	498,2	2015-12-17 15:00:00	56,6

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Tabela 6: Najvišji drseči dnevni in letni povprečni vrednosti toka 220 kV sistemov daljnovodov med leti 2011 in 2015.

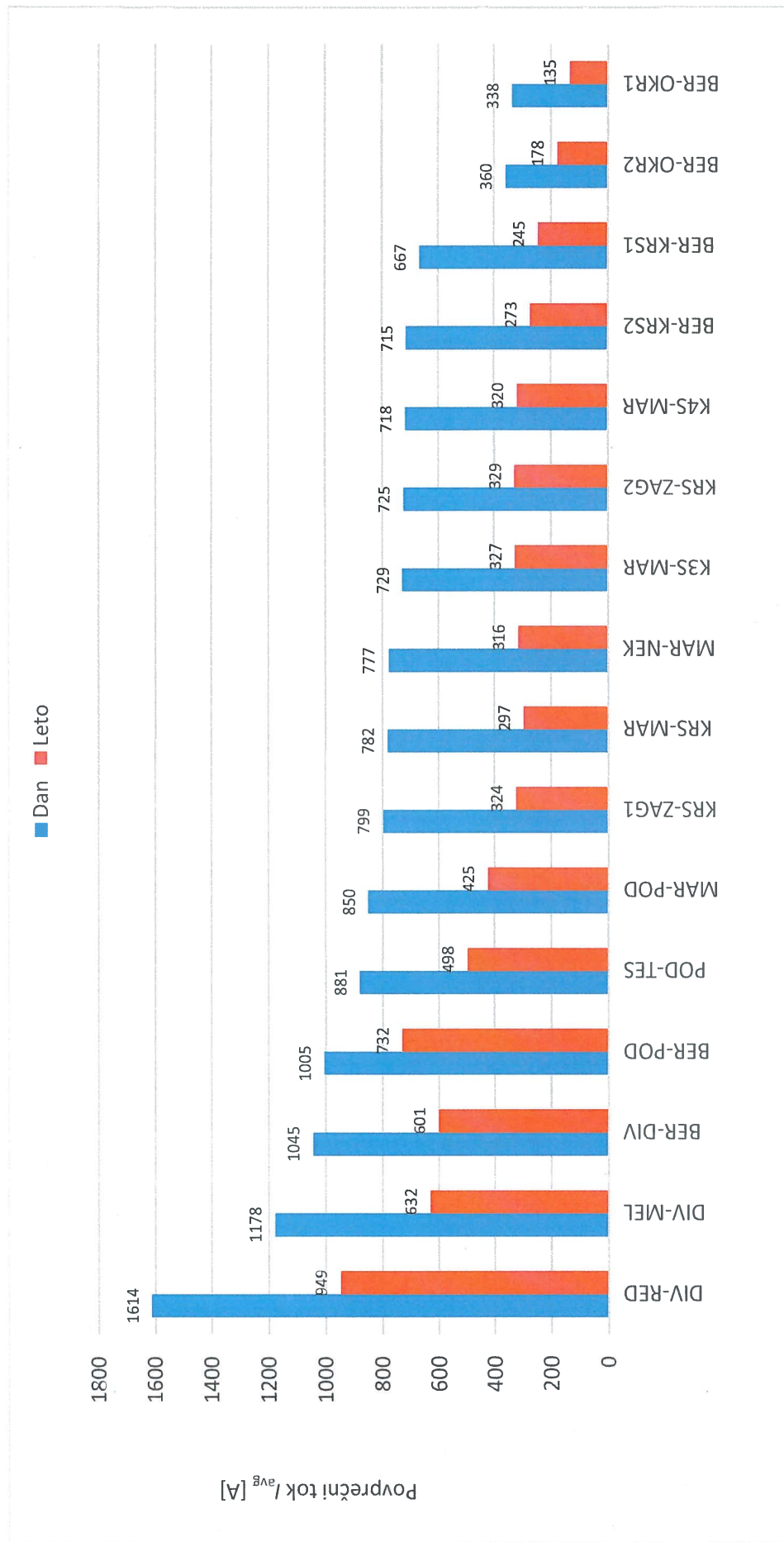
<i>Daljnovodni sistem</i>	<i>Datoteka_DV</i>	<i>Dnevna povprečna vrednost (A)</i>	<i>Časovna značka (dnevna povpr. vr.)</i>	<i>Letna povprečna vrednost (A)</i>	<i>Časovna značka (letna povpr. vr.)</i>	<i>Letna povprečna vrednost / Dnevna povprečna vrednost (%)</i>
220 kV KLE DIV	DV_220_DIV_KLE.csv	508,6	2015-08-06 02:00:00	199,6	2012-10-16 06:00:00	39,3
220 kV BER KLE	DV_220_BER_KLE.csv	642,9	2015-08-08 05:00:00	360,8	2012-08-08 15:30:00	56,1
220 kV BER POD	DV_220_BER_POD.csv	673,3	2012-07-13 05:45:00	380,8	2012-10-31 19:00:00	56,6
220 kV CIR MRA	DV_220_CIR_MRA.csv	538,7	2012-08-04 03:30:00	245,8	2015-03-16 06:00:00	45,6
220 kV CIR POD	DV_220_CIR_POD.csv	605,3	2012-08-03 17:00:00	246,9	2014-12-05 20:00:00	40,8
220 kV DIV PAD	DV_220_DIV_PAD.csv	733,3	2011-04-13 11:30:00	365,0	2012-01-02 18:00:00	49,8
220 kV DIV PEH	DV_220_DIV_PEH.csv	654,2	2013-01-16 15:45:00	363,2	2013-11-29 05:45:00	55,5
220 kV OBE POD	DV_220_OBE_POD.csv	685,5	2015-05-12 04:30:00	351,4	2012-11-19 16:00:00	51,3
220 kV POD TES	DV_220_POD_TES.csv	755,1	2012-07-04 23:30:00	512,6	2012-01-03 09:00:00	67,9

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Tabela 7: Najvišji drseči dnevni in letni povprečni vrednosti toka izbranih 110 kV sistemov daljnovodov med leti 2011 in 2015.

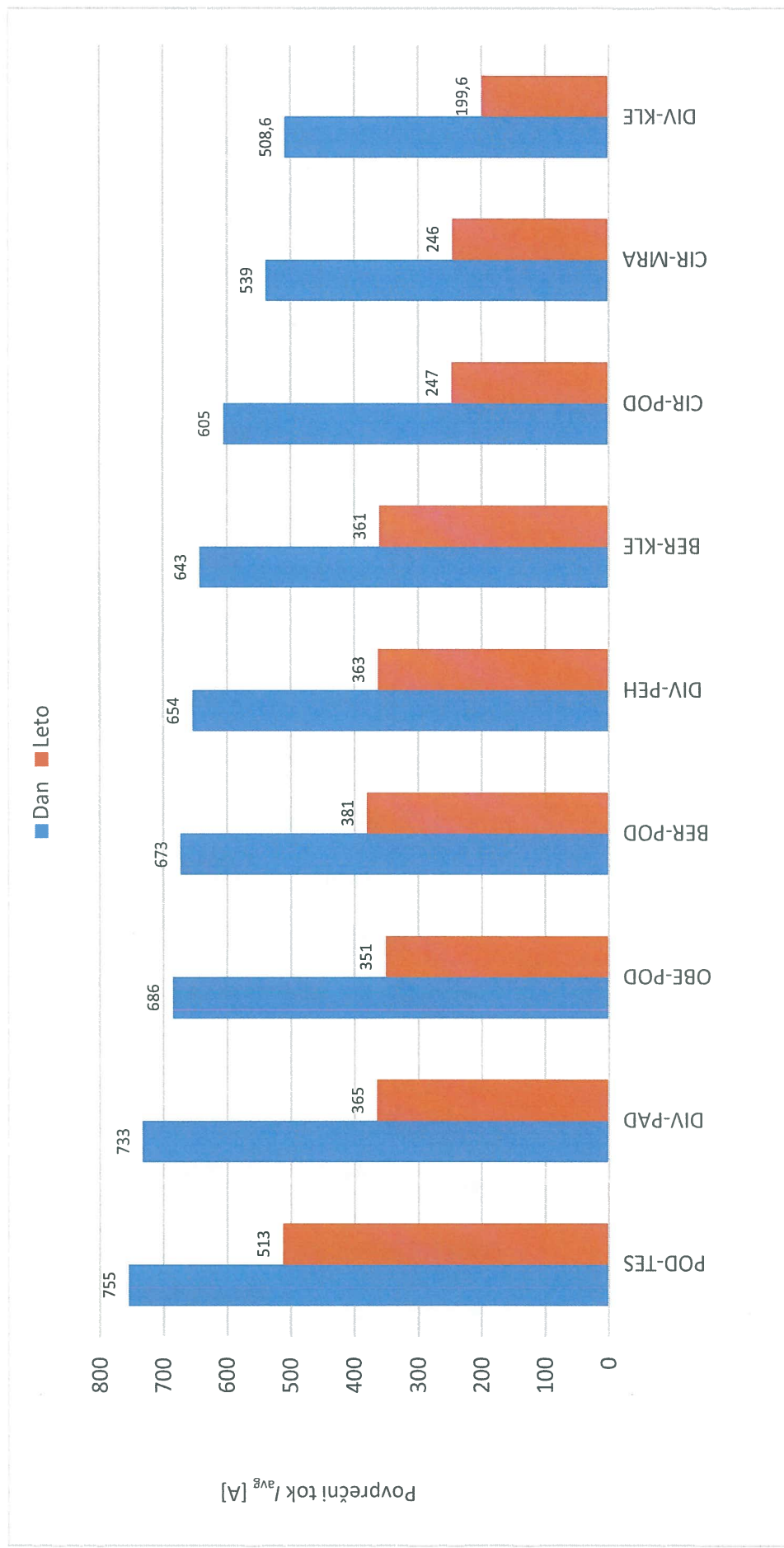
<i>Daljnovodni sistem</i>	<i>Datoteka_DV</i>	<i>Dnevna povprečna vrednost (A)</i>	<i>Časovna značka (dnevna povpr. vr.)</i>	<i>Letna povprečna vrednost (A)</i>	<i>Časovna značka (letna povpr. vr.)</i>	<i>Letna povprečna vrednost / Dnevna povprečna vrednost (%)</i>
AJD IDR	DV_110_AJD_IDR.csv	452,8	2015-02-06 23:00:00	165,2	2015-12-31 23:00:00	36,5%
AVC DOB	DV_110_AVC_DOB.csv	529,7	2013-04-17 20:00:00	186,9	2014-03-06 06:00:00	35,3%
AVC TLM	DV_110_AVC_TLM.csv	293,9	2012-12-29 06:00:00	167,0	2013-11-09 05:30:00	56,8%
CER TLM	DV_110_CER_TLM.csv	314,5	2015-02-07 09:00:00	166,4	2013-11-05 23:15:00	52,9%
CIR FOR	DV_110_CIR_FOR.csv	312,4	2013-01-08 13:45:00	156,8	2013-11-28 00:45:00	50,2%
CIR MAR 1	DV_110_CIR_MAR_1.csv	475,9	2015-12-25 21:15:00	255,8	2015-12-31 16:00:00	53,7%
CIR MAR 2	DV_110_CIR_MAR_2.csv	430,1	2015-12-25 21:15:00	223,8	2015-12-31 15:45:00	52,0%
CRN KLE	DV_110_CRN_KLE.csv	257,4	2012-01-20 14:00:00	105,4	2012-02-05 23:30:00	40,9%
GRO RIB	DV_110_GRO_RIB.csv	227,5	2011-09-08 18:00:00	88,8	2013-04-22 14:30:00	39,0%
HUD TEB	DV_110_HUD_TEB.csv	315,2	2014-08-15 03:30:00	144,2	2013-05-13 05:15:00	45,7%
KLE OKR 1	DV_110_KLE_OKR_1.csv	297,7	2015-12-01 13:45:00	129,9	2015-12-31 23:00:00	43,6%
KLE OKR 2	DV_110_KLE_OKR_2.csv	339,1	2014-03-20 17:00:00	141,1	2014-12-20 10:45:00	41,6%
KOC RIB	DV_110_KOC_RIB.csv	217,7	2012-09-25 16:00:00	116,8	2013-04-23 04:00:00	53,7%
MAR PEK 1	DV_110_MAR_PEK_1.csv	366,7	2012-11-02 16:15:00	171,9	2013-07-07 11:00:00	46,9%
MAR PEK 2	DV_110_MAR_PEK_2.csv	332,3	2012-11-02 15:45:00	154,5	2013-06-29 10:00:00	46,5%
MAR RAC 1	DV_110_MAR_RAC_1.csv	461,9	2015-06-12 08:30:00	309,5	2015-09-03 19:00:00	67,0%
MAR TRN	DV_110_MAR_TRN.csv	333,5	2014-06-10 06:45:00	163,7	2015-06-23 06:15:00	49,1%
MOS OKR 1	DV_110_MOS_OKR_1.csv	89,7	2013-03-26 20:00:00	56,5	2012-07-13 12:30:00	62,9%
MOS OKR 2	DV_110_MOS_OKR_2.csv	129,6	2012-09-20 04:00:00	59,1	2012-09-26 13:00:00	45,6%
RAC SLB 1	DV_110_RAC_SLB_1.csv	410,3	2015-06-12 09:30:00	263,8	2015-07-21 05:30:00	64,3%
SLB SLK 1	DV_110_SLB_SLK_1.csv	261,6	2012-05-12 14:00:00	148,3	2015-06-17 05:30:00	56,7%

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborač povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



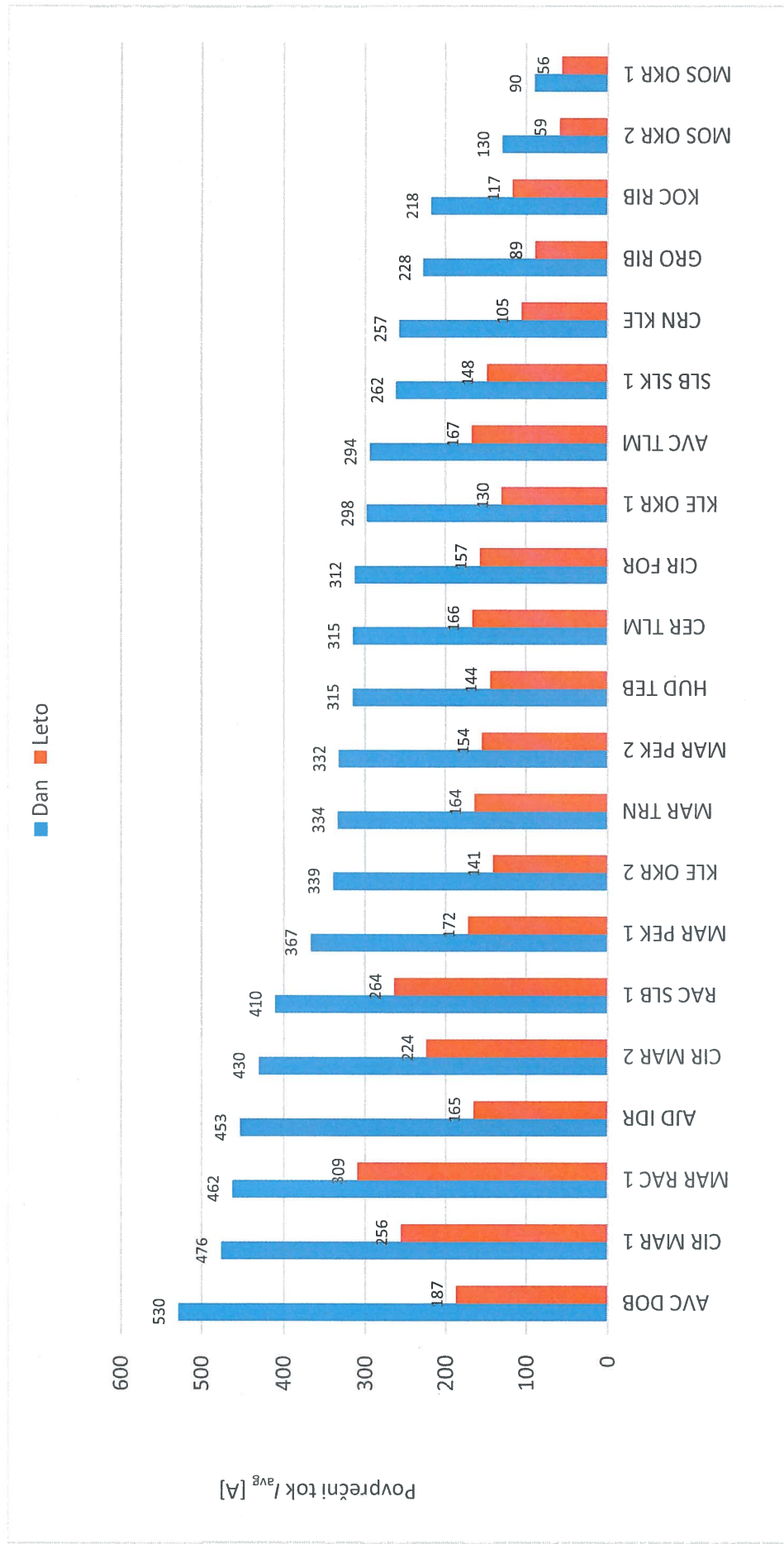
Slika 7: Najvišji drseči dnevni in letni povprečni vrednosti toka za obravnavane 400 kV DV sisteme.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinžtutit Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



Slika 8: Najvišji drseči dnevni in letni povprečni vrednosti toka za obravnavane 220 kV DV sisteme.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaboračat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



Slika 9: Najvišji drseči dnevni in letni povprečni vrednosti toka za obravnavane 110 kV DV sisteme.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

3.4 Ocene letnih povprečnih vrednosti toka pri novih projektih

Pri vsem tem velja omeniti, da statistične vrednosti toka za dolgotrajno izpostavljenost niso vedno na voljo, zlasti kadar ocene zadevajo nove projekte. V takih primerih bi bilo treba oceniti statistične vrednosti na podlagi razpoložljivih podatkov, kot na primer na podlagi maksimalnega nazivnega toka obravnavanega voda ali letnega maksimalnega toka obravnavanega voda.

Po viru [1] povzemamo rezultate analize razmerij v nekaterih državah.

Operater prenosnega omrežja v **Belgiji** je na podlagi tokovnih razmer v svojih prenosnih vodih pridobil oceno [1] o ogromni razliki med srednjo in maksimalno vrednostjo. Pokazalo se je, da obstaja praktično faktor 2 med:

- maksimalno nazivno obremenitvijo voda in maksimalno vrednostjo toka v normalnih obratovalnih razmerah (95 % časa) in
- maksimalno vrednostjo toka v normalnih obratovalnih razmerah (95 % časa) in srednjo vrednostjo, izračunano v obdobju enega leta (letno povprečje).

(Podrobni podatki o faktorjih so v tabelah za nadzemne in podzemne vode [1], stran 39.

Kot rezultat teh tabel je navedeno, da so letne maksimalne vrednosti v normalnih obratovalnih razmerah (95 % časa) tipično 2-kratnik do 3-kratnik vrednosti dolgotrajnih letnih povprečij.)

Podobne rezultate kot v Belgiji so za prenosno omrežje dobili tudi v **Kanadi**.

Nizozemska:

Rezultati v tabeli 8 temeljijo na analizi tokov za leto 2003.

Tabela 8: Razmerje statističnih parametrov za Nizozemsko.

<i>Razmerje toka</i>	<i>380 kV</i>	<i>220 kV</i>	<i>50 – 150 kV</i>
Letna srednja vrednost/nazivni*	0,3	0,3	0,5

Opomba: * - »nazivni« temelji na dokumentu 2005-2012 Capacity Plan

Finska:

Razmerje statističnih parametrov za del Helsinki Energy omrežja podaja tabela 9.

Tabela 9: Razmerje statističnih parametrov za del Helsinki Energy omrežja.

<i>Razmerje toka</i>	<i>110 kV</i>
95 %/nazivni	0,26
50 % / 95 %	0,51

Podobne rezultate so dobili tudi v drugih državah (**Francija, Velika Britanija, ZDA**).

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Omenjeni vir [1] podaja predlog za konzervativne ocene razmerij, in sicer glede na ocene iz prakse, pridobljene v več državah, se priporoča, da se v odsotnosti katerekoli natančne informacije privzame v tabeli 10 navedena konzervativna ocena razmerja za oceno dolgotrajnega izpostavljanja v bližini visokonapetostnih nadzemnih in podzemnih vodov.

Tabela 10: Konzervativna ocena razmerja za ocenjevanje dolgotrajne izpostavljenosti.

<i>Razmerje toka (ali razmerje mag. polja)</i>	<i>Konzervativno</i>	<i>Zelo konzervativno</i>
95 % / nazivni	0,5	0,7
srednja vrednost / nazivni	0,25	0,5

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

4 PREGLED STEBROV DALJNOVODOV IN DOLOČITEV TIPSKIH PREDSTAVNIKOV

Glede na to, da daljnovodi potekajo vzdolž trase na stebrih z glavami različnih geometrij, jih je smiselno poleg povprečnih tokovnih obremenitev analizirati tudi glede različne geometrije vodnikov (razporeditev v prostoru). Geometrija vodnikov je namreč pomemben vplivni parameter za porazdelitev magnetnega polja v prostoru.

4.1 Opredelitev tipskih stebrov za analizo – za prvo fazo

Naročnik je za prvo fazo posređoval različne podatke o stebrih na trasah obravnavanih štirih daljnovodov (predvidenih za obravnavo v prvi fazi), od katerih smo v analizo zajeli vse tiste z jasno razvidno geometrijsko razporeditvijo vodnikov.

Za obravnavane DV so bili analizirani naslednji stebri:

- za DV 400 kV Divača–Redipuglia: Portal (NE5, NE8, ZE4, ZE6),
- za DV 220 kV Beričevo–Kleče: Jelka (NA, Nb350, ZC120) in Sod (N380, ZK140, ZK450),
- za DV 110 kV Ajdovščina–Gorica (HACIN): Jelka (M1, M2, M3, M4),
- za DV 110 kV Dravograd–Slovenj Gradec: Donava (K20, KZ0-140, Np300, T₋+8).

4.2 Opredelitev tipskih stebrov za analizo – za drugo, tretjo in četrto fazo

Naročnik je za drugo, tretjo in četrto fazo za analizo podal podatke o izbrani geometrijski razporeditvi vodnikov za določene oblike glave stebrov (tipski predstavniki), ki se pojavljajo v slovenskem elektroenergetskem omrežju na trasah obravnavanih daljnovodov.

Po kriteriju pogostosti zastopanosti se v dogovoru z naročnikom obravnavajo naslednje oblike glave stebrov:

- za 110 kV: 1xH, 1xJelka, 1xY, 2xDonava, 2xSod;
- za 220 kV: 1xJelka, 2xSod;
- za 400 kV: 1xY, 2xSod.

Naročnik je iz baze različnih geometrij izbranih oblik glave stebrov podal najbolj neugodne tipske predstavnike glede emisij magnetnega polja (to je tiste z največjimi razmiki med vodniki – določene po kriteriju maksimuma površine, ki jo definira lik z oglišči v točkah faznih vodnikov). Dogovorjeni pogoj je bil, da izbrani predstavniki naj ne bodo »posebneži« (to je izjemno redko uporabljeni v elektroenergetskem sistemu Slovenije).

Upoštevane geometrije tipskih predstavnikov za opredeljenih 9 oblik glave stebrov so predstavljene (s koordinatami vodnikov) v tabeli 11, skice oblik glave stebrov 1xJelka, 1xY, 1xH, 2xDonava, 2xSod pa so grafično predstavljene v prilogi 3.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beničevo-Divača. VENO 3551. Elektroinžititut Milan Vidmar. Ljubljana. 2016.

Tabela 11: Upoštevane geometrije tipskih predstavnikov za opredeljenih 9 oblik glave stebrov.

Napetost	Oblika glave stebra	Tipski predstavnik	S11X (m)	S11Y (m)	S12X (m)	S12Y (m)	S13X (m)	S13Y (m)	S21X (m)	S21Y (m)	S22X (m)	S22Y (m)	S23X (m)	S23Y (m)	OZ-X (m)	OZ-Y (m)
400 kV	2xSod	ZE 71	5,5	36,4	10,2	27,9	6,9	20	-5,5	36,4	-10,2	27,9	-6,9	20	46,2	0
400 kV	1xY	3122NE 5	0	20	11,4	20	-11,4	20	0	20	0	20	0	20	22,3	8
220 kV	2xSod	2212N 380	4	30,05	6,1	24,8	4,6	20	-4	30,05	-6,1	24,8	-4,6	20	34,35	0
220 kV	1xJelka	2112Nb 350	4,2	26	-5	23	5,8	20	0	20	0	20	0	20	30,5	0
110 kV	2xSod	1212Nc 74	2,9	30	3,9	25	3,1	20	-2,9	30	-3,9	25	-3,1	20	33,6	0
110 kV	2xDonava	1222T	4,55	24,3	2,75	20	6,35	20	-4,55	24,3	-2,75	20	-6,35	20	30	0
110 kV	1xY	1122No	0	20	4,5	20	-4,5	20	0	20	0	20	0	20	21,9	2,9
110 kV	1xJelka	1112Nc 6	2,5	24,4	-3	22,2	3,5	20	0	20	0	20	0	20	27,4	0
110 kV	1xH	1132N	0	20	5	20	-5	20	0	20	0	20	0	20	22,75	2,5

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Posamičnim daljnovodom, ki so zajeti v drugo, tretjo in četrto fazo, smo poiskali eno ali več oblik glave stebrov, ki se pojavljajo na trasi. Za 400 kV, 220 kV in 110 kV DV so ti podatki podani v treh tabelah (tabele od 12 do 14).

Tabela 12: 400 kV daljnovodi z opredeljenimi oblikami glave stebrov na trasi.

<i>Zap.št.</i>	<i>Ime DV</i>	<i>Oblika glave stebra</i>
1.	DV 400 kV Divača–Redipuglia	1xY
2.	DV 400 kV Divača–Melina	1xY
3.	DV 2 x 400 kV Krško–Zagreb	2xSod
4.	DV 400 kV Krško–Maribor (odsek Krško–Mihovci in odsek Mihovci–Maribor)	1xY in 2xSod
5.	DV 400 kV Maribor–Podlog (odsek Maribor–Mihovci in odsek Mihovci–Podlog)	2xSod in 1xY
6.	DV 2 x 400 kV Maribor–Kainachtal	2xSod
7.	DV 400 kV Podlog–Šoštanj	1xY
8.	DV 400 kV Podlog–Beričevo	1xY
9.	DV 2 x 400 kV Beričevo–Krško	2xSod
10.	DV 400 kV Beričevo–Divača	1xY
11.	DV 2 x 400 kV Beričevo–Okroglo	2xSod

Tabela 13: 220 kV daljnovodi z opredeljenimi oblikami glave stebrov na trasi.

<i>Zap.št.</i>	<i>Ime DV</i>	<i>Oblika glave stebra</i>
1.	DV 220 kV Beričevo–Kleče (odsek Beričevo–Rašica in odsek Rašica–Kleče)	2xSod in 1xJelka
2.	DV 220 kV Podlog–Beričevo (odsek Podlog–Rašica in odsek Rašica–Beričevo)	1xJelka in 2xSod
3.	DV 220 kV Kleče–Divača	1xJelka in 2xSod (le 1 sistem)
4.	DV 220 kV Divača–Padriče	1xJelka
5.	DV 220 kV Divača–Pehlin	1xJelka
6.	DV 220 kV Cirkovce–Mraclin	1xJelka
7.	DV 220 kV Cirkovce–Podlog	1xJelka
8.	DV 220 kV Podlog–Šoštanj	1xJelka
9.	DV 220 kV Podlog–Obersielach	1xJelka

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Tabela 14: 110 kV daljnovodi z opredeljenimi oblikami glave stebrov na trasi.

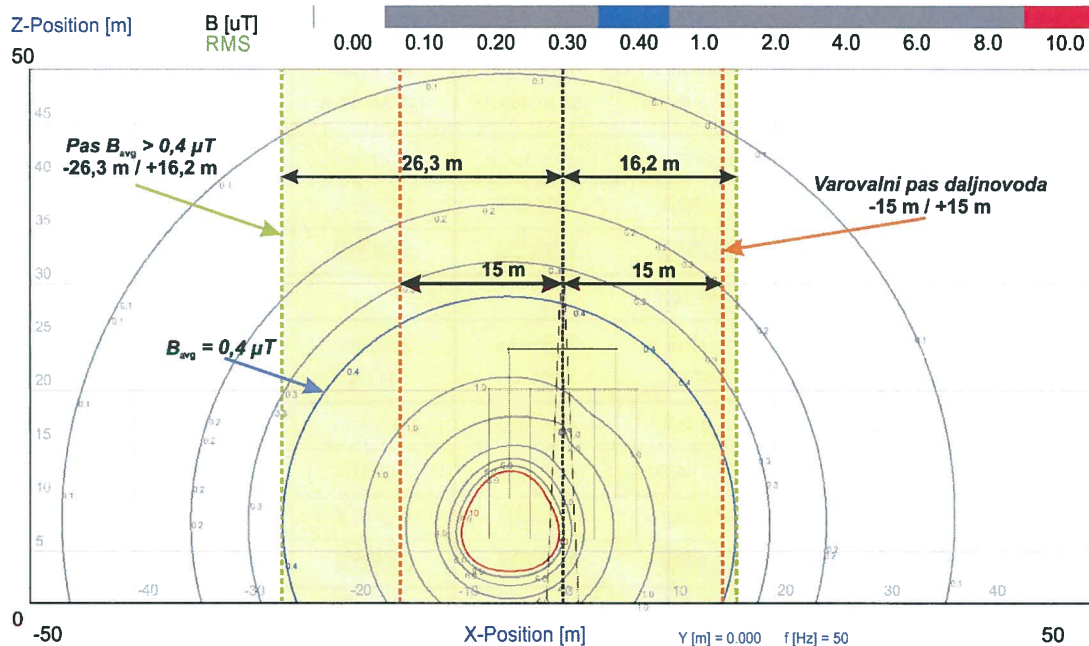
<i>Zap. št.</i>	<i>Ime DV</i>	<i>Oblika glave stebra</i>
1.	DV 2 x 110 kV Kleče–Okroglo II (odsek Kleče–Okroglo in odcep proti Mavčičam)	2xDonava in 2xSod
2.	DV 2 x 110 kV Okroglo–Moste	2xSod
3.	DV 2 x 110 kV Kleče–(Črnuče)–Toplama	2xSod
4.	DV 110 kV Brestanica–Hudo	1xJelka
5.	DV 110 kV Avče–Tolmin (odsek RTP Avče–SM15 in odsek SM15–RTP Tolmin)	2xSod in 1xJelka
6.	DV 110 kV Tolmin–Cerkno	1xJelka
7.	DV 110 kV Idrija–Ajdovščina	1xJelka
8.	DV 110 kV Maribor–Pekre 1	1xY
9.	DV 110 kV Maribor–Cirkovce 1	1xY
10.	DV 110 kV Maribor–Pekre 2	1xH
11.	DV 110 kV Maribor–Cirkovce 2	1xH
12.	DV 110 kV Avče–Doblar	2xSod
13.	DV 2 x 110 kV Maribor–Slovenske Konjice (odsek Sl. Konjice–Sl. Bistrica, Sl. Bistrica–Rače, Rače–RTP Maribor)	2xSod
14.	DV 110 kV Cirkovce–Formin	1xJelka
15.	DV 110 kV Grosuplje–Ribnica–Kočevje (odsek Grosuplje–Ribnica in Ribnica–Kočevje)	1xJelka

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

5 OCENA MAGNETNEGA POLJA ZA TIPSKE PREDSTAVNIKE IN OCENA ŠIRINE VPLIVNEGA OBMOČJA ZA RAZPON POVPREČNIH TOKOVNIH OBREMENITEV

5.1 Ocena magnetnega polja in oddaljenosti do kontur $0,4 \mu\text{T}$ – za prvo fazo

V prvi fazi smo za podane geometrijske konfiguracije vodnikov, ki so definirane z glavami stebrov, navedenimi v poglavju 4.1, izdelali elektromagnetni model in na podlagi tega 2D izračun magnetnega polja v pravokotni prerezni ravnini na os daljnovoda (slika 10). Izračuni magnetnega polja so za vsak steber izvedeni za v tabeli 1 podane drseče povprečne vrednosti toka za pet časovnih okvirjev (dan, teden, mesec, četrletje in leto). Pri vsakem izračunu so odčitane oddaljenosti od osi DV (levo/desno) do konture mejnih vrednosti $10 \mu\text{T}$ in vrednosti $0,4 \mu\text{T}$ na nivoju vodnikov, kjer ta seže najdlje od osi daljnovoda v naravni in življenjski prostor (kot prikazuje slika 10). Odčitane oddaljenosti (levo/desno) so podane v tabeli 15. V tej tabeli so z zeleno označene oddaljenosti za steber, ki daje najmanjši doseg, z rumeno pa za steber, ki daje največji doseg.



