

Lokalne spremembe zemeljskega magnetnega polja zaradi prehoda vremenske fronte

Rudi Čop¹, Damir Deželjin

Povzetek

Geomagnetni observatorij Sinji vrh je postavljen na Gori nad Ajdovščino, na visokogorski kraški planoti. Zaradi svoje lege deluje v izjemnih geoloških in meteoroloških pogojih. Že prve meritve na njem so pokazale, da na spremembo lokalnega geomagnetnega polja vplivajo tudi vremenske fronte. Prve take namenske meritve za določitev velikosti tega vpliva so bile narejene konec poletja 2011. V snežni nevihti 15. januarja 2013 so bile opravljene prve take meritve v zimskem času. V članku je predstavljen vpliv te snežne nevihte na lokalno zemeljsko magnetno polje.

Ključne besede: geomagnetno polje, snežna nevihta

Key words: geomagnetic field, snow storm

Geomagnetni observatorij Sinji vrh

Gora nad Ajdovščino je visokogorska kraška planota. Na njenem robu, obrnjenem proti jugozahodu, je postavljen Geomagnetni observatorij Sinji vrh [Paliska et al, 2010; Čop, 2011 a]. Nad Ajdovščino, ki leži ob vznožju Gore na nadmorski višini 106 m, se v zračni razdalji 2,8 km v smeri proti severovzhodu dvigne rob Gore na nadmorsko višino 867 m, kjer je postavljen merilni steber observatorija (45.8990939N, 13.9400468E). Observatorij je zaradi svoje lege in pogojev naravovarstvenikov posebne gradnje in tudi deluje v izjemnih geoloških in meteoroloških pogojih [Čop & Deželjin, 2012]. Že prve meritve na njem so pokazale, da na spremembo lokalnega geomagnetnega polja vplivajo tudi atmosferske razelektritve, prehodi vremenskih front in kraško podzemlje.

Prve namenske meritve vpliva prehoda vremenske fronte na lokalno geomagnetno polje so bile opravljene 4. septembra 2011. Po daljšem sušnem obdobju je na ta dan v popoldanskih urah tega dne prešla Goro vremenska fronta, ki je povzročila poletno nevihto. Nekaj ur prej je v skupini sončnih peg na Sonca nastal močnejši izbruh. S svojo radiacijo ionizirajočih žarkov je v naslednjih urah vplival na magnetno polje Zemlje. Samo iz meritev na observatoriju je bilo zato nemogoče določiti vpliv prehoda vremenske fronte na lokalno geomagnetno polje.

Magnetno polje Zemlje

Magnetno polje Zemlje je funkcija prostora in časa. Sestavlja ga več magnetnih polj iz različnih izvorov [Maus et al, 2010]. Ta se med seboj vektorsko seštevajo (superponirajo) in preko električne indukcije med seboj delujejo. Najpomembnejši izvori zemeljskega magnetnega polja so:

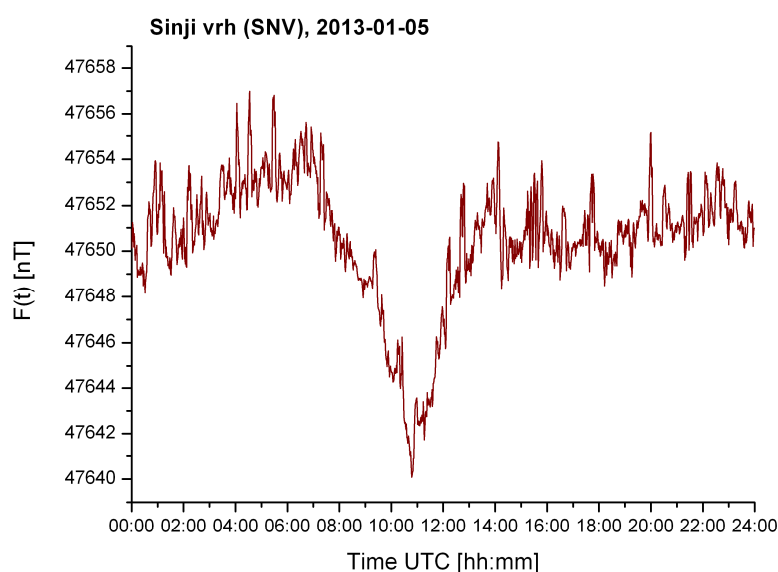
Glavno magnetno polje Zemlje za katerega se predpostavlja, da se ustvarja v njenem zunanjem tekočem jedru. Glavno magnetno polje predstavlja več kot 95% vsega

¹ Visokošolsko središče Sežana, Laboratorij za geomagnetizem in aeronomijo, Kraška ulica 2, 6210 Sežana

magnetnega polja našega planeta. Procesi, ki potekajo v notranjosti Zemlje, imajo veliko vztrajnost in so zato njihove spremembe zelo počasne (sekularne spremembe). Na osnovi večletnega opazovanja so predvidljive za nekaj let v naprej.

Magnetno polje zemeljske skorje je manjše magnitude in izhaja iz lokalno namagnetnih kamenin. Zunanja skorja [Herlec & Jeršek, 2009], za katero so značilni tektonski premiki, je na kontinentih iz različnih magmatskih, sedimentnih in metamorfnih kamenin povprečne debeline od 35 do 40 km in na dnu oceanov predvsem iz bazalta debeline od 3 do 15 km. Njeno namagnetnost povzroča ali glavno magnetno polje ali magnetna remanenca ali pa istočasna kombinacija obeh vzrokov. Magnetno polje zemeljske skorje se s časom zelo malo spreminja, krajevno pa se menja na razdaljo od enega metra do nekaj tisoč kilometrov.

Motilno ali zunanje magnetno polje povzročajo predvsem električni toki v zgornjih plasteh atmosfere in magnetosfere. Je stalno prisotno in se stalno krajevno in časovno spreminja ter dodatno inducira električne toke v zemeljski skorji.



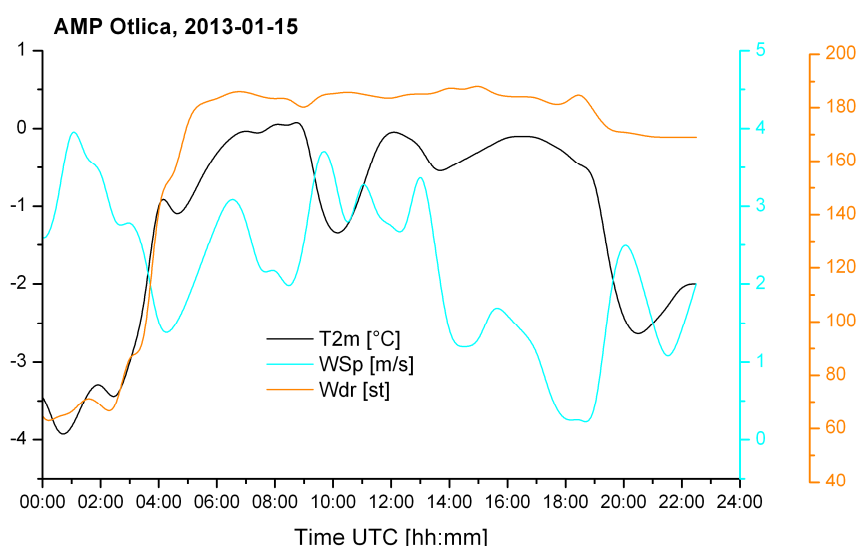
Slika 1 - Magnetogram dnevne spremembe absolutne vrednosti vektorja zemeljskega magnetnega polja $F(t)$ na Sinjem vrhu v geomagnetno mirnem dnevu 5. 1.2013

Spremembe zemeljskega magnetnega polja zaradi motilnega polja so lahko periodične ali občasne. Tako ene kot druge so modulirane z vrtenjem Zemlje, njenim potovanjem okoli Sonca, vrtenjem Sonca in s sončnimi cikli. Trajajo lahko do 10 minut kot pulzi ali pa so daljšega trajanja kot variacije [Maus et al, 2010; Jankowsky & Sucksdorff, 1996].

Dnevne (diurnalne) spremembe zemeljskega magnetnega polja so periodične narave (slika 1). Nastajajo zaradi ionizacije ionosfere, ki jo povzroča ionizirajoče sevanje Sonca. Dnevno segrevanje in ohlajanje ter vrtenje Zemlje povzroča raztezanje in krčenje njene atmosfere. Aktivnost Sonca povzroča tudi spremembo jakosti in smeri vetrov v ionosferi. Vse to povzroča gibanje ioniziranih delcev v zemeljskem magnetnem polju. Na višini okoli 100 km tečejo negativni elektroni v eno smer, pozitivni ioni pa v drugo smer. Električni tok na teh višinah povzročajo elektroni, ki so manjši od ionov in imajo zato manjšo možnost trka z zračnimi molekulami. Na srednjih zemljepisnih širinah v magnetno mirnih dneh dosega stalno motilno magnetno polje S_q (solar quiet-day variations), zaradi električnih tokov v ionosferi, od 10 do 30 nT. V višjih plasteh ionosfere, kjer je gostota zraka manjša in zato tudi možnost trka za ione manjša, se obe gibanji naelektrenih delcev

izenačuje in zato tam električni tok ne obstaja. Da električni tok ne teče tudi v nižjih plasteh atmosfere pa je razlog v preveliki gostoti zraka. Glede na letni čas se spreminja prevodnost ionosfere, smeri vetrov v njej ter obseg njenega širjenja in krčenja, kar povzroča sezonsko spremembo Sq. Na ionosfero vpliva tudi Luna, ki ne povzroča le valovanje v zgornjih plasteh atmosfere in v oceanih, temveč tudi spremembe v prevodnih plasteh Zemlje. Električni toki v ionosferi, ki nastajajo zaradi gravitacije Lune (lunar quiet-day inosferic current), povzročajo motilno magnetno polje, ki ne presega 10% vrednosti stalnega motilnega magnetnega polje Sq [Chapman, 1940].

Manjše prehodne spremembe v zgornjih plasteh atmosfere in s tem tudi motilno magnetno polje nastaja zaradi sončnih mrkov, ki povzročajo kratkotrajno ohlajanje atmosfere, in zaradi izbruhov na Soncu, ki povečujejo ionizirajoče sevanja elektromagnetnih valov iz nam najbližje zvezde [Cambell, 1989]. Občasne spremembe v ionosferi povzročajo tudi prehodna valovanja zaradi izbruhov vulkanov, eksplozij atomskih bomb v atmosferi ali nenadna ogrevanja zaradi električnih tokov v ionosferi, ki sicer povzročajo tudi polarne sije.



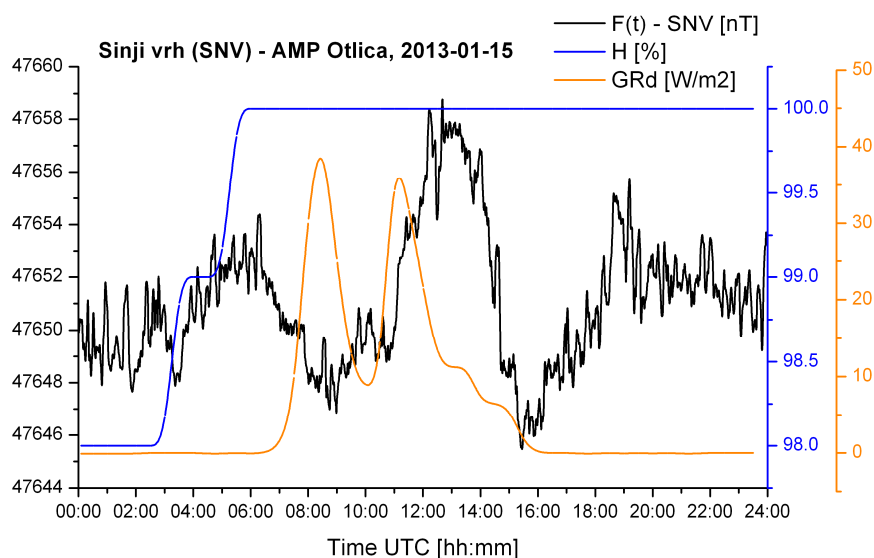
Slika 2 - Sprememba temperature (T2m), hitrosti vetra (WSp) in njegove smeri (Wdr) izmerjene na AMP Otlica v snežni nevihti 15.1.2013

Občasne spremembe zemeljskega magnetnega polja večjih amplitud nastajajo zaradi magnetnih neviht (magnetic storms), ki jih povzroča sončni veter velikih hitrosti [Jankowsky & Sucksdorff, 1996; Handbook of Geophysics, 1985]. Magnetne nevihte spremlja polarni sij, ki se ob močnejših magnetnih nevihtah vidi tudi na nižjih geografskih širinah.

Snežna nevihta na Gori

Meteorološke meritve se za območje Gore opravljajo na avtomatski meteorološki postaji AMP Otlica (45.9380556N, 13.9161111E). Je ekološka vremenslovna postaja, ki omogoča spremljanje okoljskih sprememb na Gori. Postavljena je na južnem pobočju hriba Sibirija nad vasjo Otlica na nadmorski višini 965 m. Od observatorija je oddaljena 4,8 km v smeri severozahod.

Večmesečno obdobje izjemnih snežnih padavin, ki so zaznamovale zimo 2012/2013, se je začelo z nevihto na Gori v torek 15. januarja 2013. V noči iz 14. na 15. januar 2013 je sprememba smeri vetra iz severovzhodne v južno smer napovedala prihod vremenske fronte (slika 2). Okoli 03,00 ure se je s spremembo smeri vetra istočasno otoplilo in uro kasneje že začelo snežiti. Prvi val snežnega meteža je pojenjal po štirih urah, ko je postalo tudi malo svetleje (slika 3). Po vmesni umiritvi je Goro ob 10,20 uri dosegel drugi val, ko so se istočasno začele tudi atmosferske razelektritve z eno samo registrirano strelo med oblakom in zemljo [Poročilo, 2013]. Drugi val snežne nevihte je Goro prešel ob 13,30 uri. