

# Zaščita pred strelami na geomagnetnem observatoriju Sinji vrh

Rudi Čop<sup>1</sup>, Goran Milev<sup>2</sup>, Damir Deželjin<sup>1</sup>, Janko Kosmač<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zavod Terra Viva, Sv. Peter 115, 6333 Sečovelje

<sup>2</sup>Elektroinštitut Milan Vidmar, Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana

E-pošta: rudi@artal.si

**Povzetek.** Razumevanje nastanka strel v nevihtnem oblaku, analiza merilnih rezultatov in uporaba že preizkušenih metod zavarovanja pred udari strel in njihovimi sekundarnimi vplivi omogočajo povečanje zanesljivosti delovanja posameznega objekta. Za doseg tega cilja pa je nujno sodelovanje tako izvedencev s področja zaščite pred strelami, konstruktorjev in proizvajalcev opreme kot tudi upravljavcev objekta.

Geomagnetni observatorij Sinji vrh leži na robu Gore nad Ajdovščino, na območju najpogostejših udarov strel v Evropi. Ko vlažne zračne mase nevihtne fronte z juga zadenejo rob Gore, se morajo zelo hitro dvigniti za več kot 1000 m, kar povzroči še dodatno naelektritev nevihtnih oblakov.

**Ključne besede:** strele, magnetometri, prenapetostna zaščita

## Protection against lightning strokes at the Sinji Vrh Geomagnetic Observatory

The reliability of operations performed at the Sinji vrh Geomagnetic Observatory could be increased by understanding the formation of the lightning phenomenon in the thunderstorm cloud, analysing the measuring data and using the already proven lightning-protection methods. To reach this goal the lightning-protection experts, designers, equipment manufacturers and the Observatory managers should join their efforts.

The Sinji Vrh Geomagnetic Observatory was built on the edge of the mountain Gora above the town of Ajdovščina. Sinji vrh is believed to be one of the places in Europe with the highest lightning-stroke rates. When the humid air masses of a storm front hit the edge of the Gora, their rising up more than 1,000 m in a very short time, gives rise to an additional electric charge in stormy clouds.

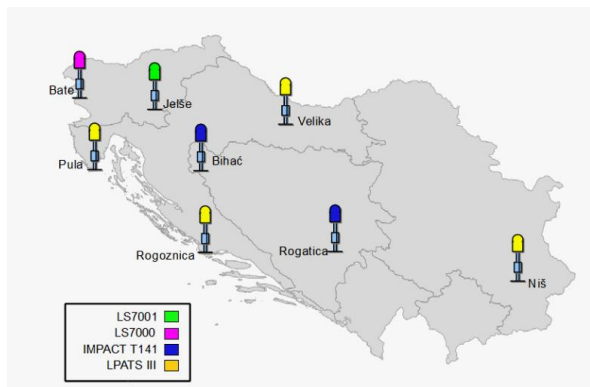
## 1 NASTANEK STREL

Atmosfera se v nižjih plasteh ionizira predvsem zaradi termičnega gibanja zraka, ki vsebuje določeno količino vlage, trdnih delcev in ionov [1, 2]. Električni naboj se v nevihtnem oblaku začne razporejati že med nastajanjem oblaka. O nastanku prostorskega naboja v njem obstajajo različne teorije. Zaradi slabega poznavanja razmer v nevihtnem oblaku pa dokončne razlage še ne poznamo. Opazovanja potrjujejo, da je glavnina pozitivnega naboja v višjih delih oblaka, nekaj kilometrov nad glavnino negativnega naboja. Zaradi te razdelitve se v njem oblikuje električno polje, ki redko preseže jakost 100 V/cm [3]. Če pa je jakost električnega polja večja od 4 kV/cm, začnejo v njem nastajati majhne lokalne razelektritve (streamer). Zato je

tudi najbolj verjetna tista razlaga nastanka prostorskega naboja v oblakih, ki temelji na razporeditvi električnega naboja zaradi trkov med delci v samih oblakih.

Zdržna električna poljska jakost zraka, pomešanega z vodnimi kapljicami, znaša približno 10 kV/cm. Nad to kritično vrednostjo pride do njegove ionizacije. Ob povečani poljski jakosti v oblaku se majhne lokalne razelektritve podaljšajo (leader). Zaradi presežka negativnega naboja se skokovito širijo in dosežejo razpon med 5 in 50 m. Po navadi se pri tem razvije več vzporednih kanalov, po katerih teče, zaradi velike ohmske upornosti posameznega kanala, relativno majhen električni tok okoli 20 mA. Če se kanal podaljšuje proti tlu, se začne iz zemlje dvigovati povezovalni kanal. Če se kanal iz oblaka in tisti iz zemlje združita, pride do povratnega udara. Približno 80 odstotkov vseh udarov strel ima dva ali več povratnih udarov. Ob tem zelo hitro narašča električni tok, ki doseže vrednost od 1 kA do 200 kA in več. Od vseh strel je tistih med oblakom in zemljo le okoli 10 odstotkov, večina jih je namreč v notranjosti oblaka.

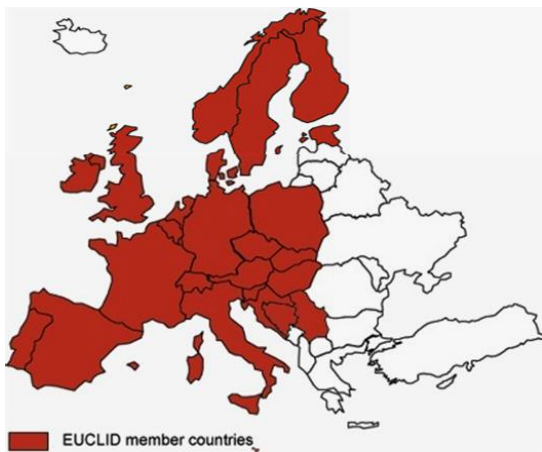
Polariteto strele proti zemlji določa vrsta naboja v oblaku, ki se ob razelektritvi nevtralizira. Ker je oblak po navadi v spodnjem delu negativen, je več kot 90 odstotkov vseh strel negativnih. Pozitivne strele so praviloma večjih amplitud in pogosteje nastajajo pred razpadom nevihtnega oblaka. Poleti je večina strel negativnih, pozimi pa je polovica vseh strel pozitivnih. Zaradi majhnega števila strel v zimskem času prispevek pozitivnih strel iz tega obdobja bistveno ne vpliva na končni rezultat celoletnega statističnega pregleda.



Slika 1: Razporeditev senzorjev sistema SCALAR

Po smeri delimo strele proti zemlji na dvigajoče se in padajoče. Največ je padajočih strel. Dvigajoče se po navadi nastanejo na mestih, kjer je električno polje povečano zaradi same geometrije objektov na zemeljskem površju: televizijski stolpi, zvoniki, visoki in ostri gorski vrhovi, nebotičniki in drevesa.

Vsaka razelektritev nevihtnega oblaka povzroči spremembo napetosti na objektih in na zemeljski površini pod oblakom. Zaradi udara strele so lahko nastale prenapetosti zelo nevarne in povzročijo škodo na elektroenergetskih napravah, inštalacijah in porabnikih. V energetskih in signalnih vodih pa lahko nastane visoka inducirana napetost zaradi elektromagnetnih valov, ki nastanejo pri atmosferskih razelektritvah.



Slika 2: Evropske države, članice združenja EUCLID

Gibajoča se elektrina, ki se ob razelektritvi izmenja med oblakom in zemljo v obliki strele, povzroči elektromagnetni val, ki se širi po zemeljski površini in ga je mogoče s primernimi senzorji zaznati na relativno velike razdalje.

## 2 SISTEM SCALAR

Sistem SCALAR (Slovenski center za avtomatsko lokalizacijo atmosferskih razelektritev) deluje že od leta 1998 in je namenjen določanju mesta udara strel med

oblakom in zemljo ter posredovanju podatkov o njih končnim uporabnikom.

Sistem določa lokacijo udara na podlagi meritev senzorjev, ki merijo obe komponenti elektromagnetnega polja ali samo njegovo električno komponento. Senzorji (slika 1) podatke o detekciji pošiljajo na Dunaj, kjer se v sklopu evropskega omrežja EUCLID (EUropean Cooperation for LLightning Detection) izračuna lokacija posamezne strele in vsi drugi podatki o njej. V tem evropskem omrežju zdaj deluje več kot 147 senzorjev, ki vključujejo območje od Sicilije do Nordkappa (slika 2).