K20 (185A).GEO

Slika 10: Shematski prikaz 2D izračuna magnetnega polja v pravokotni prerezni ravnini na os daljnovoda, z označenimi oddaljenostmi od osi DV (levo/desno) do konture vrednosti $0,4 \mu\text{T}$ na nivoju vodnikov, kjer ta seže najdlje od osi daljnovoda v naravni in življenjski prostor.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Tabela 15: Oddaljenosti od osi DV (levo/desno) do konture 0,4 μ T na nivoju vodnikov, kjer ta seže najdlje od osi daljnovoda.

a) DV 110 kV Dravograd–Sl. Gradec

Ime stebra	Tip stebra	Dnevno 356 A	Tedensko 315 A	Mesečno 268 A	Četrletno 241 A	Letno 185 A
K20	Donava	34,4/24,2	32,7/22,5	30,6/20,4	29,3/19,2	26,3/16,2
KZ0-140	Donava	35,0/25,0	33,2/23,3	31,1/21,2	29,8/19,8	26,8/16,9
Np300	Donava	34,4/24,2	32,7/22,5	30,6/20,5	29,3/19,2	26,3/16,3
T ₊₈	Donava	34,4/25,0	32,6/23,3	30,5/21,2	29,2/19,9	26,2/16,9

b) DV 220 kV Beričevo–Kleče (odsek trase na enosistemskih stebrih)

Ime stebra	Tip stebra	Dnevno 554 A	Tedensko 484 A	Mesečno 437 A	Četrletno 368 A	Letno 312 A
NA	Jelka	56,1/53,8	52,4/50,2	49,9/47,7	45,8/43,7	42,3/40,2
Nb350	Jelka	59,1/55,1	55,3/51,3	52,7/48,8	48,5/44,7	44,8/41,1
ZC120	Jelka	57,4/55,6	53,7/51,9	51,0/49,3	46,9/45,1	43,2/41,5

c) DV 220 kV Beričevo–Kleče in DV 220 kV Beričevo–Podlog (odsek trase na dvosistemskih stebrih)

Ime stebra	Tip stebra	Dnevno 554 A / 561 A	Tedensko 484 A / 466 A	Mesečno 437 A / 411 A	Četrletno 368 A / 347 A	Letno 312 A / 263 A
N380	SOD	61,0/61,1	56,9/56,7	54,2/53,8	50,2/49,9	45,9/44,9
ZK140	SOD	62,7/62,8	58,4/58,3	55,7/55,3	51,6/51,2	47,1/46,1
ZK450	SOD	55,4/55,5	51,7/51,5	49,1/48,9	45,5/45,2	41,5/40,7

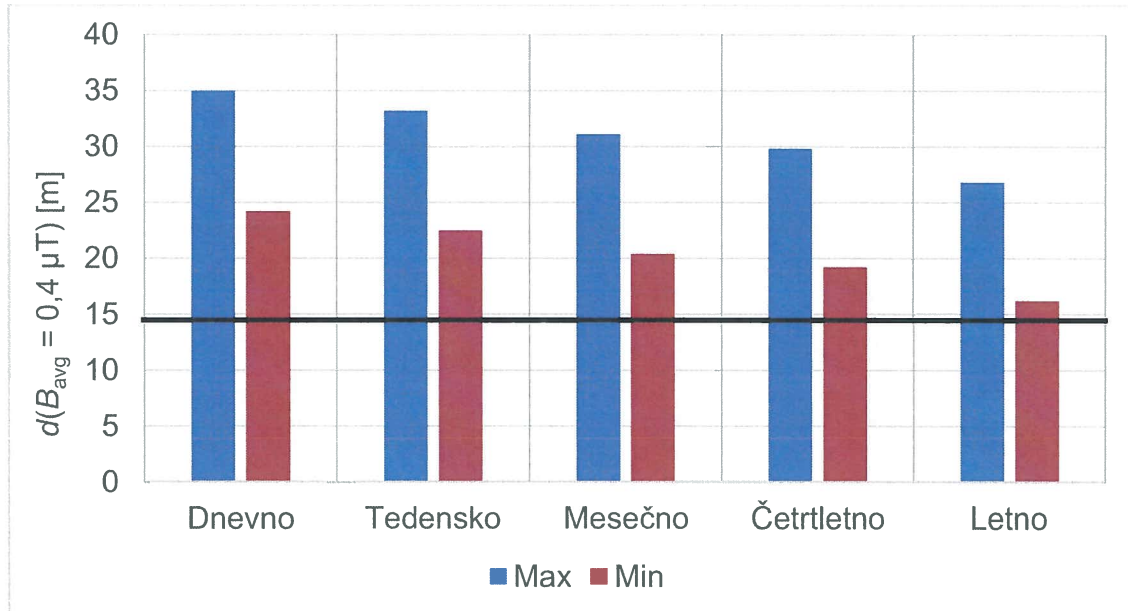
d) DV 110 kV Ajdovščina–Gorica

Ime stebra	Tip stebra	Dnevno 667 A	Tedensko 475 A	Mesečno 443 A	Četrletno 414 A	Letno 364 A
M1	Jelka	47,9/45,8	40,6/38,6	39,2/37,3	37,9/36,0	35,6/33,8
M2	Jelka	48,3/46,6	40,8/39,3	39,4/38,0	38,1/36,7	35,8/34,4
M3	Jelka	50,7/50,5	42,7/42,6	41,3/41,1	39,9/39,8	37,4/37,3
M4	Jelka	47,2/46,9	39,8/39,4	38,5/38,1	37,2/36,8	34,9/34,5

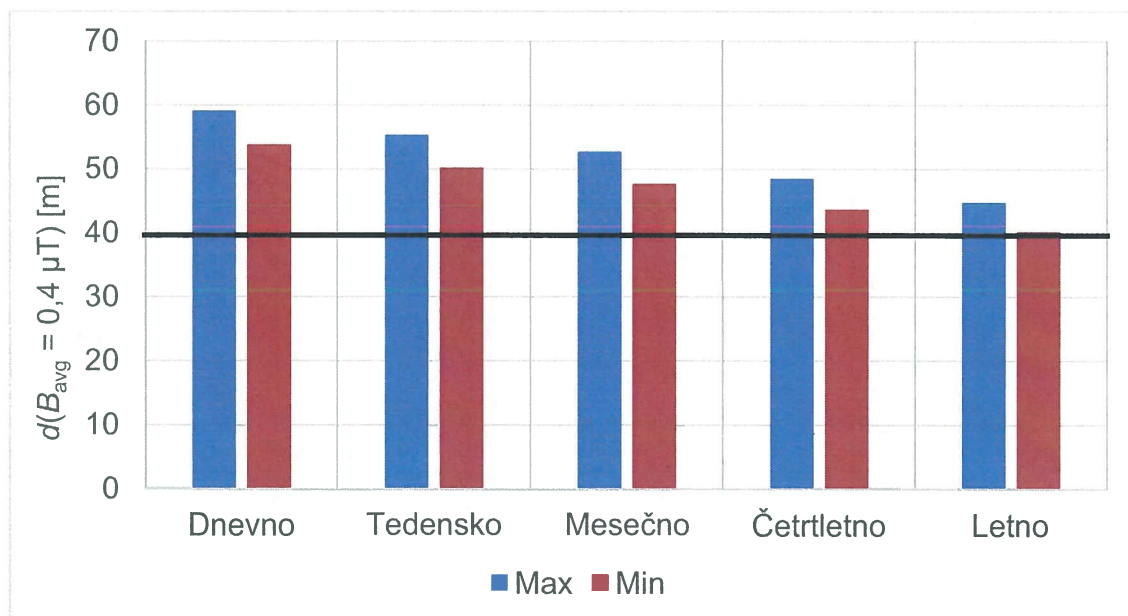
e) DV 400 kV Divača–Redipuglia

Ime stebra	Tip stebra	Dnevno 1240 A	Tedensko 1109 A	Mesečno 1055 A	Četrletno 988 A	Letno 888 A
NE5	Portal	115,9/116,0	109,7/109,8	107,1/107,1	103,7/103,8	98,2/98,4
NE8	Portal	121,6/121,7	115,2/115,3	112,4/112,5	108,8/109,0	103,3/103,3
ZE4	Portal	116,6/116,8	110,5/110,6	107,8/107,8	104,3/104,4	98,9/99,0
ZE6	Portal	119,2/119,3	112,9/112,8	110,2/110,2	106,6/106,7	101,1/101,2

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

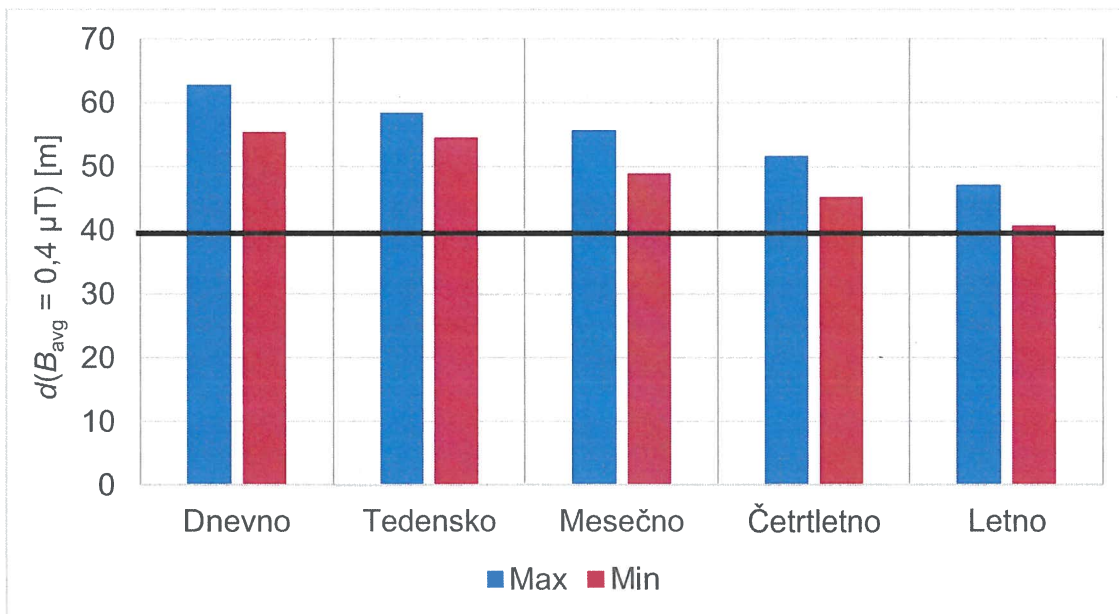


Slika 11: DV 110 kV Dravograd–Sl. Gradec. Oddaljenosti od osi DV (razpon, glede na vrste stebrov - max/min) do konture $0,4 \mu\text{T}$ na nivoju vodnikov, kjer ta seže najdlje od osi daljnovoda v naravni in življenjski prostor, in varovalni pas DV.

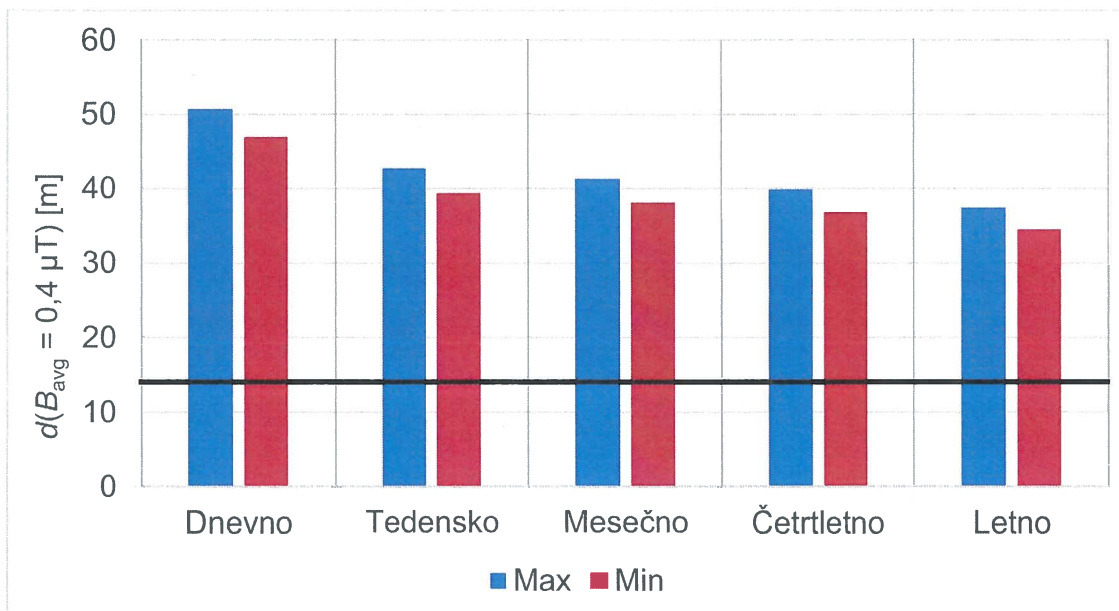


Slika 12: DV 220 kV Beričevo–Kleče (odsek trase na enosistemskih stebrih). Oddaljenosti od osi DV (razpon, glede na vrste stebrov - max/min) do konture $0,4 \mu\text{T}$ na nivoju vodnikov, kjer ta seže najdlje od osi daljnovoda v naravni in življenjski prostor, in varovalni pas DV.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

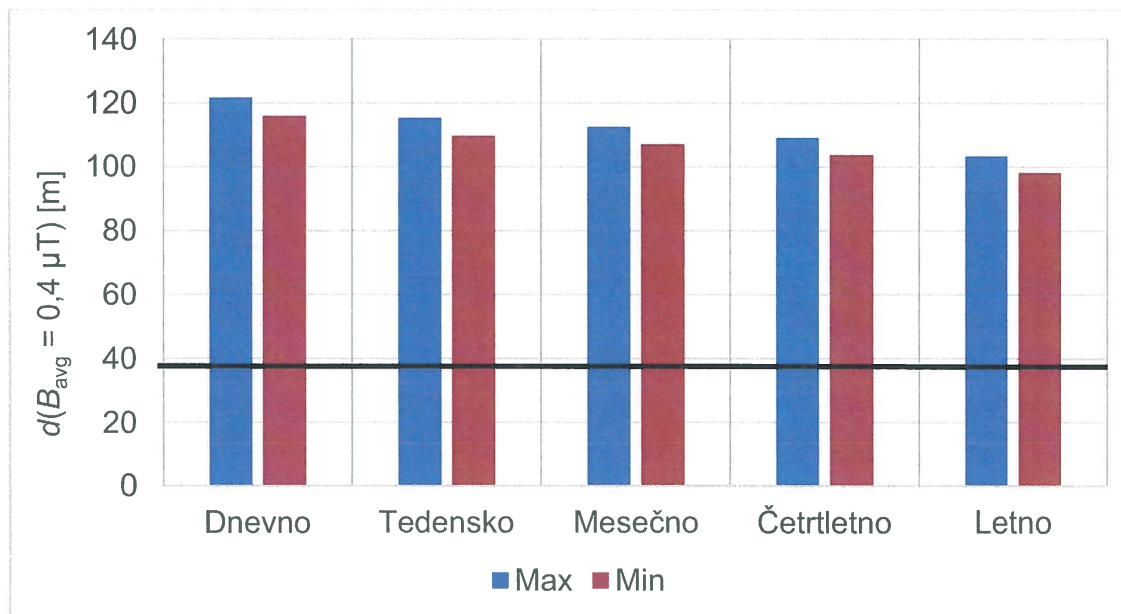


Slika 13: DV 220 kV Beričevo–Kleče in DV 220 kV Beričevo–Podlog (odsek trase na dvosistemskih stebrih). Oddaljenosti od osi DV (razpon, glede na vrste stebrov - max/min) do konture 0,4 µT na nivoju vodnikov, kjer ta seže najdlje od osi daljnovoda v naravni in življenjski prostor, in varovalni pas DV.



Slika 14: DV 110 kV Ajdovščina–Gorica. Oddaljenosti od osi DV (razpon, glede na vrste stebrov - max/min) do konture 0,4 µT na nivoju vodnikov, kjer ta seže najdlje od osi daljnovoda v naravni in življenjski prostor, in varovalni pas DV.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



Slika 15: DV 400 kV Divača–Redipuglia. Oddaljenosti od osi DV (razpon, glede na vrste stebrov - max/min) do konture $0,4 \mu\text{T}$ na nivoju vodnikov, kjer ta seže najdlje od osi daljnovođa v naravni in življenjski prostor, in varovalni pas DV.

Na slikah od 11 do 15 so za obravnavane štiri daljnovode predstavljene te oddaljenosti v obliki stolpčnih grafov, in sicer razpon oddaljenosti, v katerega se uvrščajo obravnavani stebri na trasi.

Na podlagi analize rezultatov sledi zaključek, da oddaljenosti, ki jih definirajo povprečne vrednosti $0,4 \mu\text{T}$, v vseh obravnavanih primerih sežejo izven predpisanega območja varovalnega pasu daljnovođa.

5.2 Ocena magnetnega polja in oddaljenosti do kontur $0,4 \mu\text{T}$ – za drugo, tretjo in četrto fazo

V nadaljnjih fazah smo za podanih devet geometrijskih konfiguracij vodnikov tipskih predstavnikov stebrov, navedenih v poglavju 4.2, izdelali elektromagnetni model in na podlagi tega 2D izračun magnetnega polja v pravokotni prerezni ravnini na os daljnovođa (kot na sliki 10). Pri dvosistemskih daljnovodih je pri izračunih magnetnega polja upoštevana fazno simetrična (neoptimalna) razporeditev vodnikov obeh sistemov, ki pomeni konzervativno oceno za razdaljo. Pri vseh daljnovodih je upoštevano, da v zaščitnih vrveh teče zanemarljiv tok, ki ima posledično tudi zanemarljiv kompenzacijski učinek za rezultatno magnetno polje, kar zagotavlja konzervativno oceno oddaljenosti, torej upošteva vedno oddaljenost za najbolj neugoden primer.

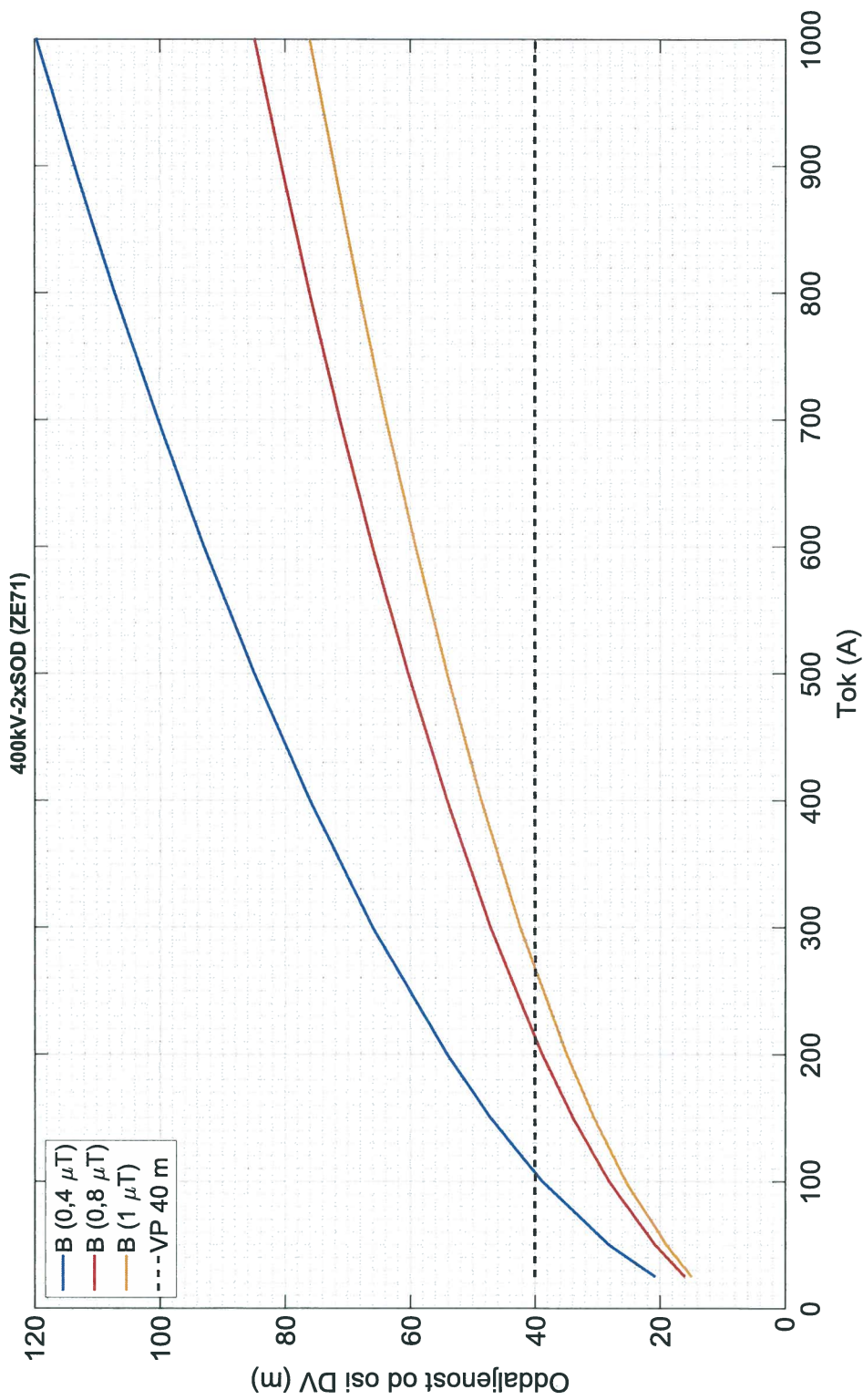
B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Izračuni magnetnega polja so za vsak steber izvedeni za drseče povprečne vrednosti toka s korakom po 50 A v razponu od 50 A do 1800 A (za 400 kV napetostni nivo), v razponu od 50 A do 800 A (za 220 kV napetostni nivo) in v razponu od 50 A do 600 A (za 110 kV napetostni nivo) za dva časovna okvirja (dan, leto). Pri vsakem izračunu so odčitane oddaljenosti od osi DV do kontur izbranih vrednosti (0,4 μ T, 0,8 μ T in 1 μ T) na nivoju vodnikov, kjer te sežejo najdlje od osi daljnovoda v naravni in življenjski prostor (kot prikazuje slika 10 za konturo vrednosti 0,4 μ T). Odčitane oddaljenosti so predstavljene v grafih na slikah od 16 do 24.

Grafi na slikah od 25 do 28 za podanih devet stebrov prikazujejo upadanje jakosti magnetnega polja na nivoju vodnikov z oddaljenostjo od osi pri vrednostih toka 800 A (za 400 kV), 400 A (za 220 kV DV) ter 200 A (za 110 kV DV).

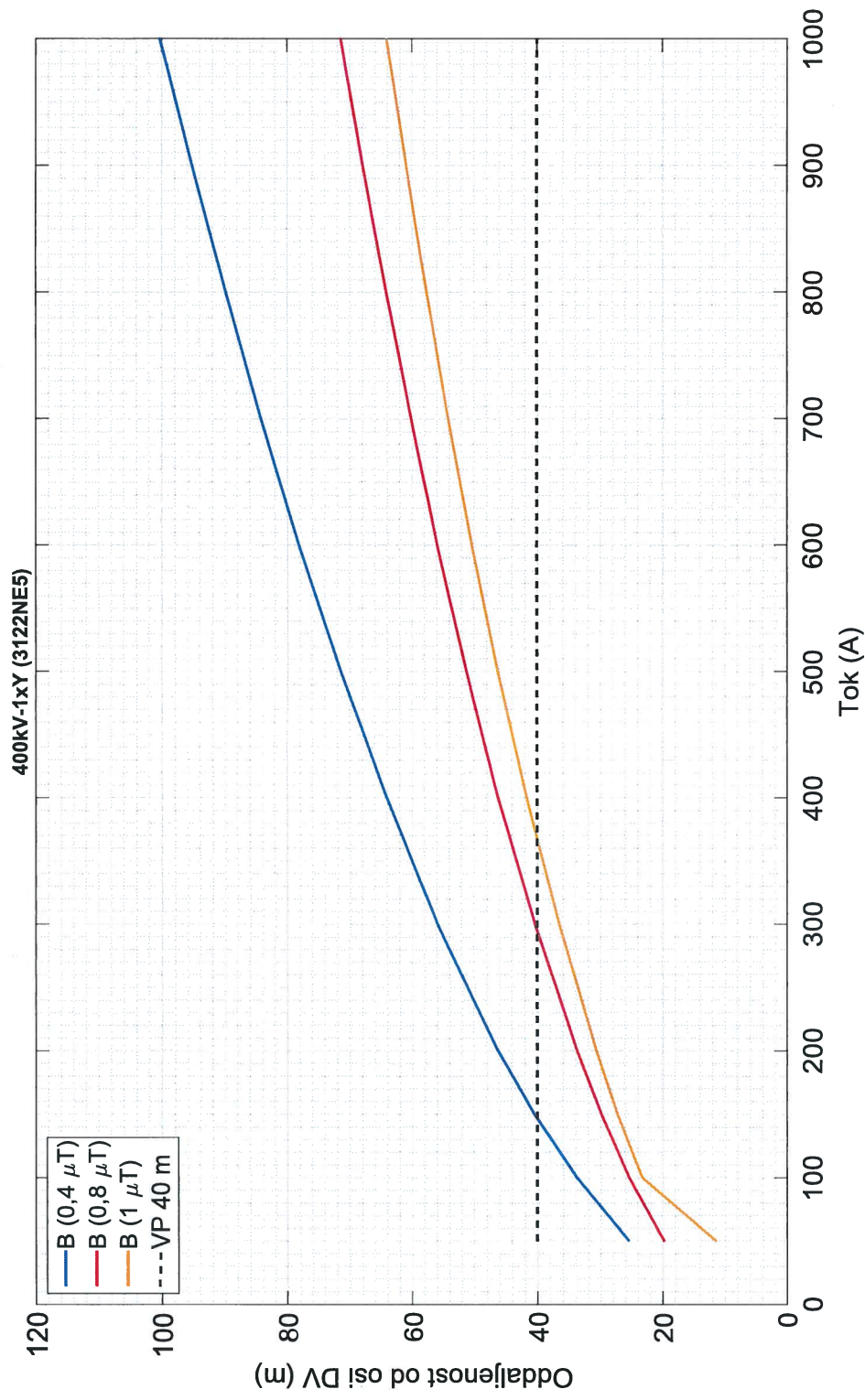
Pri enosistemskih nesimetričnih glavah stebrov so pri odčitavanjih upoštevane oddaljenosti na strani, kjer sežejo dlje v prostor.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo-Divača. VENO 3551. Elektroinžititut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



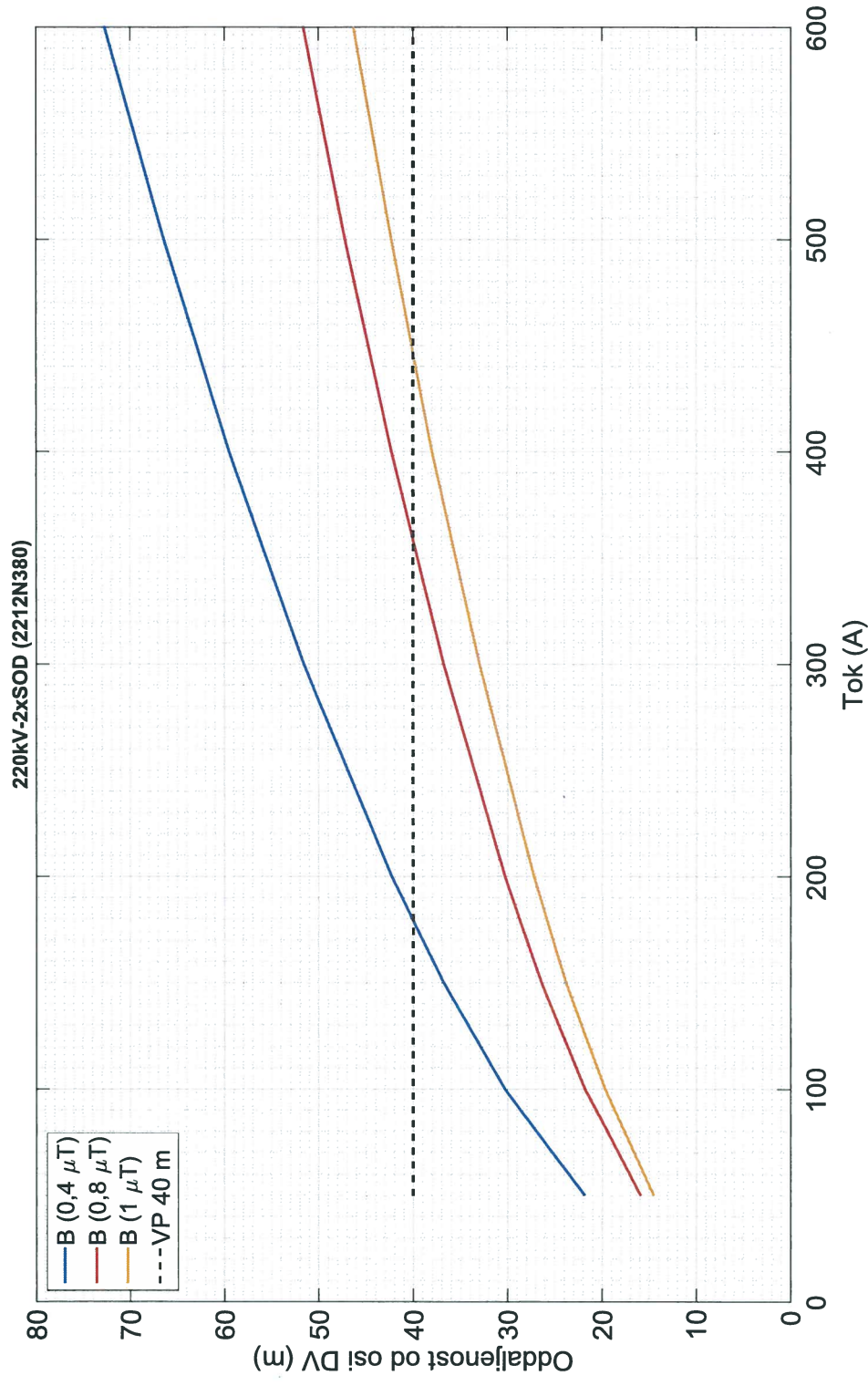
Slika 16: Steber 400 kV 2xSod (ZE71) – oddaljenost od osi DV (0,4 μT , 0,8 μT in 1 μT) v odvisnosti od toka.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo-Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



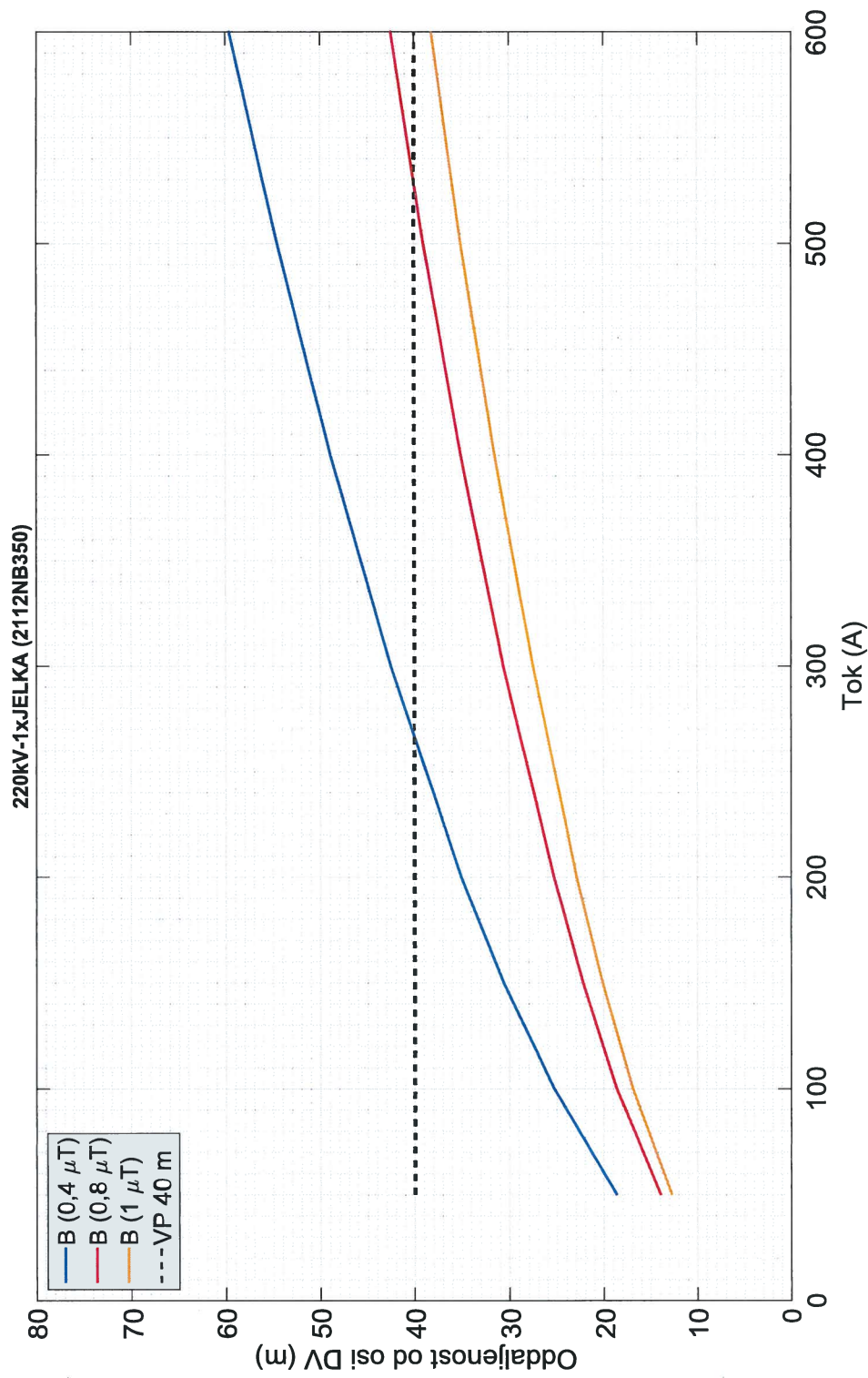
Slika 17: Steber 400 kV 1xY (3122NE 5) – oddaljenost od osi DV (0,4 μT, 0,8 μT in 1 μT) v odvisnosti od toka.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo-Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



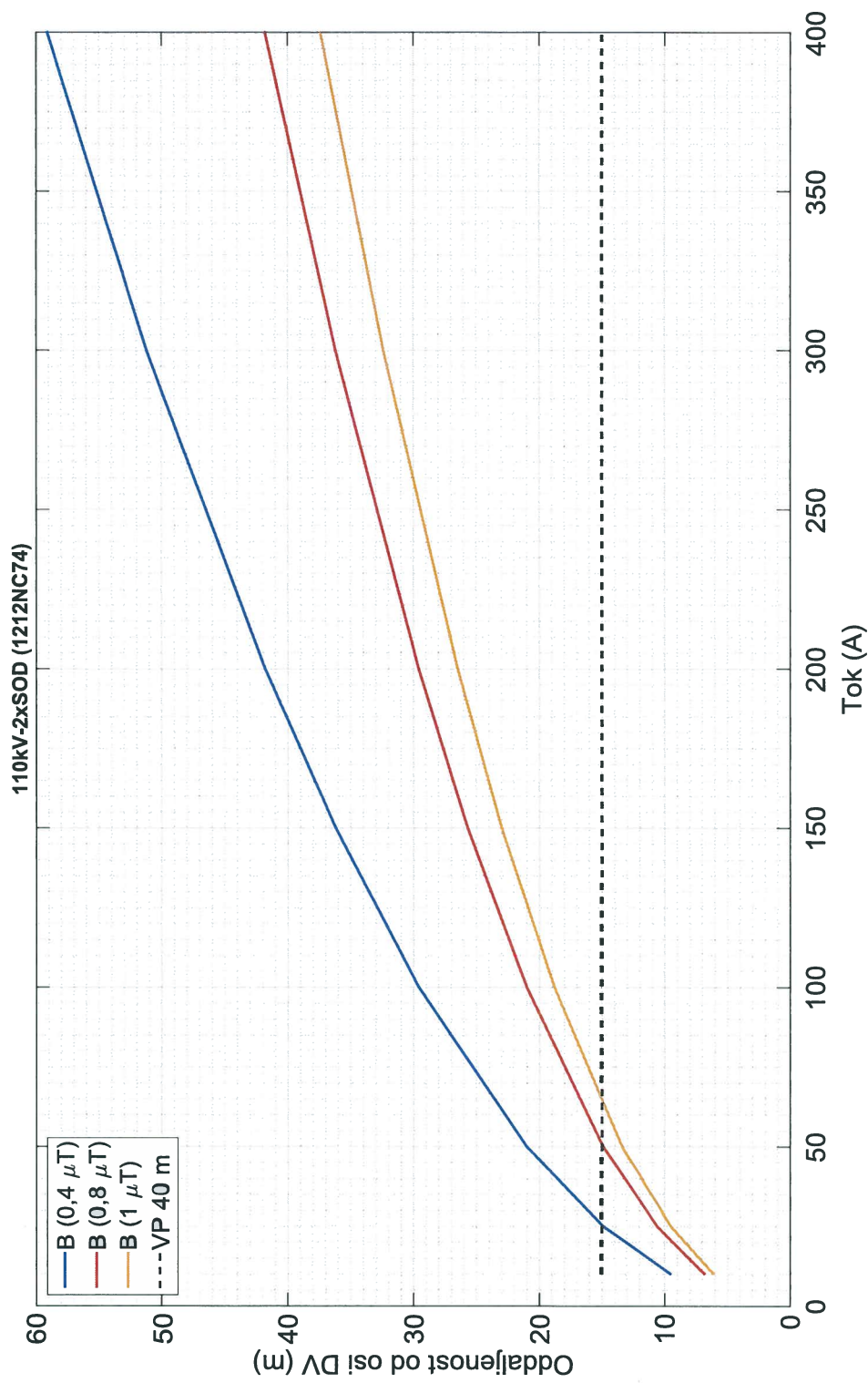
Slika 18: Steber 220 kV 2xSod (2212N 380) – oddaljenost od osi DV (0,4 μ T, 0,8 μ T in 1 μ T) v odvisnosti od toka.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divāča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



