

ELEKTROMAGNETNI VPLIVI

110 kV DALJNOVODA

OBČINA JESENICE

ODBOR ZA OKOLJE IN PROSTOR

23. 3. 2011

ELEKTRIČNO POLJE

- **Bistvo elektrike:**
 - pozitivna in negativna elektrina
 - atom (atomos – nedeljiv), elektron, proton, molekula
 - snovi razdeljene v prevodnike in izolante (prevodniki na valenčni lupini manj kot 4 elektrone, izolatorji skoraj popolno lupino
 - primanjkljaj elektronov povzroči pozitiven naboj, presežek elektronov pa negativen naboj
 - električni tok (prosti elektroni, ioni, kationi, anioni, ionizacija, energija)
 - vsak večji električni naboj je sestavljen iz celoštevilskega mnogokratnika osnovnega naboja:

Q...električni naboj [As=C] - točkovni Q, premi q C/m

N...število asnovnih nabojev

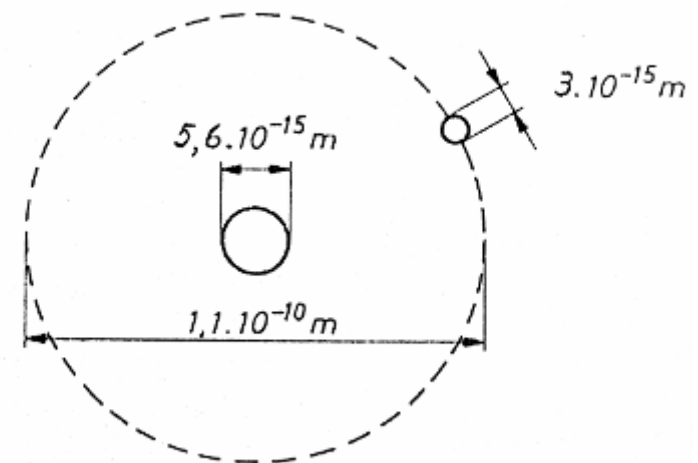
e...osnovni naboj = $1.6 \cdot 10^{-19}$ As ,

Električno polje je prostor, kjer na elektrine delujejo sile. Ko je vzrok pojava stalen, govorimo o elektrostatičnem polju.

Bohrov atomski model

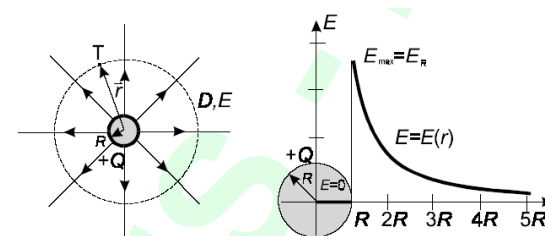
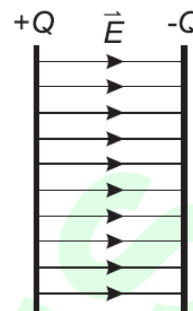
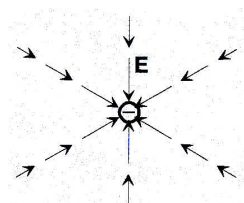
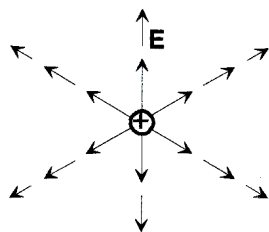
Jedro s protoni in lupine z elektroni (2, 8, 28, 32)

Nepopolne lupine s šibkejšimi povezavami, valenčni elektroni povezani najšibkeje

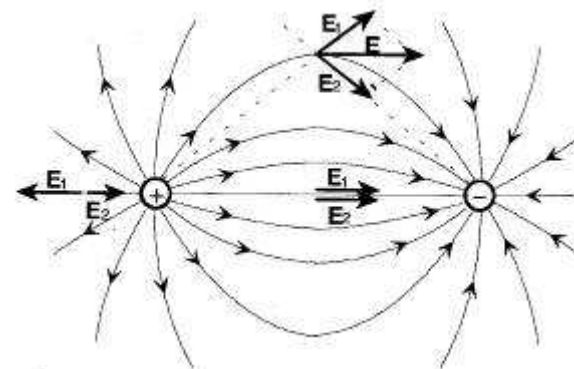
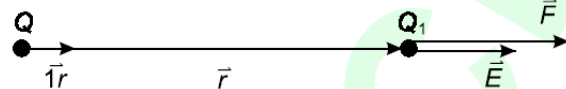


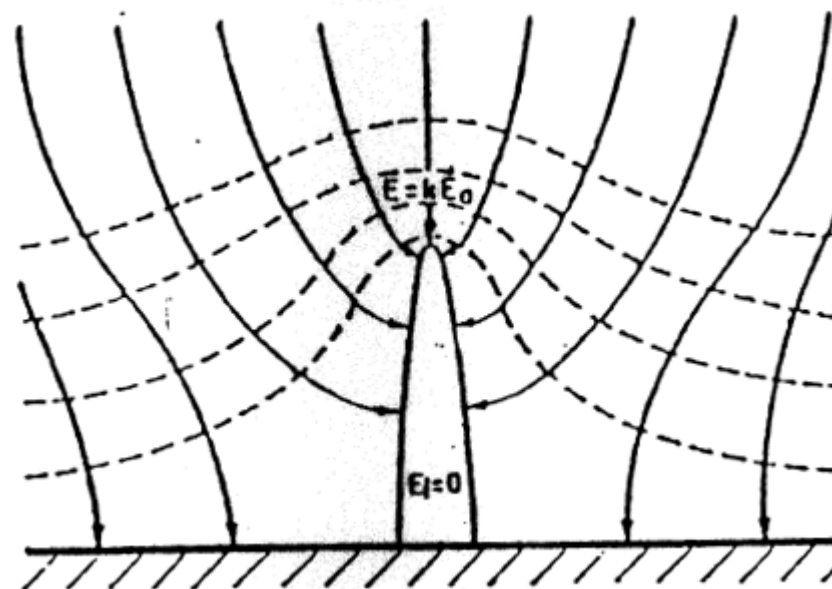
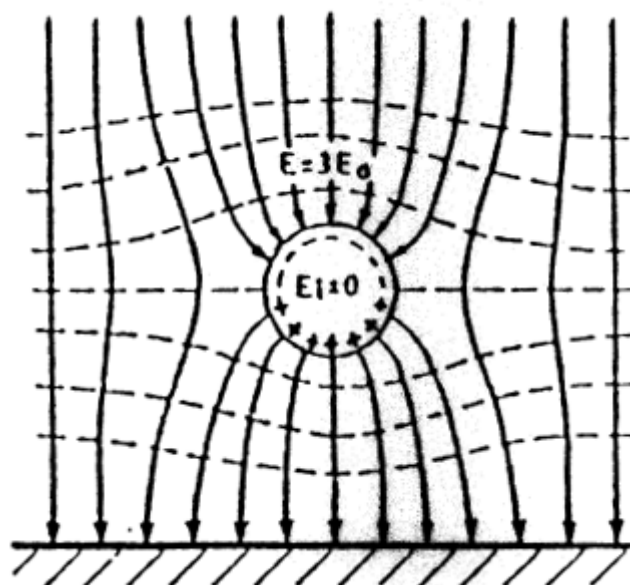
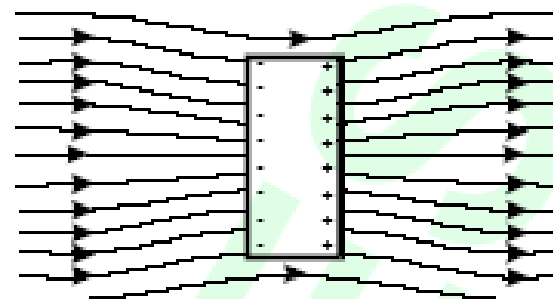
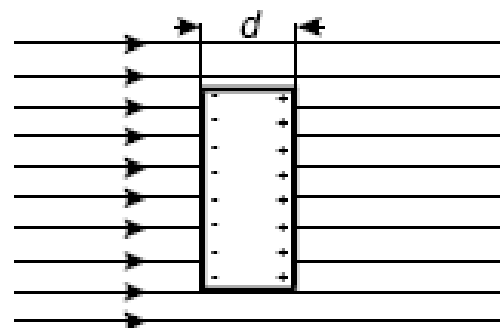
ELEKTRIČNO POLJE IN ELEKTRIČNA POLJSKA JAKOST (E)