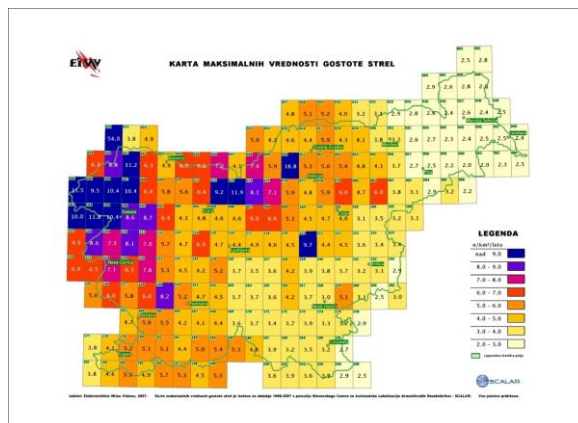
Tabela 1: Podatki o strelah v Republiki Sloveniji

Območje	Amplituda		p = 98 %
	največja	mediana	
	[kA]	[kA]	[kA]
Slovenija	416,28	10,82	58
Primorska	385,73	11,15	60
Osrednji del	416,28	11,09	60

V okviru sistema SCALAR se v podatkovnih strežnikih shranjujejo naslednji podatki o strelah:

- čas udara
- zemljepisna širina in dolžina mesta udara
- amplituda toka strele v kA in število povratnih udarov
- dolžine polosi in naklon elipse napake
- natančnost izračunanih parametrov izmerjene strele

V tabeli (tabela 1) so zbrani statistični podatki o strelah v Sloveniji za zadnjih 15 let [4]. Na podlagi podatkov iz sistema SCALAR je bil izdelan tudi zemljevid maksimalnih vrednosti gostote strel v Republiki Sloveniji [5].



Slika 3: Karta maksimalnih vrednosti gostote strel na ozemlju Republike Slovenije

Gora nad Ajdovščino je v območju velike pogostnosti strel v Sloveniji z maksimalno gostoto 7,8 strele na km<sup>2</sup> na leto (slika 3). Gostota strel na ozemlju Slovenije se nahaja v območju od 0,6–1,1 strele/km<sup>2</sup>/leto v Prekmurju, 2,5–3,7 strele/km<sup>2</sup>/leto v Ljubljanski kotlini, pa vse do 6,3 strele/km<sup>2</sup>/leto in več na Trnovski planoti. Trnovska planota je namreč edino večje območje v Sloveniji, kjer se po mednarodnih priporočilih in tudi v soglasju z oblastmi lahko postavi geomagnetni observatorij. Ta zahodni del Slovenije je glede udarov strel eden najbolj izpostavljenih delov evropske celine, za katere obstajajo merilni podatki o strelah.

### 3 NEVIHTA NA GEOMAGNETNEM OBSERVATORIJU

Na podlagi meritev s sistemom SCALAR je bilo narejeno poročilo št. 30/1/8/2012 o udarih strel za obdobje od 12. 9. 2012 ob 00:00:00 do 14. 9. 2012 ob 23:59:59. V tem poročilu je bilo opisanih 15 strel v krogu 4,5 km od Geomagnetnega observatorija Sinji vrh (v nadaljevanju: observatorij) (tabela 2). Ta tabela je bila najprej dopolnjena z rezultati izračuna oddaljenosti  $L$  od kraja udara strele ( $Y$ ,  $X$ ) do observatorija.

Nevihta dne 12. 9. 2012 je na observatoriju uničila elektroniko triosnega magnetometra fluxgate [6] Magnetogram komponent zemeljskega magnetnega polja  $dF$ ,  $dD$  in  $dI$  pred nastankom nevihte kaže značilen dvojni nihaj ob 10.30 in ob 12. uri. Taka nihanja so opažena ob vsakokratnem prihodu nevihtne fronte iz JZ smeri. V tem primeru je tudi sprememba magnetnega polja med nočjo in dnevom manj izrazita, kot pa v

magnetno mirnem dnevu pri jasnem vremenu. Magnetometer je 12. 9. 2012 registriral prvi udar strele ob 12:47:25 in prenehal z registracijo ob 13:55:02. Ob tem času so namreč pregoreli izhodni deli visokofrekvenčnega vzbujanja in kompenzacija z enosmernim tokom ter operacijski ojačevalniki v vseh treh vhodnih stopnjah. Začetek in konec registracije (slika 4) se dobro ujemata z rezultati meritev sistema SCALAR (tabela 2). Je pa med nevihto magnetometer registriral tudi razelektritve, ki niso udari strel v zemeljsko površino, temveč razelektritve v oblakih ali med njimi.

Strele, ki je v nevihti dne 12. 9. 2012 uničila elektroniko triosnega magnetometra fluxgate, je registrirana kot deveta po vrsti in je udarila na razdalji 1 km od observatorija (slika 5, tabela 2).

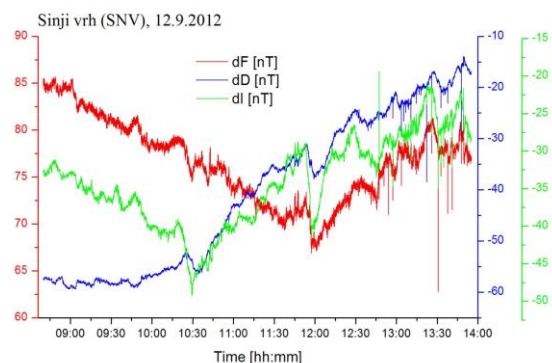
Tok nosilcev pozitivnega naboja 106,264 kA je po jakosti dosegel 27,6 odstotka najmočnejšega do zdaj registriranega udara strele na območju Primorske (tabela 1). Sekundarni vpliv te strele je presegel zgornjo mejo prenapetosti, za katero je bil instrument zgrajen. Prenapetost je nastala zaradi elektromagnetnih vplivov impulza toka strele na navitja v senzorjih instrumenta. Na podlagi te predpostavke je velikost te inducirane napetosti v posameznem navitju senzorja magnetometra podana v enačbi (1):

$$u_i = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N \frac{d}{dt} (S\mu_0 H) = -k \frac{1}{L} \frac{dI}{dt} \quad (1).$$

Tabela 2: Podatki o strelah v nevihti na Gori nad Ajdovščino, SCALAR

Številka	Datum	Čas	Y	X	Amplituda I [kA]	Razdalja L [km]	Razmerje Nx/N9
1	12.9.2012	12:47:25.4	5414100	5083344	-18,796	3,695	-0,05
2	12.9.2012	12:47:25.5	5414257	5083345	-19,203	4,043	-0,05
3	12.9.2012	12:47:25.5	5413911	5083661	-10,342	3,673	-0,03
4	12.9.2012	12:47:25.6	5413844	5083382	-98,975	3,837	-0,27
5	12.9.2012	12:47:25.9	5414250	5083286	-17,409	3,804	-0,05
6	12.9.2012	12:47:26.0	5414254	5083337	-18,371	3,634	-0,05
7	12.9.2012	12:47:26.9	5414192	5083464	-9,990	3,634	-0,03
8	12.9.2012	13:05:28.3	5416274	5083469	6,827	1,778	0,04
9	12.9.2012	13:55:07.4	5417713	5083341	106,264	1,111	1,00
10	12.9.2012	20:57:14.5	5419086	5082530	-4,052	2,319	-0,02
11	12.9.2012	21:18:11.7	5417455	5081774	9,102	2,753	0,03
12	12.9.2012	21:31:03.4	5420204	5085123	-10,619	2,341	-0,05
13	12.9.2012	21:31:03.5	5419871	5085407	-15,170	2,160	-0,07
14	12.9.2012	21:57:00.5	5422317	5083773	7,678	4,349	0,02
15	12.9.2012	21:57:00.6	5420535	5081331	178,081	3,915	0,48

Če je časovna sprememba tokov strel približno enaka, potem se lahko izračuna ocena vpliva posamezne strele na merilni instrument  $N_x/N_0$  (tabela 2). Ta ocena je podana glede na strelo, ki je uničila elektroniko triosnega magnetometra fluxgate. Uporabna bo tudi za ugotavljanje učinkovitosti vgrajene dodatne zaščite pred vplivi strele.