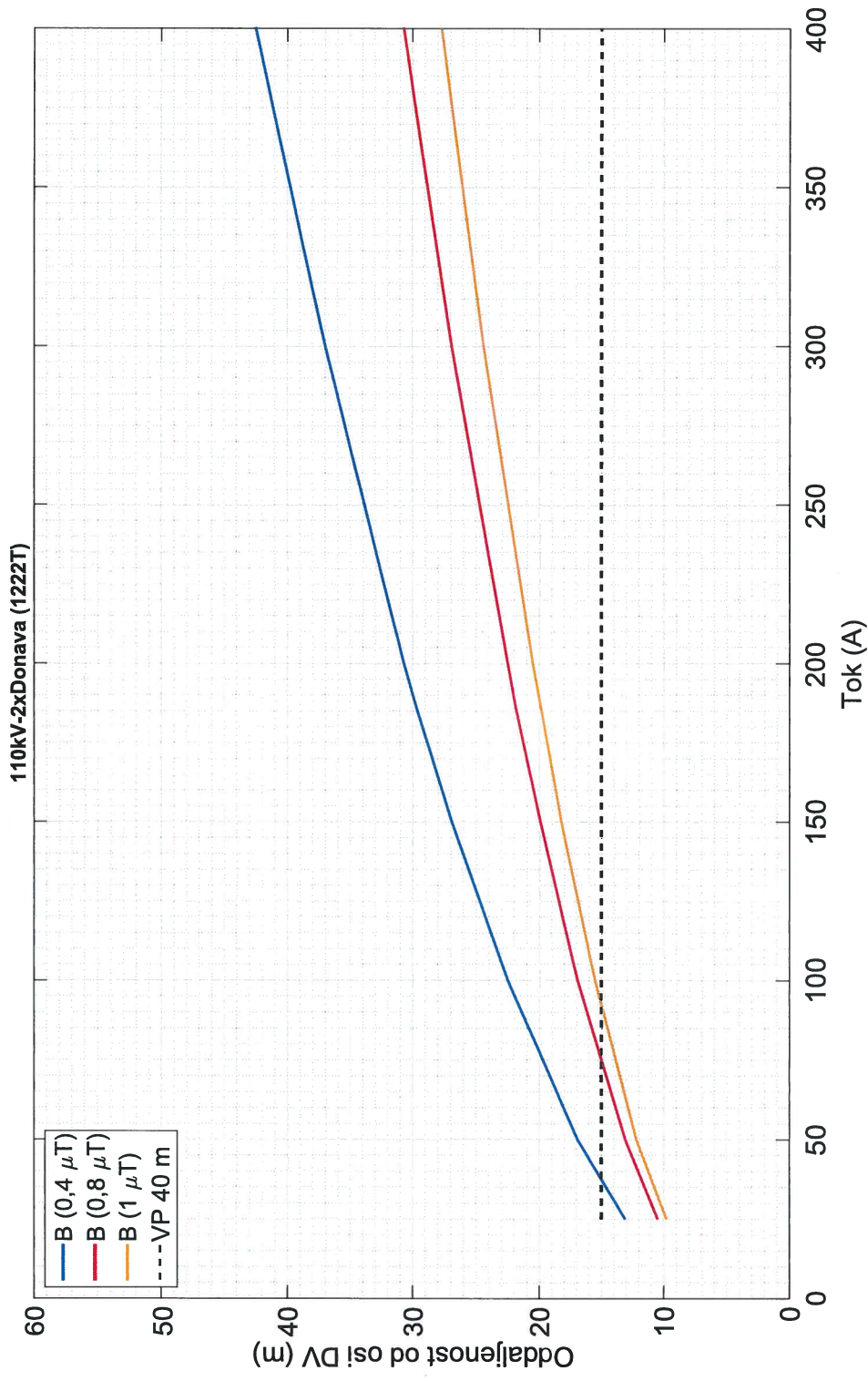
Slika 19: Steber 220 kV 1xJelka (2112Nb 350) – oddaljenost od osi DV (0,4 μ T, 0,8 μ T in 1 μ T) v odvisnosti od toka.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinžtut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



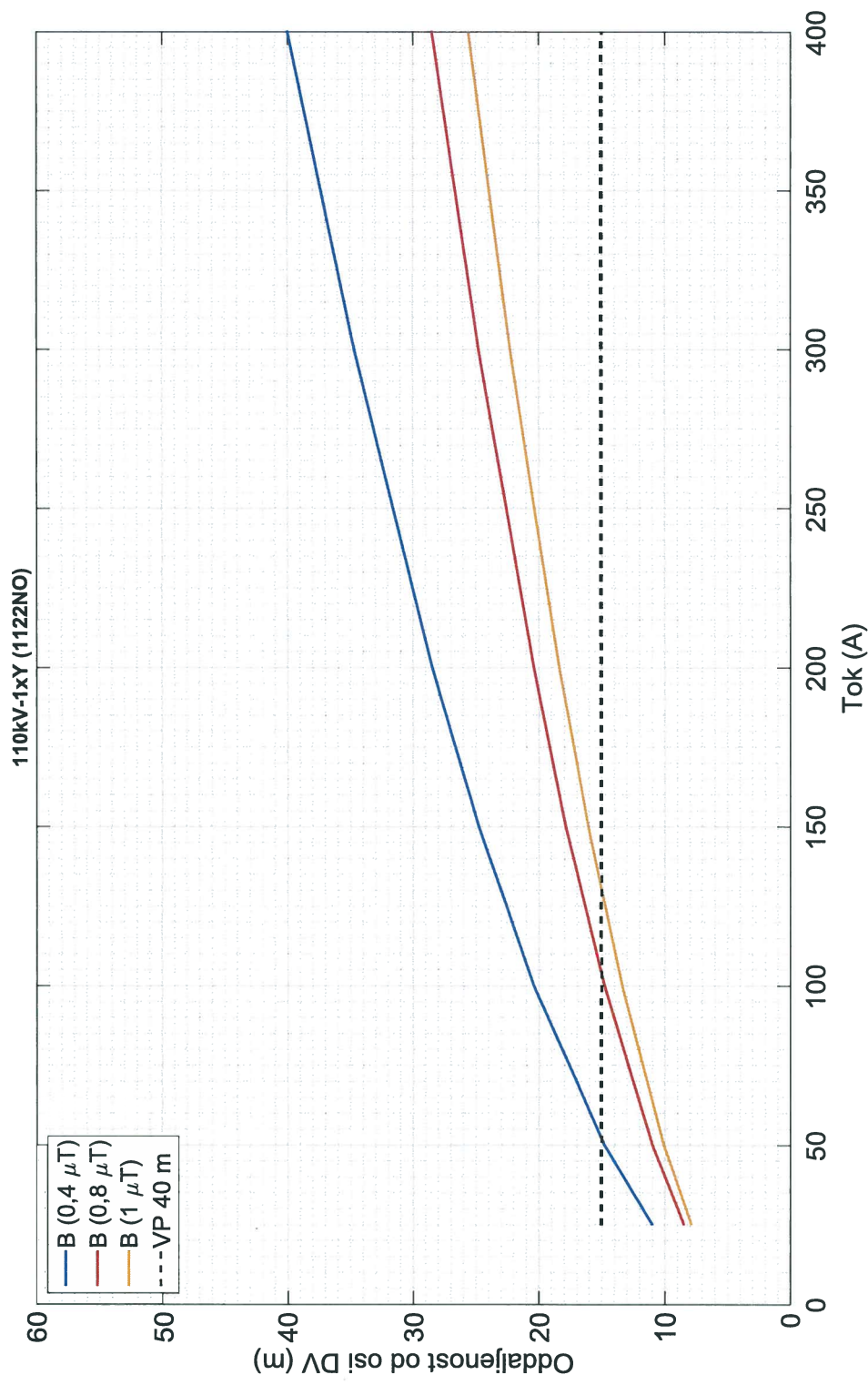
Slika 20: Steber 110 kV 2xSod (1212Nc 74) – oddaljenost od osi DV (0,4 μ T, 0,8 μ T in 1 μ T) v odvisnosti od toka.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Bertičevo–Divčača. VENO 3551. Elektroinžinirut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



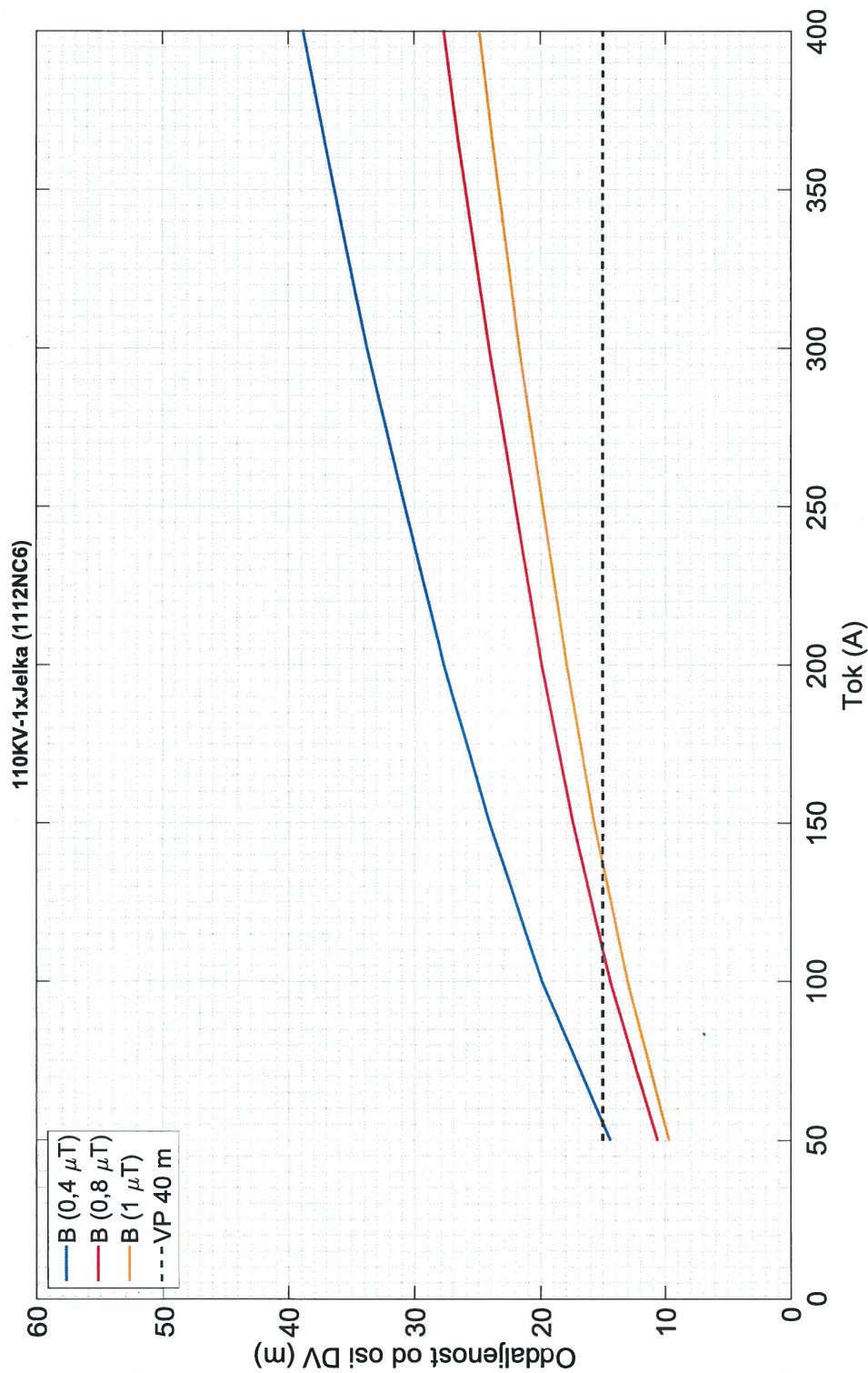
Slika 21: Steber 110 kV 2xDonava (1222T) – oddaljenost od osi DV (0,4 μT , 0,8 μT in 1 μT) v odvisnosti od toka.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo-Divača. VENO 3551. Elektroinžitritut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



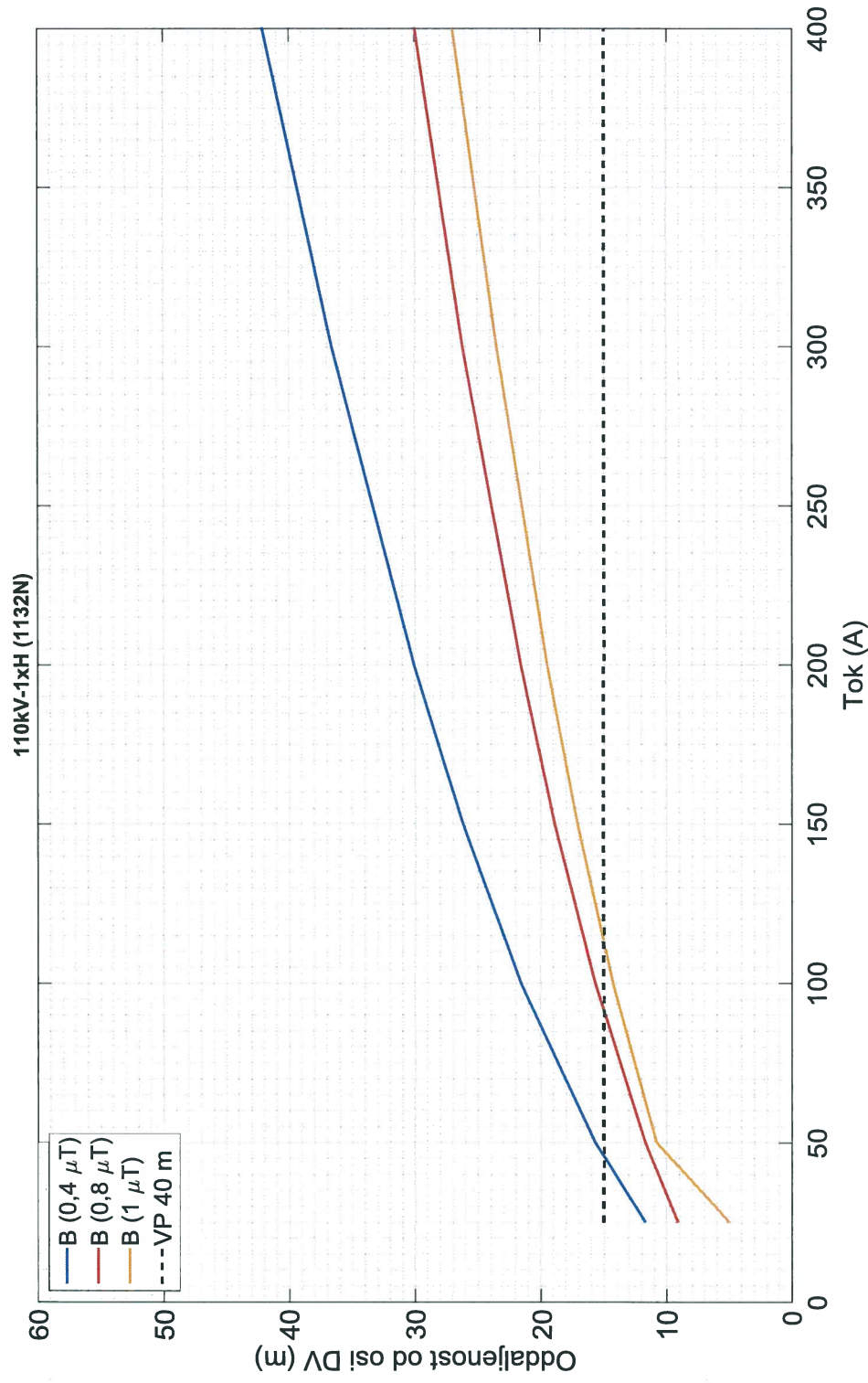
Slika 22: Steber 110 kV 1xY (1122No) – oddaljenost od osi DV (0,4 μT , 0,8 μT in 1 μT) v odvisnosti od toka.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



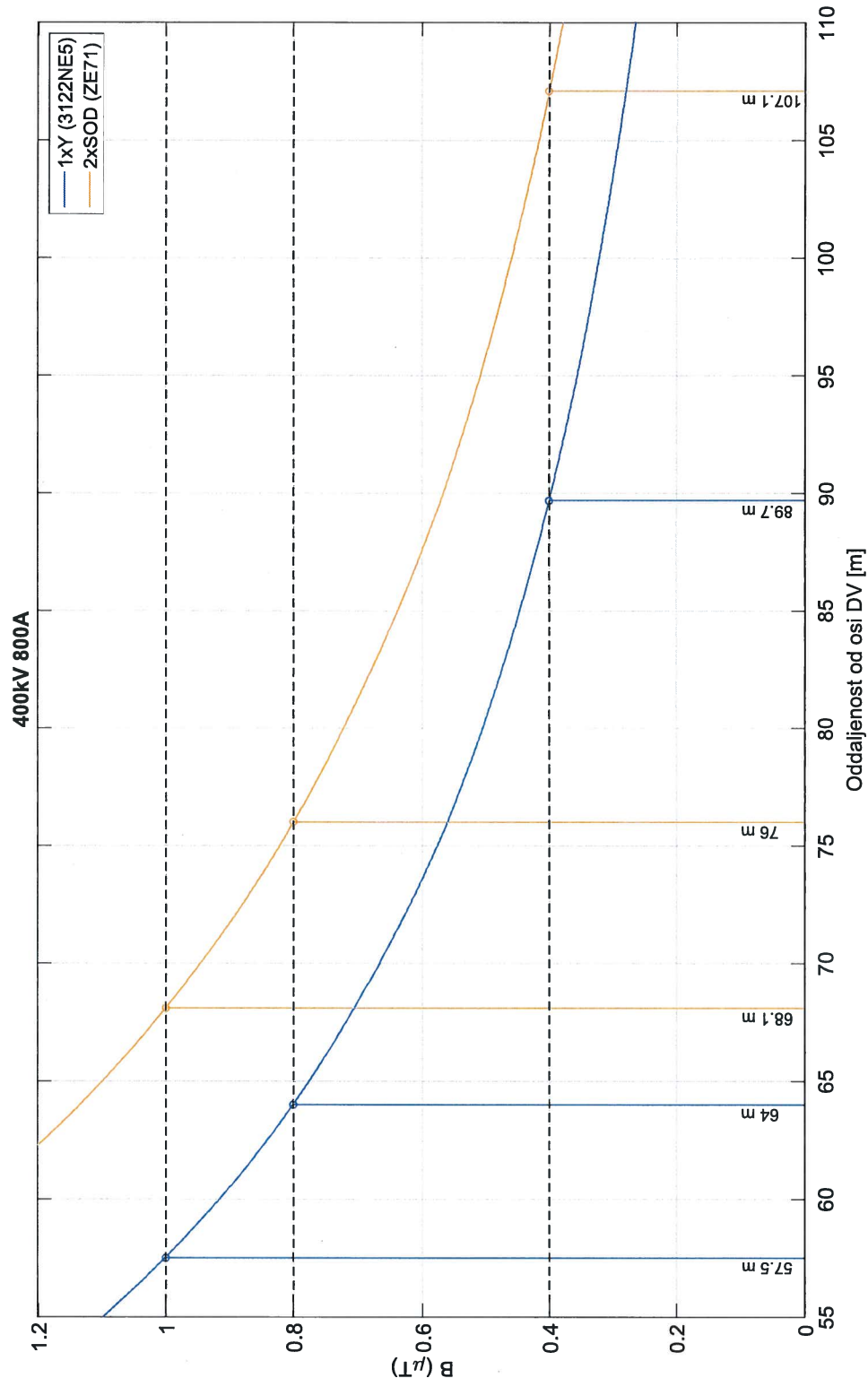
Slika 23: Steber 110 kV 1xJelka (1112Nc 6) – oddaljenost od osi DV (0,4 μT, 0,8 μT in 1 μT) v odvisnosti od toka.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo-Divača. VENO 3551. Elektroinžitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



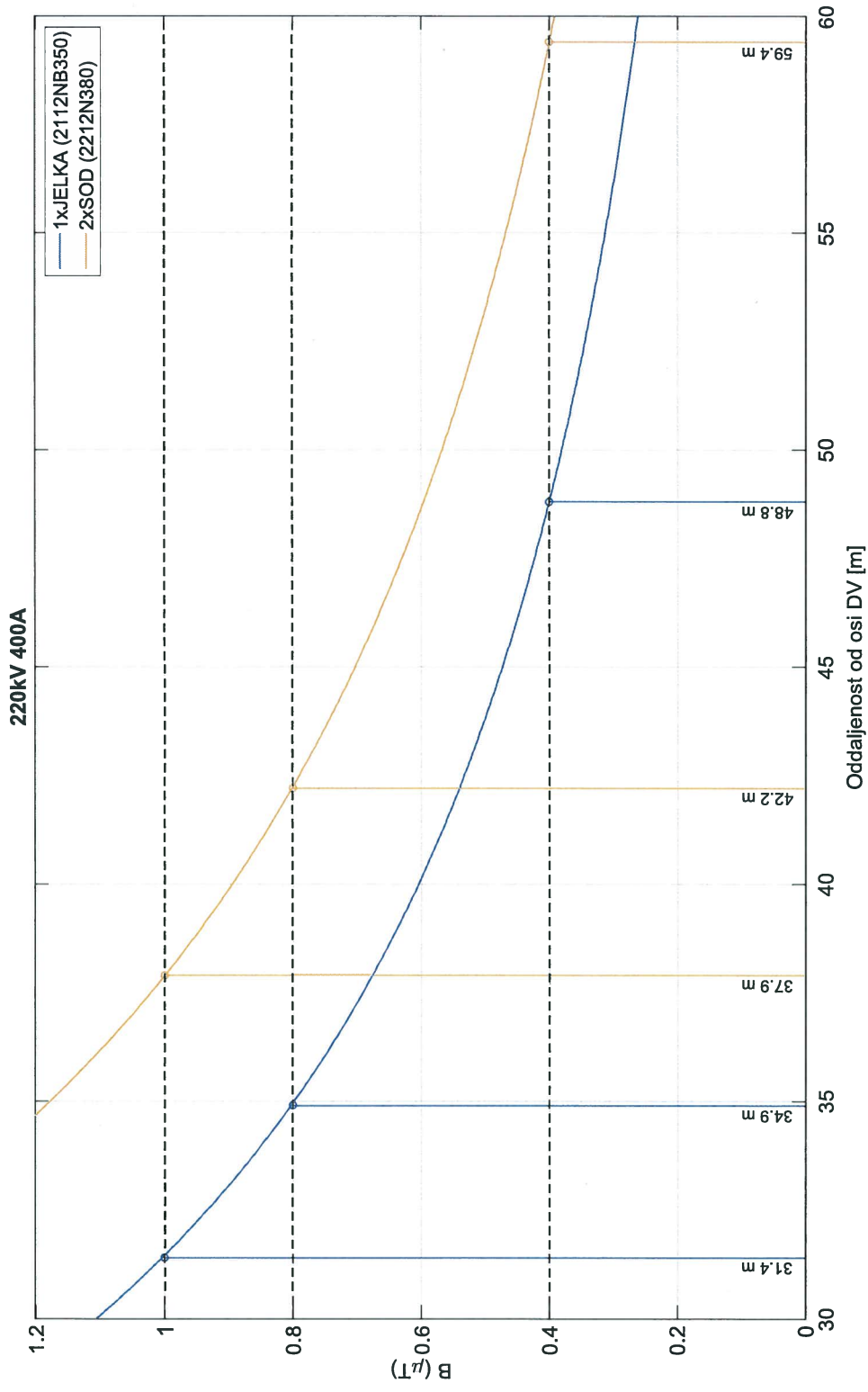
Slika 24: Steber 110 kV 1xH (1132N) – oddaljenost od osi DV (0,4 μT, 0,8 μT in 1 μT) v odvisnosti od toka.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elabarat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinžirntut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



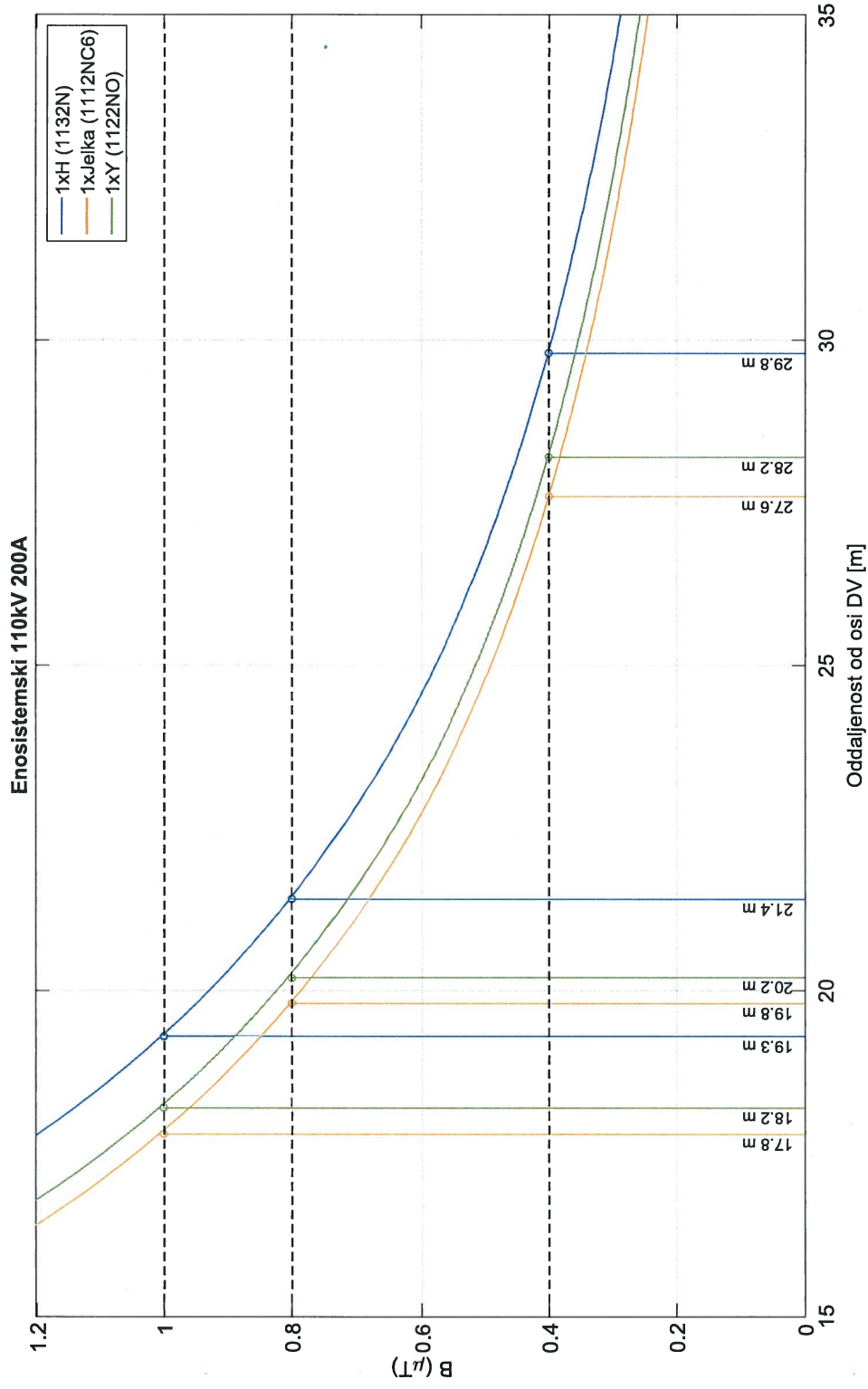
Slika 25: 400 kV stebri – upadanje jakosti magnetnega polja na nivoju vodnikov z oddaljenostjo od osi pri vrednosti toka 800 A.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardim: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinžitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



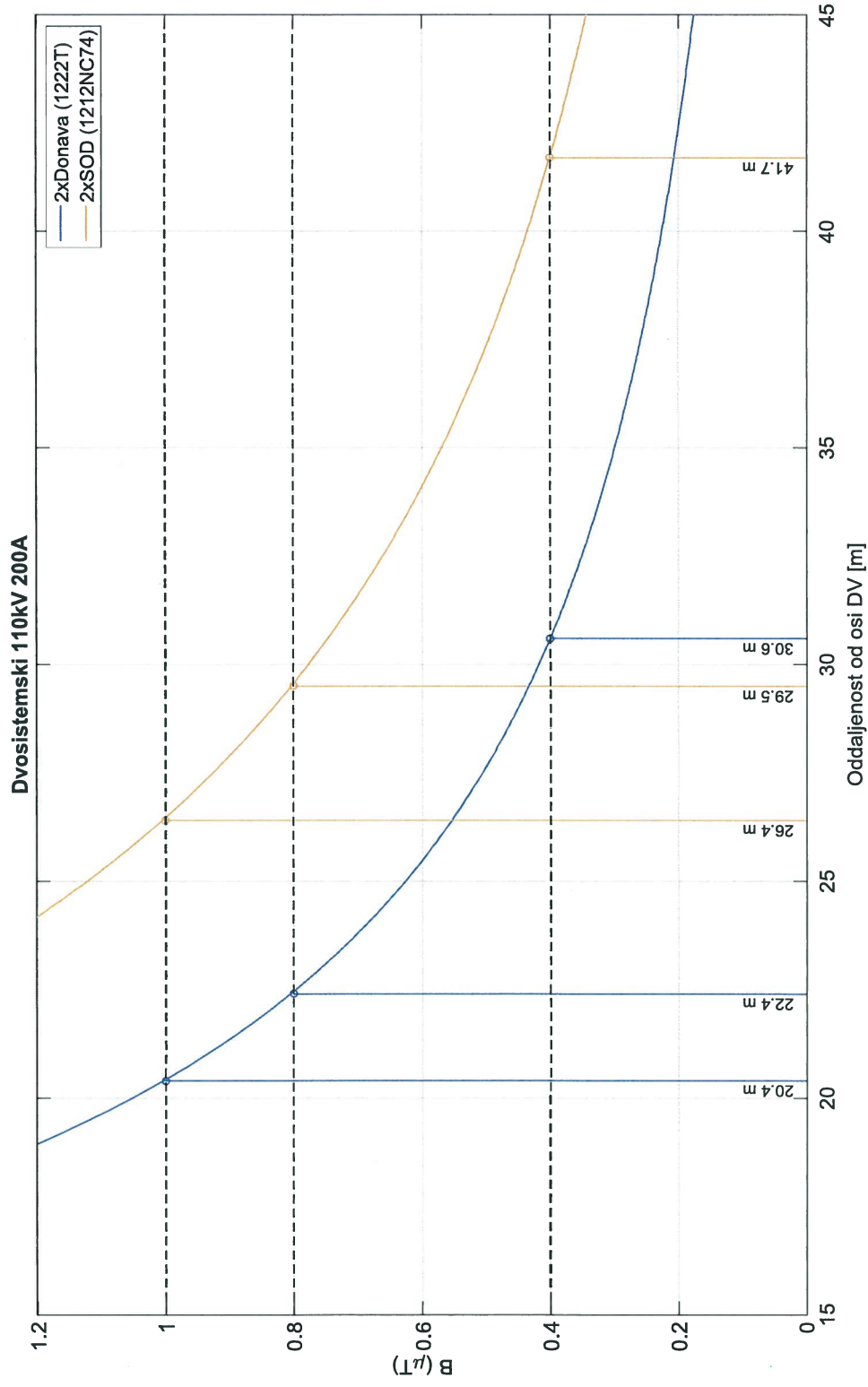
Slika 26: 220 kV stebri – upadanje jakosti magnetnega polja na nivoju vodnikov z oddaljenostjo od osi pri vrednosti toka 400 A.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Bertičevo–Divča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



Slika 27: 110 kV stebri – upadanje jakosti magnetnega polja na nivoju vodnikov z oddaljenostjo od osi pri vrednosti toka 200 A.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo-Divača. VENO 3551. Elektroinžtut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



Slika 28: 110 kV stebri – upadanje jakosti magnetnega polja na nivoju vodnikov z oddaljenostjo od osi pri vrednosti toka 200 A.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

5.3 Ocena širin vplivnega območja do 0,4 μ T za letne povprečne tokovne obremenitve

Izhodišča za tabele od 16 do 18 in stolpčne grafe na slikah od 29 do 32 v tem poglavju, ki podajajo za posamezne daljnovode ocenjene širine vplivnega območja do vrednosti 0,4 μ T za letne povprečne tokovnih obremenitve, so podana v poglavjih 3.3.3, 4.2 in 5.2. V poglavju 3.3.3 je podana ocena letne in dnevne povprečne tokovne obremenitve daljnovodov za 400 kV, 220 kV in 110 kV napetostni nivo. V poglavju 4.2 je za posamični daljnovod podana individualna opredelitev ene (v redkih primerih več) oblike glave stebra, ki se pojavljajo na trasi. V poglavju 5.2 so za 9 oblik glave stebrov (oz. tipskih predstavnikov) podani grafi oddaljenosti od osi DV (do 0,4 μ T, 0,8 μ T in 1 μ T) v odvisnosti od toka, na podlagi katerih je mogoče odčitati te oddaljenosti za poljubno podano povprečno vrednost toka.

V primeru dvosistemskih daljnovodov, kjer oba sistema obratujeta paralelno in imamo podatek o povprečnem toku za oba sistema, smo v tabelah od 16 do 18 pri oceni oddaljenosti upoštevali obremenitev obeh sistemov z višjo vrednostjo toka od obeh vrednosti v sistemih. V primeru dvosistemskih daljnovodov ali dvosistemskih segmentov daljnovodov, kjer drugi sistem ni paralelen prvemu (oziroma ne povezuje istih začetnih in končnih točk oz RTP), smo v tabelah od 16 do 18 upoštevali tok sistema, ki ga navaja ime daljnovoda.

V grafu na sliki 33 je prikazan raztros daljnovodov glede na letne povprečne vrednosti toka in pripadajoče širine vplivnega območja do vrednosti 0,4 μ T. Daljnovodi napetostnega nivoja 110 kV so prikazani z modrimi krogci, daljnovodi napetostnega nivoja 220 kV z zelenimi krogci in daljnovodi napetostnega nivoja 400 kV z rdečimi krogci. S črtkanimi črtami so prikazane tudi predpisane širine varovalnih pasov.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Tabela 16: 400 kV daljnovidovi z opredeljenimi oblikami glave stebrov na trasi, letno povprečno tokovno obremenitvijo in oceno širine vplivnega območja do 0,4 μ T.