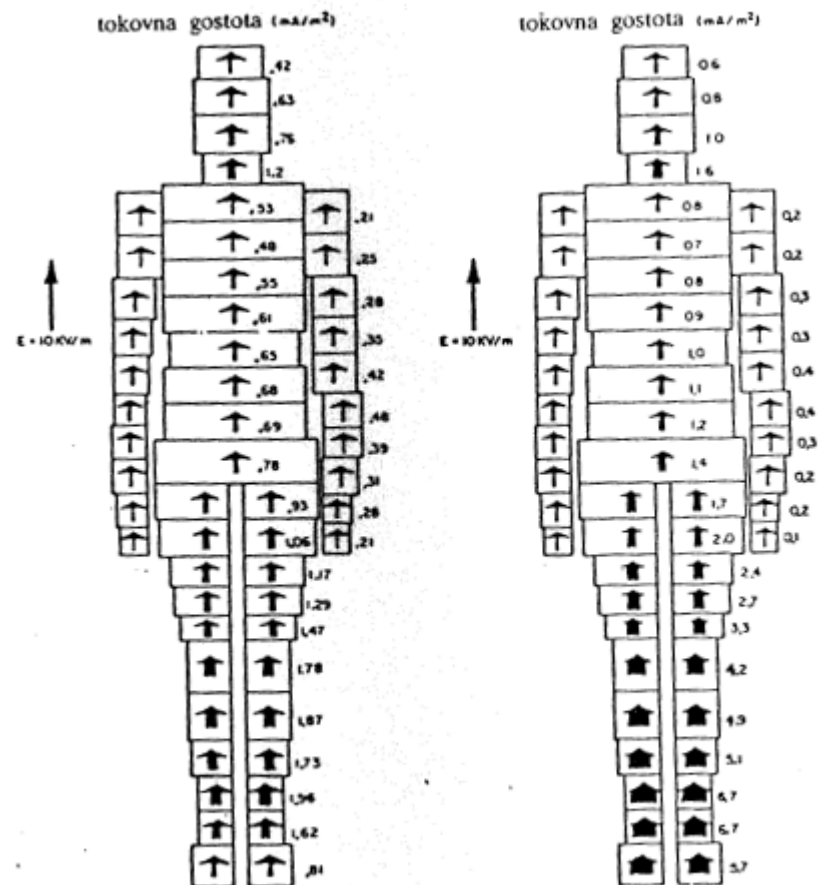
- Električno napeto stanje prostora, ki ga povzroči elektrina
- Nastanek sile F , če v tak prostor prinesemo dodatno elektrino
- Odvisnost F od predznaka elektrine !



$$\vec{F} = \vec{E}Q_0 \text{ N}$$







IZRAČUN INFLUENCIRANIH TOKOV ZA IZMENIČNE E (mA/m²)

Rezultati medicinskih raziskav vpliva električnih polj 50 Hz

- Zaključki medicinskih raziskav so kontradiktorni, biološki efekti so objektivno težko dokazljivi
- Meja percepcije pri ljudeh je različna
- Raziskave na ljudeh in zaključki novejših s stališča statističnih kriterijev zanesljivejših študij so, da pri jakostih električnih polj, ki se v običajni praksi pojavljajo v okolju ali na delovnih mestih ni signifikantnih učinkov na zdravstveno stanje
- Dobro so raziskani le biološki učinki relativno visokih tokovih gostot v telesu
- Laboratorijske raziskave na prostovoljcih, ki so bili za kratek čas izpostavljeni 20 kV/m v splošnem niso pokazale nobenih signifikantnih efektov.

(Vir: Raziskave vplivov elektromagnetnih polj daljnovodov na ljudi in okolico, Referat 1167EIMV, Ljubljana. 1994)

ZAHTEV PREDPISOV

- SLO predpisov, ki bi regulirali vprašanje mejnih vrednosti za E, kjer ni pričakovati negativnih učinkov ni
- Mednarodno združenje za zaščito pred sevanjem (IRPA – International Radiation Protection Association), Mednarodni komite za neionizirajoča sevanja (INIRC – International Non – Ionizing Radiation Committee postavlja dopustne višine električne poljske jakosti nemotenega električnega polja:

KATEGORIJA POPULACIJE	ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (URE)	DOPUSTNA E0 (kV/m)
Zaposleni	Polni delovni čas $T \leq 80/E0$ $t \geq 2.75$	10 10 do 30 30
Splošna populacija	Do 24 ur Nekaj ur dnevno Nekaj minut dnevno	5 10 >10

DRŽAVA INSTITUCIJA	POPULACIJA	DOPUSTNA E0 (kV/m)
NEMČIJA Veljavni standard (1989) osnutek novega standarda (1990)	Splošna populacija Poklicno izpostavljeni	10 5 20
AVSTRIJA Predlog novega standarda	Splošna populacija Poklicno izpostavljeni	10 20
VELIKA BRITANIJA	Splošna populacija	10
SOVJETSKA ZVEZA	Splošna populacija Poklicno izpostavljeni	1 5
WHO PRIPOROČILA		10

Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju Ur. L. RS št.:70/1996, 41/2004

Naprave, ki pri svojem obratovanju povzročajo elektromagnetno polje, obravnava Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju Ur. L. RS št.:70/1996, 41/2004 (v nadaljevanju Uredba). Ta Uredba določa v zvezi z elektromagnetnim sevanjem v okolju mejne vrednosti veličin elektromagnetnega sevanja polja, stopnje varstva pred sevanjem v posameznih območjih naravnega in življenjskega okolja, način določanja in vrednotenja obremenitve okolja zaradi sevanja in ukrepe za zmanjševanje in preprečevanje čezmerne sevanja.

Glede na občutljivost posameznega območja naravnega ali življenjskega okolja za učinke elektromagnetnega polja sta določeni sta dve stopnji varstva pred sevanjem in sicer I. in II. stopnja.

I. stopnja varstva pred sevanjem velja za I. območje, ki potrebuje povečano stopnjo varstva med sevanjem, mednje pa spadajo tudi čista stanovanjska območja. II. stopnja, ki velja za II. območje pa velja zlasti za območja brez stanovanj.

Mejne efektivne vrednosti električne poljske jakosti in magnetnega polja kot posledico obratovanja nizkofrekvenčnih virov sevanja so za I. in II. območje določene v Tabeli 1.

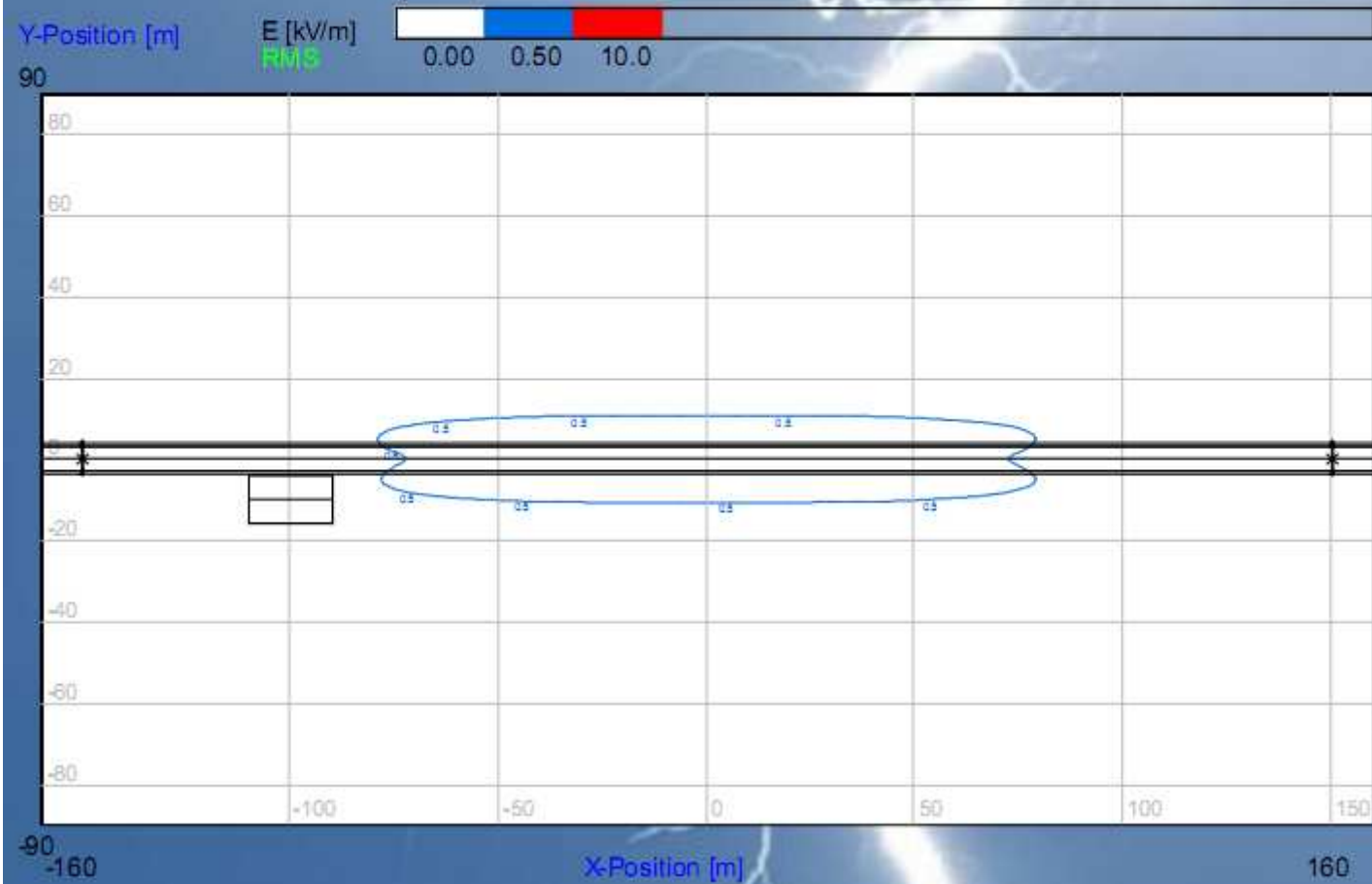
	Mejne efektivne vrednosti	
	I. območje – za nove in rekonstruirane vire sevanja	II. območje – za nove in rekonstruirane vire sevanja in I. in II. območje za obstoječe vire sevanja
Električno polje (E)	0.5 kV/m	10 kV/m
Magnetno polje (B)	10,0 µT	100,0 µT