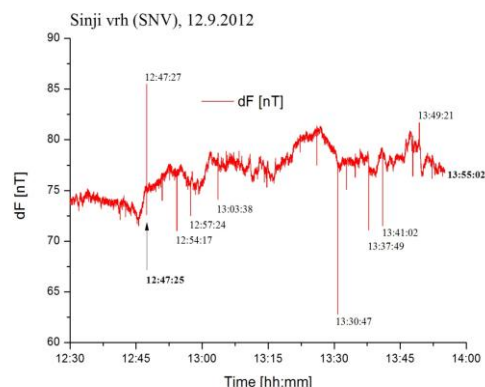


Slika 4: Magnetogram vseh treh komponent zemeljskega magnetnega polja ob prihodu nevihtne fronte na Gori nad Ajdovščino, magnetometer fluxgate

#### 4 ZAŠČITA PRED VPLIVI STREL

Prvi udari strel na območju, kjer danes stoji geomagnetni observatorij Sinji vrh, so bili registrirani poleti 2009, v času testnih meritev sprememb zemeljskega magnetnega polja. Te registracije so vplivale na izbiro načina napajanja observatorija z električno energijo. Pri končnem umeščanju merilnic in začasnih objektov observatorija v prostor pa so bile poleg zakonskih določil glede postavljanja merilnic v naravi in pogojev naravovarstvenikov prisotne tudi želje po povečanju zanesljivosti njegovega delovanja in zmanjšanju vpliva udarov strel [7, 8]. Prva faza gradnje je bila narejena v treh etapah. Zaradi povečane varnosti je vsaka od njih dobila samostojni enosmerni sistem napajanja 12 V. Po končani prvi fazi gradnje observatorija in priključitvi merilnih instrumentov je sledila primerjava njihovih merilnih rezultatov z meritvami na okoliških geomagnetnih observatorijih [9].

Ker ne obstajajo ustrezna priporočila za zaščito pred vplivi strel na geomagnetnih observatorijih, se je zaščita pred atmosferskimi prenapetostmi na Sinjem vrhu gradila postopoma. Že pri načrtovanju observatorija se je poskušala doseči popolna zaščita pred vplivi strel iz javnega prostozračnega nizkonapetostnega omrežja. Priključitev nanj se je izvedla z dvema ločilnima transformatorjema v kaskadi in z uporabo standardnih katodnih odvodnikov za zaščito porabnikov, priključenih na 220 V/50 Hz. Pri izločanju medsebojnih vplivov merilnih instrumentov in drugih naprav, ki morajo biti med seboj čim bolj oddaljeni, in pri zmanjševanju



Slika 5: Sprememba absolutne vrednosti zemeljskega magnetnega polja med nevihto na Gori nad Ajdovščino

vpliva udara strel, ki zahteva čim krajše električne tokokroge, se je skušala doseči optimalna rešitev. Merilni podatki se zato prenašajo po optičnih vlaknih in ne po dolgih žičnih komunikacijskih vodih.

Na observatoriju se je zaščita pred vplivi strel iz nizkonapetostnega elektroenergetskega omrežja z dvema ločilnima transformatorjema v kaskadi dobro obnesla. Uporabljeni komunikacijski pretvorniki, dostopni na prostem trgu, so industrijske izvedbe in delujejo brez okvar. Po istih parametrih kot komunikacijski pretvorniki so bili izbrani tudi sestavni deli telemetrije, analogno-digitalni pretvorniki in polnilci akumulatorjev. Ti napajajo stacionarne akumulatorske baterije, ki zagotavljajo observatoriju potrebno avtonomijo za najmanj en teden.

V letu 2012 so bile na observatoriju zaradi sekundarnega učinka udara strel od vseh delov merilnih sistemov trikrat zapored uničene le elektronike triosnih magnetometrov fluxgate. V dveh primerih je bil prizadet njihov analogni del, v enem pa digitalni. Zato smo za prenapetostno zaščito v razdelilnike enosmernega napajanja 12 V dodatno vgradili hitre diode Transil [10] skupaj s standardnimi taljivimi varovalkami za 1A. Enosmerno napajanje vseh magnetometrov je bilo pred vhomom v njihove elektronske dele dodatno galvansko ločeno s pretvorniki DC-DC tako, da žični dovodi do instrumentov kot tudi odvodi merilnih signalov niso več presežali dolžine 0,5 m [11].