Za. št.	Ime DV	Oblika glave stebra	Letna povprečna vrednost toka (A)	Širina vplivnega območja do 0,4 μ T (od osi DV) (m)
1.	DV 400 kV Divača–Redipuglia	1xY	949,1	98,0
2.	DV 400 kV Divača–Melina	1xY	631,9	80,5
3.	DV 2 x 400 kV Krško–Zagreb	2xSod	329,4	69,5
4-1.	DV 400 kV Krško–Maribor (odsek Krško–Mihovci)	1xY	296,7	56,0
4-2.	DV 400 kV Krško–Maribor (odsek Mihovci–Maribor)	2xSod	296,7	66,0
5-1.	DV 400 kV Maribor–Podlog (odsek Maribor–Mihovci)	2xSod	425,4	78,5
5-2.	DV 400 kV Maribor–Podlog (odsek Mihovci–Podlog)	1xY	425,4	66,0
6.	DV 2 x 400 kV Maribor–Kainachtal	2xSod	327,4	69,0
7.	DV 400 kV Podlog–Šoštanj	1xY	498,2	71,5
8.	DV 400 kV Podlog–Beričevo	1xY	732,1	86,0
9.	DV 2 x 400 kV Beričevo–Krško	2xSod	272,6	63,0
10.	DV 400 kV Beričevo–Divača	1xY	600,8	78,5
11.	DV 2 x 400 kV Beričevo–Okroglo	2xSod	178,1	51,5

Tabela 17: 220 kV daljnovidovi z opredeljenimi oblikami glave stebrov na trasi, letno povprečno tokovno obremenitvijo in oceno širine vplivnega območja do 0,4 μ T.

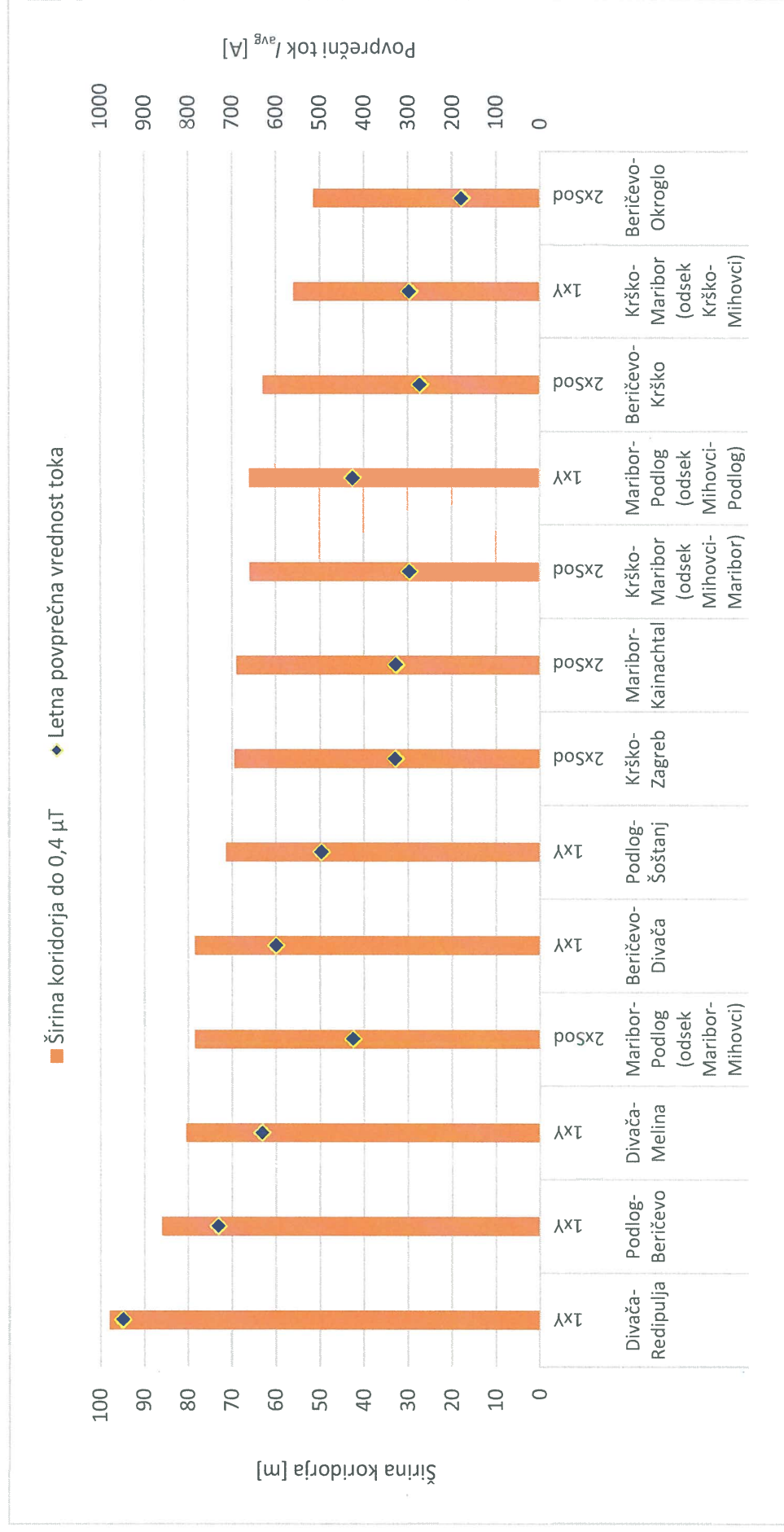
Za. št.	Ime DV	Oblika glave stebra	Letna povprečna vrednost toka (A)	Širina vplivnega območja do 0,4 μ T (od osi DV) (m)
1-1.	DV 220 kV Beričevo–Kleče (odsek Beričevo–Rašica)	2xSod	360,8	56,5
1-2.	DV 220 kV Beričevo–Kleče (odsek Rašica–Kleče)	1xJelka	360,8	46,5
2-1.	DV 220 kV Podlog–Beričevo (odsek Podlog–Rašica)	1xJelka	380,8	48,0
2-2.	DV 220 kV Podlog–Beričevo (odsek Rašica–Beričevo)	2xSod	380,8	58,0
3.	DV 220 kV Kleče–Divača	1xJelka	199,6	35,0
4.	DV 220 kV Divača–Padriče	1xJelka	365,0	47,0
5.	DV 220 kV Divača–Pehlin	1xJelka	363,2	47,0
6.	DV 220 kV Cirkovce–Mraclin	1xJelka	245,8	39,0
7.	DV 220 kV Cirkovce–Podlog	1xJelka	246,9	39,0
8.	DV 220 kV Podlog–Šoštanj	1xJelka	512,6	55,5
9.	DV 220 kV Podlog–Obersielach	1xJelka	351,4	46,0

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Tabela 18: 110 kV daljnovodi z opredeljenimi oblikami glave stebrov na trasi, letno povprečno tokovno obremenitvijo in oceno širine vplivnega območja do 0,4 μ T.

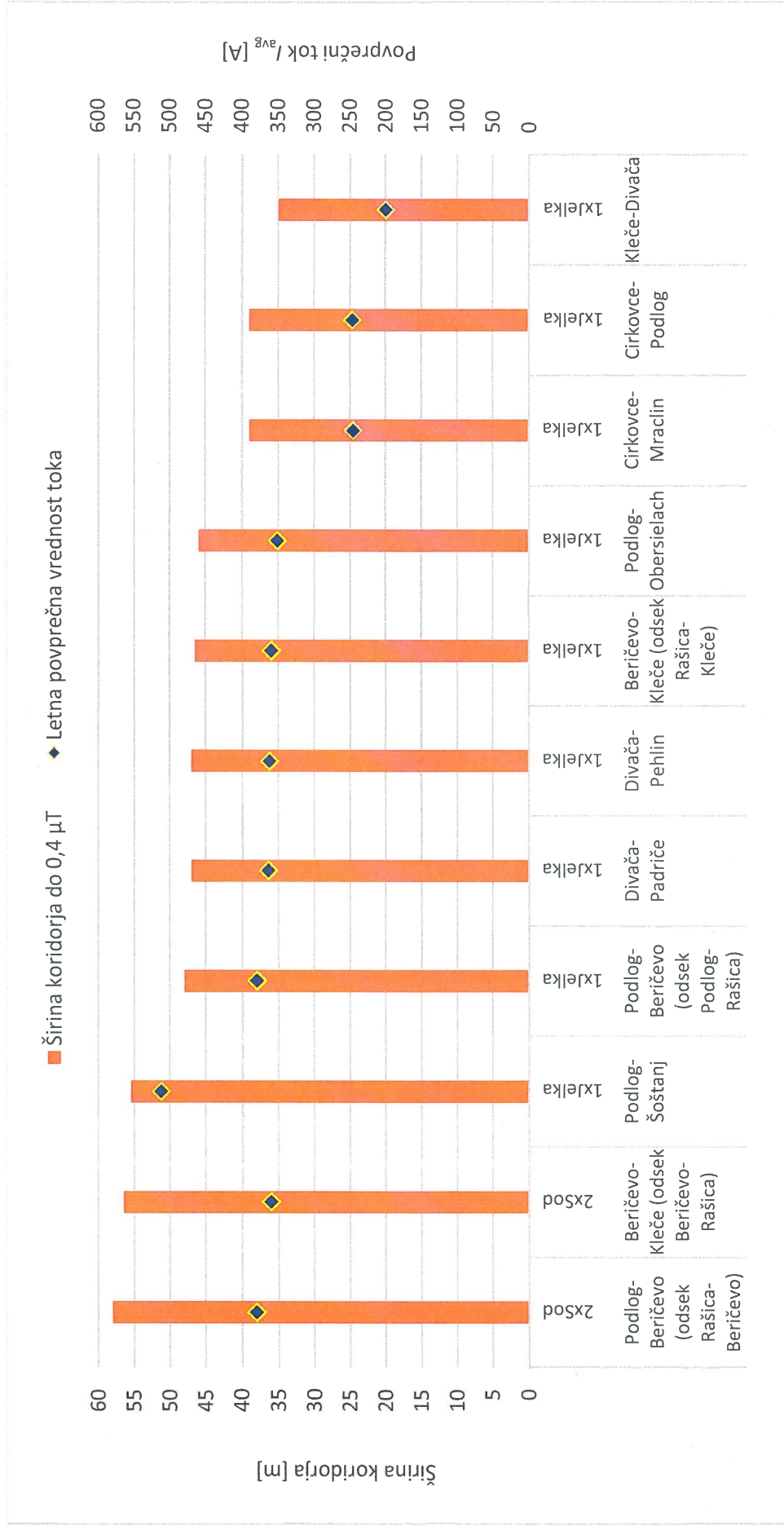
<i>Za. št.</i>	<i>Ime DV</i>	<i>Oblika glave stebra</i>	<i>Letna povprečna vrednost toka (A)</i>	<i>Širina vplivnega območja do 0,4 μT (od osi DV) (m)</i>
1-1.	DV 2 x 110 kV Kleče–Okroglo II (odsek Kleče–Okroglo)	2xDonava	141,1	26,5
1-2.	DV 2 x 110 kV Kleče–Okroglo II (odcep proti Mavčičam)	2xSod	141,1	35,5
2.	DV 2 x 110 kV Okroglo–Moste	2xSod	59,1	23,0
3.	DV 2 x 110 kV Kleče–(Črnuče)–Toplana	2xSod	105,4	30,5
4.	DV 110 kV Brestanica–Hudo	1xJelka	144,2	24,0
5-1.	DV 110 kV Avče–Tolmin (odsek RTP Avče – SM15)	2xSod	167,0	38,5
5-2.	DV 110 kV Avče–Tolmin (odsek SM15 – RTP Tolmin)	1xJelka	167,0	25,5
6.	DV 110 kV Tolmin–Cerkno	1xJelka	166,4	25,5
7.	DV 110 kV Idrija–Ajdovščina	1xJelka	165,2	25,5
8.	DV 110 kV Maribor–Pekre 1	1xY	171,9	26,5
9.	DV 110 kV Maribor–Cirkovce 1	1xY	255,8	32,0
10.	DV 110 kV Maribor–Pekre 2	1xH	154,5	27,0
11.	DV 110 kV Maribor–Cirkovce 2	1xH	223,8	32,0
12.	DV 110 kV Avče–Doblar	2xSod	186,9	40,5
13-1.	DV 2 x 110 kV Maribor–Slovenske Konjice (odsek Sl. Konjice–Sl. Bistrica)	2xSod	163,7	38,0
13-2.	DV 2 x 110 kV Maribor–Slovenske Konjice (odsek Sl. Bistrica–Rače)	2xSod	263,8	48,0
13-3.	DV 2 x 110 kV Maribor–Slovenske Konjice (odsek Rače–RTP Maribor)	2xSod	309,5	52,0
14.	DV 110 kV Cirkovce–Formin	1xJelka	156,8	25,0
15-1.	DV 110 kV Grosuplje–Ribnica–Kočevje (odsek Grosuplje–Ribnica)	1xJelka	88,8	19,0
15-2.	DV 110 kV Grosuplje–Ribnica–Kočevje (odsek Ribnica–Kočevje)	1xJelka	116,8	21,5
16.	DV 110 kV Ajdovščina–Gorica (HACIN)	1xJelka	364,0	37,5
17.	DV 110 kV Dravograd–Slovenj Gradec	1xDonava	185,0	30,0

B. Čestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2017.



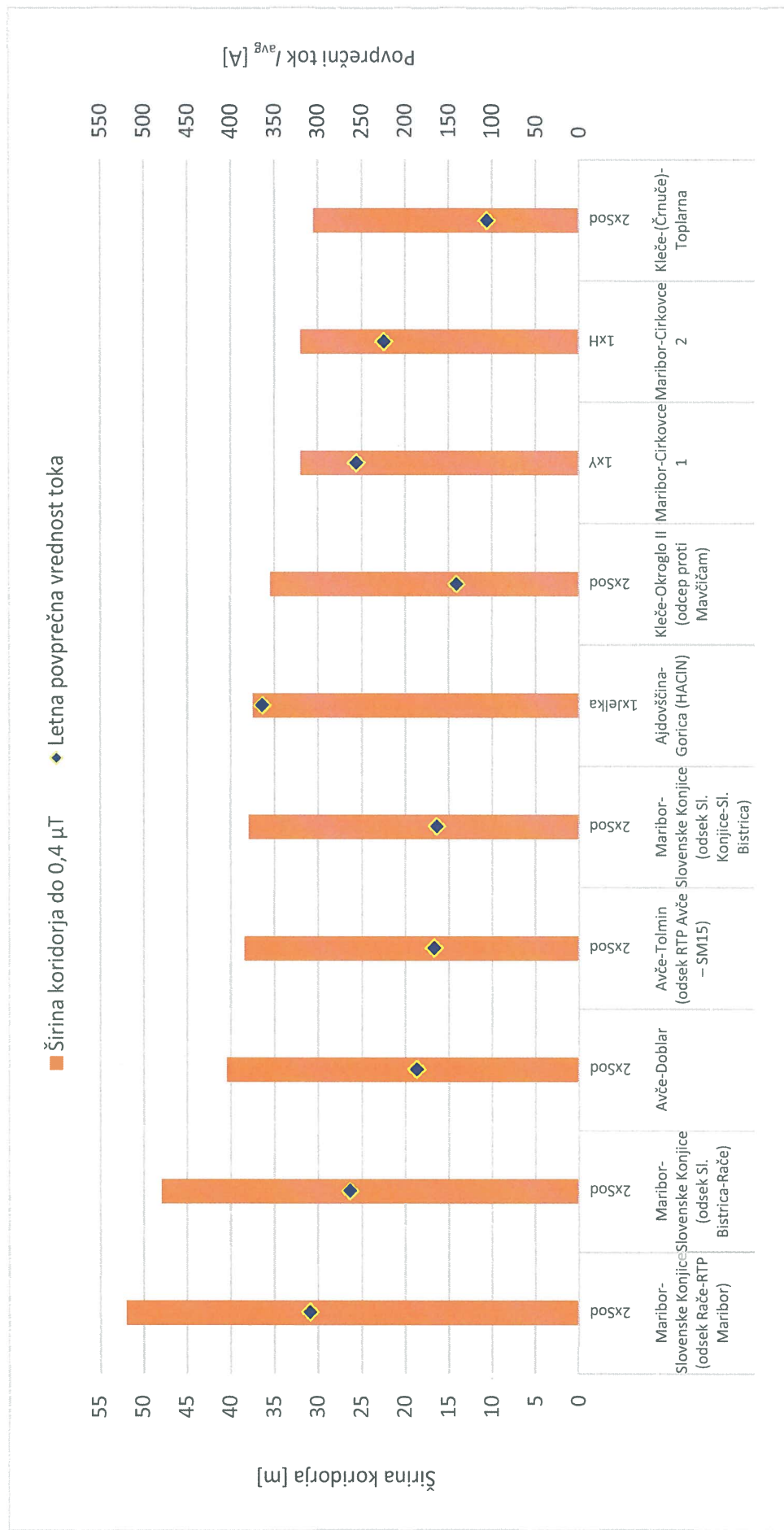
Slika 29: 400 kV daljnovodi z letno povprečno tokovno obremenitvijo in oceno širine vplivnega območja do 0,4 μ T.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinžinir Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



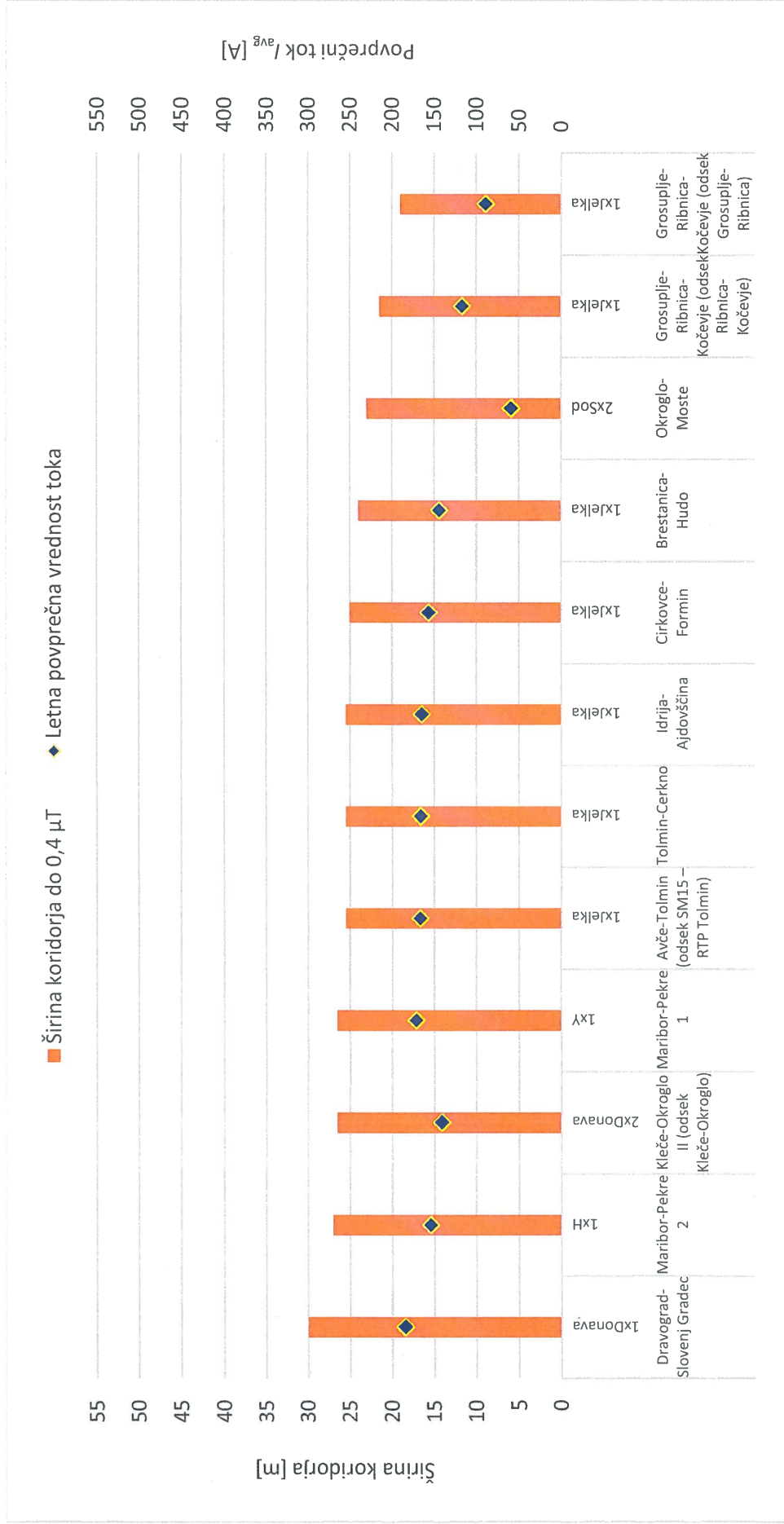
Slika 30: 220 kV daljnovodi z letno povprečno tokovno obremenitvijo in oceno širine vplivnega območja do 0,4 μT.

B. Čestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beničevo–Divča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



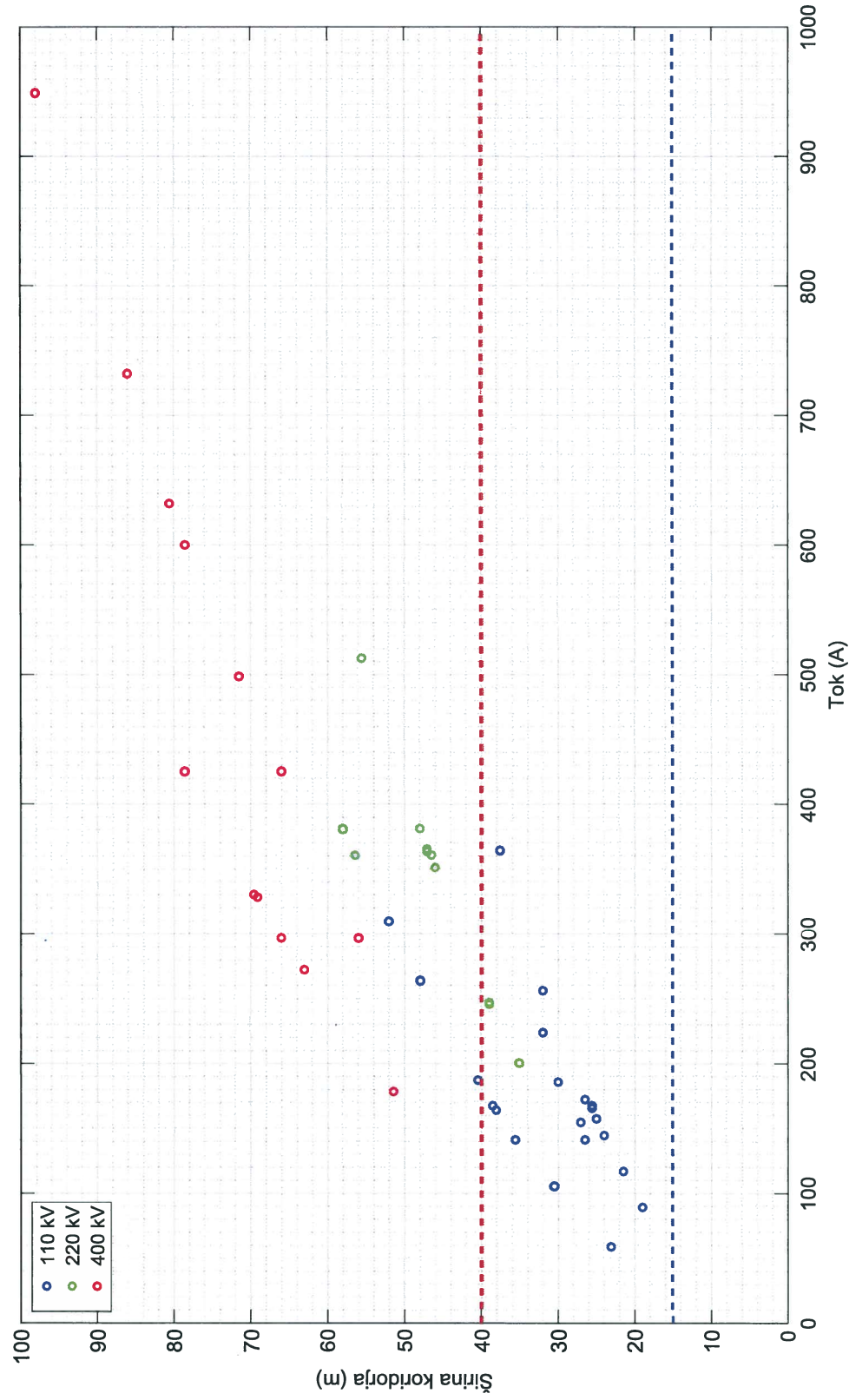
Slika 31: 110 kV daljnovodi z letno povprečno tokovno obremenitvijo in oceno širine vplivnega območja do 0,4 μ T – prvi del.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborač povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divčača. VENO 3551. Elektroinžitritut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



Slika 32: 110 kV daljnovodi z letno povprečno tokovno obremenitvijo in oceno širine vplivnega območja do 0,4 μT – drugi del.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divča. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



Slika 33: Raztros daljnovodov glede na letne povprečne vrednosti toka in pripadajoče oddaljenosti do vrednosti 0,4 μ T.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

5.4 Ocena oddaljenosti za opazovano mejo povprečne izpostavljenosti 0,4 μ T

V poglavju 3.3.3 je podana ocena letne in dnevne povprečne tokovne obremenitve obstoječih daljnovidov za 400 kV, 220 kV in 110 kV napetostni nivo. Razpon definirata najmanjša in največja med temi povprečnimi vrednostmi toka v tabeli za posamezni nazivni napetostni nivo. Tako je pri obravnavi zajetih daljnovidnih sistemov:

- na 400 kV nazivnem napetostnem nivoju razpon letnih povprečnih vrednosti toka od 178,1 A do 949,1 A,
- na 220 kV nazivnem napetostnem nivoju razpon letnih povprečnih vrednosti toka od 199,6 A do 512,6 A,
- na 110 kV nazivnem napetostnem nivoju razpon letnih povprečnih vrednosti toka od 59,1 A do 364 A.

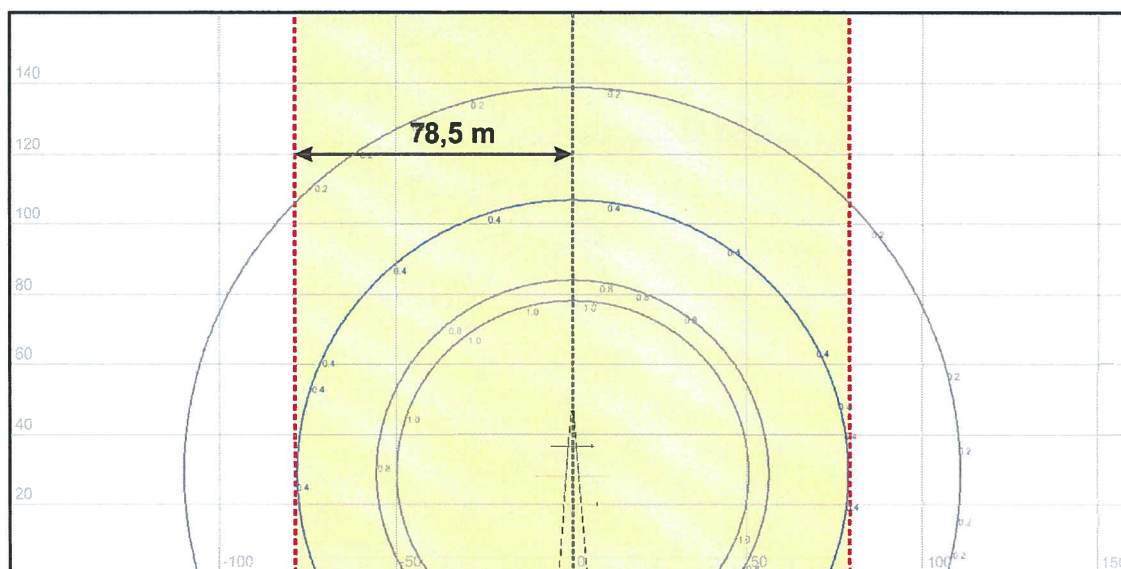
Zgornja in spodnja meja razpona oddaljenosti za opazovano mejo povprečne izpostavljenosti 0,4 μ T v okviru opazovane množice obravnavanih daljnovidov sta:

- na 400 kV nazivnem napetostnem nivoju:
 - za 2xSod: 78,5 m in 51,5 m,
 - za 1xY: 98,0 m in 56,0 m,
- na 220 kV nazivnem napetostnem nivoju:
 - za 2xSod: 58,0 m in 56,5 m,
 - za 1xJelka: 55,5 m in 35,0 m,
- na 110 kV nazivnem napetostnem nivoju:
 - za 2xSod: 52,0 m in 23,0 m,
 - za 2xDonava: 30,0 m in 26,5 m,
 - za 1xJelka: 37,5 m in 19,0 m,
 - za 1xY: 32,0 m in 26,5 m,
 - za 1xH: 32,0 m in 27,0 m.

V grafih na slikah od 34 do 42 je še grafično prikazana zgornja meja razpona širin vplivnega območja za opazovano mejo povprečne izpostavljenosti 0,4 μ T, ki je rezultat analize obravnavane množice daljnovidov na podlagi njihovih preteklih petletnih tokovnih obremenitev.

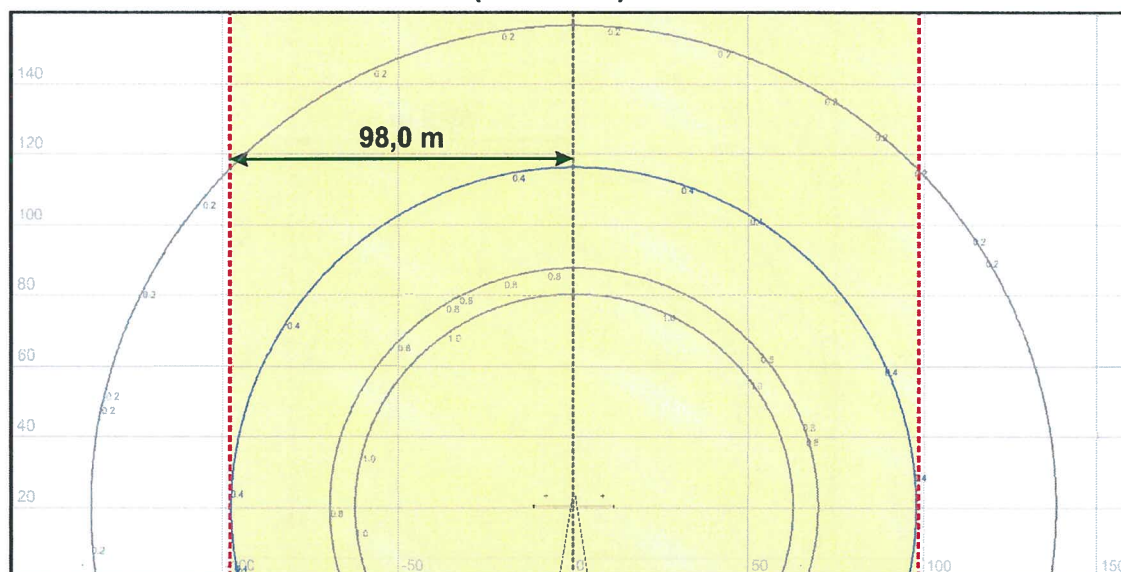
B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

2xSOD (ZE71) 400 kV



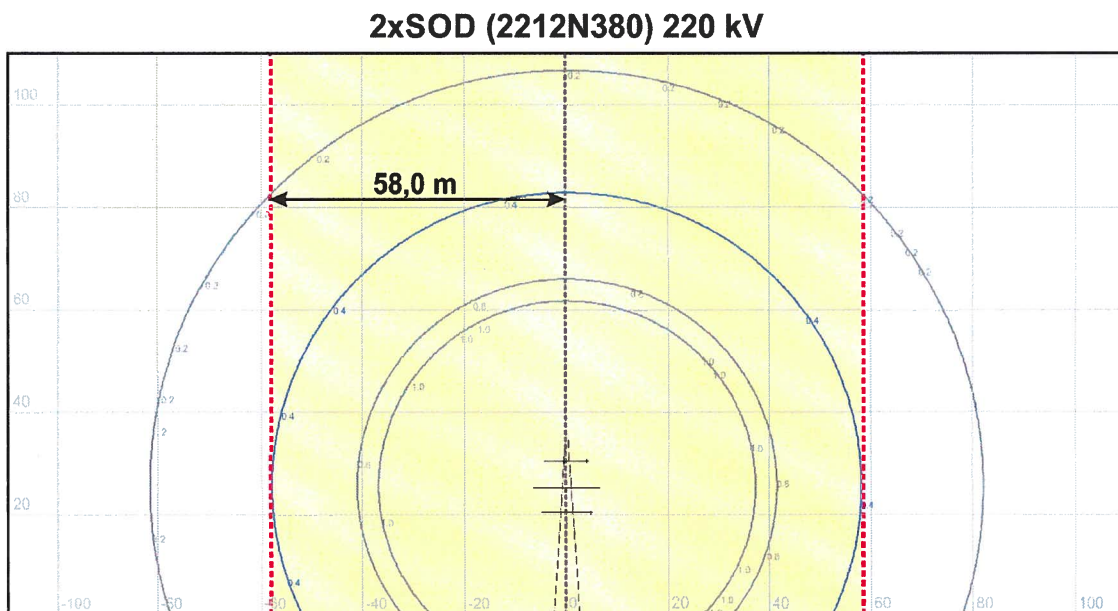
Slika 34: Maksimalna širina vplivnega območja do konture $0,4 \mu\text{T}$ za DV 400 kV, 2xSod (ocena pri letni povprečni vrednosti toka 425,4 A).

1xY (3122NE5) 400 kV

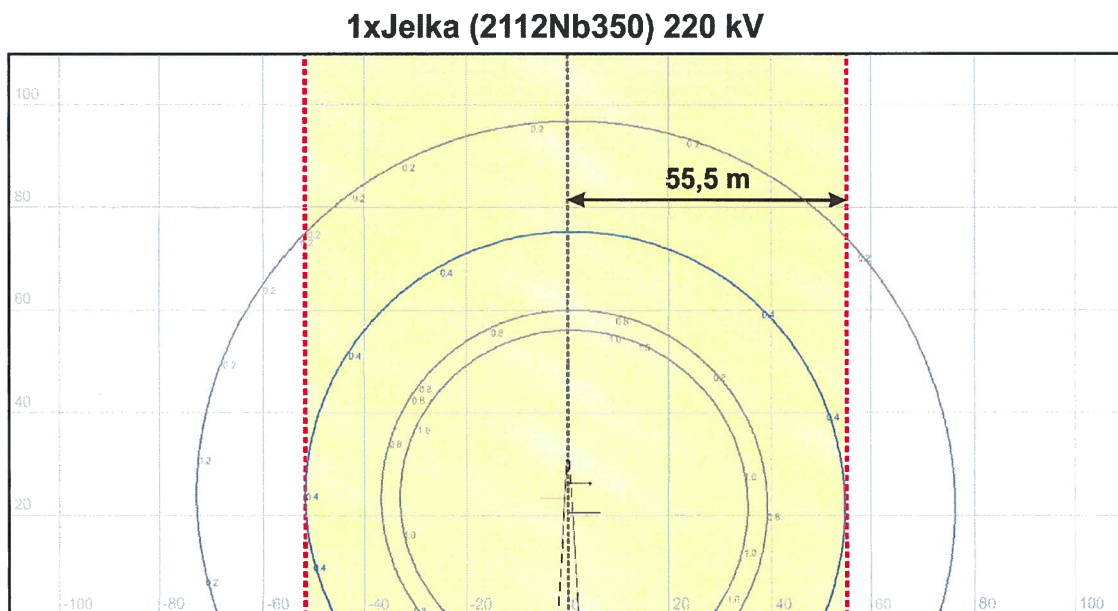


Slika 35: Maksimalna širina vplivnega območja do konture $0,4 \mu\text{T}$ za DV 400 kV, 1xY (ocena pri letni povprečni vrednosti toka 949,1 A).