TIPIČNA RAZPOREDITEV ELEKTRIČNEGA IN MAGNETNEGA
POLJA PREČNO NA DALJNOVOD



električno polje



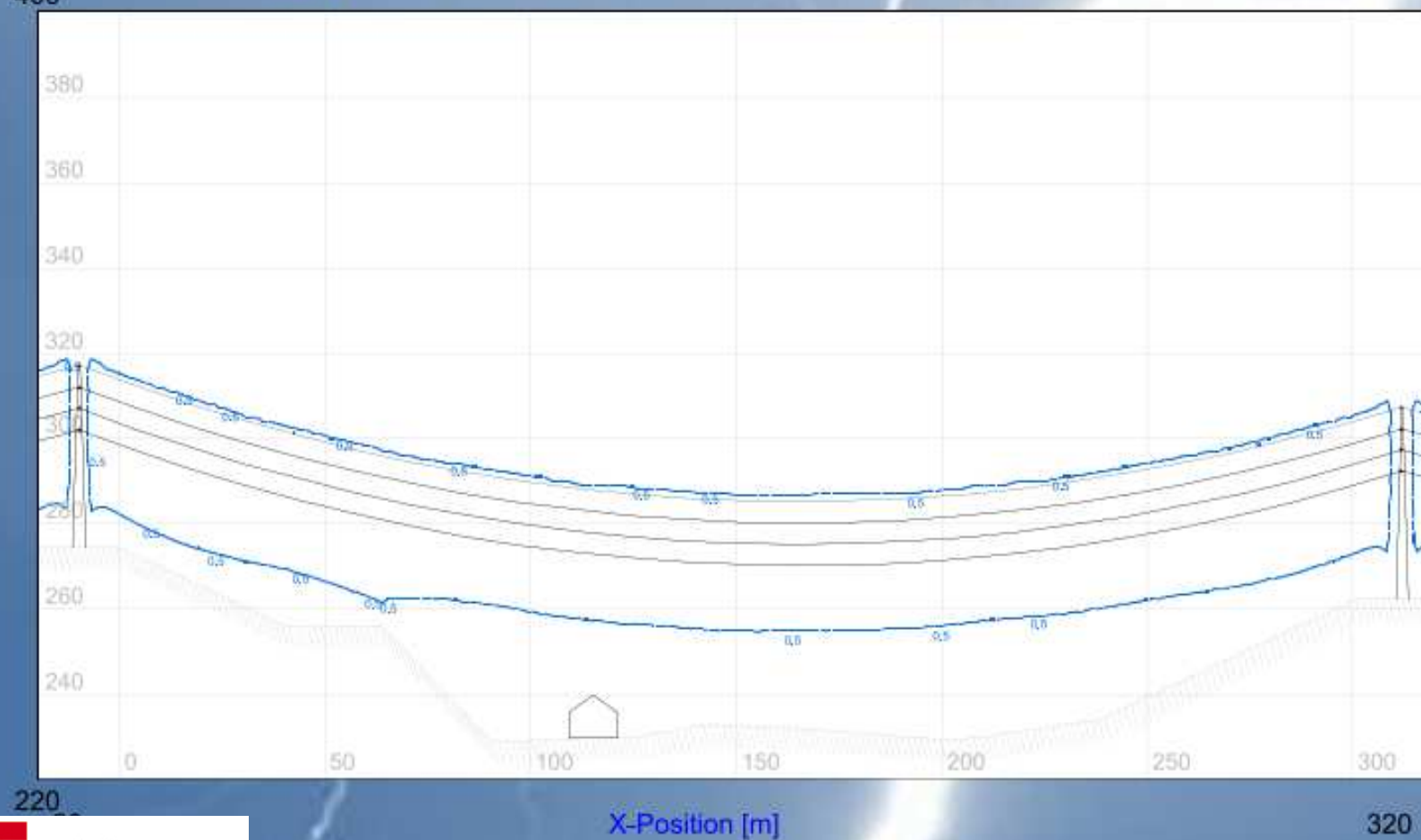
električno polje

Z-Position [m]

E [kV/m]

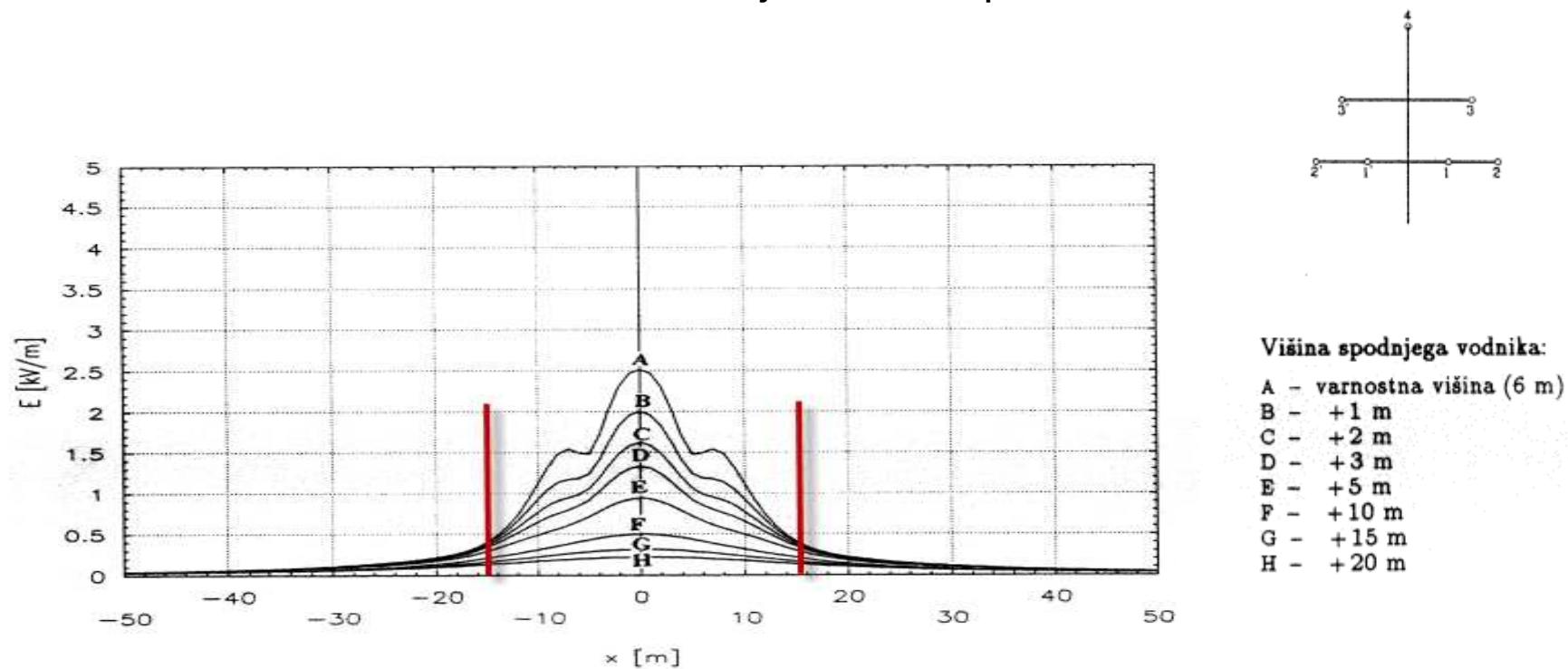
0.00 0.50

400

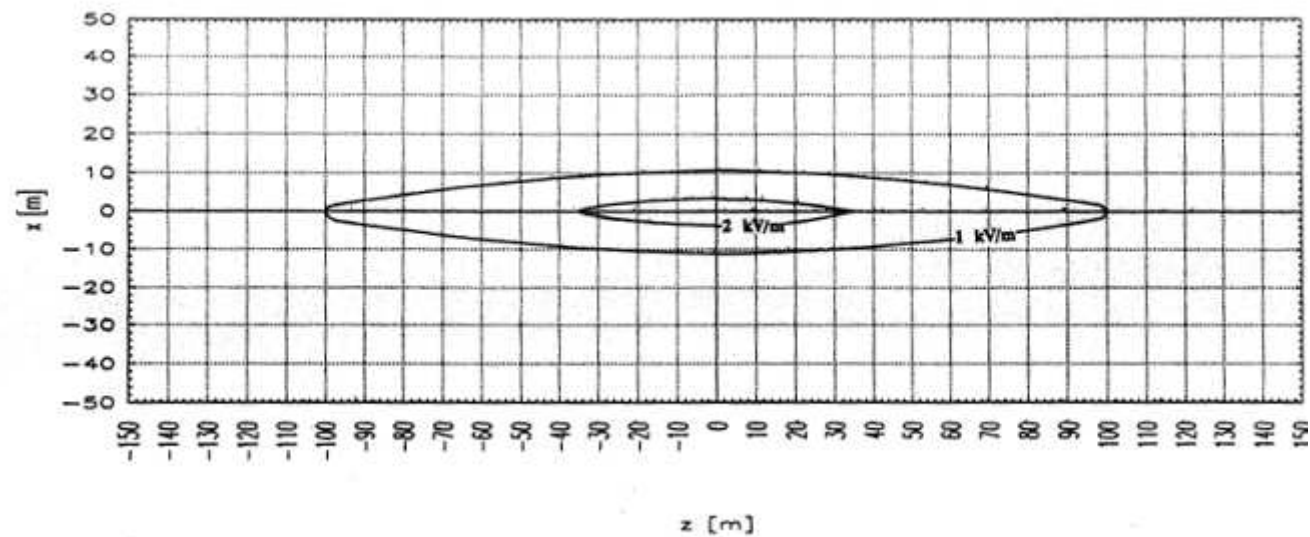


elektro
gorenjska

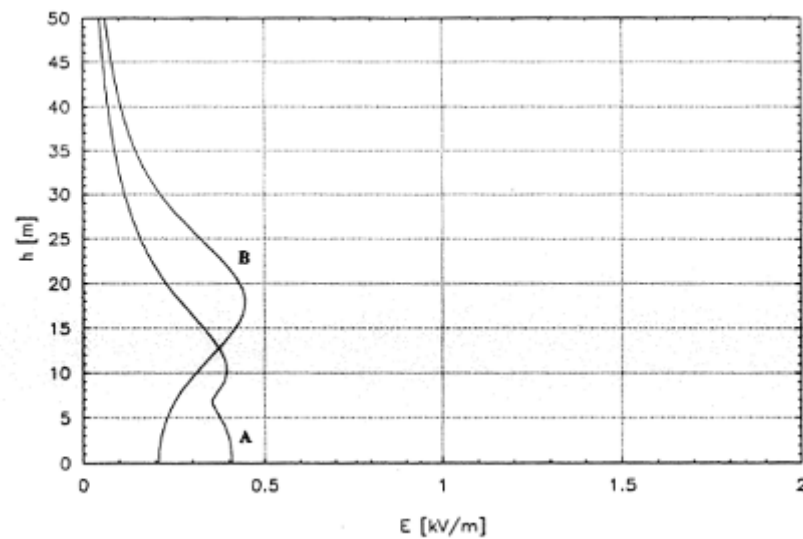
ELEKTRIČNO POLJE 110 kV daljnovoda – tip DONAVA