Za zaščito analognih delov elektronike triosnih magnetometrov fluxgate pred atmosferskimi prenapetostmi smo se odločili, da v vse žične povezave med njihove senzorje in elektroniko dodatno vključimo hitre diode. Te diode smo nameravali vezati med žične povezave in napajanjem. Šele na podlagi sodelovanja z izdelovalci magnetometrov nam je uspelo pravilno vključiti hitre diode tudi v merilni sistem tistih triosnih magnetometrov fluxgate, ki vsebujejo navidezno ničlo (virtual zero). Na vse vhode v operacijske ojačevalnike za vsak kanal posebej, v izhode za

vzbujanje VF in v izhode za kompenzacijo z enosmernimi toki smo proti napajalni napetosti +15 V vključili diode TVS (Transient Voltage Suppressers) in diode Schottky (Schottky Barrier Rectifier) proti napajalni napetosti 0 V. Ta prenapetostna zaščita žičnih povezav med elektroniko in senzorjem triosnih magnetometrov fluxgate je bila vključena med elektroniko in dovodnim kablom do senzorja. Ker so zaščitni nelinearni elementi vezani vzporedno z navitji senzorja, je bilo treba tako zaščitenim instrumentom na novo določiti merilne koeficiente za pretvorbo med vrednostjo gostote magnetnega polja v nT in analogno vrednostjo napetosti posamezne komponente vektorja zemeljskega magnetnega polja v mV.

V letu 2013 sta bila zaradi atmosferskih prenapetosti uničena še dva polnilca akumulatorjev. Zato bo potrebna še tretja dopolnitev zaščite pred udarom strel. Napajalne vodnike 220 V / 50 Hz za zadnjim ločilnim transformatorjem bomo še dodatno skrajšali na največ 4,0 m dolžine. To nameravamo doseči z dodajanjem še tretjega ločilnega transformatorja v kaskado in z dodatno hitro prenapetostno zaščito, ki se sicer uporablja za zaščito majhnih porabnikov 220 V / 50 Hz, kot so: televizije, videorekorderji in telefonski aparati.

## 5 SKLEP

Obstoječa zaščita triosnih magnetometrov fluxgate na observatoriju Sinji vrh pred atmosferskimi prenapetostmi je bila postavljena pred začetkom snežnih neviht v januarju 2013 [12]. Ta zaščita je uspešno prestala vsa nevihtna obdobja enega leta. V vsem tem času v neposredni bližini observatorija še ni bilo tako močnega udara strele, kot je bil 12. 9. 2012. Zato med absolutnimi meritvami s teodolitskim magnetometrom DI še vedno uporabljamo rezervno elektroniko triosnega magnetometra fluxgate. V preostalem času pa je za meritve komponent vektorja zemeljskega magnetnega polja vklopljena njegova prvotna elektronika z dodano prenapetostno zaščito med njo in senzorjem tega instrumenta.

Vendar pa delovanja geomagnetnega observatorija Sinji vrh, ki je brez stalne posadke in s telemetričnim prenosom merilnih podatkov, ne ogrožajo le strele, temveč tudi vandalizmi in gozdni požari. Zato se je v letu 2013 veliko časa namenilo tudi iskanju primerne rezervne lokacije zanj. S postavitvijo vsaj enega od triosnih magnetometrov fluxgate za merjenje sprememb komponent vektorja zemeljskega magnetnega polja na rezervno lokacijo bi se zelo zmanjšala možnost prekinitve meritev na observatoriju ali popolno uničenje njegove merilne opreme. Dela na pripravi rezervne lokacije v neposredni bližini observatorija se bodo zaradi vremenskih razmer na Gori nad Ajdovščino lahko nadaljevala šele spomladi 2014.