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



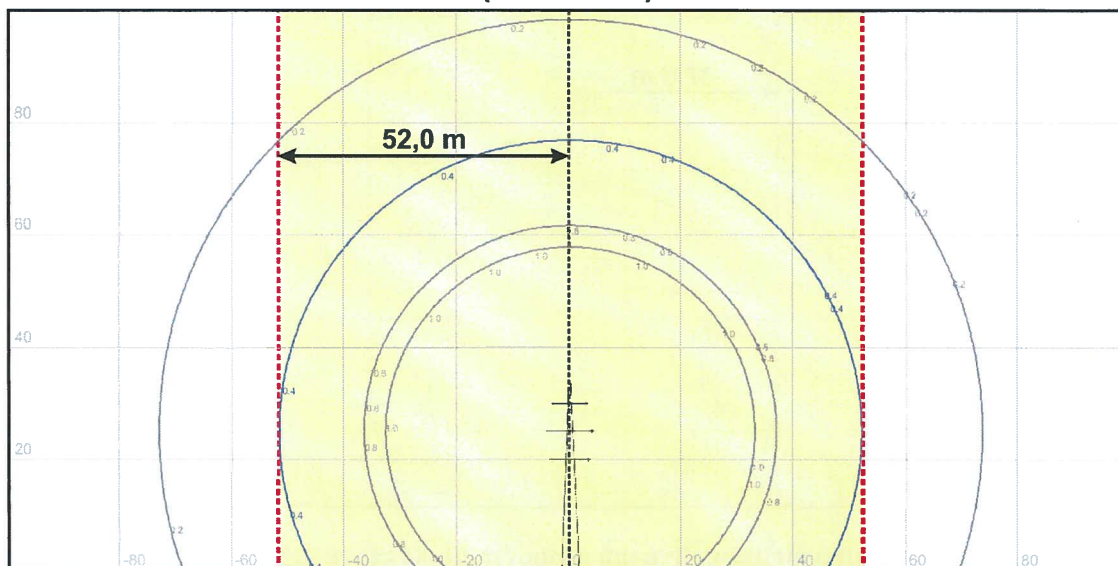
Slika 36: Maksimalna širina vplivnega območja do konture $0,4 \mu\text{T}$ za DV 220 kV, 2xSod (ocena pri letni povprečni vrednosti toka 380,8 A).



Slika 37: Maksimalna širina vplivnega območja do konture $0,4 \mu\text{T}$ za DV 220 kV, 1xJelka (ocena pri letni povprečni vrednosti toka 512,6 A).

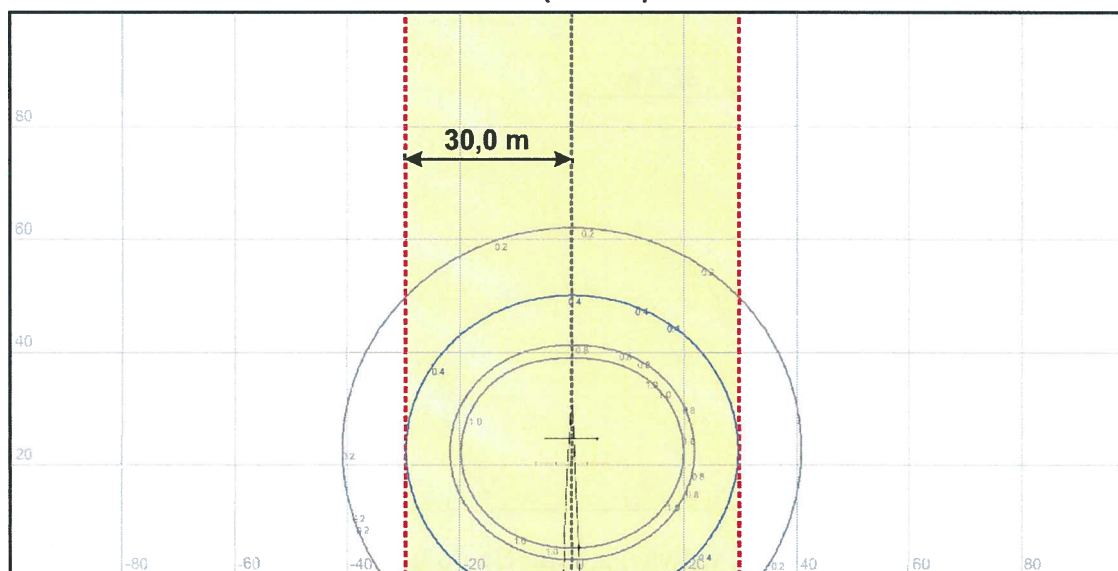
B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinžtutut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

2xSOD (1212NC74) 110 kV



Slika 38: Maksimalna širina vplivnega območja do konture $0,4 \mu\text{T}$ za DV 110 kV, 2xSod (ocena pri letni povprečni vrednosti toka 309,5 A).

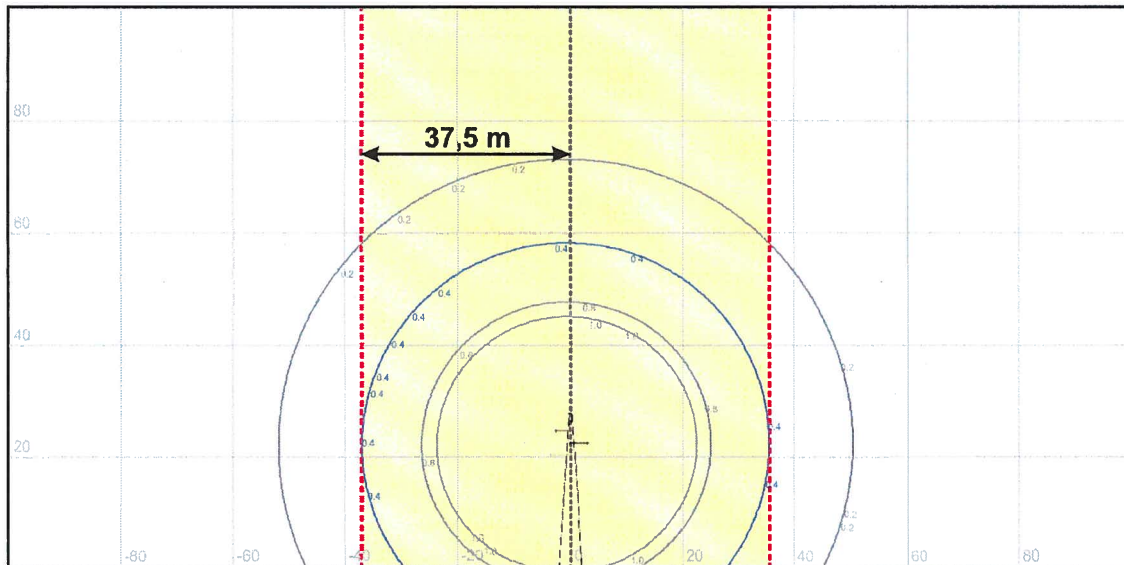
2xDonava (1222T) 110 kV



Slika 39: Maksimalna širina vplivnega območja do konture $0,4 \mu\text{T}$ za DV 110 kV, 2xDonava (ocena pri letni povprečni vrednosti toka 185,0 A).

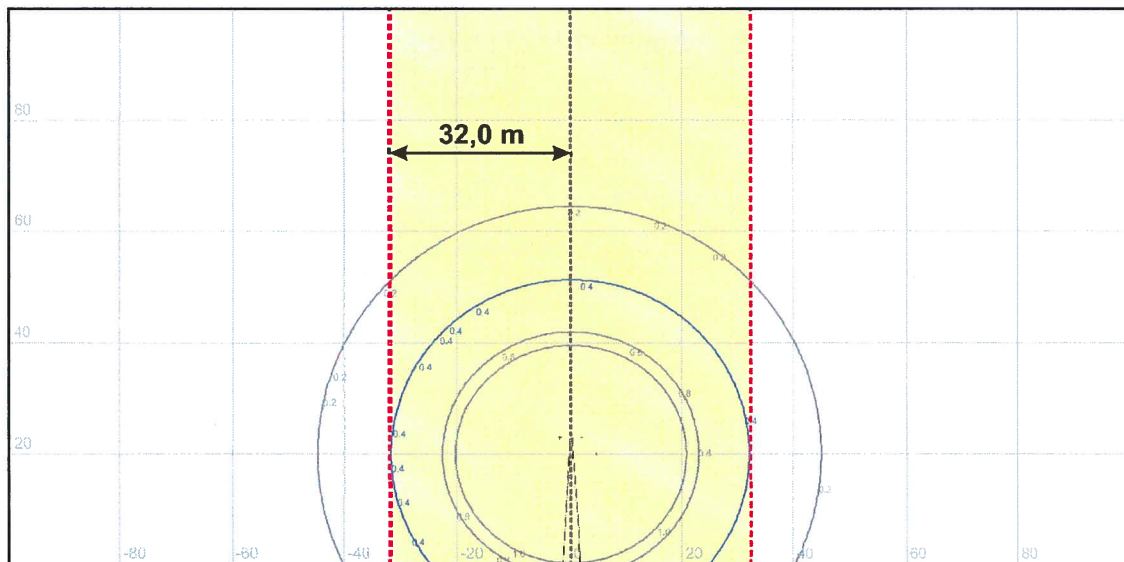
B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

1xJelka (1112NC6) 110 kV



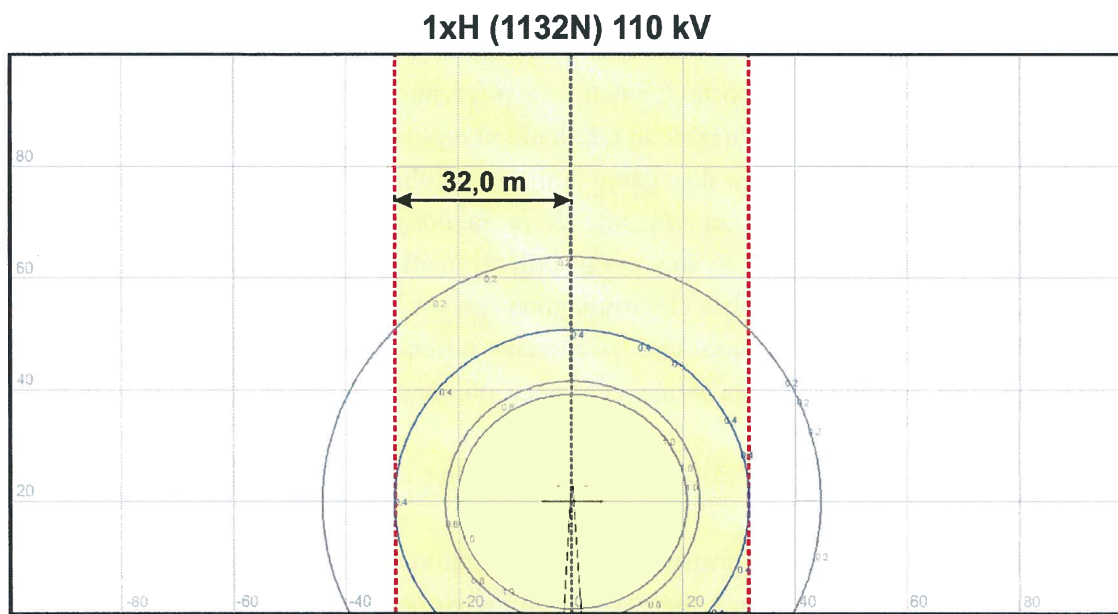
Slika 40: Maksimalna širina vplivnega območja do konture $0,4 \mu\text{T}$ za DV 110 kV, 1xJelka (ocena pri letni povprečni vrednosti toka 364,0 A).

1xY (1122NO) 110 kV



Slika 41: Maksimalna širina vplivnega območja do konture $0,4 \mu\text{T}$ za DV 110 kV, 1xY (ocena pri letni povprečni vrednosti toka 255,8 A).

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



Slika 42: Maksimalna širina vplivnega območja do konture $0,4 \mu\text{T}$ za DV 110 kV, 1xH (ocena pri letni povprečni vrednosti toka 223,8 A).

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

6 MOŽNOSTI ZMANJŠANJA ŠIRINE VPLIVNEGA OBMOČJA

6.1 Splošno

Za zmanjševanje povprečnih izpostavljenosti, ki je povezano z zmanjšanjem širine vplivnega območja, je pomembno poznati možnosti tehničnih ukrepov in rešitev za znižanje B (gostote magnetnega pretoka) oziroma za doseganje čim manjše obremenitve v okolju. Literatura o tehničnih ukrepih in rešitvah za znižanje B je raznorodna; navaja tako idejne – še nerealizirane rešitve kot rešitve, ki so v praksi bolj ali manj že uporabljene in prisotne.

Praktično skoraj vsi ukrepi na virih elektromagnetnega sevanja, ki zmanjšujejo maksimalne obremenitve v okolju, zmanjšajo tudi povprečne obremenitve v okolju in posledično oddaljenosti od osi DV oziroma širine vplivnega območja, in veljajo predvsem za nove daljnovode.

Znižanje vrednosti B je možno dosegati na več načinov; v grobem bi jih opredelili v štiri skupine:

1. z upoštevanjem ustreznih konstrukcijskih in umestitvenih ukrepov v fazi projektiranja vira sevanja, ki so usmerjeni k doseganju čim nižje obremenitve (emisije polj v okolje) - bodisi gledano celovito bodisi le za določeno območje v prostoru;
2. z izvedbo ustreznih dodatnih kompenzacijskih ukrepov za znižanje polja bodisi na viru sevanja bodisi na kraju imisije (npr. z dodanimi kompenzacijskimi vodniki);
3. z uporabo drugih alternativnih tehničnih rešitev z nižjimi obremenitvami okolja (npr. v določenih primerih, ne univerzalno, kablovod namesto daljnovoda);
4. z reguliranjem (zniževanjem) toka (za zniževanje povprečnih obremenitev to pomeni zniževanje povprečnega toka) v vodnikih DV.

Ko govorimo o ukrepih za znižanje jakosti polj, se je treba zavedati, da se učinkovitost ukrepov ne more posplošeno kvantificirati z enim samim pavšalnim številskim podatkom za faktor redukcije, ki bi ga splošno privzeli in bi veljal za celotno krajevno porazdelitev jakosti polj. Faktor redukcije je namreč krajevno zelo odvisen in obenem odvisen od več parametrov, ki natančneje opredeljujejo ukrep. Zato je nekritično citiranje vrednosti faktorjev redukcije iz literature, brez navajanja vseh vplivnih količin, neustrezno. Za posamezne primere je potrebna poglobljena analiza in obrazložitev.

Zaradi konzervativne predpostavke, da stavbe teoretično lahko sežejo do nivoja vodnikov in čez, in dejstva, da je na nivoju vodnikov izpostavljenost največja, je širina vplivnega območja za povprečne obremenitve vedno odčitana na nivoju vodnikov in jo zato jemljemo kot podatek, neodvisen od višine vodnikov nad tlemi. To pomeni, da tako ocenjeno vplivno območje lahko dojemamo v dveh dimenzijah, torej le tlorisno. Ukrep, kot je vertikalno odmikanje vodnikov (pri nadzemnih vodih to pomeni višanje vodnikov na izbrani lokaciji, kar praktično pomeni uporabo višjih stebrov DV), pomeni zniževanje vrednosti magnetnega

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

polja na višini 1 m nad tlemi, kar rešuje večino primerov rabe zemljišč. Če pa ohranimo konzervativni pristop in teoretično možnost gradnje večtanovanskih stolpnic ob daljnovodih pa to pravzaprav ni ukrep, ki bi vplival na tako ocenjeno širino vplivnega območja, čeprav se je pomembno zavedati, da dejansko vpliva na porazdelitev povprečne vrednosti magnetnega polja tudi v tretji dimenziji.

Poleg ukrepov zmanjšanja pri samih virih EMS pa je za zmanjševanje povprečnih izpostavljenosti ključnega pomena tudi preprečevanje gradnje in izvajanja dejavnosti I. območja varstva pred EMS drugih uporabnikov prostora v bližini virov EMS. Pristop odmikanja dejavnosti, ki se uvrščajo v I. območje varstva pred EMS, predstavlja najučinkovitejši način zmanjševanja povprečnih izpostavljenosti pri obstoječih virih EMS. Pravilnik o pogojih in omejitvah gradenj, uporabe objektov ter opravljanja dejavnosti v območju varovalnega pasu elektroenergetskih omrežij določa zahtevo za odmikanje dejavnosti I. območja varstva pred EMS.

6.2 Konstrukcijski in umestitveni ukrepi pri virih sevanja

Učinkovit ukrep je večanje odmika sistema vodnikov, ki temelji na dejstvu, da jakosti polj z oddaljenostjo od voda upadajo. Gre predvsem za horizontalno odmikanje vodnikov – ta ukrep pomeni spremembo umestitve voda v prostor, pomeni namreč premikanje trase. Vertikalno odmikanje vodnikov (pri nadzemnih vodih to pomeni višanje vodnikov na izbrani lokaciji, kar praktično pomeni uporabo višjih stebrov DV) pa pravzaprav ne spreminja razdalje oziroma širine vplivnega območja za povprečne obremenitve, ki je vedno odčitana na nivoju vodnikov in jo zato vzamemo kot podatek, neodvisen glede na višino vodnikov nad tlemi. Ta naša ocena namreč izvira iz konzervativne predpostavke, da stavbe lahko teoretično sežejo do nivoja vodnikov in čez in na nivoju vodnikov je izpostavljenost največja. Taka situacija pa se v praksi pojavlja poredko. Sicer je v stavbah, ki ne sežejo do nivoja vodnikov, povprečna izpostavljenost dejansko manjša, enako tudi v višjih in nižjih nadstropjih od nivoja vodnikov.

Upadanje B z večanjem oddaljenosti od voda je razvidno že iz več analiziranih primerov v prejšnjih poglavjih. Slika 43 podaja ilustrativni primer, ki za 400 kV daljnovod (sod) kaže porazdelitev B na pravokotni premici glede na os daljnovoda na nivoju vodnikov in upadanje te količine na nivoju vodnikov s horizontalnim odmikanjem od vodnikov.

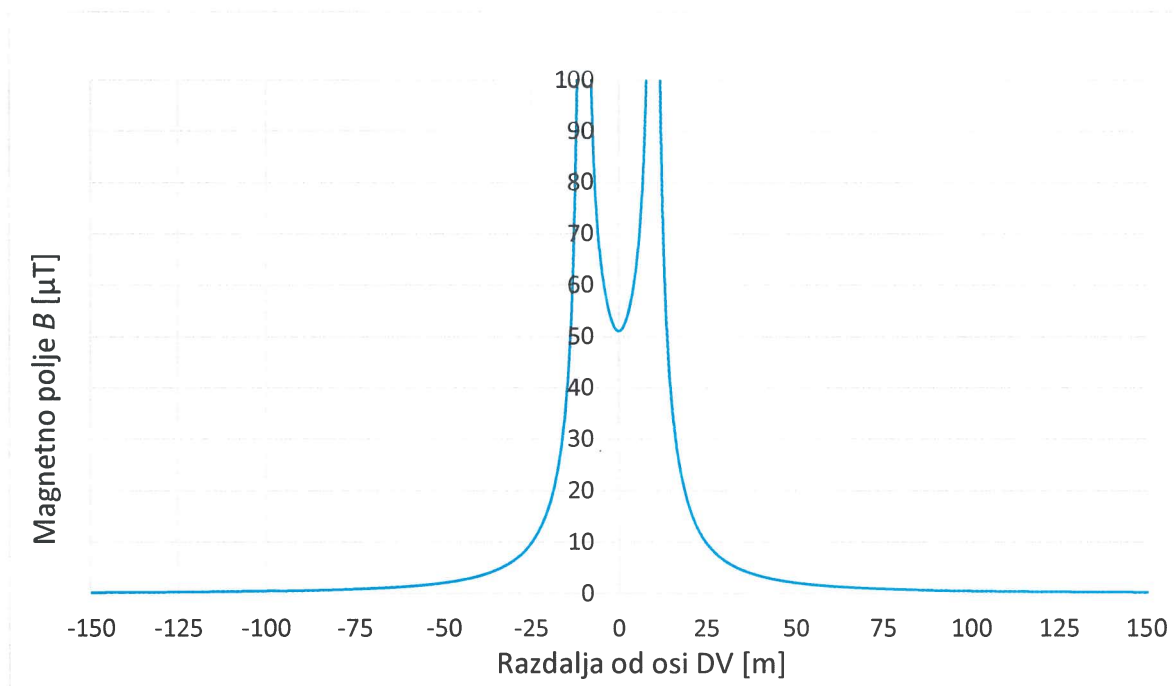
Zmanjšanje B se lahko doseže tudi:

- z manjšanjem razdalj med faznimi vodniki; s tega vidika so torej ugodnejše izvedbe s čim manjšimi razdaljami med vodniki; fizikalno dejstvo je, da bi bilo tako električno kot magnetno polje trifaznega sistema nično v limitnem primeru, ko bi bili ob predpostavki simetrije faznih napetosti in tokov vsi trije vodniki v isti osi (kar je

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

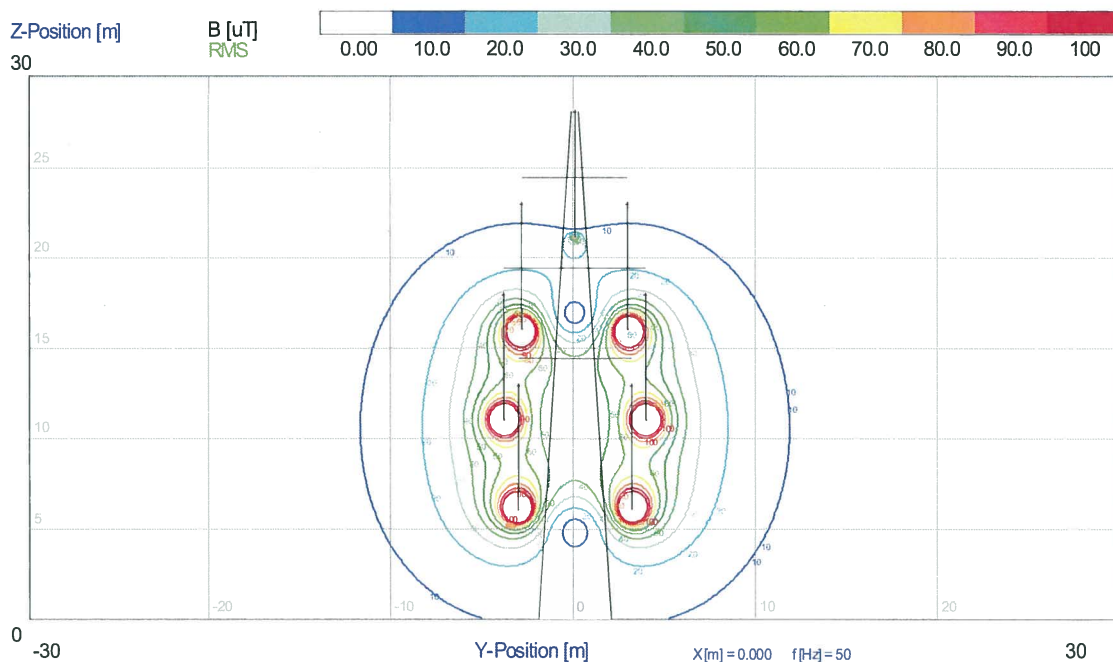
v praksi nemogoče izvesti). S tega gledišča so ugodnejši tisti stebri s klasično izvedbo z golimi vodniki, ki imajo manjše medfazne razdalje, in jasna je tudi prednost kompaktiranih nadzemnih vodov v primerjavi s klasično izvedbo z golimi vodniki. Primer redukcije magnetnega polja z manjšanjem razdalje med vodniki (za konvencionalni in poligonalni steber) prikazuje slika 44.

- Z izbiro take geometrijske razporeditve vodnikov, ki povzroča nižje obremenitve (trikotna razporeditev faznih vodnikov daje nižje obremenitve kot horizontalna razporeditev z enakimi razmiki med vodniki), kar velja tako za polaganje kablov kot za obliko glave daljnovodnega stebra.
- Z upoštevanjem optimalne razporeditve faznih vodnikov pri dvo- ali večsistemskih vodih; praktično je za vsako glavo dvo- ali večsistemskega daljnovodnega stebra možno določiti in izbrati optimalno razporeditev faznih vodnikov (skica optimalne fazne razporeditve, priloga 3, slika 52). Vendar pa je fazno optimizacijo kot ukrep za zmanjšanje B možno uporabiti le pri sistemih, ki paralelno obratujejo.
- Z izvedbo cepljenih faznih vodnikov (ang. split-phase) pri daljnovodih - tok teče namesto po 3 vodnikih po 5 ali po 6 vodnikih; uporaba tega sistema praktično vedno pogojuje razvoj novih prilagojenih stebrov.

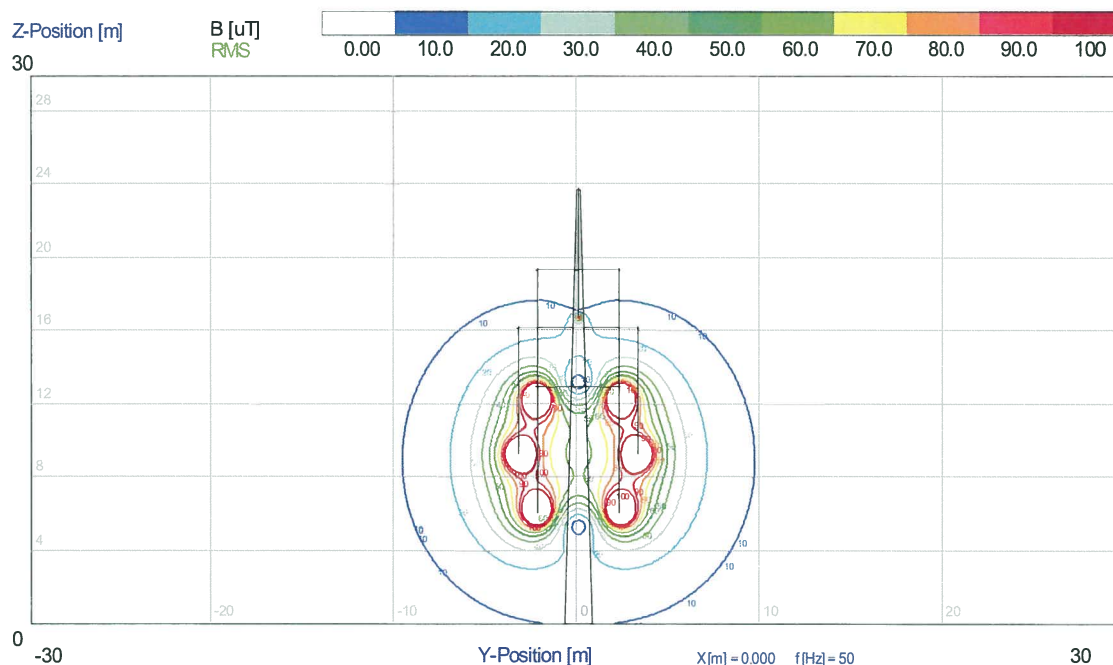


Slika 43: 400 kV sod – Porazdelitev B na pravokotni presečni premici glede na os daljnovoda na višini vodnikov.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



a) NC 74 (klasični)



b) ZC7p1 (poligonalni)

Slika 44: Prikaz redukcije magnetnega polja z manjšanjem razdalje med vodniki pri stebrih NC 74 in ZC7p1, za simetrično fazno konfiguracijo, za sod 2×110 kV.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

6.3 Dodatni kompenzacijski ukrepi

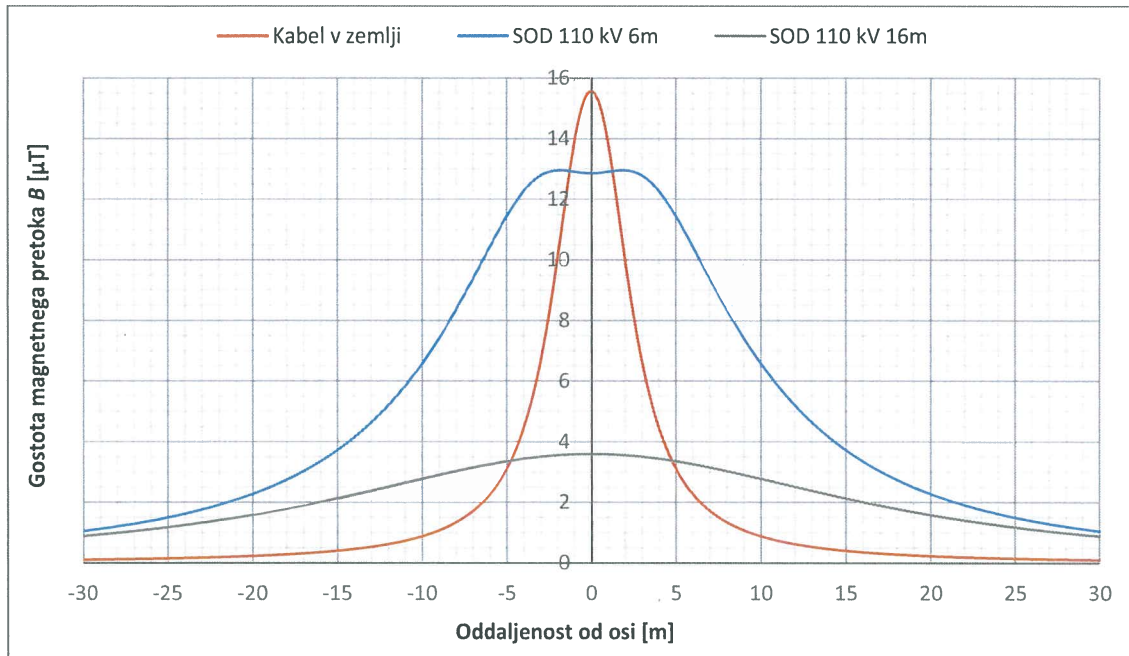
V literaturi je opisana tudi možnost znižanja magnetnega polja s kompenzacijskimi vodniki, ki potekajo vzporedno s faznimi vodniki. Pri tem se loči:

- pasivno zaslanjanje - kompenzacijski vodniki so dodatni zaščitni vodniki, položeni vzporedno s faznimi vodniki; inducirani tok v zaščitnih vodnikih ustvarja magnetno polje, ki zniža rezultantno magnetno polje. Učinkovitost zaslanjanja je zelo odvisna od pozicije in števila kompenzacijskih vodnikov. Možni način za dodatno povečanje učinkovitosti zaslanjanja je dodajanje serijskih kondenzatorjev v tokokroge zaščitnih vodnikov;
- aktivno zaslanjanje - s priključitvijo zunanje napetosti v posamezen tokokrog zaščitnih vodnikov, po zaščitnih vodnikih tako tečejo tokovi, ki se prištevajo k induciranim tokovom.

6.4 Uporaba drugih alternativnih rešitev z nižjimi obremenitvami okolja

Kablovod je lahko uporabljen kot rešitev z manjšim vplivom na okolje, ker pri kablovodu v primerjavi z nadzemnim vodom vrednosti magnetnega polja hitreje upadajo z oddaljenostjo od osi zaradi manjših razdalj med vodniki trifaznih sistemov (slika 45). Kablovod na področju obravnave ne povzroča električnega polja, se pa neposredno nad kablovodom pojavlja povečano magnetno polje.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

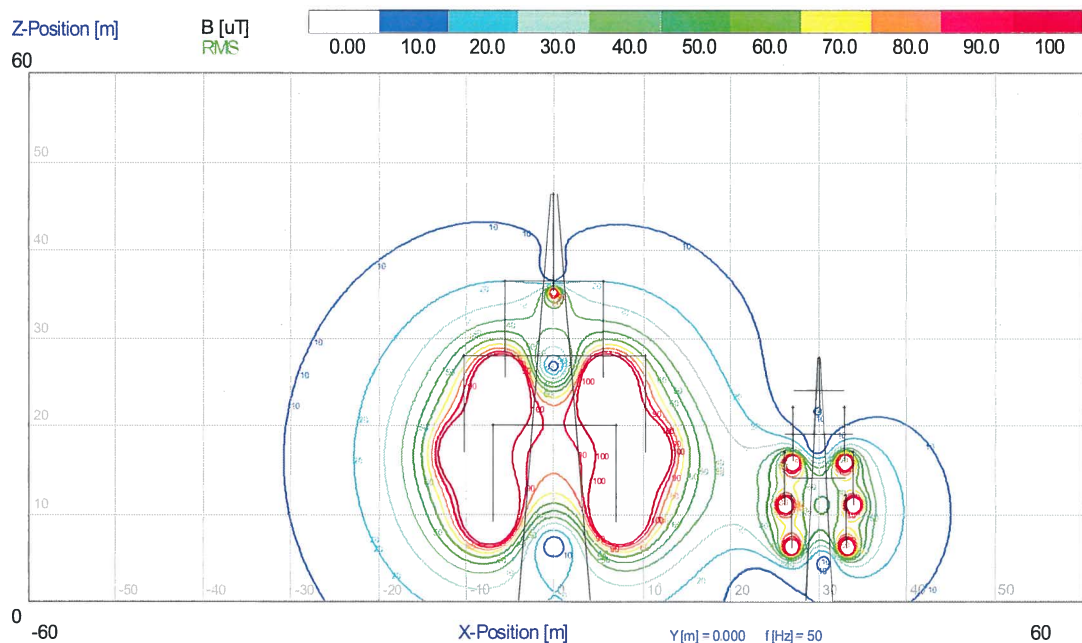


Slika 45: Magnetno polje na višini 1 m nad tlemi v prečnem prerezu na os voda; primerjava za 110 kV kablovod z geometrijo polaganja kablov v isti ravnini z razmikom 25 cm (oranžna) na globini 1,2 m, za nadzemni vod tipa sod pri višini spodnjega vodnika 6 m (modra) in za nadzemni vod tipa sod pri višini spodnjega vodnika 16 m (siva).

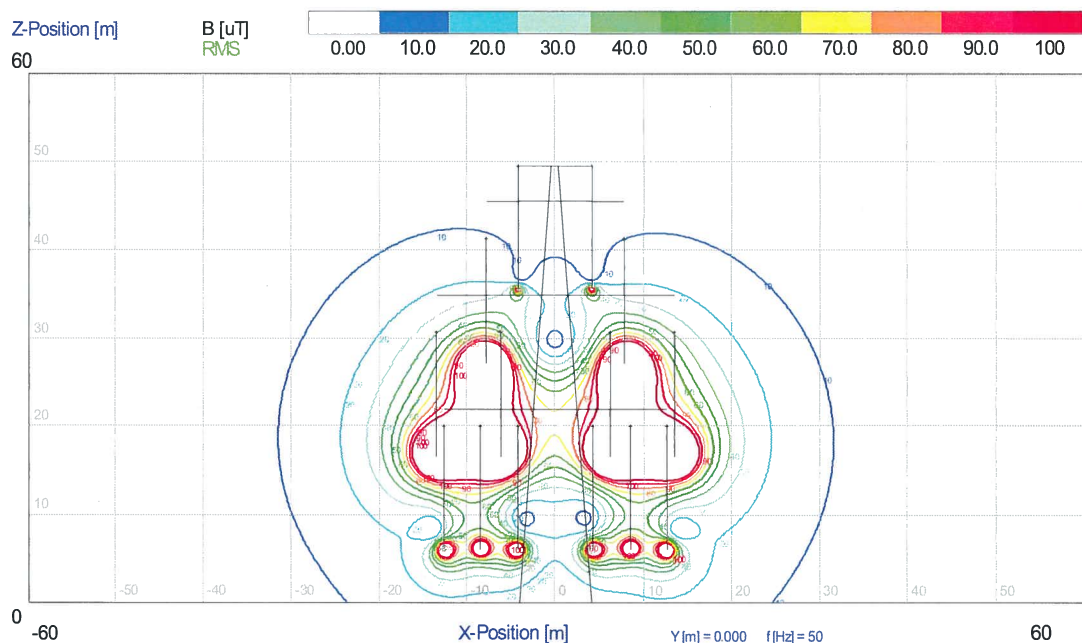
Uporaba kompaktiranih stebrov je tudi možen ukrep za nižje obremenjevanje okolja. Pri kompaktiranem stebru so razdalje med vodniki manjše kot pri klasičnih izvedbah stebrov (slika 44). Posledično so pri kompaktiranem vodu vrednosti magnetnega polja kot tudi oddaljenosti do mejnih vrednosti magnetnega polja v primerjavi s klasičnimi izvedbami daljnovoda manjše.