Slika E-10. DV 110 kV tipa donau. Porazdelitev E na referenčni ravnini prečno na daljnovod v odvisnosti od višine spodnjega vodnika od tal



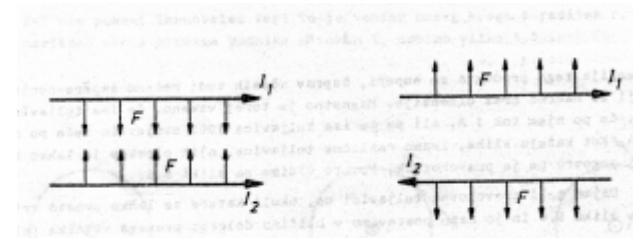
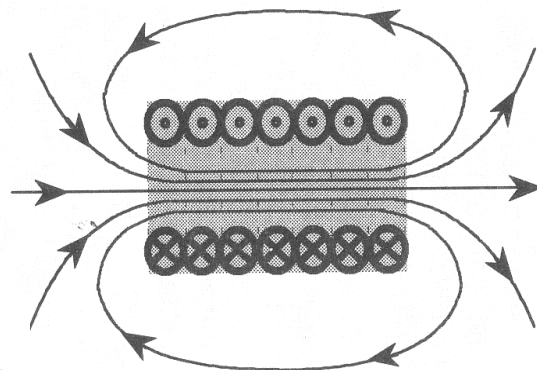
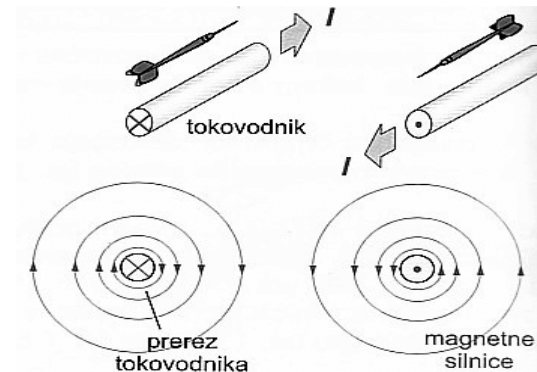
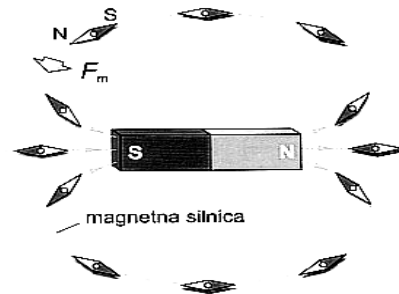
Krivulje enake E na referenčni ravnini pri minimalni varnostni višini vodnika 6m



MAGNETNO POLJE

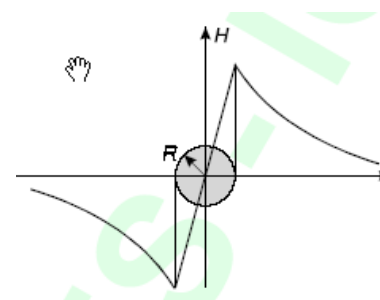
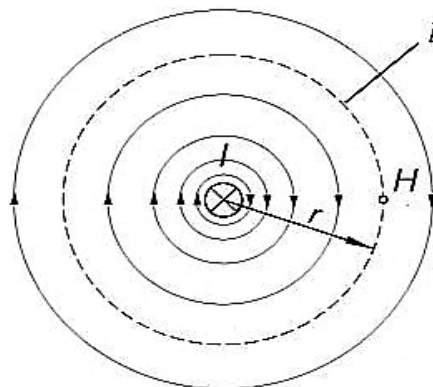
MAGNETNO POLJE IN MAGNETNA POLJSKA JAKOST B (T)

- Poznavanje magnetizma, železna ruda magnetit (Mala Azija, Magnezija)
- Feromagnetizem (možnost ohranjanja magnetnih lastnosti) za Fe, Co, Ni
- Magnetna igla, magnetna pola, magnetne silnice
- Poskusi Oersteda, vpliv toka na magnetno iglo
- Diamagnetiki, paramagnetiki, feromagnetiki



$$H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

H... mag. poljska jakost okrog dolgega
ravnega vodnika [A /m]
I... eltok v vodniku [A]
r... oddaljenost od vodnika [m]



- magnetni pretok Φ , ki je sorazmeren s številom silnic, ki gre skozi enoto površine
- gostota magnetnega pretoka B

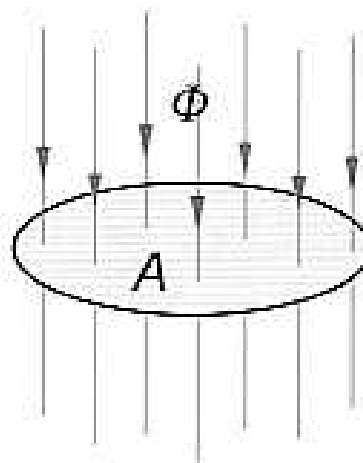
$$\Phi = \int B \cdot dA \quad \text{in za homogeno polje:}$$

$$|\Phi = B \cdot A| \quad [Vs = Wb = \text{Weber}]$$

Φ ... magnetni pretok [Vs]

B... gostota magnetnega pretoka [Vs/m² = T]

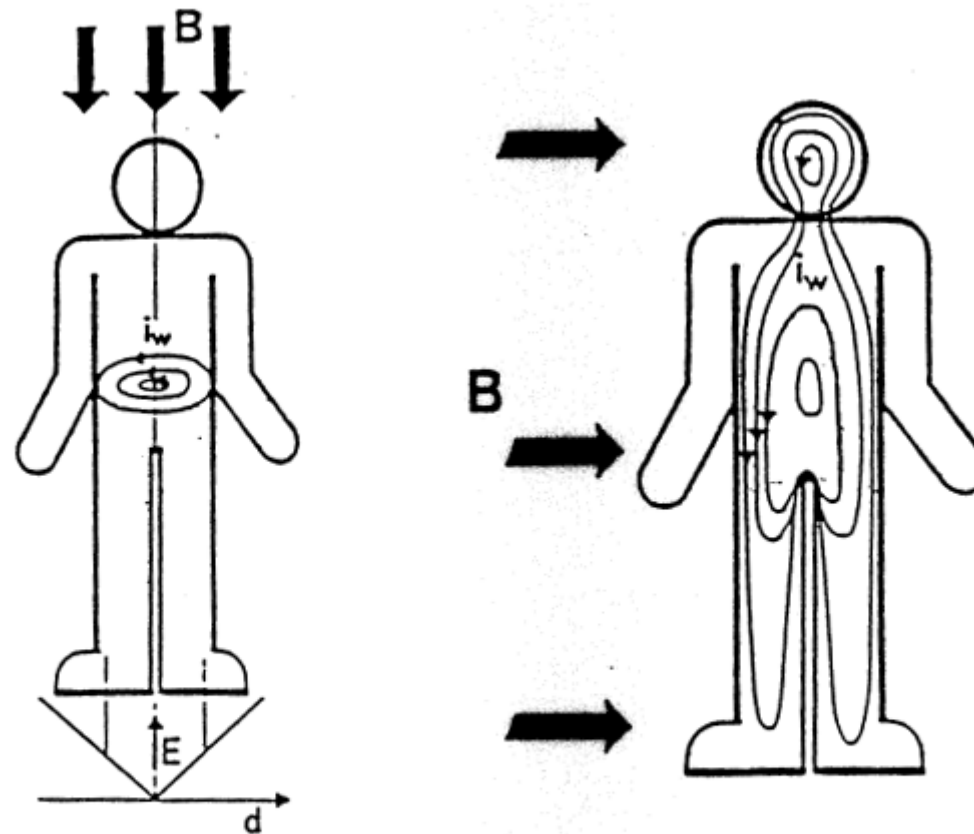
A... površina [m²]



$$B = \frac{\Phi}{A}$$

$$B = \mu_0 \cdot H \quad [Vs/Am \cdot A/m = Vs/m^2 = T = \text{Tesla}]$$

Induciranje napetosti in nastanek vrtilčnih tokov v človeškem telesu



Poti vrtilčnih tokov, ki jih inducira izmenično magnetno polje v človeku

ZAHTEV PREDPISOV

- SLO predpisov, ki bi regulirali vprašanje mejnih vrednosti za B, kjer ni pričakovati negativnih učinkov ni
- Mednarodno združenje za zaščito pred sevanjem (IRPA – International Radiation Protection Association), Mednarodni komite za neionizirajoča sevanja (INIRC – International Non – Ionizing Radiation Committee postavlja dopustne višine električne poljske jakosti nemotenega električnega polja:

KATEGORIJA POPULACIJE	ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (URE)	DOPUSTNA B (μ T)
Zaposleni	Polni delovni čas Do 2 uri Do 2 uri za okončine	500 5000 25000
Splošna populacija	Do 24 ur Nekaj ur dnevno Nekaj minut dnevno	100 <1000 >1000

DRŽAVA INSTITUCIJA	POPULACIJA	DOPUSTNA B (μ T)
NEMČIJA Veljavni standard (1989) osnutek novega standarda (1990)	Splošna populacija Poklicno izpostavljeni	5000 100 5000
AVSTRIJA Predlog novega standarda	Splošna populacija Poklicno izpostavljeni	500 2000

Poznani biološki efekti magnetnih polj 50 Hz

- Pri prevodnosti človeškega tkiva 0.2 S/m in radiju zanke 0.1 m je možna ocena gostote magnetnega pretoka in induciranega toka
- Efekti induciranih tokovnih gostot:
 - $B > 2000000 \mu T$ – opazno segrevanje v telesu
 - $B > 500000 \mu T$ – fibrilacija srca
 - $50000 \mu T < B < 500000 \mu T$ – stimulacija električno vzdražljivih mišic, rizično za zdravje
 - $5000 \mu T < B < 50000 \mu T$ – efekti na vizualni in živčni sistem, občutek bliskov v očeh (bližina indukcijskih peči)
 - $1000 \mu T < B < 10000 \mu T$ – možni manjši biološki efekti
- Raziskave na ljudeh ne potrjujejo hipoteze o kancerogenem delovanju magnetnega polja in izpodbijajo možnost škodljivega delovanja magnetnih polj direktno na celično DNK
- Zaključki več obsežnih laboratorijskih raziskav, v katerih so bili prostovoljci po več ur izpostavljeni B gostote do $5000 \mu T$ (to je precej več kot se običajno pojavlja v okolju) ne nakazujejo nobenih evidentnih škodljivih bioloških efektov. Pri nekaterih testih so se pojavile manjše fiziološke spremembe pri srčnem utripu, toda vse v normalnem rangu variacij.

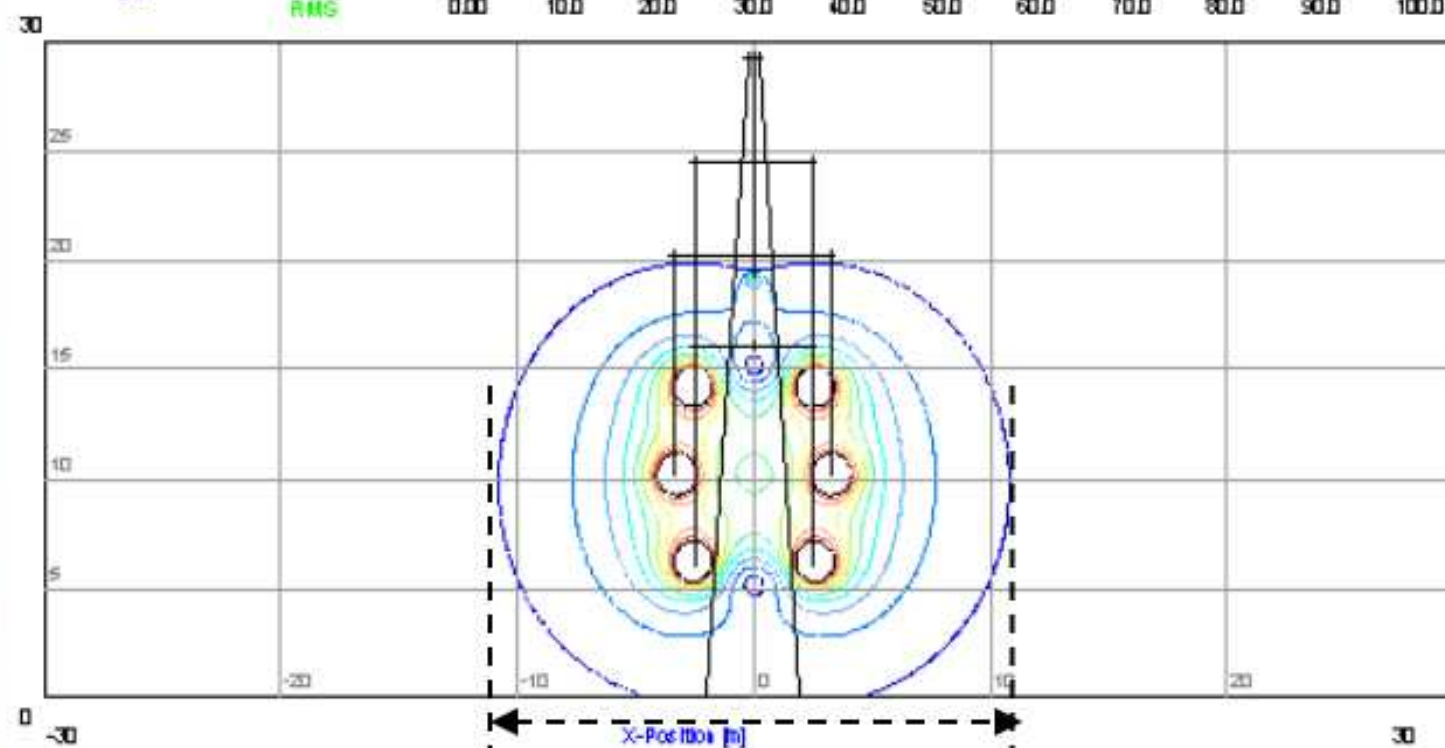
(Vir: Raziskave vplivov elektromagnetnih polj daljnovodov na ljudi in okolico, Referat 1167, EIMV Ljubljana. 1994)

magnetno polje

SOD 110 kV

Z-Pos [m]

B [T]
RMS



magnetno polje

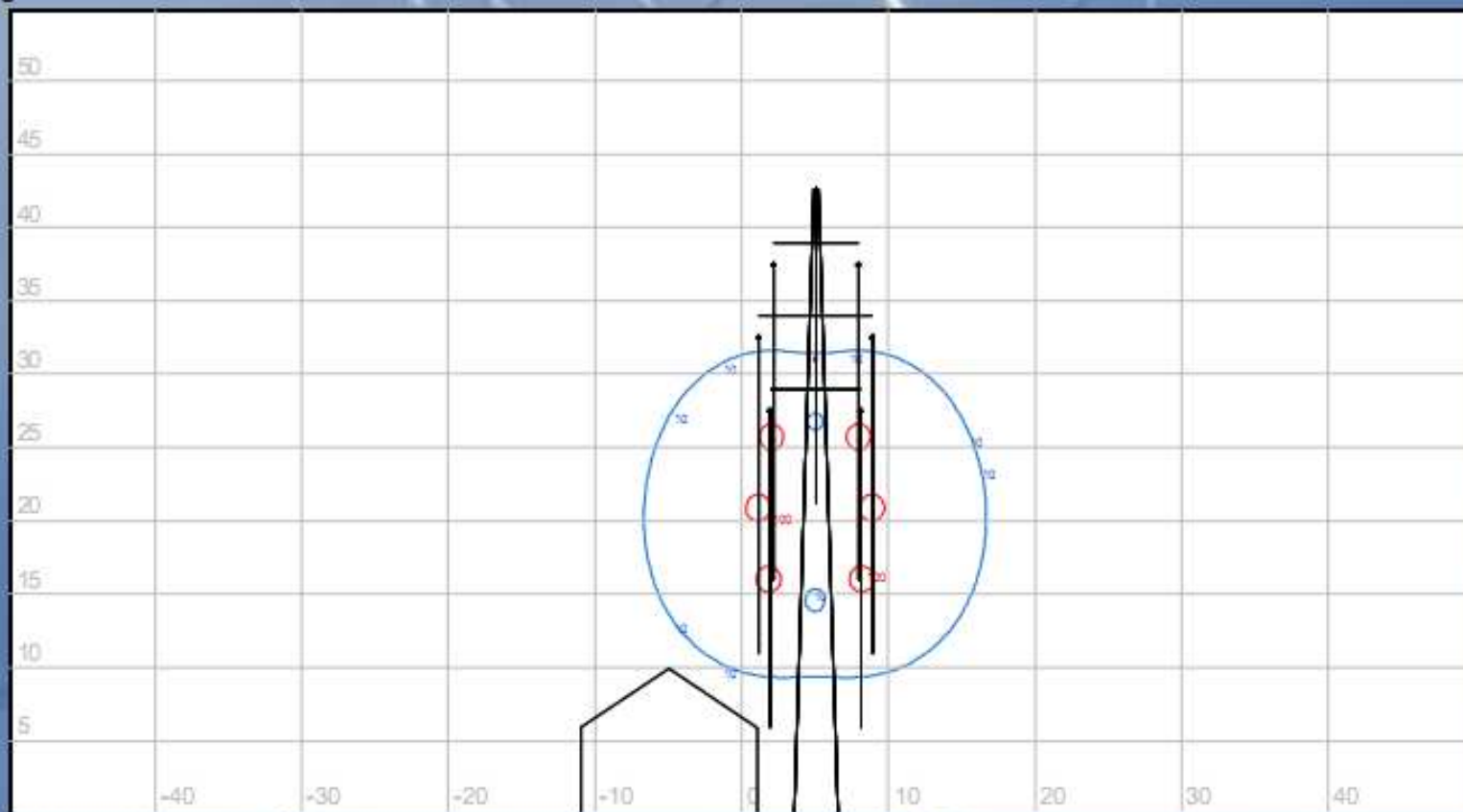
Z-Position [m]