## LITERATURA

- [1] *Handbook of Geophysics and the Space Environment*. Scientific editor Adolph S. Jursa. Springfield (VA, US): United States Air Force; Air Force Systems Command; Air Force Geophysics Laboratory, 1985.
- [2] Rudi Čop. Milev Goran. Deželjin Damir. Vpliv neviht na geomagnetne meritve na Gori nad Ajdovščino. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2012*. Zbornik predavanj. Urednik Miran Kuhar. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo; Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko, 2013, str. 105–110.
- [3] Stane Vižintin. *Zaščita visokonapetostnega daljnovoda pred atmosferskimi vplivi*. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani; Fakulteta za elektrotehniko. Ljubljana 1999.
- [4] SCALAR – Slovenski center za avtomatsko lokalizacijo atmosferskih razelektritev, <http://observer.eimv.si/> (08-12-2012).
- [5] *Karta maksimalnih vrednosti gostote strel*. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije; Elektroinštitut Milan Vidmar – EIMV, 2007.
- [6] R. Lanza, A. Meloni. *The Earth's Magnetism: An Introduction for Geologists*, Heidelberg, Springer, 2006.
- [7] Ed Rupke, *Lightning Direct Effects Handbook*. Report Reference Number: AGATE-WP3.1-031027-043-Design Guideline. Pittsfield (MA, US): Lightning Technologies, March 1, 2002.
- [8] *Protection against lightning effects*. Power Guide 2009/Book 07. Limoges (France): Legrand, 2009.
- [9] Rudi Čop et al. Preliminary Measurements of Geomagnetic-field Variations in Slovenia. *Elektrotehniški vestnik*, 2011, vol.78, no.3, p. 96–101.
- [10] *Protection by TRANSIL - How to Ensure Absolute Safety*. AN317 Application Note. STM microelectronics group of companies, 2004.
- [11] *IMPT - Izolirani večprotokolni serijski sprejemnik/oddajnik*, <http://ditel.si/index.php/sl/impt.html> (10-12-2012).
- [12] Rudi Čop. Deželjin Damir. *Lokalne spremembe zemeljskega magnetnega polja zaradi prehoda vremenske fronte*. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2013. Zbornik predavanj. Urednik Miran Kuhar. Ljubljana; Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo; Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, 2014, str. 77–83.

**Rudi Čop** je doktoriral leta 2003 na Fakulteti za pomorstvo in promet v Portorožu in naslednje leto še na Fakultetu elektrotehnike i računarstva v Zagrebu. Področje njegovega dela so merilni instrumenti, meritve in obdelava signalov. Od leta 2009 je vodil gradnjo Geomagnetnega observatorija Sinji vrh, ki je bil aprila 2012 preizkusno vključen v mednarodno informacijsko mrežo INTERMAGNET.

**Goran Milev** je leta 2006 diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani ter se nato zaposlil na Elektroinštitutu Milan Vidmar kot raziskovalec. Glavnino raziskovalnega časa je posvetil graditvi, razvoju storitev, obratovanju Slovenskega centra za avtomatsko lokalizacijo atmosferskih razelektritev - SCALAR. Področja njegovega dela so poleg zbiranja in posredovanja podatkov o atmosferskih razelektritvah ter izdelave analiz teh podatkov za vse zainteresirane uporabnike še razvoj, graditev, izdelava in vzdrževanje informacijskih sistemov, podatkovnih baz in aplikacijske programske opreme za potrebe elektrogospodarskih podjetij in drugih udeležencev na trgu električne energije.

**Damir Deželjin** končuje magistrski študij računalništva na Fakulteti za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije v Kopru. Že več kot deset let uspešno povezuje teorijo s prakso na področju informacijskih tehnologij IT. V zadnjem času dela kot arhitekt rešitev na področju informatike.

**Janko Kosmač** je na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani diplomiral septembra 1990, kjer se je oktobra istega leta tudi zaposlil. Leta 1993 je magistriral, 1996. pa doktoriral s področja modeliranja vakuumskih odklopnikov za potrebe izračunov prenapetosti ob stikalnih manevrih. Za doktorsko disertacijo je prejel Bedjaničevo nagrado. Med magistrskim študijem se je na KU Lueven v Belgiji dodatno specializiral za delo s programskim paketom ATP-EMTP. Leta 1995 je bil angažiran v SIEMENS EV & NP v Erlangnu, kjer je v EMTP-ATP implementiral strategijo vodenja SVC. Od 1996. do 2007. leta je bil zaposlen na EIMV kot raziskovalec. Glavnino raziskovalnega časa je posvetil graditvi, razvoju storitev, obratovanju in komercializaciji SCALAR. Od leta 2007 vodi oddelek za vodenje in delovanje elektroenergetskih sistemov.