Uporaba večsistemskih stebrov 400 kV + 110 kV je tudi možen ukrep za nižje skupno obremenjevanje okolja z magnetnim poljem. Pri večsistemskih stebrih je sicer oddaljenost do konture z mejno vrednostjo polja lahko večja kot pri klasičnih stebrih najvišjega napetostnega nivoja na stebru, vendar še vedno manjša, kot bi bila lahko sumarna oddaljenost pri paralelnih potekih ločenih daljnovodov obeh napetostnih nivojev (slika 46).

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



a) Paralelni potek 2 x 400 kV DV in 2 x 110 kV DV



b) večsystemski DV (2 x 400 kV in 2 x 110 kV)

Slika 46: Prikaz zmanjšanja sumarne širine vplivnega območja do mejne vrednosti magnetnega polja z uporabo večsystemskega DV (2 x 400 kV in 2 x 110 kV), v primerjavi z paralelnim potekom obeh 2 x 400 kV DV in 2 x 110 kV DV.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

6.5 Zniževanje toka

Glede na to, da se povprečna vrednost B ocenjuje za letno ali dnevno obratovalno obdobje in glede na to, da je B neposredno odvisen od velikosti toka, se zmanjšanje B za najbolj neugoden primer teoretično lahko doseže tudi z omejevanjem povprečnega toka, ki nastopa v izbranem obratovalnem obdobju na daljnovodu. Pri podani mejni povprečni vrednosti toka, ki jo na vsakem daljnovodu definira najbližje mesto, na katerem naj povprečna vrednost B ne seže čez določeno dogovorjeno mejno vrednost, postane pomembno in potrebno spremljanje povprečne vrednosti toka za preteklo obdobje. V določenih primerih bi ukrep zagotavljanja povprečne vrednosti toka pod določeno dogovorjeno mejno vrednostjo lahko pomenil potrebo po zniževanju oziroma omejevanju trenutnih vrednosti toka oziroma reguliranje le-teh, v skrajni fazi tudi regulirano izklapljanje daljnovoda (v praksi redko izvedljivo oz. ni znan takšen način zmanjševanja povprečnega toka v DV). V primeru, da se obremenitev porabnikov ne spreminja, pa bi omejevanje toka v posameznem vodu pomenilo povečevanje toka v drugih vzporednih vodih za napajanje istih porabnikov.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

7 PRIPOROČILA GLEDE SPREMEMBE UREDBE O EMS

7.1 Stanje regulative v Evropi

Stanje regulative glede EMS v Evropi je predstavljeno v prilogi 1 tega poročila in je povzeto po dokumentu *EMF Exposure Standards Applicable in Europe and Elsewhere, March 2006 Ref: 2006-450-0006, EUROELECTRIC* [15], in njegovi posodobljeni verziji *Power-frequency EMF Exposure Standards applicable in Europe and elsewhere*, 19 August 2016, ki jo je posodobil *NATIONAL GRID, UK* [16] (Vir podatkov: <http://www.emfs.info/wp-content/uploads/2015/07/standards-table-August-2016.pdf>). V slednjem dokumentu je zajetih 54 držav in 3 priporočila priznanih mednarodnih organizacij. V prilogi 1 tega elaborata je zajetih 37 držav, ki se nahajajo na področju Evrope; podatki so za posamezne evropske države. Povzete so mejne vrednosti za polja omrežne frekvence 50 Hz.

Kot je navedeno v *WHO Framework for developing Health-based EMF standards* [10], je na ravni države regulativo glede izpostavljenosti EMS mogoče na splošno opredeliti kot bodisi prostovoljne instrumente (smernice, navodila, nasvete in priporočila) ali obvezne, pravno zavezujoče instrumente (zakone, akte, predpise, odloke, sklepe).

WHO zelo priporoča sprejetje mednarodnih standardov za izpostavljenost EMS. V modelu zakonodaje [11], ki je bil razvit v okviru WHO (International EMF Project), so uporabljeni mednarodni standardi za izpostavljenost EMS (Smernice ICNIRP 1998 [12]) in mednarodni standardi, ki omejujejo emisije elektromagnetnih polj iz naprav (IEC in IEEE emisijski standardi za naprave). Model zakonodaje je bil razvit za pomoč državam, ki nimajo ustrezne zakonodaje za zaščito svojega prebivalstva.

WHO spodbuja usklajevanje standardov EMS po vsem svetu. Usklajevanje je ključnega pomena iz etičnih, ekonomskih in praktičnih razlogov; poleg tega sprejetje skupnega okvira ukrepov varstva zmanjšuje strahove in polemike v javnosti in povečuje zaupanje v znanost in zdravstvene inštitucije.

Tudi zaradi teh prizadevanj več kot 30 držav po vsem svetu upošteva smernice ICNIRP na nacionalnem nivoju - bodisi na celotnem frekvenčnem območju EMS spektra ali le na njegovem delu. Še posebej pomembna v tem kontekstu je Evropska unija, ki je sprejela Priporočilo Sveta Evrope (1999/519 / ES) [13] in Direktivo (2013/35/EU) [14] za zaščito splošne populacije in poklicno izpostavljenih.

Na nivoju Evropske unije omenimo še resolucijo o elektromagnetnih sevanjih, ki jo je leta 2011 sprejela Parlamentarna skupščina Sveta Evrope [17]. V tem dokumentu le-ta državam članicam med drugim priporoča, naj se sprejme vse razumne ukrepe za zmanjšanje izpostavljenosti elektromagnetnim sevanjem, zlasti radijskih frekvenc iz mobilnih telefonov in zlasti izpostavljenosti otrok in mladih; in da se ponovno preuči znanstvene podlage za sedanje standarde izpostavljenosti elektromagnetnim poljem, ki jih je določila Mednarodna

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

komisija za varstvo ne-ionizirnimi sevanji (ICNIRP), ki imajo resne omejitve in se uporabi načelo "tako nizko, kot je razumno dosegljivo" (ALARA), za tako termične učinke in atermične ali biološke učinke elektromagnetnih emisij ali sevanj. Glede načrtovanja elektroenergetskih vodov priporoča uvesti take ukrepe za prostorsko planiranje, da se obdrži visokonapetostne daljnovidne in druge električne naprave na varni oddaljenosti od bivališč. Priporoča tudi spodbujanje pluralistične razprave med vsemi zainteresiranimi stranmi, vključno s civilno družbo (Aarhuška konvencija).

Glede na podatke, zbrane v prilogi 1, je razvidno, da je stanje regulative EMS v evropskih državah zelo raznoliko. Pravno nezavezujoči ali obvezni, pravno zavezujoči dokumenti v posameznih državah se med seboj razlikujejo glede različnih postavk pri omejitvi izpostavljenosti elektromagnetnemu sevanju, so pa večinoma enotni glede kategoriziranja izpostavljenega prebivalstva tako, da se skoraj povsod v splošnem ločuje *splošno izpostavljena populacija* in *poklicno izpostavljena populacija*. Večina sledi smernicam ICNIRP ali Priporočilom Sveta EU (osnovnih omejitev, pogojev izpostavljanja in mejnih vrednosti)⁵. V nekaterih državah so v duhu previdnostnega pristopa še zaostrene mejne vrednosti izpostavljenosti elektromagnetnemu sevanju, bodisi s predpisi, kot to velja za Slovenijo, oziroma v nekaterih državah nižje vrednosti od določenih z ICNIRP uporabljajo le kot priporočila. V nekaterih državah ne uporabljajo nobenih standardov, smernic ali priporočil v zvezi z elektromagnetnim sevanjem nasploh oziroma elektromagnetnim sevanjem omrežnih frekvenc.

7.2 Priporočila

Glede na v prilogi 1 in v poglavju 7.1 predstavljeno stanje regulative v Evropi je ugotovljeno naslednje:

- Medtem ko se preventivno naravnani ukrepi za magnetno polje v nekaterih državah prelivajo tudi v zakonodajo, priporočila ali tudi v prakso, ki se je držijo elektrogospodarska podjetja kot lastniki virov sevanja, pa jih v nekaterih drugih državah ni zaslediti. Praksa v različnih evropskih državah glede uporabe

⁵ Omeniti je treba, da je poleg omejitev vrednosti električne poljske jakosti in gostote magnetnega pretoka (referenčnih mejnih vrednosti) v večini primerov podana tudi osnovna omejitev (tokovna gostota v telesu oziroma električna poljska jakost v telesu). Tudi Smernice ICNIRP 2010 in Priporočilo Sveta Evrope 1999 poleg referenčnih mejnih vrednosti podajajo tudi osnovno omejitev. V primeru, da so referenčne mejne vrednosti presežene, se preverja preseganje osnovne omejitve. Obremenitev je čezmerna šele v primeru, ko je tudi osnovna omejitev presežena.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

previdnostnega pristopa je raznorodna in ostaja predmet politike in odločitve posamezne države.

- Slovenija ima kot redka izjema zelo restriktivno predpisano preventivno mejno vrednost za električno polje za nove vire sevanja: 0,5 kV/m. Postavlja se vprašanje smiselnosti meje 0,5 kV/m, glede na to, da je IARC klasifikacija 2B »mogoče kancerogeno« vezana le na nizkofrekvenčno magnetno polje.
- V skladu s Priporočilom Sveta Evrope 1999 in Smernicami ICNIRP 2010 bi bila pri vseh virih sevanja smiselna uporaba referenčne mejne vrednosti ICNIRP za E 5 kV/m, v povezavi z ICNIRP bazično (osnovno) omejitvijo za tokovno gostoto oziroma električno poljsko jakost v telesu. Za primere, ko bi bilo ugotovljeno preseganje predpisane referenčne mejne vrednosti, bi šele na podlagi izvedenega preverjanja preseganja bazične omejitve zaključili glede čezmernosti obremenitve.

Iz stališč Svetovne zdravstvene organizacije (WHO) v zvezi z zdravstvenimi učinki EMS, ki so objavljena na njihovih spletnih straneh, je razvidno, da ta previdnostnega pristopa v smislu ukrepov sprejetja samovoljnih nizkih predpisanih mejnih vrednosti⁶ ne priporoča. V nadaljevanju je podan citat s spletne strani WHO (vir: <http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322/en/>) [19]⁷:

»Glede dolgoročnih učinkov, z ozirom na šibkost dokazov za povezavo med izpostavljenostjo nizkofrekvenčnim magnetnim poljem in otroško levkemijo, so koristi zmanjšanja izpostavljenosti za zdravje nejasne. Glede na to situacijo so podana naslednja priporočila:

- Vlada in industrija morata spremljati znanost in spodbujati raziskovalne programe za nadaljnje zmanjšanje negotovosti znanstvenih dokazov o učinkih na zdravje zaradi izpostavljenosti EMS. Skozi proces ocenjevanja tveganja EMS so bile ugotovljene vrzeli v znanju in te tvorijo osnovo za nove raziskovalne agende.

⁶ Temeljni mednarodni zaščitni standard s podanimi mejnimi vrednostmi predstavljajo smernice ICNIRP.

⁷ Orig. (ang.): »Regarding long-term effects, given the weakness of the evidence for a link between exposure to ELF magnetic fields and childhood leukaemia, the benefits of exposure reduction on health are unclear. In view of this situation, the following recommendations are given:

- Government and industry should monitor science and promote research programmes to further reduce the uncertainty of the scientific evidence on the health effects of ELF field exposure. Through the ELF risk assessment process, gaps in knowledge have been identified and these form the basis of a new research agenda.
- Member States are encouraged to establish effective and open communication programmes with all stakeholders to enable informed decision-making. These may include improving coordination and consultation among industry, local government, and citizens in the planning process for ELF EMF-emitting facilities.
- When constructing new facilities and designing new equipment, including appliances, low-cost ways of reducing exposures may be explored. Appropriate exposure reduction measures will vary from one country to another. However, policies based on the adoption of arbitrary low exposure limits are not warranted.«

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

- Države članice se spodbuja, da vzpostavijo učinkovite in odprte komunikacijske programe z vsemi zainteresiranimi stranmi, da se omogoči informirano odločanje. Ti lahko vključujejo izboljšanje usklajevanja in posvetovanja med industrijo, lokalno oblastjo in državljani v procesu načrtovanja objektov kot virov EMS.
- Pri gradnji novih objektov in oblikovanju nove opreme, vključno z napravami, se lahko raziščejo nizkocenovni načini zmanjševanja izpostavljenosti. Ustrezni ukrepi za zmanjšanje izpostavljenosti se bodo razlikovali od ene države do druge. Vendar pa politike, ki temeljijo na sprejetju samovoljnih nizkih mejnih vrednosti, niso upravičene.«

Tudi Evropska komisija se glede na ugotovitve znanstvene srenje ni odločila, da bi načelo previdnosti neposredno vključila v priporočila o omejevanju izpostavljenosti elektromagnetnim sevanjem z uvedbo strožjih mejnih vrednosti. Presodila je, da tak ukrep ne bi bil primeren, saj ne obstajajo dovolj trdni dokazi o mogočih negativnih učinkih magnetnih polj na zdravje ljudi [18].

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

8 ZAKLJUČEK

Slovenska zakonska regulativa glede elektromagnetnega sevanja v naravnem in življenjskem okolju postavlja omejitve za maksimalne obremenitve okolja virov z elektromagnetnim sevanjem. Dosedanje analize oziroma študije, ki so ugotovljale skladnost virov sevanja z določili omenjene regulative, povprečnih izpostavljenosti v daljšem časovnem obdobju niso analizirale. Medtem ko so električna polja v okolici elektroenergetskih objektov praktično časovno konstantna, saj se napetostne razmere praktično ne spreminjajo s časom, pa so magnetna polja časovno lahko zelo spremenljiva, saj se električni tokovi v napravah lahko precej spreminjajo s časom. Največja ocenjena vrednost magnetnega polja na določenem kraju zato ne daje slike za trenutno izpostavljenost ali časovno povprečno izpostavljenost, temveč le za največjo možno izpostavljenost na tem kraju.

Dolgotrajno povprečno izpostavljenost magnetnemu polju, v odvisnosti od oddaljenosti od osi daljnovoda, je možno računsko konzervativno oceniti na podlagi poznavanja dolgotrajne povprečne vrednosti toka v daljnovodu ter na podlagi znane prostorske geometrije vodnikov na trasi daljnovoda. V pričujočem elaboratu so za obstoječe daljnovode, ki so sestavni del slovenskega prenosnega elektroenergetskega omrežja, izračunane vrednosti dolgotrajne povprečne vrednosti toka, ki je ključen vplivni parameter, in sicer na podlagi tokovnih obremenitev v petletnem preteklem obdobju (2011 – 2015). Za vse obravnavane daljnovode je upoštevana ena ali več tipskih geometrij glave stebra.

Pričujoči elaborat kot končni rezultat podaja ocene oddaljenosti⁸ za obstoječe daljnovode, znotraj katerih je dolgotrajna povprečna izpostavljenost magnetnemu polju lahko več kot 0,4 μ T in obenem podaja orodje za oceno teh oddaljenosti tudi za ostale vrednosti povprečne izpostavljenosti. Na množici analiziranih obstoječih daljnovodov je ugotovljeno, da te oddaljenosti lahko segajo znatno izven predpisanih varovalnih pasov DV, ki so opredeljeni za 400 kV in 220 kV daljnovode kot pas do oddaljenosti 40 m od osi, za 110 kV daljnovode pa kot pas do oddaljenosti 15 m od osi. Pri obstoječih 400 kV daljnovodih je bila največja ocenjena oddaljenost 98,0 m od osi in najmanjša 51,5 m, pri obstoječih 220 kV daljnovodih največja 58,0 m od osi in najmanjša 35,0 m in pri obravnavanih obstoječih 110 kV daljnovodih največja 52,0 m od osi in najmanjša 19,0 m.

Ob tem se je potrebno zavedati, da bi bila uvedba 0,4 μ T letne povprečne vrednosti kot predpisane in s tem obvezne mejne vrednosti v nasprotju s stališčem WHO, ki pravi, da

⁸ Ocene oddaljenosti v tem elaboratu so konzervativne pri enosistemskih, še zlasti pa pri dvosistemskih daljnovodih, kjer je ocena s predpostavko fazno simetrične (neoptimalne) razporeditve faznih vodnikov dodatno konzervativna in je odstopanje te ocene od realne vrednosti lahko znatno, zlasti pri daljnovodih, kjer je izvedena fazna optimizacija in je hkrati na njih zagotovljeno idealno fazno paralelno obratovanje.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

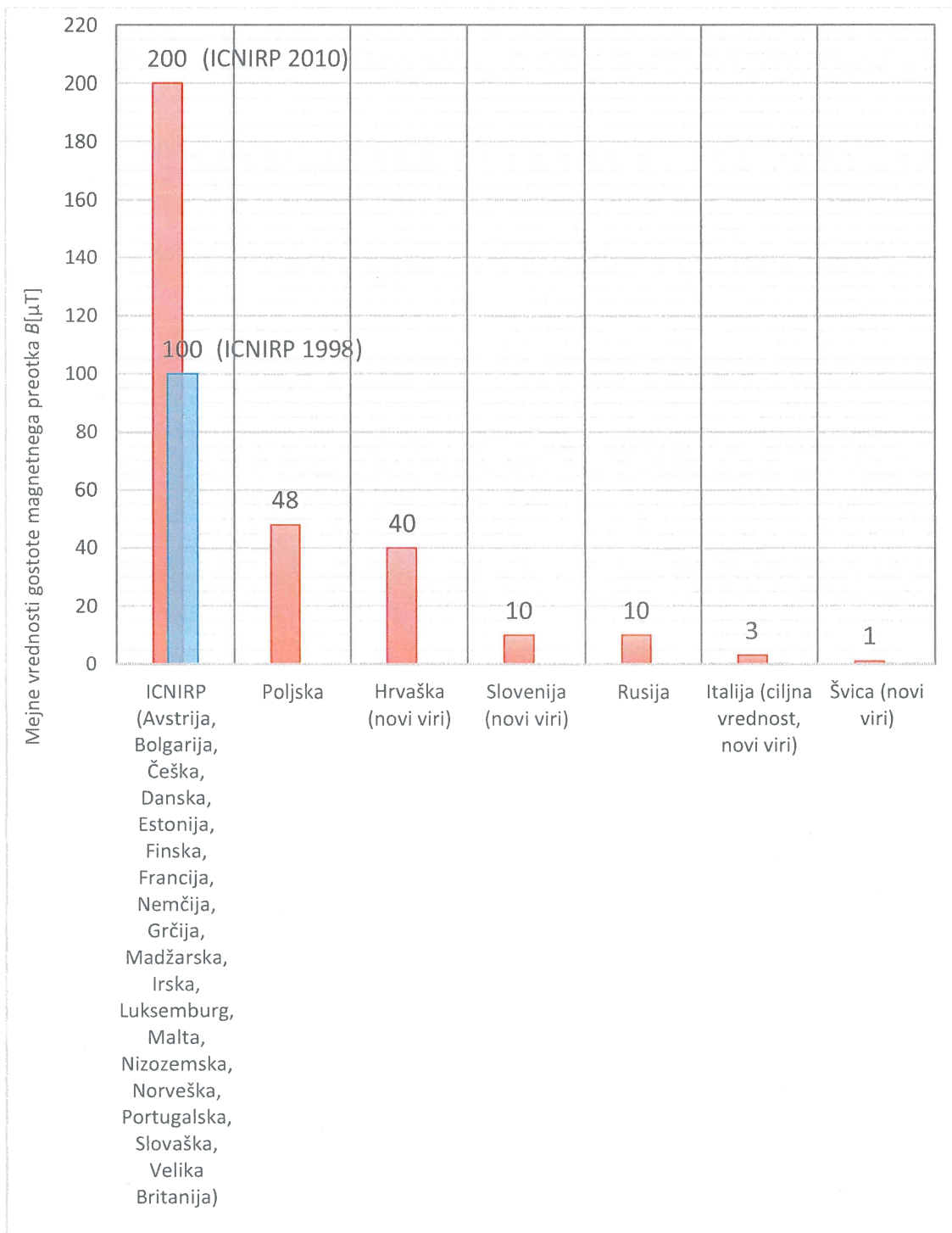
politike, ki temeljijo na sprejetju samovoljnih nizkih mejnih vrednosti, niso upravičene, ter da se pri gradnji novih objektov in oblikovanju nove opreme, vključno z napravami, lahko raziščejo nizkocenovni načini zmanjševanja izpostavljenosti.

V nekaterih evropskih državah (Nizozemska, Norveška, Danska) se vrednost $0,4 \mu\text{T}$ kot letna povprečna vrednost za nove vode svetuje oziroma naj bi se upoštevala kot raven oziroma meja preiskave, ki se jo izpolnjuje le v primeru, če je to razumno mogoče, ne za vsako ceno, s tem, da se prouči, ali se lahko izvede ukrepe za zmanjšanje polja v okviru razumnih stroškov.

Glede na rezultate študije in poselitvene razmere v Sloveniji je možno zaključiti, da območja pri daljnovodih, kjer je dolgotrajna povprečna izpostavljenost lahko nad $0,4 \mu\text{T}$, obsegajo precejšnje število objektov občutljive rabe, tako znotraj kot tudi zunaj predpisanih varovalnih pasov. Na podlagi tega bi bil ob upoštevanju vrednosti $0,4 \mu\text{T}$ kot obvezne letne mejne vrednosti povprečne izpostavljenosti za obstoječe daljnovode s temi širšimi območji znatno bolj omejen prostor za širjenje obstoječih naselij in planiranje izgradnje novih objektov občutljive rabe na lokalnem nivoju (planiranje v občinah). Za nove daljnovode bi bilo na podlagi rezultatov analize pričakovati, da bi upoštevanje vrednosti $0,4 \mu\text{T}$ kot obvezne mejne vrednosti povprečne izpostavljenosti lahko definiralo znatno širša vplivna območja oziroma bi lahko vplivalo na spremembo veljavnih varovalnih pasov elektroenergetskega omrežja. Vendar pa je pri novih dvosistemskih daljnovodih, ki so sedaj v uporabi v Sloveniji, možno z upoštevanjem fazne optimizacije, ki se jo upošteva pri projektiranju in umestitvi v prostor, če je le tehnično mogoča oziroma izvedljiva, zmanjšati povprečne izpostavljenosti glede na konzervativno ocenjene in s tem občutno zmanjšati tudi oddaljenosti do konture $0,4 \mu\text{T}$. Pri tem nismo preverjali učinkov dodatnega kompaktiranja, kot ga bi bilo mogoče izvesti podobno kot na primer na Nizozemskem (uporaba konstrukcije Wintack).

Na podlagi podatkov iz Priloge 1 prikazuje slika 47 razmerja med mejnimi vrednostmi, ki jih podajajo smernice ICNIRP in nekaterih drugih držav, ki imajo predpisane oziroma uradno upoštewane nacionalne kvantitativne meje. Slika 47 kaže upoštevanje previdnostnega pristopa v slovenskih predpisih o EMS in razmerja do predpisanih vrednosti v drugih državah.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



Slika 47: Prikaz razmerja med mejnimi vrednostmi, ki jih podajajo smernice ICNIRP in nekaterih drugih držav, ki imajo predpisane oziroma uradno upoštrevane nacionalne kvantitativne meje.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

9 LITERATURA

1. CIGRE TF C4.205, Characterisation of ELF magnetic fields, CIGRE Brochure 320, April 2007.
2. CIGRE WG 36. 01: Electric and magnetic fields produced by transmission lines. Description of phenomena and practical guide for calculation. CIGRE, Technical Brochure 21, Paris 1980.
3. IARC International Agency for Research on Cancer, IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Non-ionizing radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields, vol. 80. Lyon, France: IARC Press, 2002.
4. IARC evaluation of ELF magnetic fields: Public understanding of the 0,4 μT exposure metric, Journal of Exposure Science and Experimental Epidemiology (2008) 18, 233-235.
5. Low-frequency magnetic fields and cancer, Assessment of scientific studies in the low dose range, Federal Office of the Environment FOEN, Bern, 2009.
6. Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (Ur.l.RS 70/96).
7. Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu za vire elektromagnetnega sevanja ter o pogojih za njegovo izvajanje (Ur.l. RS 70/96).
8. ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz), Health Physics, vol.99, no. 6, december 2010.
9. SCENIHR, Opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF), 2015
http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_o_041.pdf.
10. Framework for developing Health-based EMF standards, WHO.
<http://www.who.int/peh-emf/standards/framework/en/>.
11. Model legislation for electromagnetic fields protection, WHO.
http://www.who.int/peh-emf/standards/emf_model/en/.
12. ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz), Health Physics 74(4): 494-522,1998.
13. EC: Council of the European Union. Council recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) 1999/519/EC. (Official Journal of the European Communities, 1999, L 199/59).
14. Direktiva (2013/35/EU) Evropskega parlamenta in Sveta z dne 26. junija 2013 o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah v zvezi z izpostavljenostjo delavcev tveganjem, ki nastajajo zaradi fizikalnih dejavnikov (elektromagnetnih sevanj) (20. posebna direktiva v smislu člena 16(1) Direktive 89/391/EGS in razveljavitvi Direktive 2004/40/ES.
15. EMF Exposure Standards Applicable in Europe and Elsewhere, March 2006 Ref: 2006-450-0006, EUROELECTRIC.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

16. Power-frequency EMF Exposure Standards applicable in Europe and elsewhere, 19 August 2016, NATIONAL GRID, UK (Vir podatkov: <http://www.emfs.info/wp-content/uploads/2015/07/standards-table-August-2016.pdf>).
17. Resolution 1815 (2011) The potential dangers of electromagnetic fields and their effect on the environment, Parliamentary Assembly of Council of Europe.
18. Naprave za distribucijo električne energije, Električna in magnetna polja, FORUM EMS 2014 (http://www.forum-ems.si/gradiva/publikacije/brosure/2014_12_Naprave_za_distribucijo_EE.pdf).
19. WHO, Backgrounder: Exposure to extremely low frequency fields, Junij 2007, <http://www.who.int/peh-cmf/publications/facts/fs322/en/>.
20. Massnahmen zur Feldstaerkreduzierung, Isar-Amperwerke.
21. H. Olsson, P. Petersson, A. Eriksson, Reduction of transmission line magnetic fields - possibilities and constraints, CIGRE Paris 36-101, september 1990.
22. Champs électrique et magnétique a 50 Hz, EDF/CERT Directives Lignes Aeriennes, april 1994.
23. D. Tsanakas, D. Tsalemis, Optimum arrangements of the phase conductors of overhead transmission lines for the magnetic field minimization, CIGRE Paris, 36-101, avgust 1994.
24. B. Shperling, L. Menemenlis-Hopkins, B. Fardanesh, Reduction of magnetic fields from transmission lines using passive loops, CIGRE Paris: 36-103, 1996.
25. G. Henning, A. Eriksson, U. Jonsson, Compacted overhead lines with low magnetic fields, CIGRE Paris: 22-204, 1996.
26. K. G. Fricke, R. Paschen, R. D. Steckel, AC Overhead and Underground HV-Lines - Comparison and New Aspects, CIGRE Paris, 21/22-07, 1996.
27. B. S. Cramer, Which transmission line emits the lowest EMF?, Transmission and distribution world, november 1996.
28. J. H. Cooper, Magnetic field management for underground transmission lines, IEEE
29. I. Tekin, E. H. Newman, Moment method analysis of the magnetic shielding factor of a conducting TM shield at ELF, IEEE transactions on electromagnetic compatibility, Vol. 38, No. 4, November 1996.
30. W. M. Frix, G. G. Karady, A circuital approach to estimate the magnetic field reduction of nonferrous metal shields, IEEE transactions on electromagnetic compatibility, februar 1997.
31. Das durch Gegenstände beeinflusste elektrische Feld von Hochspannungsfreileitungen, Bericht beim BADENWERK AG, Abteilung EE, 1985
32. F. Mola Sainz, J. M. Soroa Echeandia, Low frequency magnetic field problems in transformation centres, CIRED 2. 19, 1992.
33. T. Juha, V. Pauli, V. Esa, Reduction of 50 Hz magnetic fields caused by indoor substations, CIRED 2. 20, 1995.
34. Comparison of overhead lines and underground cables for electricity transmission, CIGRE, Joint Working Group 21/22-01.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

35. B. Cestnik, M. Istenič, T. Marinček, T. Živic, P. Hrobat, Možnosti za znižanje jakosti elektromagnetnega sevanja v okolju elektroenergetskih vodov in naprav, Kotnikovi dnevi, Radenci, 2002.
36. B. Cestnik, P. Hrobat, Tehnični ukrepi za znižanje vrednosti električnega oziroma magnetnega polja omrežne frekvence, ERK, Portorož, 2000.
37. CIGRE WG C4.204, Mitigation techniques of power-frequency magnetic fields originated from electric power systems, CIGRE Brochure 373, 2009.
38. Elektromagnetna sevanja električnih naprav in postrojev v naravno in življenjsko okolje, Ref. št. 1349, Elektroinštitut Milan Vidmar, 1998.
39. Možnosti za znižanje EMS v okolju naprav in objektov distribucijskega omrežja, Ref. št. 1349, Elektroinštitut Milan Vidmar, 2004.
40. Raziskave možnih ukrepov za manjšanje jakosti električnih in magnetnih polj v okolici SN in NN elementov v transformatorski postaji SN/NN, Ref. št. 1409. Elektroinštitut Milan Vidmar, 1998.
41. Racionalizacija obratovalnega monitoringa elektromagnetnega sevanja visokonapetostnih daljnovodov, Ref. št. 1544. Elektroinštitut Milan Vidmar, 2002.
42. Raziskave možnih ukrepov za zmanjšanje jakosti električnih in magnetnih polj v okolici SN daljnovodov in kablovodov, Ref. št. 1479. Elektroinštitut Milan Vidmar, 2002.
43. Posnetek stanja obremenjenosti okolja z VN viri nizkofrekvenčnih elektromagnetnih sevanj, Ref. št. 1588. Elektroinštitut Milan Vidmar, 2004.
44. Oblikovanje in prostorsko umeščanje daljnovodov v slovenski prostor : vplivi EMS daljnovodov na okolje, Ref. št. 1647. Ljubljana: Elektroinštitut Milan Vidmar, 2004.
45. Raziskave in analize EMS aktualnih primerov in novih tehnologij v distribuciji, Ref. št. 1719. Ljubljana: Elektroinštitut Milan Vidmar, 2005.
46. Raziskave obremenjevanja delovnega okolja z nizkofrekvenčnim elektromagnetnim poljem v distribucijskih elektroenergetskih postrojih, Referat 1675. Ljubljana: Elektroinštitut Milan Vidmar, 2007.
47. Vpliv konstrukcijskih parametrov stebrov na elektromagnetne koridorje prenosnih daljnovodov (E, B, hrup), Ref. št. 1961. Ljubljana: Elektroinštitut Milan Vidmar, 2008.
48. Tehnične, ekonomske, prostorske in okoljske možnosti uporabe 110 in 400 kV kablovodov, Referat št. 2003. Ljubljana: Elektroinštitut Milan Vidmar, 2009.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

10 PRILOGE

Priloga 1 - Stanje zakonodaje v Evropi

Priloga 2 – Program dela naloge

Priloga 3 – Skice stebrov

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

PRILOGA 1

Stanje zakonodaje v Evropi

Stanje zakonodaje v Evropi je povzeto po dokumentu EMF Exposure Standards Applicable in Europe and Elsewhere, March 2006 Ref: 2006-450-0006, EUROELECTRIC, in njegovi posodobljeni verziji Power-frequency EMF Exposure Standards applicable in Europe and elsewhere, 19 August 2016, ki jo je posodobil NATIONAL GRID, UK (Vir podatkov: <http://www.emfs.info/wp-content/uploads/2015/07/standards-table-August-2016.pdf>).

Povzete so omejitve za polja omrežne frekvence 50 Hz. V nadaljevanju je za evropske države podan neuradni prevod podatkov (predpisov, organov, ki so jih sprejeli, in komentarjev) iz slednjega dokumenta, originalni tekst je dostopen na zgornjem spletnem naslovu.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

ICNIRP

Zadnja posodobitev: 02.12.2010

Sestavljeno iz izvornega dokumenta

Organizacija: Mednarodna komisija za zaščito pred neionizirajočimi sevanji.						
Dokument: "Smernice za omejevanje izpostavljenosti časovno spremenljivim električnim, magnetnim in elektromagnetnim poljem (do 300 GHz)." Health Physics vol 74 pp 494-522 1998. Spremenjeno v "Odgovoru na vprašanja in komentarje o ICNIRP." Health Physics vol 75 pp438-439 1998.						
Frekvenca: > 1 Hz – 300 GHz.						
Status: Priznan s strani UN, vendar ni pravno zavezujoč.						
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar	
Poklicno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	J	Osrednji živčni sistem (vključuje hrbtenjačo)	10 mA ^m -2	Povprečje v prečnem preseku 1 cm ²	
		E		10 kVm ⁻¹		
	Referenčna raven	B			500 μT	
		Kontaktni tok			1 mA	
Splošno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	J	Osrednji živčni sistem (vključuje hrbtenjačo)	2 mA ^m -2	Povprečje v prečnem preseku 1 cm ²	
		E			5 kVm ⁻¹	
	Referenčna raven	B			100 μT	
		Kontaktni tok			0,5 mA	

Organizacija: Mednarodna komisija za zaščito pred neionizirajočimi sevanji.						
Dokument: "Izjava ICNIRP – smernice za omejitev izpostavljenosti izmeničnim električnim in magnetnim poljem (1 Hz do 100 kHz)." Health Physics vol 99 pp 818-836 2010.						
Frekvenca: 1 Hz – 300 GHz.						
Status: Priznan s strani UN, vendar ni pravno zavezujoč.						
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar	
Poklicno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	Električno polje »na mestu« (in-situ)	Osrednji živčni sistem (vključuje hrbtenjačo)	100 mV/m		
			Periferni živčni sistem	800 mV/m		
	Referenčna raven	E			10 kVm ⁻¹	
		B			1 mT	
Kontaktni tok				1 mA		
Splošno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	Električno polje »na mestu« (in-situ)	Osrednji živčni sistem (vključuje hrbtenjačo)	20 mV/m		
			Periferni živčni sistem	400 mV/m		
	Referenčna raven	E			5 kVm ⁻¹	
		B			200 μT	
Kontaktni tok				0,5 mA		

Opomba: Prvo-navedeni je starejši dokument (1998), drugo-navedeni pa novi dokument (2010).