B [uT]

ENE

0.00 10.0 100

55



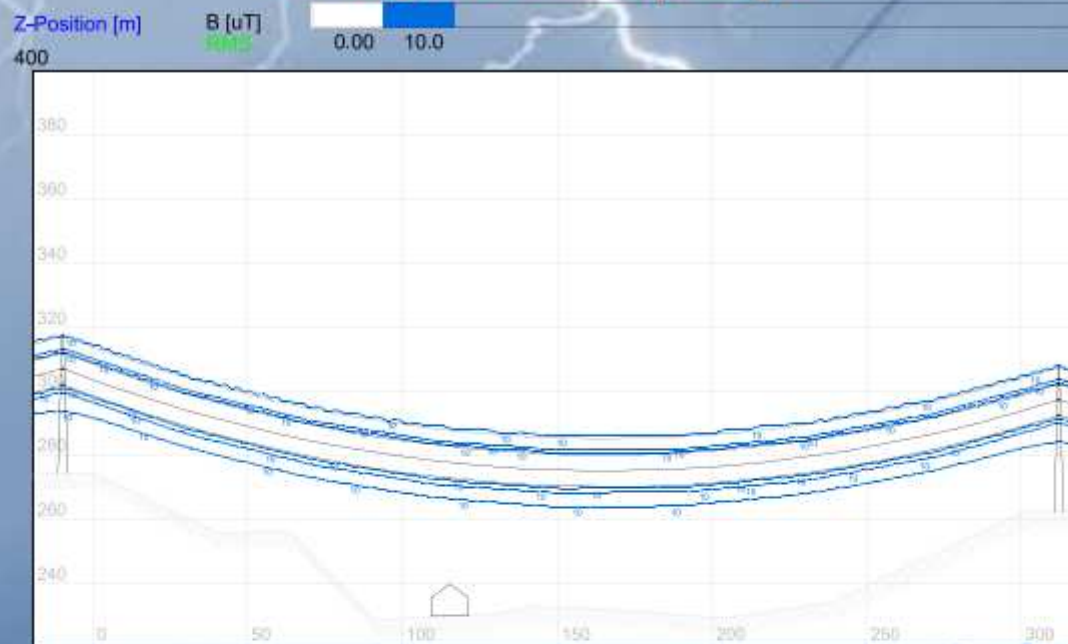
Y-Position [m]

50

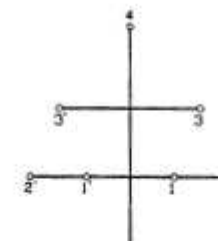
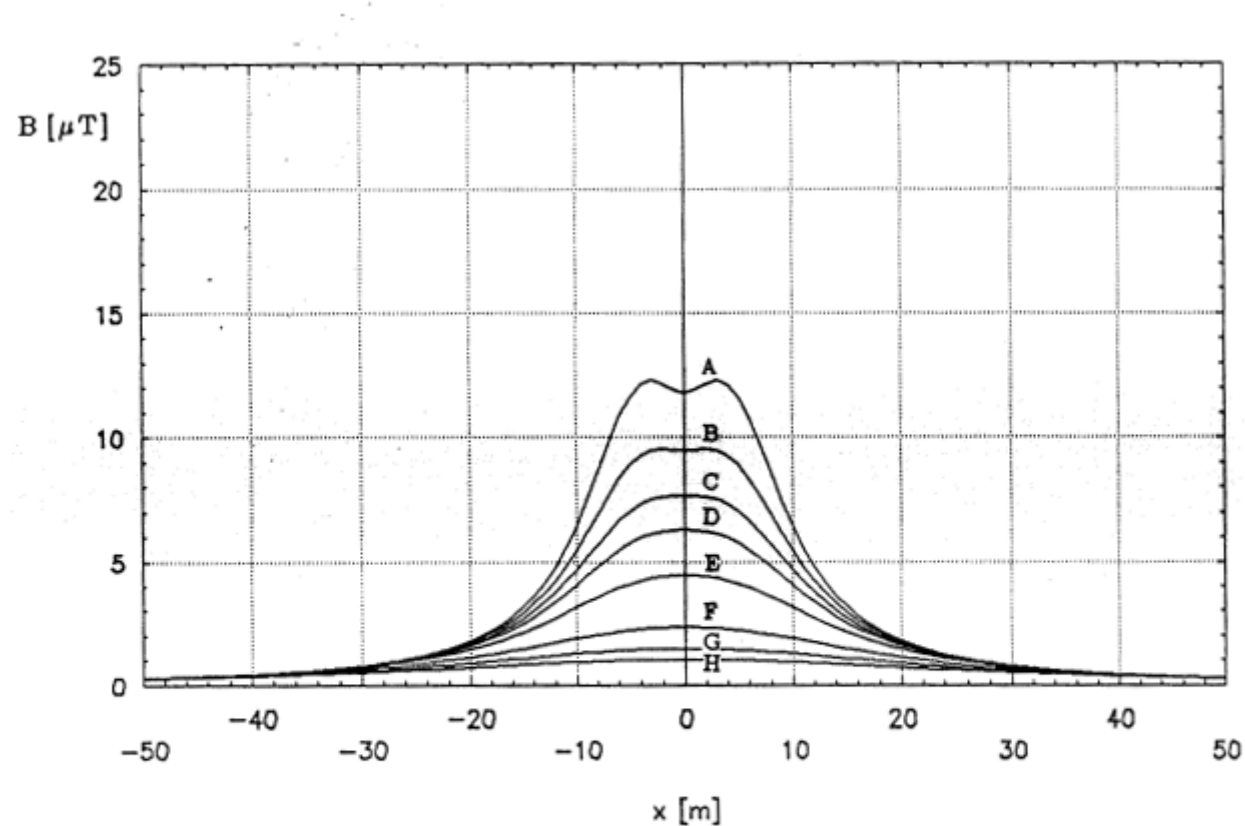


elektro
gorenjska

magnetno polje



MAGNETNO POLJE 110 kV daljnovoda – tip DONAVA



$$I_1 = 400 \text{ A}$$

Višina spodnjega vodnika:

A - varnostna višina (6 m)

B - +1 m

C - +2 m

D - +3 m

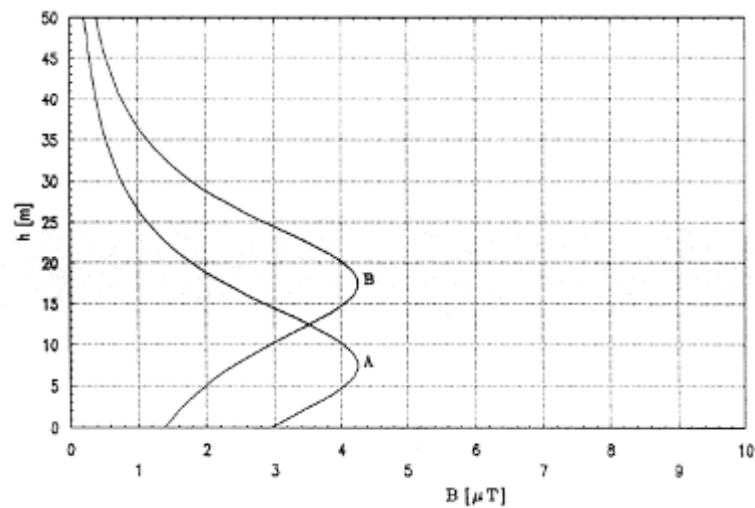
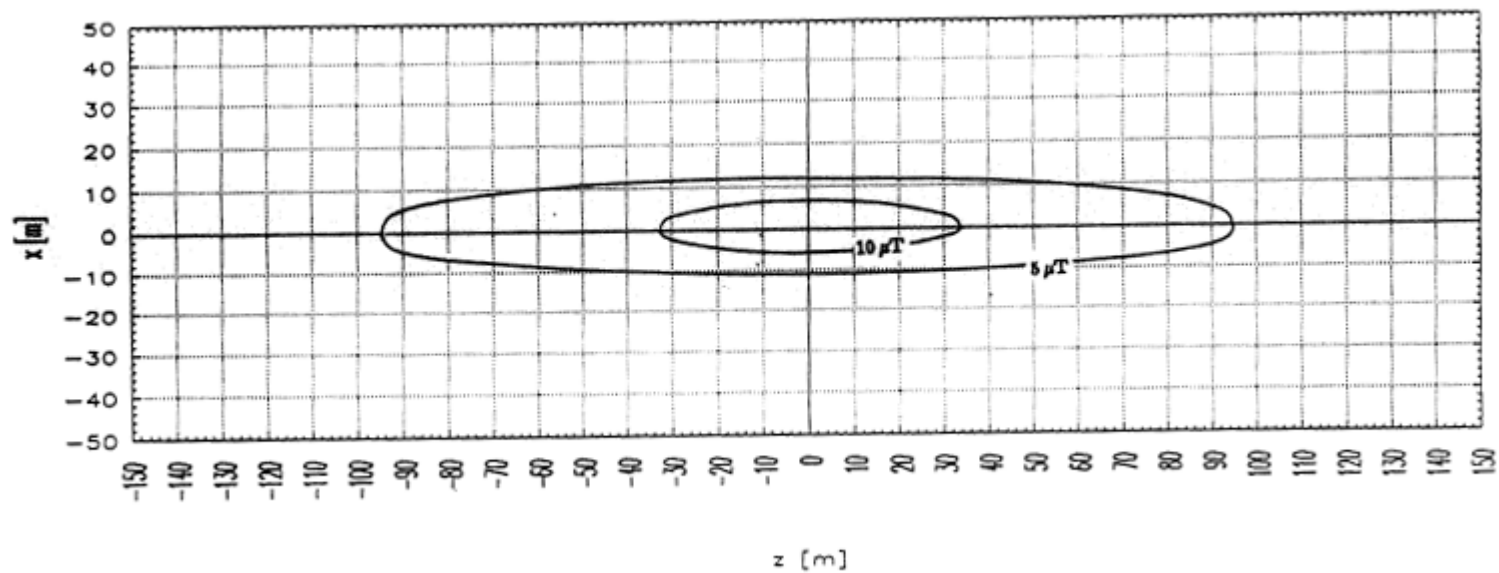
E - +5 m

F - +10 m

G - +15 m

H - +20 m

DV 110 kV tipa donau. Porazdelitev B na referenčni ravni
prečno na daljnovod v odvisnosti od višine spodnjega vodnika od tal





ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

INŠTITUT ZA ELEKTROGOSPODARSTVO IN ELEKTROINDUSTRIJO

Laboratorij OVENO

**POROČILO
O MERITVAH ELEKTRIČNEGA IN MAGNETNEGA POLJA
DV 2 x 110 kV MOSTE – JESENICE**

Poročilo: VENO – 1913/A

Ljubljana, 3. november 2005



Direktor:

prof. dr. Maks BABUDER, univ. dipl. inž. el.



ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR



1/23

Poročilo o meritvah električnega in magnetnega polja DV 2 x 110 kV Moste – Jesenice

Poročilo: VENO – 1913/A

Naslov: Poročilo o opravljenem obratovalnem monitoringu elektromagnetnega sevanja DV 2 x 110 kV Moste – Jesenice

Oznaka poročila: VENO – 1913/A

Naročilo: naročilnica št. 22313 z dne 29.6.2005

Delovni nalog: 205658

Naročnik: **ELEKTRO GORENJSKA,**
javno podjetje za distribucijo električne energije, d.d.
Ulica Mirka Vadnova 3 A, 4000 KRANJ

Odgovorni pri naročniku: Marjan JERELE, univ. dipl. inž. el.

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

Izdelal: Primož HROBAT, univ. dipl. inž. el.,
Igor BABIČ, dipl. inž. el.

Obseg poročila: 23 strani

Število izvodov: 6

Datum izdelave: 3. november 2005

Tehnični vodja laboratorija:

mag. Rudi VONČINA, univ. dipl. inž. el.

Vodja laboratorija:

Rado ISAKOVIČ, univ. dipl. inž. el.

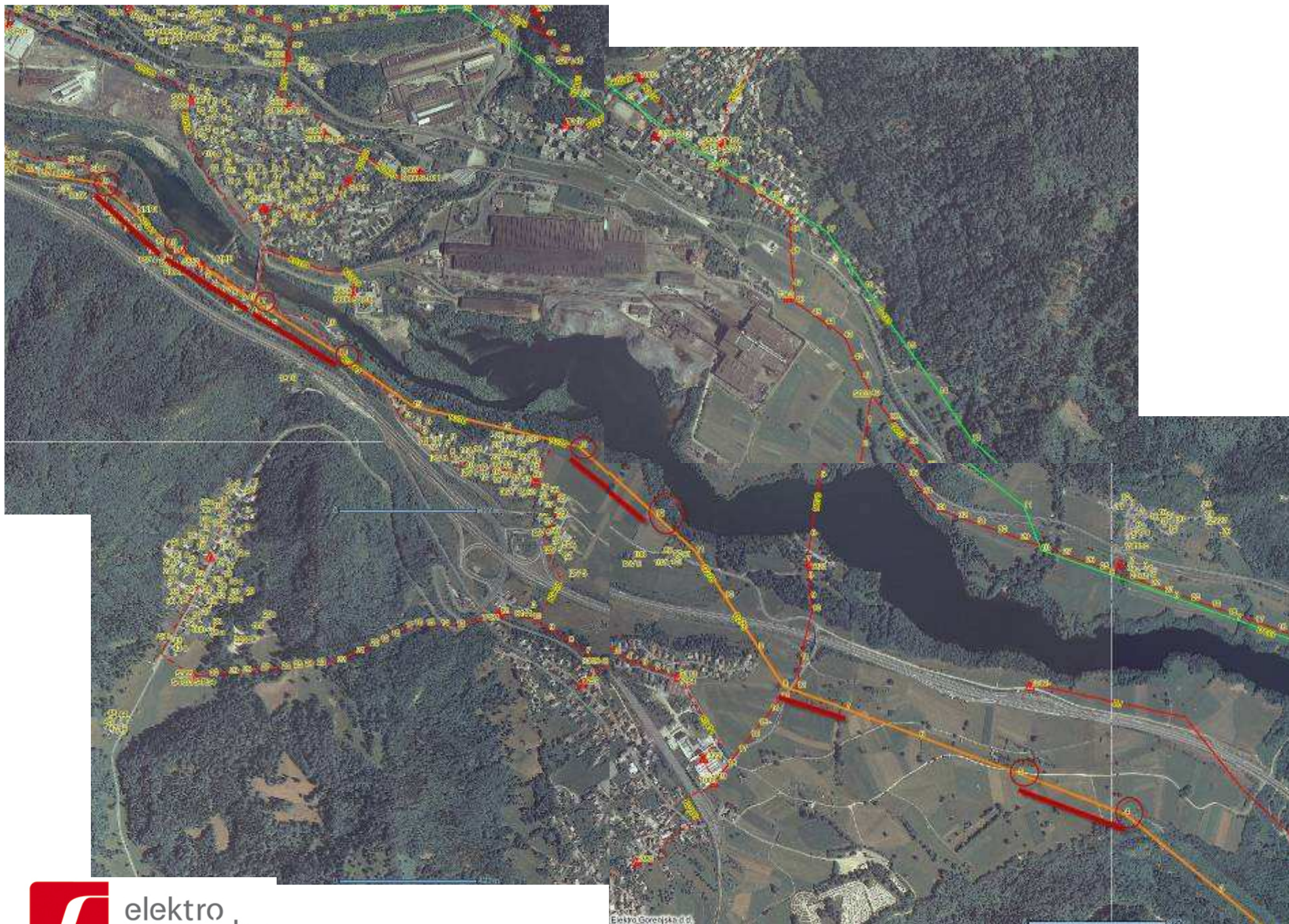


Tabela 1: Izmerjene efektivne vrednosti električne poljske jakosti (E) in gostote magnetnega pretoka (B) na področju prečnega profila v razpetini med SM4 in SM5

Merilna točka	Izmerjena vrednost E [V/m], $k=2$	Izmerjena vrednost B [μ T], $k=2$	Oddaljenost od osi daljnovoda gledano v smeri od HE Moste proti RTP Jesenice
1.	571 ± 34	$0,042 \pm 0,004$	20 m desno od osi DV (paralelni DV)
2.	572 ± 34	$0,059 \pm 0,012$	15 m desno od osi DV
3.	594 ± 36	$0,070 \pm 0,013$	14 m desno od osi DV
4.	672 ± 40	$0,109 \pm 0,014$	12 m desno od osi DV
5.	826 ± 50	$0,145 \pm 0,016$	10 m desno od osi DV
6.	1.206 ± 72	$0,213 \pm 0,019$	8 m desno od osi DV
7.	1.770 ± 106	$0,283 \pm 0,021$	6 m desno od osi DV
8.	2.324 ± 140	$0,377 \pm 0,025$	4 m desno od osi DV
9.	2.616 ± 157	$0,391 \pm 0,026$	2 m desno od osi DV
10.	2.735 ± 164	$0,428 \pm 0,027$	Os DV
11.	2.549 ± 153	$0,456 \pm 0,028$	2 m levo od osi DV
12.	2.034 ± 122	$0,510 \pm 0,030$	4 m levo od osi DV
13.	1.347 ± 81	$0,451 \pm 0,028$	6 m levo od osi DV
14.	778 ± 47	$0,467 \pm 0,029$	8 m levo od osi DV
15.	435 ± 26	$0,483 \pm 0,029$	10 m levo od osi DV
16.	334 ± 20	$0,408 \pm 0,026$	12 m levo od osi DV
17.	465 ± 28	$0,431 \pm 0,027$	14 m levo od osi DV
18.	582 ± 35	$0,726 \pm 0,039$	15 m levo od osi DV
19.	1.125 ± 68	$0,474 \pm 0,029$	20 m levo od osi DV

4.5 Merilni rezultati E in B

V tem delu so zaradi manjšega obsega podatkov podane samo najvišje izmerjene karakteristične vrednosti elektromagnetnega polja na posamezni lokaciji meritve, medtem ko so v tabelah priloge 2 podani vsi merilni rezultati električnega in magnetnega polja.