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

EVROPA (splošna populacija)

Zadnja posodobitev: 1999

Sestavljeno iz izvornega dokumenta

Organizacija: Svet Evropske unije					
Dokument: Priporočilo sveta z dne 12. junija 1999 o omejevanju izpostavljenosti splošne populacije elektromagnetnim poljem (0 Hz do 300 GHz) (1999/519/ES).					
Frekvenca: > 1 Hz – 300 GHz.					
Status: Priporočilo o izvajanju ukrepov, z upoštevanimi tveganji in koristmi, ki je namenjeno vladam držav članic pri odločanju o tem, ali je treba ukrepati ali ne.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Splošno izpostavljena populacija, kjer je čas izpostavljenosti pomemben	Osnovna omejitev	J	Osrednji živčni sistem	2 mA ^m - ²	Povprečje v prečnem preseku 1 cm ²
	Referenčna raven	E		5 kV ^m - ¹	
		B		100 μT	
		Kontaktni tok		1 mA	

EVROPA (poklicno izpostavljeni)

Zadnja posodobitev: 1.7.2015

Sestavljeno iz izvornega dokumenta

Organizacija: Evropski parlament in svet					
Dokument: Direktiva 2013/35/EU z dne 26. junija 2013 glede minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtev v zvezi z izpostavljenostjo delavcev tveganjem, ki nastajajo zaradi fizikalnih dejavnikov (elektromagnetnih polj).					
Frekvenca: 0 Hz – 300 GHz.					
Status: Od držav članic zahteva, da je v nacionalno zakonodajo sprejeta v roku treh let.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicno izpostavljena populacija	Mejna vrednost čutnih zaznavanj	Električno polje »na mestu« (in-situ)	Osrednji živčni sistem (vključuje hrbtenjačo)	140 mV/m peak ≈ 100 mV/m rms	
	Nizka raven ukrepanja	E		10 kV ^m - ¹	
		B		1 mT	
	Mejna vrednost zdravstvenih učinkov pri izpostavljenosti	Električno polje »na mestu« (in-situ)	Periferni živčni sistem	1,1 V/m peak ≈ 800 mV/m rms	
	Visoka raven ukrepanja	E		20 kV ^m - ¹	
		B		6 mT	
		B	18 mT		
	Raven ukrepanja	Kontaktni tok	Udi	1 mA	

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

1. DRŽAVA: AVSTRIJA

Zadnja posodobitev: 23.3.2011

Izvorna informacija iz Avstrijskega združenja elektroenergetskih družb, dopolnil Klemens Reich

Nacionalne kvantitativne meje

Organizacija: Avstrijski inštitut za standardizacijo in Avstrijsko elektrotehniško združenje.					
Dokument: Električna, magnetna in elektromagnetna polja v frekvenčnem območju od 0 Hz do 300 GHz – omejitve človeške izpostavljenosti, avstrijski standard VORNORM ÖVE/ÖNORM E 8850:2006-02-01.					
Frekvenca: 0 Hz – 300 GHz.					
Status: Pred-standard, ki temelji na podlagi priporočila sveta 1999/519/EG, smernicah ICNIRP 1998 in Direktivi 2005/40/EC evropskega parlamenta o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah v zvezi z izpostavljenostjo delavcev elektromagnetnemu sevanju in tveganji, ki nastajajo zaradi fizikalnih dejavnikov elektromagnetnih sevanj.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	J	Glava in trup	10 mA ^m -2	Povprečje v prečnem preseku 1 cm ²
		E		10 kV ^m -1	
	Referenčna raven	B		500 μT	
		Kontaktini tok		1 mA	
Splošno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	J	Glava in trup	2 mA ^m -2	Povprečje v prečnem preseku 1 cm ²
		E		5 kV ^m -1	
	Referenčna raven	B		100 μT	
		Kontaktini tok		0,5 mA	

V razpravi so omejitve, ki temeljijo na švicarski omejitvi 1 μT. Formalno še niso bile uvedene, toda skupina strokovnjakov, imenovanih s strani pristojnega organa, pri električnih vodih, za katere je treba pridobiti presojo vpliva na okolje, skoraj vedno zahteva skladnost s švicarskimi omejitvami.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Salzburg ima predpostavko za kabliranje vodov, ki se nahajajo znotraj 200m pasu na področju stanovanjskih območij, razen če se ta izkaže za neizvedljivo.

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2017.

2. DRŽAVA: BELGIJA

Zadnja posodobitev: 29.7.2010

Informacije iz Elia

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Ni ukrepov pri omrežnih frekvencah.					
Organizacija: Ministrstvo, zadolženo za energijo.					
Dokument: Splošna uredba za električne napeljave (ministrski odlok z dne 07. april 1987) Moniteur Belge, F.88-900 (14 Maj 1987).					
Frekvenca: 50 Hz.					
Status: Praven.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Splošno izpostavljena populacija (samo nadzemni daljnovid)	Omejitev	E		10 kV _m ⁻¹	
				7 kV _m ⁻¹	Prečkanje cest
				5 kV _m ⁻¹	Dostopna ali naseljena območja

Kraljevi odlok izvaja priporočila EU in dodatni faktor 4 od 10 MHz to 6 GHz.

Regionalne ali lokalne politike

Resolucija Flamske vlade 11. junija 2004 o notranjem onesnaževanju stavb:

- Intervencijska vrednost: 10 μ T
- Ciljna kakovost: 0,2 μ T

Drugi regionalni odloki omejujejo raven RF na veliko nižje omejitve, kot priporočila EU (npr. 3 V/m pri 900 MHz)

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

Zaradi pomanjkanja kakršnihkoli nacionalnih omejitev za izpostavljenost magnetnemu polju bodo lokalne oblasti na podlagi svoje lastne presoje od primera do primera obravnavale in upoštevale previdnostne ukrepe, brez upoštevanja finančnih posledic. Elia poskuša, kolikor je to mogoče, temu slediti z izogibanjem stanovanjskih območij in z uporabo tehnik ublažitev. V ta namen je za večino dovoljenj treba narediti izračune magnetnega polja.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

3. DRŽAVA: BOSNA IN HERCEGOVINA

Zadnja posodobitev: 31.7.2010
Informacija iz NOS, (samostojni sistemski operater)

Ni omejitev, ki se navezujejo na elektromagnetna polja.

Nacionalne kvantitativne meje

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2017.

4. DRŽAVA: BOLGARIJA

Zadnja posodobitev: 30.4.2010

Pridobljen izvorni dokument, vendar v bolgarščini

Nacionalne kvantitativne meje

Organizacija: Ministrstvo za zdravje, okolje in delo.					
Dokument:					
<ul style="list-style-type: none"> Poklicna izpostavljenost: Odlok # 41 Odlok št. 8, Vladne novice.št. 29 / 1996 - za higienske zahteve v zvezi delovnimi mest z VDU-ji. Odlok št. 7, Vladne novice.št. / 1999 - za minimalne zahteve zdravih in varnih delovnih pogojev Bolgarski Nacionalni standard BNS 12.1.002-78. Električna polja blizu VN RTP in nadzemni vodi z napetostjo 400 kV in več. Splošna izpostavljenost: Odlok št.: 9 (14. marec 1991) – MPE za elektromagnetno sevanje na stanovanjskih območjih in za določanje varnostne cone v okolici virov elektromagnetnega sevanja, vladne novice št 35/1991. Odlok št.: 9, Vladne novice.št.: 46 / 1994 - za higienskih zahtevah za uporabo VDU-jev v šoli Odlok št.: 7, Vladne novice.št.: 46 / 1992 - Higienske zahteve za varovanje zdravja na stanovanjskih območjih. 					
Frekvenca: 0 - 300 GHz.					
Status:					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicna izpostavljenost		E		25 kVm ⁻¹	Omejitev na stropu
				20-25 kVm ⁻¹	Do 5 min
				15-20 kVm ⁻¹	Do 10 min
				10-15 kVm ⁻¹	Do 90 min
				5-10 kVm ⁻¹	Do 3 h
				5 kVm ⁻¹	Delovni dan (do 8 ur)
Splošna izpostavljenost		B		1200 μT	

Drugo poročilo EU pravi, da so prevzeli vrednosti, predpisane kot osnovne omejitve v smernicah INCIRP.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

5. DRŽAVA: HRVAŠKA

Zadnja posodobitev: 15.12.2010

Nacionalne kvantitativne meje

Organizacija: Parlament, Ministrstvo za zdravje in socialno skrbstvo					
Dokument: Zakon o ne-ioniziranih sevanjih (1999, 2004), Pravilnik o zaščiti pred elektromagnetnim poljem (2003, 2004, 2008).					
Frekvenca: 0 Hz – 300 GHz					
Status: Zakon in predpis.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicna izpostavljenost	Referenčna vrednost	B		100 μ T	
		E		5 $\text{kV}\cdot\text{m}^{-1}$	
Splošna izpostavljenost, območja povečane občutljivosti*	Referenčna vrednost	B		100 μ T	Obstoječi objekti
				40 μ T	Novi objekti
		E		5 kV/m	Obstoječi objekti
				2 kV/m	Novi objekti

*Stanovanjska območja, kjer lahko posamezniki preživijo do 24 ur/dan (bolnišnice, zdravilišča, turistične stavbe, bolnice, šole, igrišča).

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Na vsaki dve leti so priporočene meritve polj vseh pomembnih virov, kjer električna ali magnetna polja presegajo 10% omejitev. Izjema so viri, kjer so po dveh zaporednih meritvah vrednosti manjše od 10 % omejitev.

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

6. DRŽAVA: CIPER

Zadnja posodobitev: 30.07.2010
Informacija od operaterja prenosnega omrežja

Nacionalne kvantitativne meje

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

Ni zakonodaje, ki obravnava elektromagnetna polja. Vendar je v praksi, da lastnik prenosnega sistema dela v skladu z omejitvami, postavljenimi s strani EU.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

7. DRŽAVA: ČEŠKA

Zadnja posodobitev: 30.7.2010

Informacije od Elektrarenska

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Odlok povzema vrednosti, podane s strani ICNIRP.
Organizacija: Vlada republike Češke in ministrstvo za zdravje.
Dokument: Vladna uredba št. 1/2008 vklj. št. 106/2010.
Frekvenca: 0 - 300 GHz.
Status: Pravno zavezujoč

Vrednosti v tabeli so pri frekvenci 50 Hz

Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar	
Poklicno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	J	Osrednji živčni sistem	14 mA ^{m⁻²}	Petkrat višja vrednost kot pri osrednjem živčnem sistemu	
			Ostali deli telesa	70 mA ^{m⁻²}		
	Nivo preverjanja	E	B	Povprečje na področju hrbtenice ali glave	10 kV ^{m⁻¹}	
				Povprečje na področju hrbtenice ali glave	500 μT	
I				Kontaktni tok	1 mA	
Splošno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	J	Osrednji živčni sistem	2,8 mA ^{m⁻²}	Petkrat nižja vrednost kot pri poklicni izpostavljenosti petkrat višja vrednost kot pri osrednjem živčnem sistemu	
			Ostali deli telesa	14 mA ^{m⁻²}		
	Nivo preverjanja	E	B	Povprečje na področju hrbtenice ali glave	5 kV ^{m⁻¹}	
				Povprečje na področju hrbtenice ali glave	100 μT	
I				Kontaktni tok	0,5 mA	

Prejšnja informacija: Dekret vlade št. 480/2000 povzema vrednosti ICNIRP

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

8. DRŽAVA: DANSKA

Zadnja posodobitev: 08.02.2010

Informacija od različnih članov Euroelectric, še posebno od Rikke Folkersen

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: ni znanih načrtov za zakonodajo.
Ni standardov, ki se navezujejo na elektromagnetna polja.

Glede na EU poročilo o izvajanju (EU Implementation Report), inšpektorat za delo pri ocenjevanju izpostavljenosti sledi priporočilom ICNIRP.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Leta 1993 so danski zdravstveni organi uvedli preventivni pristop, ki je navajal, da novi visokonapetostni objekti naj ne bi bili grajeni v bližini obstoječih stanovanj ali ustanov za varstvo otrok oziroma šol. Prav tako se je treba izogibati gradnji novih domov blizu obstoječih visokonapetostnih objektov. Izraz »blizu« ni bil opredeljen z minimalno razdaljo ali mejnimi vrednostmi, ampak je bil prepuščen pragmatični oceni. Previdnostni pristop je bil posodobljen leta 2007.

Prostovoljni ukrepi industrije

V jeseni 2009 so danski lastniki omrežij in lokalne oblasti (lokalni projektanti) določili za mejno vrednost 0,4 μT , da bi s tem zagotovili, da se previdnosti pristop uporablja na enoten način in da je pristop lažje opisljiv. Ta vrednost ne predstavlja mejne vrednosti izpostavljenosti, temveč vrednost, pri kateri naj bi se v bližini stanovanj in ustanov za varstvo otrok analizirali in ocenili različni ukrepi za zmanjšanje magnetnega polja.

Meja 0,4 μT se ne sme obravnavati kot omejitev, ki narekuje, ko je dosežena, da je treba ukrepati za vsako ceno. Če se pričakuje, da bo jakost magnetnega polja večja od 0,4 μT (letno povprečje), je treba preučiti, ali se lahko izvede ukrepe za zmanjšanje polja v okviru razumnih stroškov (stroški/korist, električna varnost, varnost oskrbe, človeški vidiki itd.). Primer preprostega ukrepa za zmanjšanje polj je na primer fazna optimizacija novih nadzemnih vodov. Pri gradnji novih stanovanj in ustanov za varstvo otrok v bližini električnih vodov bi lahko k zmanjševanju izpostavljenosti pristopali tako, da se sobe/območja, kjer otroci preživijo veliko časa, premaknejo stran od daljnovoda, kot je le to razumno mogoče.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

9. DRŽAVA: ESTONIJA

Zadnja posodobitev: 30.4.2010

Informacija od operaterja prenosnega omrežja

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Obravnavan.					
Organizacija: Ministrstvo za socialne zadeve					
Dokument: Mejne vrednosti neionizirnega sevanja na življenjskih in rekreacijskih površinah, v stanovanjskih objektih, v bivalnih prostorih in prostorih za vadbo in meritve ravni neionizirnih sevanj (Odlok, je postal veljaven 21.2.2002, Redakcija postala veljavna 7.1.2007); Mejne vrednosti tveganja fizikalnih nevarnosti in meritve parametrov tveganja pri poklicni izpostavljenosti (odlok, postal veljaven 1.7.2002, posodobitev 30.4.2007).					
Frekvenca: 0 Hz – 300 GHz					
Status: Veljaven.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Splošno izpostavljena populacija	Obvezna	E		5 kV m^{-1}	
		B		100 μ T	

Organizacija:					
Dokument: Uredba vlade Estonije o poklicnih zdravstvenih in varnostnih omejitvah (86/188 / EGS) sprejeta 22.1.2002, prav tako Predpisi in higienski standardi za zaščito poklicno izpostavljenih ljudi iz visokonapetostnih daljnovidov, 2971-84					
Frekvenca:					
Status:					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicna izpostavljenost	Podrobnosti niso znane				

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

10. DRŽAVA: FINSKA

Zadnja posodobitev: 16.02.2012

Informacija od Euroelectric in od članov ENTSO(E)

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Obravnavan in se izvaja prek novega zakona.						
Organizacija: Ministrstvo za socialne zadeve in zdravje.						
Dokument: Odlok o omejevanju izpostavljenosti javnosti pred ne ioniziranih sevanjem št. 294/2002, na podlagi zakona o varstvu pred sevanjem 592/1991, 43.						
Frekvenca: 0 Hz – 300 GHz; laserji; ultravijolična svetloba						
Status: Zakon, april 2002. Vrednosti elektromagnetnega polja so priporočene in niso obvezne.						
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar	
Splošno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	j		2 mA/m ²		
				10 mA/m ²	Čas izpostavljenosti ni znaten	
	Meja priporočena ljudem, izpostavljenim za daljši čas	E			5 kVm ⁻¹	
					15 kVm ⁻¹	Kratko časovno obdobje
		B			100 μT	
					500 μT	Kratko časovno obdobje

Za poklicno izpostavljenost ni predpisanih nobenih mejnih vrednosti ali uradnih ukrepov. Namen je bil dobesedno slediti zahtevam, postavljenim s strani EU direktive. Začelo se je delo na oblikovanju finskega zakona na podlagi predloga direktive 2004/40/EC, vendar je bilo delo prekinjeno, ko je Evropska komisija odložila datum začetka veljavnosti te direktive.

Finska agencija za varnost pred sevanji priporoča, da se novi stanovanjski objekti in ustanove za dnevno varstvo otrok ne gradijo znotraj območja okoli električnih vodov, kjer je vrednost 0,4 μT stalno presežena (pojem »stalno presežena« ni opredeljen). To nima nobene pravne podlage; lahko ima učinek v praksi.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

V primeru, ko je vrednost magnetnega polja 0,3-0,4 μT presežena, »STUK« priporoča nizkocenovne ukrepe.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

11. DRŽAVA: FRANCIJA

Zadnja posodobitev: 02.07.2013

Sestavljeno iz informacij v EU implementacijskem poročilu (ang. EU Implementation Report) ter podrobneje od EdF/RTE.

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Ni planov, da bi priporočili dali nacionalno veljavo.					
Organizacija:					
Dokument: Odredba 17. maja 2001, Uradni list 12. junija 2001 (»Tehnična odredba«)					
Frekvenca: Velja samo za omrežne frekvence.					
Status:					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Vsako področje, ki je dostopno javnosti	omejitve	E		5 kV ^m ⁻¹	Novi ali bistveno spremenjeni objekti; pogoji permanentnega obratovanja*
		B		100 μT	Novi ali bistveno spremenjeni objekti; pogoji permanentnega obratovanja*

* Pogoji permanentnega obratovanja so definirani kot obratovalni pogoji, pri katerih temperatura nadzemnih vodnikov naraste na 40 °C pri normalnih pogojih okolja (20 °C, brez vetra). Za zakopane kablovode ni pravne definicije, zato se največji stalni tok upošteva kot referenčni pogoj.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Leta 2013 je minister za ekologijo, trajnostni razvoj in energijo (MEDDE) z okrožnico pozval prefekte oddelkov, naj lokalnim občinam priporočijo, da naj se, kolikor je mogoče, izogibajo izdajanju dovoljenj novogradnjam z »občutljivo rabo« (npr. bolnice, osnovne šole, vrtci) v coni »previdnosti« (fr. zone de prudence), kjer je zaradi visokonapetostnih objektov izpostavljenost magnetnemu polju 1 μT.

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

12. DRŽAVA: NEMČIJA

Zadnja posodobitev: 02.07.2013

Sestavljeno iz izvirnega dokumenta in EnBW (splošna populacija), ter EnBW (poklicno izpostavljenost)

Nacionalne kvantitativne meje

POKLICNA IZPOSTAVLJENOST

Status Direktive EU 2004/40/EC: Obstoječi odlok zadovoljuje in izpolnjuje zahteve direktive. Novi odlok bo 1. julija 2016 nadomestil te vrednosti z EU direktivo 2013.					
Organizacija: Združenje za preprečevanje nezgod in zavarovalništvo.					
Dokument: BGV B11; Direktiva za preprečevanje nezgod, katerih vzrok so elektromagnetna polja, z dne 1.6.2001.					
Frekvenca: 0 – 300 GHz; vrednosti v spodnjih tabelah so za 50 Hz, vrednosti za 16 2/3 Hz so drugačne.					
Status: Zakon. Velja za vse vire električnega polja, izpostavljenosti na delovnih mestih in območjih.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Delovna mesta, do katerih imajo zaposleni dostop ali na katera morajo iti	omejitve	E		0 do $\leq 6,7 \text{ kV m}^{-1}$	Območje izpostavljenosti 2*
				$> 6,7 \text{ kV m}^{-1}$ do $\leq 21,3 \text{ kV m}^{-1}$	Območje izpostavljenosti 1*
				$> 21,3 \text{ kV m}^{-1}$ do $\leq 30 \text{ kV m}^{-1}$	Območje povečane izpostavljenosti*
				$> 30 \text{ kV m}^{-1}$	Območje nevarne izpostavljenosti*
	B			0 do $\leq 424 \mu\text{T}$	Območje izpostavljenosti 2*
				$> 424 \mu\text{T}$ do $\leq 1358 \mu\text{T}$	Območje izpostavljenosti 1*
				$> 1358 \mu\text{T}$ do $\leq 2546 \mu\text{T}$	Območje povečane izpostavljenosti*
				$> 2546 \mu\text{T}$	Območje nevarne izpostavljenosti*

*Vsako območje izpostavljenosti ima svoje zahteve in zaščitne postopke:

»Območje izpostavljenosti 2« je področje, do katerega imajo zaposleni nekontroliran in neinformiran dostop in kjer gostota toka 2 mA m^{-2} ni presežena (vrednost ista, kot pri splošni izpostavljenosti).

»Območje izpostavljenosti 1« je področje, do katerega imajo zaposleni kontroliran dostop in kjer so zaposleni najmanj enkrat na leto informirani o razmerah izpostavljenosti (jakosti polja itd.). Gostota toka 6 mA m^{-2} ni presežena.

»Območje povečane izpostavljenosti« je področje, kjer imajo zaposleni močno nadzorovan in časovno omejen dostop (na primer prehodi ali največ 2 uri na dan pri nizkem frekvenčnem območju) in kjer so zaposleni najmanj enkrat na leto informirani o razmerah izpostavljenosti (jakosti polja itd.). Gostota toka 10 mA m^{-2} ni presežena.

»Območje nevarne izpostavljenosti« je področje, kjer dostop ni dovoljen.

Dodatne informacije in pojasnila, kako ravnati s smernicami BGV B11, so opisane v dodatnem dokumentu BGR B1, ki ga je prav tako izdalo Združenje za preprečevanje nezgod in zavarovalništvo.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

SPLOŠNA IZPOSTAVLJENOST

Status priporočila EU: Obstoječa uredba zadovoljuje in izpolnjuje zahteve priporočila.					
Organizacija: Vlada.					
Dokument: 26. uredba o izvajanju Zveznega zakona o imisijski kontroli z dne 16.12.1996, zvezni uradni list (BGBl.) I, str. 1966. Revidirana leta 2013.					
Frekvenca: 1 Hz – 9 kHz; (iz leta 2013, pred tem 16 2/3 Hz in 50 Hz)(ločena območja 10 MHz – 300 GHz). Vrednosti v spodnjih tabelah so za 50 Hz, vrednosti za 16 2/3 Hz so drugačne.					
Status: Zakon. Velja samo za stacionarne naprave (električni in pogonski vodi in kabli, transformatorji in stikala).					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Vse (zgradbe in zemljišča namenjena trajni prisotnosti ljudi)	omejitve	E		5 kV ^m ⁻¹	
				10 kV ^m ⁻¹	Kratko preseganje, manjše od 5% dneva, samo obstoječi vodi*
				10 kV ^m ⁻¹	Manjše območje zunaj stavb, samo obstoječi vodi*
		B		100 μT**	
				200 μT	Kratko preseganje manjše od 5% dneva, samo obstoječi vodi*

*prej: ne velja za postavitev ali večjo spremembo naprav v bližini stanovanjskih objektov, bolnišnic, šol, vrtcev, jasli, igrišč ali podobnih objektov. Nevšečnosti, ki jih povzročata napetost dotika in za katere ni mogoče pričakovati razumevanja soseske, niso dovoljene.

**Vrednosti v splošnem sledijo smernicam ICNIRP 2010 in bi zato bile 200 μT, vendar se pri frekvencah 50 Hz uporablja previdnostni faktor 2, tako da dobimo vrednost 100 μT.

Regionalne ali lokalne politike

Spodnja Saška ima predpostavko za kabliranje vodov, ki se nahajajo znotraj 200 m pasu na področju stanovanjskih območij, razen če se ta izkaže za neizvedljivo. Navedeni razlogi za to so elektromagnetna polja. To je še vedno v veljavi, vendar je bilo nadomeščeno z nacionalnim Zakonom o širitvi energetskih vodov (ang. national Energy Line Extension Act).

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Zakon o širitvi energetskih vodov omogoča kabliranje nekaterih določenih vodov znotraj 400 m pasu na področju stanovanjskih območij in znotraj 200 m pasu na področju drugih stanovanjskih objektov, vendar ne zaradi elektromagnetnega polja.

Revizija 26. uredb (2013) vključuje zahtevo za minimiziranje izpostavljenosti, na podlagi določb v ločenem prispevku, ki pa še ni bil napisan.

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

13. DRŽAVA: GRČIJA

Zadnja posodobitev: 24.08.2010

Informacija od DESMIE (operater prenosnega omrežja Hellenic) in Javne Energijske Družbe (dokumenti niso videni).

Nacionalne kvantitativne meje

Organizacija: Ministrstvo za razvoj, okolje in zdravje.
Dokument: Skupna ministrska uredba 3060/238/2002 "Zaščitni ukrepi javnosti pred delovanjem naprav, ki ustvarjajo nizkofrekvenčno elektromagnetno polje" »KYA 3060 (ZA) 238/2002«.
Frekvenca: 0 – 150 kHz
Status: Skupna ministrska uredba (KYA)

SPLOŠNA IZPOSTAVLJENOST: osnovne omejitve in referenčne ravni enake priporočilu EU

POKLICNA IZPOSTAVLJENOST: prenos direktive ES 2004/40 v nacionalno zakonodajo je še vedno v teku

Občasno je bilo poročano, da je Grčija sprejela 80 % vrednosti, podanih s strani ICNIRP, vendar to ne velja za omrežne frekvence. Zakon 1105/Vol. II/6.9.2000 "Ukrepi za zaščito širše javnosti pred delovanjem »naprav zemeljskih anten«" nakazuje, da to velja samo za radijske frekvence. Drugo implementacijsko poročilo EU (ang. EU Second Implementation Report) pravi, da mejne vrednosti za antene predstavljajo 70 % vrednosti osnovne omejitve oziroma 60 % vrednosti osnovne omejitve v primeru, ko je antena od šole, vrtca, bolnišnice ali doma za ostarele oddaljena manj kot 300 m.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

14. DRŽAVA: MADŽARSKA

Zadnja posodobitev: 2015
Informacija od Janos Stradl

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Izvaja se z uredbo iz leta 2004.					
Organizacija: Ministrstvo za zdravje, socialne zadeve in družino.					
Dokument: Uredba »63/2004 ESzCsM« o omejevanju izpostavljenosti splošne javnosti pred elektromagnetnim poljem (0 Hz do 300 GHz).					
Frekvenca: 0 Hz – 300 GHz					
Status: Uredba.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Splošna izpostavljenost	meja	E		5 kV _m ⁻¹	
		B		100 μT	

Status priporočila EU:					
Organizacija:					
Dokument: MSZ 151-1:2000 "nadzemni vodi za prenos električne energije. Predpisi za gradnjo nadzemnih vodov z nazivno napetostjo večjo od 1 kV".					
Frekvenca: samo omrežna frekvenca (MSZ 16260-86 pokriva 30 kHz – 300 GHz)					
Status:					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Splošna izpostavljenost	meja	E		5 kV _m ⁻¹	1,8 m nad tlemi
		B		100 μT	1,5 m nad tlemi

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

MVM Rt. (Madžarska prenosna omrežja) sledijo: »Pravilniku za varstvo okolja: (EMF) navodila za daljnovode in transformatorske postaje« za interen namene.

Organizacija: MVM Rt.					
Dokument: "Pravila za varstvo okolja": Predpisi elektromagnetnih polja za električne vode in transformatorske postaje.					
Frekvenca: 50 Hz.					
Status: Interni postopek podjetja.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicna izpostavljenost	meja	E		10 kV _m ⁻¹	
				30 kV _m ⁻¹	Za kratek čas
		B		500 μT	
				5000 μT	Za kratek čas

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Splošna izpostavljenost	meja	E	5 kVm ⁻¹	
			10kVm ⁻¹	Za nekaj ur ¹
		B	100 μT	
			1000 μT	Za nekaj ur ¹

¹ Velja za zemljišča, kjer se ne dopušča stanovanjskih hiš.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

15. DRŽAVA: ISLANDIJA

Dodano: 03.02.2010

Nacionalne kvantitativne meje

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

16. DRŽAVA: IRSKA

Zadnja posodobitev: 10.08.2012

Aidan Corcoran, Eiregrid

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Implicitno vključena preko izjave vlade (ang. Government Policy Statement)«
Organizacija: Vlada
Dokument: Izjava Vlade o strateškemu pomenu prenosa električne energije in drugi energetske in infrastrukturni, objavljena julija 2012.
Dokument vsebuje zahtevo za uskladitev z nacionalnimi in mednarodnimi standardi v zvezi z zdravjem, biološko raznovrstnim okoljem, krajino in varnostjo. To se razlaga kot skladnost s smernicami EU in ICNIRP

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Spletna stran WHO se sklicuje na Načrtovalni in razvojni akt (ang. Planning and Development Act) iz novembra 2001. Podrobnosti niso znane.

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

17. DRŽAVA: ITALIJA

Zadnja posodobitev: 02.12.2010

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Veljavnost z uredbo, ki določa strožje vrednosti za električne vode.					
Organizacija:					
Dokument: Uredba predsednika vlade z dne 8. julija 2003 o določitvi mejnih vrednosti, opozorilnih vrednosti in ciljnih vrednosti za zaščito prebivalstva pred izpostavljenostjo električnim in magnetnim poljem omrežne frekvence 50 Hz, ki jih povzročajo električni vodi. (Uradni list Republike Italije št. 200 of 29-8-2003)					
Frekvenca: 0 Hz – 100 kHz					
Status: Uredba, veljavna pod pravno številko 36/2001, razglašena 22/2/1, Uradni list, 55 7/3/1. Nadomešča prejšnji odlok predsednika vlade, 23/4/92, Uradni list Republike Italije št.104, 6/5/1992.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Splošna izpostavljenost, 50 Hz, izključno električni vodi	Mejna vrednost	E		5 kV ^m ⁻¹	
		B		100 μT	
	Opozorilna vrednost	B		10 μT	Srednja vrednost v roku 24 ur, normalni obratovalni pogoji. Omejitev za dnevno izpostavljenost več kot 4 ure.
	Ciljna vrednost	B		3 μT	Maksimalni trajni obratovalni tok po italijanskem tehničnem standardu CEI 11-60. Novi električni vodi in objekti.
Splošna izpostavljenost, vsa ostala polja 0 – 100 kHz					V uporabi je EU priporočilo iz leta 1999

Opozorilne vrednosti: vrednosti električnih, magnetnih in elektromagnetnih polj, ki se jih ne sme preseči v hišah, šolah in prostorih, kjer je človek prisoten dalj časa (kjer ljudje bivajo 4 ali več kot 4 ure na dan).

Ciljne vrednosti: vrednosti električnih, magnetnih in elektromagnetnih polj, ki bi pomagale pri tem, da bi postopoma zmanjšali izpostavljenost elektromagnetnih polj v hišah, šolah in krajih, kjer je človek prisoten dalj časa (kjer ljudje bivajo 4 ali več ur na dan).

Zakon uvaja tudi pojem upoštevanja širin pasov daljnovodov kot prostora, kjer je prepovedana prisotnost kakršne koli nove stavbe, kjer ljudje bivajo ali se zadržujejo 4 ali več kot 4 ure na dan.

Enako » D.P.C.M.« pojasnjuje, da se upoštevanje širin daljnovodov nanaša na ciljno vrednost, širina se izračuna z maksimalnim trajnim obratovalnim tokom (ref. § 2.6 Italian Technical Standard CEI 11-60) in da je ciljno vrednost treba spoštovati pri gradnji:

- novih vodov v bližini obstoječih stavb (območja, kjer obstaja možnost dnevne izpostavljenosti ljudi, vendar ne za manj kot 4 ure),
- novih stavb v bližini obstoječih vodov (območja, kjer obstaja možnost dnevne izpostavljenosti prebivalstva, vendar ne za manj kot 4 ure).

Regionalni ali lokalni ukrepi

V treh italijanskih regijah Benečija, Emilija-Romanja in Toskana so za nove vire nizkofrekvenčnega sevanja v bližini vrtcev, šol, bolnišnic in območij, kjer se ljudje zadržujejo več kot štiri ure na dan, postavili efektivno mejno vrednost gostote magnetnega pretoka na 0,2 μT. V Benečiji pa je prav tako zaostrena efektivna mejna vrednost električne poljske jakosti, in

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

sicer na 0,5 kV/m.

Te so bile razglašene za nelegitimne in nacionalni odlok v nadaljnje preprečuje, da bi druge regije počele enako.

(Dežela Toskana - predpisi za električne linije in električne inštalacije Uredba o pravu, št. 51, 11 avgust 1999

Dežela Emilija - Romanja : Zakon o elektrosmogu, Regionalni zakon 31. oktober 2000 št. 30

Uradni Bilten dežele Benečija- 26/10/1999 – št. 93 regionalnega zakona 22. oktobra 1999, št. 48)

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2017.

18. DRŽAVA: LATVIJA

Zadnja posodobitev: 24.08.2010

Informacija od AS Augstsprieguma tikls

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Se bo izvajal.					
Organizacija:					
Dokument: LVS (Latvijski standard) ENV 50166 1995 "Človeška izpostavljenost elektromagnetnim poljem nizkih frekvenc (0 Hz – 10 kHz)". Pravila Ministrskega kabineta št. 745 "Obravnava varnosti zaposlenih zaradi tveganj izpostavljenosti elektromagnetnim poljem v delovnem okolju". Začne veljati 30. aprila 2012.					
Frekvenca: ENV 50166: 0 Hz – 10 kHz. Pravila št. 745 0-300 kHz.					
Status: Priporočilo.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicna izpostavljenost	Omejitev	E		10 kV _m ⁻¹	
		B		500 μT	

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2017.

19. DRŽAVA: LITVA

Zadnja posodobitev: 2002

Nacionalne kvantitativne meje

Organizacija: Ministrstvo Republike Litve za zdravje, Ministrstvo Republike Litve za socialno varnost in delo 21/12/901.					
Dokument: Litvanske higienske norme (HN)« 110: 2001 Elektromagnetno polje frekvence 50 Hz na delovnih mestih. Dovoljene vrednosti in zahteve za meritve, odobrene s skupnim odlokom ministrstva za zdravje in ministra za socialno varnost in delo 21/12/00. Ministrstvo Republike Litve za energijo "Varnostni predpisi za vzdrževanje električnih naprav" 26/11/2004 ugotovi, da se poklicna izpostavljenost ureja z Hygiene Norm 110. Ministrstvo Republike Litve za socialno varnost in delo "Predpis o zaščiti zaposlenih pred nevarnostmi elektromagnetnih polj" 25/4/2006 izvaja EU direktivo 2001/40/ES.					
Frekvenca: 50 Hz.					
Status:					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicna izpostavljenost	uredba	E		5 kV ^m ⁻¹	Minimum*
				25 kV ^m ⁻¹	Maksimum#
		B		720 μT	Minimum*
				4080 μT	Maksimum#

*Mejna vrednost, kjer se zaščitni ukrepi ne uporabljajo.

Mejna vrednost, kjer se uporabljajo kontrolni ukrepi. Delovni čas je omejen.

Organizacija: Ministrstvo Republike Litve za zdravje 04/01/01					
Dokument: Litvanski »Hygiene Norm (HN)« 104: 2000 Zaščita javnosti pred elektromagnetnimi polji daljnovodov, odobreno s strani ministrstva za javno zdravje 4/1/2.					
Frekvenca: Omejena na omrežne frekvence.					
Status: Pravno zavezujoč.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Splošna izpostavljenost	uredba	E		5 kV ^m ⁻¹	Varovalni pas 30 m. Sanitarni varovalni pas 300 m.
		B			

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

20 DRŽAVA: LUKSEMBURG

Zadnja posodobitev: 31.07.2010

Informacija od Euroelectric in članov »ENTSO(E)«

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Zaenkrat ni načrtov, da bi Priporočilo dali nacionalno veljavno.					
Organizacija: Skupina ITM za varnost in zdravje.					
Dokument: Zakon z dne 10. junija 1999 o razredih institucije; ITM-CL 10.2 (12.11.1997), fr. "loi du 10 juin 1999 relative aux établissements classes"; ITM-CL 10.2 (12.11.1997) Ta nacionalni zakon z dne 10. junija 1999 o razvrščenih ustanovah, kamor VN vodi pripadajo, ne obravnava tematik EMF in v njem ni omejitev. Varnostni predpisi, ki jih je objavil Inšpektorat za delo in rudarstvo, Skupina ITM za varnost in zdravje, se nanašajo na nemški akt 26. BImSchV, ki predpisuje naslednje omejitve: $E = 5 \text{ kV / m}$; $B = 100 \text{ } \mu\text{T}$ za stalno izpostavljenost in za kratkoročno izpostavljenost glede na DIN / VDE 0848. Te omejitve ITM uporabljajo za pridobitev gradbenega dovoljenja nadzemnih vodov.					
Frekvenca: To ITM priporočilo zavezuje samo omrežne frekvence (50 Hz).					
Status:					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Vsakdo, stalna izpostavljenost	omejitev	E		5 kV m^{-1}	Novi ali rekonstruirani viri
		B		$100 \text{ } \mu\text{T}$	Novi ali rekonstruirani viri

Pred kratkim prejet dokument s strani Ministrstva za okolje za nove »vire sevanja (new OH lines)« zahteva omejitve $1 \text{ } \mu\text{T}$ na občutljivih mestih, kot so:

- območja, kjer se ljudje redno zadržujejo določen čas (to je zelo nenatančna opredelitev),
- javna ali zasebna igrišča,
- še nezgrajena območja, kjer so na podlagi splošno odobrenega razvojnega načrta dovoljene prej omenjene dejavnosti.

Pravni status tega se izpodbija (ang.: The legal status of this is being challenged.)

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Vlada je 11. marca 1994 objavila okrožnico (ang. circular) 1644 (ref. 26/94), ki je namenjena lokalnim oblastem in priporoča, da zemljišča v neposredni bližini visokonapetostnih daljnovidov ne bi bila več odobrena kot stavbna zemljišča. Ta okrožnica ne temelji na pravnem aktu.

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

21. DRŽAVA: MAKEDONIJA

Dodano: 03.02.2010

Nacionalne kvantitativne meje

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

22. DRŽAVA: MALTA

Zadnja posodobitev: 09.07.2002

Nacionalne kvantitativne meje

Status Priporočila EU:
Organizacija: Ministrstvo za zdravje, transport, komunikacije in socialno politiko.
Dokument: Poročilo o priporočilih za omejevanje izpostavljenosti ljudi izmeničnim električnim, magnetnim in elektromagnetnim poljem v frekvenčnem območju od 0 Hz do 300 GHz (25. avgust 2000).
Frekvenca: 0 - 300 GHz.
Status: Priporočilo
Vrednosti identične smernicam ICNIRP.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

23. DRŽAVA: ČRNA GORA

Dodano: 03.02.2010

Nacionalne kvantitativne meje

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

24. DRŽAVA: NIZOZEMSKA

Zadnja posodobitev: 01.04.2011

Zbrano iz različnih virov informacij, vključuje Anco Veldhuizen, Tennet TSO and Tennet workshop 1.4.2011.

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Ne namerava ustvariti zakonodaje.					
Organizacija: Ministrstvo za bivališča, prostorsko načrtovanje in okolje.					
Dokument: Pismo z dne 3. oktobra 2005, Ministrstvo za bivališča, prostorsko načrtovanje in okolje o daljnovidih, izjavo ponovilo v dopisu z dne 4. novembra 2008.					
Frekvenca:					
Status: Nasveti za lokalne in regionalne oblasti, ter energetska podjetja.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Splošna izpostavljenost	Vrednosti enake kot ICNIRP				
Kjer so otroci izpostavljeni energetskim vodom dalj časa*	Nasvet	Letno povprečje** polja, izračunano za energetske vod		0,4 μ T	Velja samo za nove energetske vode/nova stanovanja, če je to razumno mogoče***

*Domovi, šole in vrtci. Dopis z dne 4. novembra 2008 obravnava kot »daljše bivanje (daljši čas)« vsaj 14-18 urno izpostavljenost na dan v času enega leta. Določa tudi, da so vrtovi vključeni k hišam oziroma domovom.

**Vodič za izračun (ang. Calculation Guide) določa, kako se to izračuna. Uporabi se razdalje pri 15 °C. Uporabi se obremenitev pri 90 °C za vodnike aluminij/jeklo in 70 °C za baker), pomnoženo s 30 % (220/380 kV, izhajajo iz povprečja podatkov obremenitve dveh let) ali 50 % (110/150 kV, izhaja iz kriterija n-1), da bi dobili oceno letnega povprečja.

***TSO politika narekuje, da se v primeru preseženih vrednosti ponudi odkup stanovanja ali plačilo odškodnine v primeru, ko lastnik ne želi zapustiti nepremičnine, vendar to še ni zahteva za odpravo takih domov. Nedavni sodni postopek bi od vlade zahteval pojasnilo.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Zadnja posodobitev: 09.07.2002 Sestavljeno iz izvirne dokumenta					
Organizacija: Zdravstveni odbor Nizozemske, EMP Odbor za elektromagnetna polja.					
Dokument: Haag, Nizozemski zdravstveni odbor, številka objave 2000/6.					
Frekvenca: 0 – 10 MHz					
Status: Poročilo posvetovalnega odbora, učinkovito nadomeščeno z novejšim priporočilom.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	j	Telo in glava	25 mAm ⁻²	
			Telo brez glave	100 mAm ⁻²	
	Nivo preiskave	E	Telo in glava	62,5 kVm ⁻¹	Posredni učinki niso možni
			Telo brez glave	250 kVm ⁻¹	
				40 kVm ⁻¹	Možni posredni učinki
	B		600 μT		
Splošno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	j	Telo in glava	5 mAm ⁻²	
			Telo brez glave	20 mAm ⁻²	
	Nivo preiskave	E		8 kVm ⁻¹	
			B		120 μT

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

25. DRŽAVA: NORVEŠKA

Zadnja posodobitev: 17.09.2015

Informacija od Euroelectric in članov »ENTSO(E)«

Nacionalne kvantitativne meje

Poročano, da Norveška uporablja "ICNIRP", in zato sedaj uporablja ICNIRP 2010.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Status EU Priporočila:					
Organizacija: Norveški organ, zadolžen za področje sevanja, ki izhaja iz parlamentarne razprave po sklepu Višjega sodišča iz leta 2007.					
Dokument: Zakon o varstvu pred sevanji in uporabi sevanja (Zakon o varstvu pred sevanji) z dne 12. maja 2000. Pravilnik o varstvu pred sevanji in uporabi sevanja (ureditev varstva pred sevanjem). http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/dok/regpubl/stprp/20052006/stprp-nr-66-2005-2006-.html?id=139085 (P 61-65, v norveščini samo)					
Frekvence:					
Status:					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Splošno izpostavljena populacija	Stopnja preiskave. Pri preseženih vrednostih je potrebno oceniti možne načine za zmanjšanje izpostavljenosti, vendar samo v primeru, ko so ti načini ocenjeni kot »razumni«	B		0,4 μ T (letno povprečje)	Velja za nove domove, vrtce, šole in nove energetske vode.

»za preventivo bolezni, za zmanjšanje zaskrbljenosti in strahu, za boljši vizualni vidik, za večjo zanesljivost obratovanja«

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

26. DRŽAVA: POLJSKA

Zadnja posodobitev: 30.07.2010

Informacija od Poljskega sistemkega operaterja

Nacionalne kvantitativne meje

Organizacija: Poljsko ministrstvo za delo in socialno politiko.					
Dokument: Odlok poljskega ministrstva za delo in socialno politiko, 29. novembra 2002, list zakona št 217/2002 para 1833 z nadaljnimi spremembami.					
Frekvenca: 0 – 300 GHz.					
Status: Zakon v veljavi od junija 2003.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicna izpostavljenost	omejitev	E		10 kVm ⁻¹	
		B		200 Am ⁻¹ = 100 μT	Ne zavezuje visoko napetostnih vodov

Prikazane so vrednosti med »vmesnim območjem« (izpostavljenost je dovoljena za manj kot 8 ur na dan) in »območjem tveganja«. Meje med »varnim območjem« (izpostavljenost dovoljena za nedoločen čas) in »vmesnim območjem« so 3-krat manjše. Meje med »območjem tveganja« in »nevarnim območjem« je 10-krat višja.

Organizacija: Ministrstvo za okolje.					
Dokument: Odlok ministrstva za okolje z dne 30. oktobra 2003; Uradni list št. 192/2003 »pos« 1833 .					
Frekvenca: 0 – 300 GHz.					
Status: Zakon.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Splošna izpostavljenost	omejitev	E		10 kVm ⁻¹	
				1 kVm ⁻¹	Stanovanjska območja
		B		60 Am ⁻¹ = 48 μT	

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

27. DRŽAVA: PORTUGALSKA

Zadnja posodobitev: 20.03.2011

Informacija od Sara Carvalho Fernandes, Energias de Portugal in Jose Peralta, REN

Nacionalne kvantitativne meje

Organizacija: Portugalska Vlada.					
Dokument: Izvaja se kot nacionalni zakon.					
Frekvenca: 0 – 300 GHz.					
Status: nacionalni zakon.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Splošno izpostavljena populacija, čas izpostavljenosti znaten*	Osnovna omejitev	J	Osrednji živčni sistem	2 mA ^m - ²	Povprečje v prečnem preseku 1 cm ²
		E		5 kV ^m - ¹	
	Referenčna raven*	B		100 μT	
		Kontaktni tok		0,5 mA	

*Zahteva se skladnost z vseh referenčnimi ravnmi pri vseh energetskih vodih, ves čas.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

28. DRŽAVA: ROMUNIJA

Zadnja posodobitev: 30.04.2010

Nacionalne kvantitativne meje

Organizacija: Ministrstvo za delo in socialno politiko.					
Dokument: št. 655/10.09.97: "Specifični standardi zdravja in varnosti pri delu za prenos in distribucijo električne energije"					
Status Priporočila EU: prostovoljno izpolnjevanje					
Frekvenca: 50 Hz.					
Status: Obvezni standard.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
		Nakazuje, da ima le vrednosti E polja			

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

29. DRŽAVA: RUSIJA

Zadnja posodobitev: 30.04.2010
Dokument na voljo, vendar v ruščini

Nacionalne kvantitativne meje

Organizacija: Ruski parlament, ki ga podpiše predsednik; Državni odbor za standardizacijo; Ministrstvo za javno zdravje.					
Dokument:					
<u>Poklicno izpostavljena populacija:</u>					
Standard: GOST 12.1.002-84 sistem varnostnih standardov poklicne varnosti. Električna polja omrežne frekvence. Mejne vrednosti poljske jakosti in zahteve za nadzor na delovnih mestih.					
Sanitarna uredba: SanPiN 5802-91 Sanitarna norme in pravila dela ter pogoji izpostavljanja električnim poljem omrežne frekvence.					
Sanitarna uredba: SanPiN 2.2.4.723-98 Magnetnega polja (50 Hz) omrežne frekvence v delovnem okolju.					
<u>Splošno izpostavljena populacija:</u>					
Zvezni zakon "Sanitarno-epidemiološka blaginja prebivalstva" od 30. marca 1999 št. 52-FZ					
Sanitarna uredba: MSanPiN 001-96 Sanitarne norme dovoljenih vrednosti fizičnih dejavnikov med uporabo domačih izdelkov.					
Sanitarna uredba: SanPiN 2.1.2.1002-00 Sanitarno-epidemiološki pogoji za bivalne stavbe in bivalno okolje.					
Frekvenca: 50 Hz					
Status:					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicno izpostavljena populacija		E		50/(T+2) kVm ⁻¹	T je trajanje izpostavljenosti v urah
				25 kVm ⁻¹	zgornja omejitev (ang. ceiling limit)
				25 Vm ⁻¹	Uporaba »VDU«
		B		0,1 mT	Polni delovni čas (8ur)
				2 mT	zgornja omejitev (ang. ceiling limit)
				0,25 μT	Uporaba »VDU«
Splošno izpostavljena populacija		E		500 Vm ⁻¹	Domneva se, da velja za stanovanjske stavbe
				1000 Vm ⁻¹	Bivalna območja zunaj stanovanjskih stavb
		B		10 μT	Domneva se, da velja za stanovanjske stavbe
				50 μT	Bivalna območja zunaj stanovanjskih stavb

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Poročano je bilo, da bodo omejitve od meseca novembra 2007:

- v stanovanjskih stavbah 5 μ T,
- na prostem v stanovanjskih območjih 10 μ T.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

30. DRŽAVA: SRBIJA

Dodano: 03.02.2010

Nacionalne kvantitativne meje

Nacionalna zakonodaja uvedena leta 2009; vrednosti neznane. Podjetja za prenos energije do tedaj sledile priporočilom WHO.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

31. DRŽAVA: SLOVAŠKA

Zadnja posodobitev: 30.07.2010

Podatki od Slovaških elektroenergetskih prenosnih sistemov SpA

Nacionalne kvantitativne meje

Organizacija: Slovaška Vlada, Ministrstvo za zdravje.					
Dokument: Obvestilo 534/2007, izdano dne 16. 8. 2007, in odlok 329/2006 izdan dne 10.5.2006, omejitve za človeško telo.					
Frekvenca: 0 Hz – 2,5 kHz.					
Status: Nacionalni zakon.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	J	Glava in telo	10 mAm ⁻²	4 Hz – 1000 Hz
		E		10 kVm ⁻¹	50 Hz
	Referenčna raven	B		500 μT	50 Hz
		Kontaktni tok		1 mA	0 – 2,5 kHz
Splošno izpostavljena populacija	Osnovna omejitev	J	Glava in telo	2 mAm ⁻²	4 Hz – 1000 Hz
		E		5 kVm ⁻¹	50 Hz
	Referenčna raven	B		100 μT	50 Hz
		Kontaktni tok		0,5 mA	0 – 2,5 kHz

Prejšnje informacije, povzete s spletne strani WHO: Odlok št. 123/1993 o varovanju zdravja pred škodljivimi učinki elektromagnetnih polj, ki temelji na ICNIRP vrednostih.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2017.

32. DRŽAVA: SLOVENIJA

Zadnja posodobitev: 30.04.2010

Nacionalne kvantitativne meje

Status Priporočila EU:						
Organizacija: Ministrstvo za okolje.						
Dokument: Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju 1996, revidirana leta 2004.						
Frekvenca:						
Status: Uredba.						
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar	
Splošno izpostavljena Populacija (elektroenergetski objekti >1 kV)	Omejitev	E		10 kV m^{-1}		
		B		100 μ T		
	Omejitev za nove objekte, prva stopnja varstva pred sevanjem*	E			500 V m^{-1}	
		B			10 μ T	

*Bolnišnice, zdravilišča, stanovanjska območja, turistični objekti, vrtci, šole, otroška igrišča, javni parki in rekreacijske površine, javni centri, ki vključujejo storitve in restavracije ...

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

33. DRŽAVA: ŠPANIJA

Zadnja posodobitev: 12.07.2002

Zbrano iz spletni strani WHO, korekcijo naredil Juan Bernar Solano

Nacionalne kvantitativne meje

<p>Status priporočila EU: Kraljevi odlok 2001 določa vrednosti za frekvence od 9 kHz – 300 GHz, ki temeljijo na priporočilu EU. Ni ukrepov pri omrežnih frekvencah.</p>
--

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

»Red Electrica« prostovoljno sledi priporočilom EU.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

34. DRŽAVA: ŠVEDSKA

Zadnja posodobitev: 01.10.2009

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Ni planov, da bi ga vključili v zakon, ampak še naprej uporabljajo previdnostno načelo.
--

Regionalni ali lokalni ukrepi

Stockholm ima omejitvev 2 μ T.

Stari vodi morajo biti v skladu z letnim povprečjem 4 μ T.

To so stare določbe, ki so sedaj nadomeščene z nacionalnim pristopom.

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Organizacija: Švedski nacionalni odbor za varnost in zdravje pri delu, Nacionalni odbor za stanovanja, gradnjo in načrtovanje, nacionalni odbor za Električno varnost, Nacionalni odbor za zdravje in dobro počutje, Inštitut za varstvo pred sevanji.

Dokument: Nizkofrekvenčna električna in magnetna polja: previdnostno načelo za nacionalne organe. Smernice za nosilce odločanja. September 1996.

Vključuje izjavo:

“Če se lahko sprejmejo ukrepi za zmanjšanje izpostavljenosti po razumnih stroških in z razumnimi posledicami z vseh drugih vidikov, si je treba prizadevati za temeljito zmanjšanje polja, da ta čim manj odstopajo od tega, kar se lahko šteje za normalno okolje. Kar zadeva nove energetske naprave in stanovanjske objekte, si je treba že v fazi načrtovanja prizadevati, da bi jih postavili tako, da je izpostavljenost omejena.”

Naslednje poglavje obravnava "kaj je mišljeno kot normalna raven magnetnega polja?" in navaja, da je srednja vrednost za domove in vrtce v večjih mestih približno 0,1 μ T, pri tem ima 10 % domov vsaj eno sobo z magnetnim poljem, večjim od 0,2 μ T. Zato neizrecno predlaga, da je radikalno odstopanje od normalnega treba razumeti v relaciji s temi številkami.

Prostovoljni ukrepi industrije

Švedsko prenosno podjetje ima prostovoljno politiko 0,4 μ T letnega povprečja za nove vode.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

35. DRŽAVA: ŠVICA

Zadnja posodobitev: 01.04.2011

Zbrano iz izvornega dokumenta. Informacije o izjemah pridobljene na pogovorih na sestankih

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU:						
Organizacija: Zvezni svet (zgornji dom)						
Dokument: Uredba o varstvu pred ne ioniziranimi sevanji (NISV). 23 December 1999.						
Frekvenca: 0 – 300 GHz						
Status: Pravna zahteva od dne 1. februarja 2000. Obstoječi objekti morajo v treh letih izpolniti zahteve.						
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar	
Velja za vse (izpostavljenost fiksnim virom elektromagnetnega polja) (ne velja za osebe, ki upravlja postroj, ki je vir polja)	Omejitev	E		5 kV ^m ⁻¹	V operativnih prostorih, izključuje vire znotraj hiše	
		B		100 μT		
	Omejitev, katerikoli posamezni vir, mesta z občutljivo rabo*	B, daljnovodi in podzemni vodi > 1 kV			1 μT	Novi viri; izjeme mogoče, če so sprejeti vsi smiselni [#] ukrepi. Stari viri: ne velja, če je uporabljeno fazno optimiziranje
		B, transformatorska postaja ali razdelilna transformatorska postaja			1 μT	Novi in stari viri: izjeme mogoče, če so sprejeti vsi smiselni [#] ukrepi.
		B, železnice in tramvaji			1 μT (srednja vrednost v 24 urah)	Novi viri; izjeme mogoče, če so sprejeti vsi smiselni [#] ukrepi. Stari viri: ne velja, če je nameščen povratni vodnik
	Notranja električna napeljava				Nove naprave morajo biti v skladu z najboljšo razpoložljivo tehnologijo (tako da se zmanjša polje)	

*Vključuje prostore v objektih, ki so redno zasedeni za daljša časovna obdobja; otroška igrišča, ki so načrtovana v skladu z zakonodajo prostorskega planiranja (ne pa tudi zasebni vrtovi); in še neizkoriščena področja, kjer so dovoljene zgornje oblike uporabe.

[#]Izjeme se lahko dovolijo, če so bili sprejeti vsi tehnično, operativno in finančno izvedljivi ukrepi. Zabeleženih je bilo 10 primerov, kjer je bila vrednost polja 3 μT in primer, kjer je bila vrednost polja 5 μT.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

36. DRŽAVA: UKRAJINA

Zadnja posodobitev: 30.11.2012

Reference in dokument od »Okun et al 2012«

Nacionalne kvantitativne meje

Organizacija:
Dokument:
Frekvenca:
Status:
Mejna vrednost za poklicne izpostavljenosti 1750 μ T.

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi

Prostovoljni ukrepi industrije

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

37. DRŽAVA: VELIKA BRITANIJA

Zadnja posodobitev: 19.08.2016
Sestavljeno iz izvornega dokumenta .

Nacionalne kvantitativne meje

Status priporočila EU: Uporabljeno kot del novega NRPB nasveta 2004.					
Organizacija: Nacionalni odbor pred sevanji (NRPB) (kasneje je postal Agencija za varovanje zdravja).					
Dokument: "Nasvet o omejevanju izpostavljenosti elektromagnetnim sevanjem (0 – 300 GHz)" dokumenti iz NRPB vol 15 no 2 2004. Sprejeto "v smislu Priporočila EU" z vladnim dopisom NRPB dne 22. julija 2004. Dodatne podrobnosti v »Code of Practise«, februar 2011.					
Frekvenca: 0 – 300 GHz.					
Status: Vladna politika, brez neposredne pravne podlage. Toda splošna pravna dolžnost za varno delovanje (Zakon o zdravju in varnosti pri delu 1974) se razlaga v smislu izpolnjevanja teh smernic. Skladnost s smernicami je napisana v postopkih za pridobitev soglasja za nove visokonapetostne vode.					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Splošno izpostavljena populacija, čas izpostavljenosti je znaten ²	Osnovna omejitev	J	Osrednji živčni sistem	2 mAm ⁻²	Povprečje v prečnem preseku 1 cm ²
	Referenčna raven	E		5 kVm ⁻¹	
		B		100 μT	
		Kontaktni tok		0,5 mA	
		Razelektiritve, ki so posledica površinskega naboja		Naj bi se jim izogibali	

²Vladna politika v obliki pisne ministrske izjave z dne 16. oktobra 2009 navaja: "...Vlada Združenega kraljestva meni, da območja, kjer so ljudje poljem izpostavljeni daljša časovna obdobja, upravičeno štejejo kot stanovanjske posesti in kot posesti, kjer ljudje prebijejo znaten delež svojega časa."(točka 42).

Agencija za varovanje zdravja svetuje, da je treba osnovne omejitve sprejeti kot ustrezne naslednjim vrednostim enotne izpostavljenosti celotnega telesa:

	Magnetno polje	Električno polje
Splošna izpostavljenost	360 μT	9 kVm ⁻¹

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2017.

Organizacija: Izvršni organ za zdravje in varnost.					
Dokument: Predpisi za nadzor elektromagnetnih polj pri delu 2016 *					
Frekvence: 0 – 300 GHz.					
Status: pravno zavezujoč					
Velja za:	Vrsta omejevanja	Veličina	Del telesa	Vrednost	Komentar
Poklicno izpostavljeni	Mejna vrednost senzoričnih učinkov izpostavljenosti	Električno polje (in-situ)	Centralni živčni sistem (izključuje hrbtenjačo)	140 mV/m (peak) ≈ 100 mV/m (rms)	
	Nizka akcijska vrednost	E		10 kV ^m ⁻¹	
		B		1 mT	
	Mejna vrednost zdravstvenih učinkov izpostavljenosti	Električno polje (in-situ)	Periferni živčni sistem	1,1 V/m (peak) ≈ 800 mV/m (rms)	
	Visoka akcijska vrednost	E		20 kV ^m ⁻¹	
		B		6 mT	
Akcijnska vrednost	Kontaktni tok	okončine	18 mT		
				1 mA	

* Na Severnem Irskem so sprejete iste omejitve s Predpisi za nadzor elektromagnetnih polj pri delu (Severna Irsko) 2016 (S.R. 2016 No. 266)

Regionalni ali lokalni ukrepi

Nacionalni nekvantitativni ukrepi:

Vladna politika je dne 16. oktobra 2009 kot previdnostni ukrep za zmanjšanje polj uvedla tudi fazno optimizacijo za električne vode: "Vlada ...panogo poziva, naj upošteva fazno optimizacijo nadzemnih vodov, kjer je to možno in razumno. Vlada ponuja sodelovanje z industrijo, da bi se to poskušalo predvideti v naprej. To lahko vključuje tudi razvoj prostovoljnega kodeksa za fazne razporeditve za napetosti 132 kV in več." "Optimalno fazno razporejanje pri visokonapetostnih dvosistemskih energetskih vodih - Prostovoljni kodeks ravnanja" je bil objavljen v 2011.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana, 2017.

PRILOGA 2

Program dela naloge

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

Program dela naloge po ponudbi:

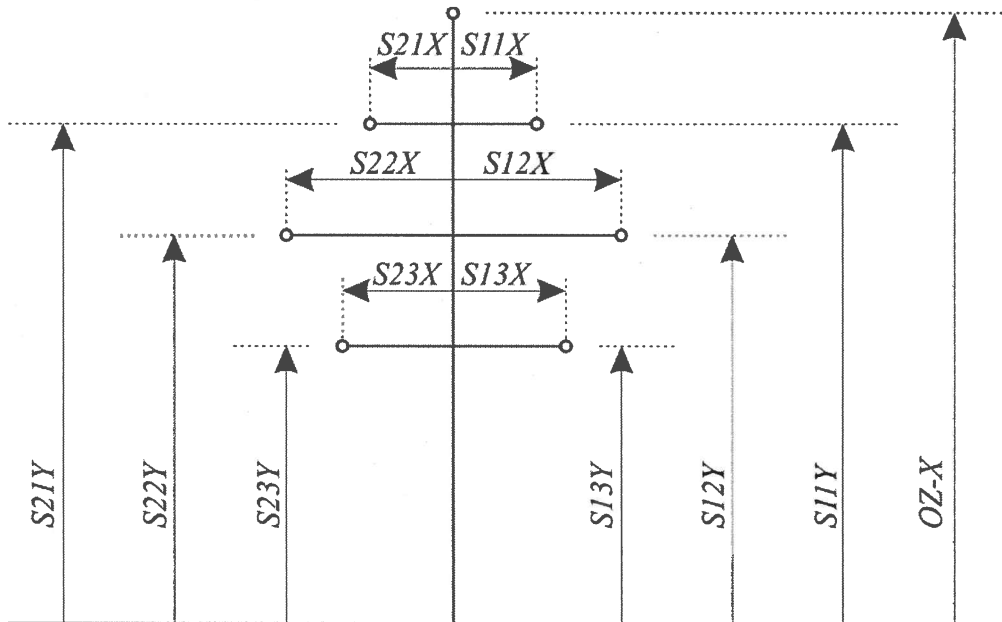
1. Določitev metodologije za oceno povprečnih tokovnih obremenitev DV (dnevno in letno).
2. Ocena povprečnih tokovnih obremenitev DV (dnevno in letno).
3. Pregled stebrov daljnovodov in določitev tipskih predstavnikov.
4. Ocena magnetnega polja za tipske predstavnike stebrov, za razpon povprečnih tokovnih obremenitev.
5. Ocena širine vplivnega območja za povprečno izpostavljenost okolja določenim mejnim vrednostim (0,4 μT , 0,8 μT in 1 μT).
6. Možnosti zmanjšanja širine vplivnega območja za povprečno izpostavljenost okolja določenim mejam.
7. Priporočila glede spremembe uredbe o EMS z vpogledom v prakso v Evropi.
8. Zaključki.

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

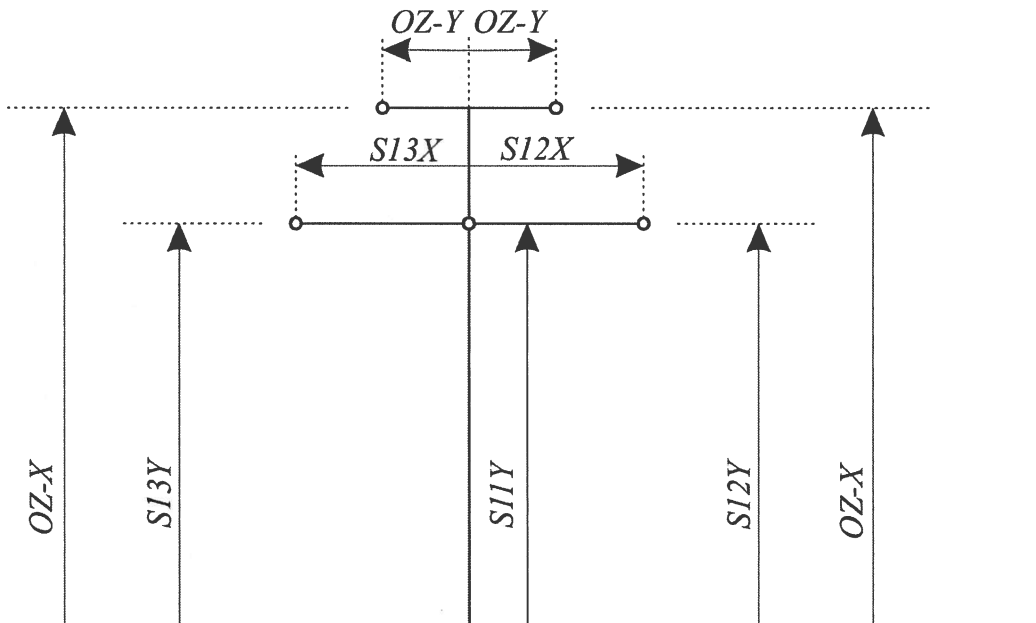
PRILOGA 3

Skice stebrov

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovodov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

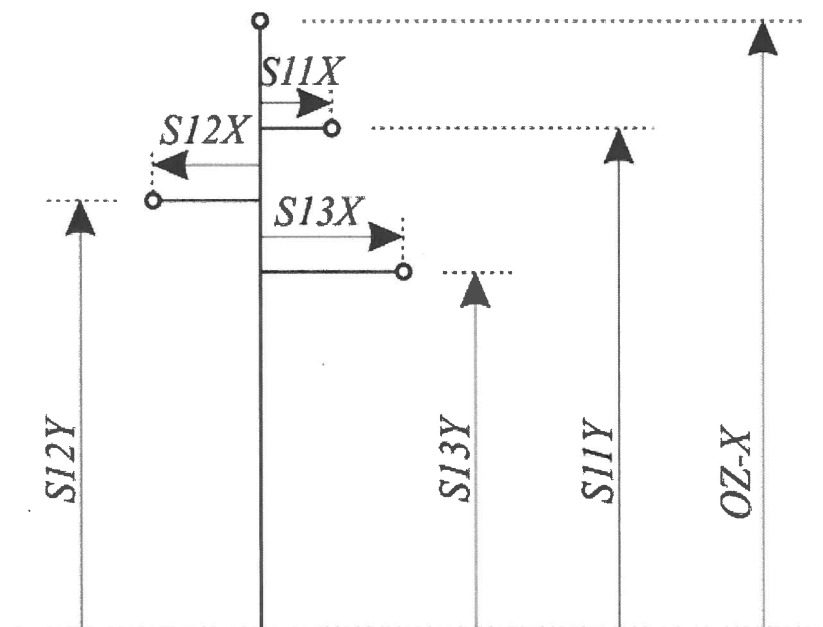


Slika 48: Geometrija stebrov 2 x Sod (DV 2 x 400 kV ZE 71, DV 2 x 220 kV 2212N 380, DV 2 x 110 kV 1212Nc 74).

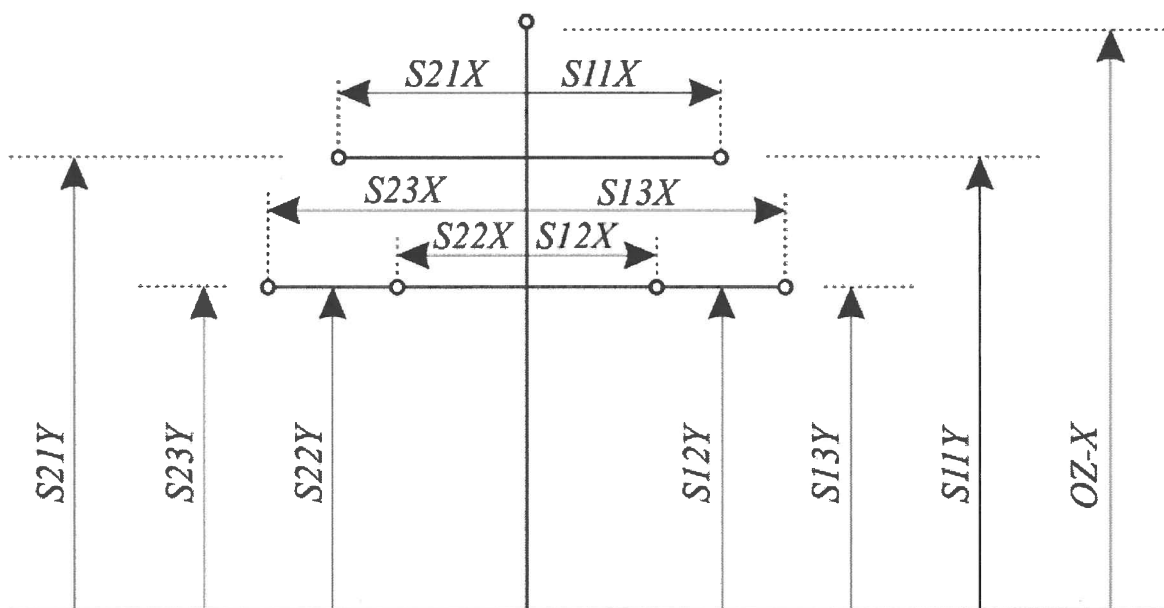


Slika 49: Geometrija stebrov 1 x Y in 1 x H (DV 400 kV 3122NE 5, DV 110 kV 1122No, DV 110 kV 1132N).

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.

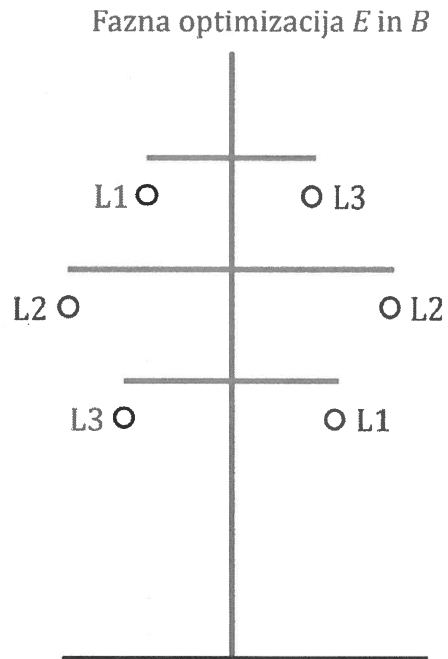


Slika 50: Geometrija stebrov 1 x Jelka (DV 220 kV 2112Nb 350, DV 110 kV 1112Nc 6).



Slika 51: Geometrija stebrov 2 x Donava (DV 2 x 110 kV 1222T).

B. Cestnik, K. Grabner, P. Hrobat, J. Nardin: Elaborat povprečne izpostavljenosti okolja EMS obstoječih daljnovidov za potrebe prehoda 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača. VENO 3551. Elektroinštitut Milan Vidmar. Ljubljana. 2017.



Slika 52: Optimalna fazna razporeditev za minimizacijo elektromagnetnega polja na dvosistemskem stebru.