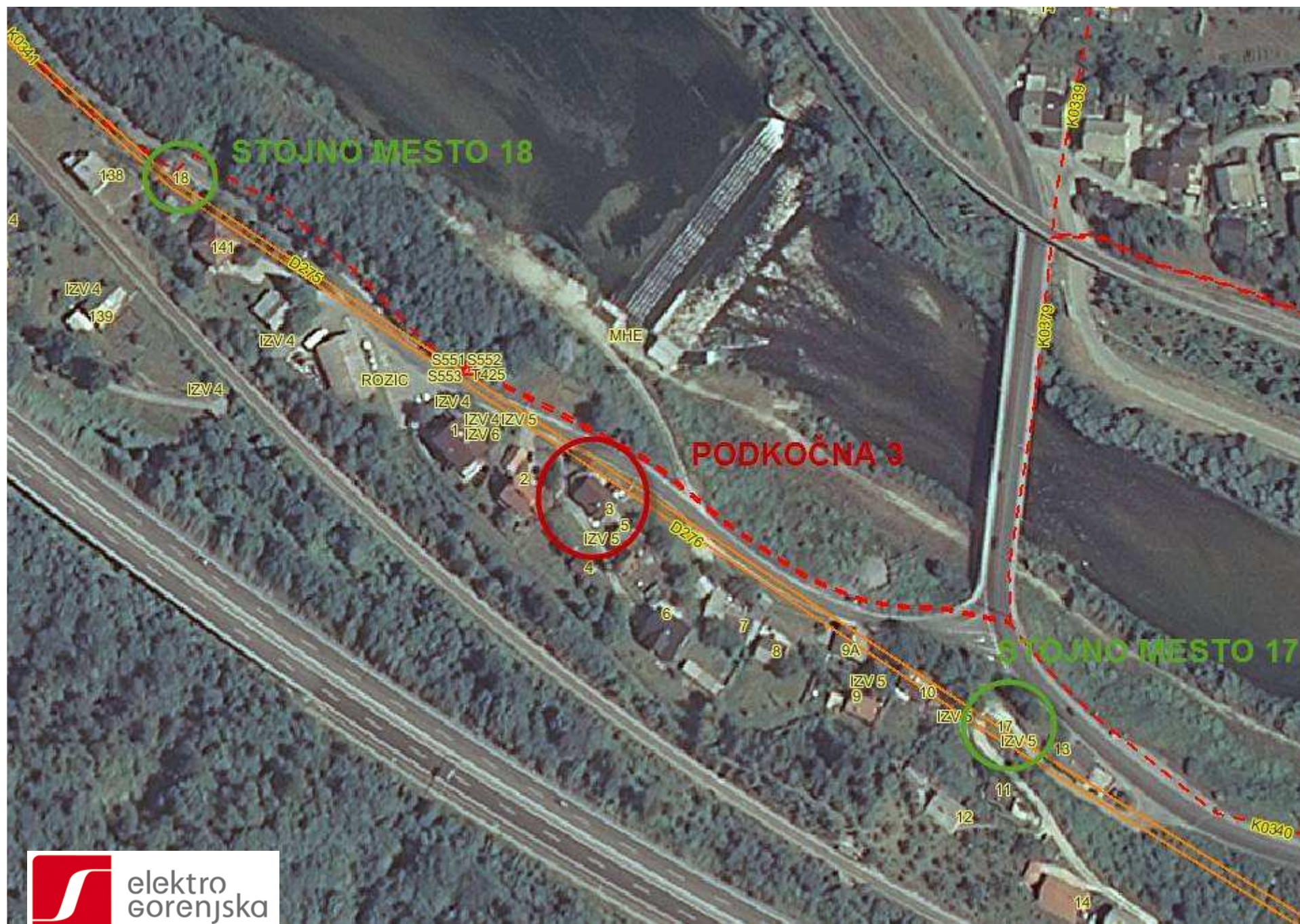
Tabela 3: Najvišje izmerjene efektivne vrednosti električne poljske jakosti (E)

Zap. št.	Lokacija prečnega profila	Najvišja izmerjena efektivna vrednost električne poljske jakosti (E) [V/m], $k = 2$	Merilna točka z največjo izmerjeno vrednostjo
1.	razpetina med SM4 in SM5	2.735 ± 164	Merilna točka 10.
2.	razpetina med SM7 in SM8	1.247 ± 75	Merilna točka 1.
3.	razpetina med SM12 in SM13	1.034 ± 62	Merilna točka 10.
4.	razpetina med SM16 in SM17	660 ± 40	Merilna točka 8.
5.	razpetina med SM18 in SM19	506 ± 30	Merilna točka 9.

Merilni rezultati največjih izmerjenih efektivnih vrednosti gostote magnetnega pretoka (B) na posameznih lokacijah so podani v tabeli 4.

Tabela 4: Najvišje izmerjene efektivne vrednosti gostote magnetnega pretoka (B)

Zap. št.	Lokacija prečnega profila	Najvišja izmerjena efektivna vrednost gostote magnetnega pretoka (B) [μT], $k=2$	Merilna točka z največjo izmerjeno vrednostjo
1.	razpetina med SM4 in SM5	$0,726 \pm 0,039$	Merilna točka 18.
2.	razpetina med SM7 in SM8	$0,327 \pm 0,023$	Merilni točki 18 in 19.
3.	razpetina med SM12 in SM13	$1,436 \pm 0,067$	Merilna točka 17.
4.	razpetina med SM16 in SM17	$0,218 \pm 0,019$	Merilna točka 8.
5.	razpetina med SM18 in SM19	$0,242 \pm 0,020$	Merilna točka 4.







elektro
gorenjska



elektro
gorenjska

PODKOČNA 3

SM18

SM17

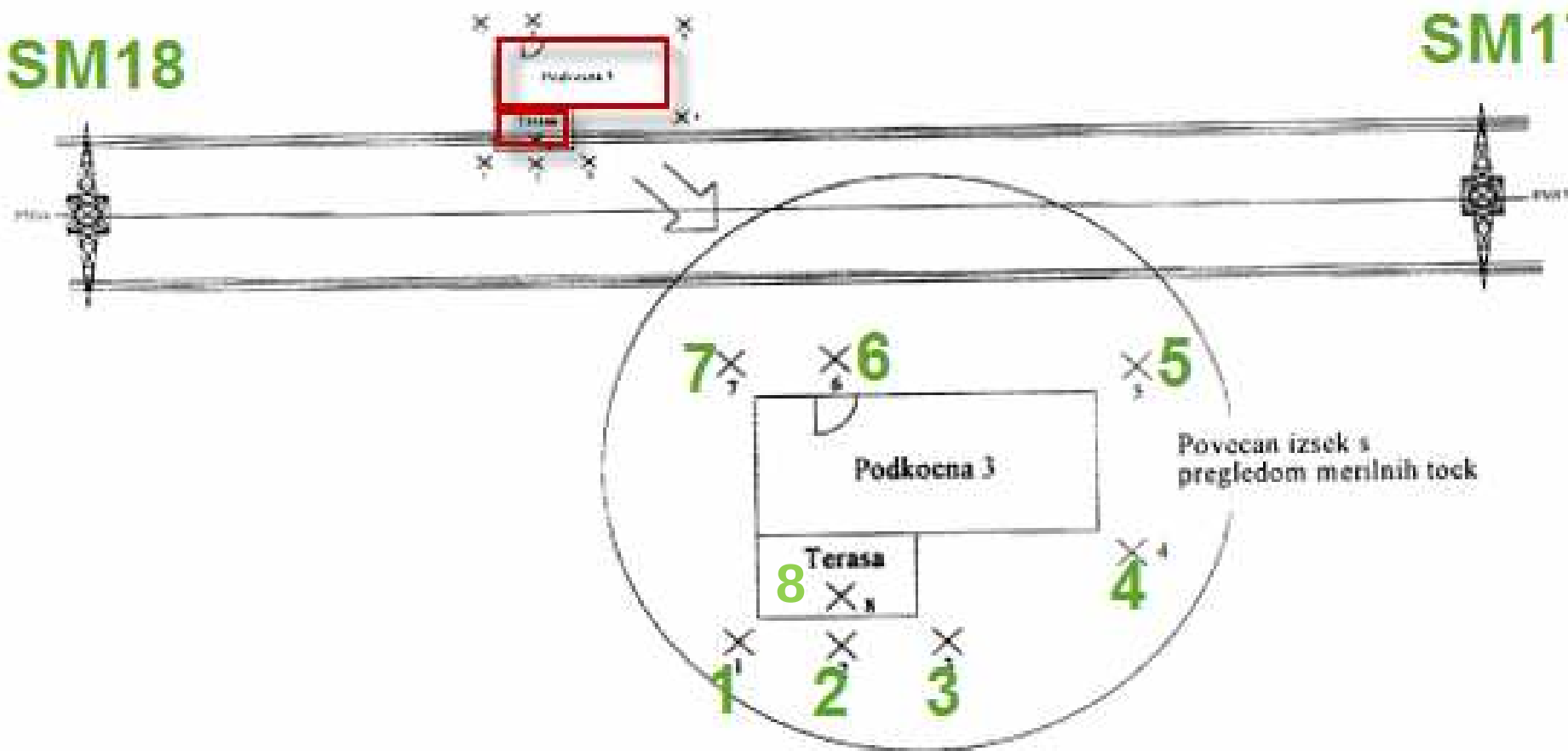


Tabela 4: Izmerjene efektivne vrednosti električne poljske jakosti (E) in gostote magnetnega pretoka (B) na področju prečnega profila v razpetini med SM16 in SM17, ob hiši Podkočna 3

Merilna točka	Izmerjena vrednost E [V/m], $k=2$	Izmerjena vrednost B [μ T], $k=2$	Položaj merilnih točk
1.	514 ± 31	$0,150 \pm 0,016$	SV vogal hiše
2.	626 ± 38	$0,169 \pm 0,017$	Sredina stene pod teraso
3.	463 ± 28	$0,150 \pm 0,016$	Sredina severne stene
4.	19 ± 1	$0,169 \pm 0,017$	SZ vogal hiše (zasl. z letvenim nadstreškom)
5.	20 ± 1	$0,146 \pm 0,016$	JZ vogal hiše
6.	29 ± 2	$0,161 \pm 0,016$	Vhod v hišo
7.	45 ± 3	$0,167 \pm 0,017$	JV vogal hiše
8.	660 ± 40	$0,218 \pm 0,019$	Terasa hiše (pod vodniki DV)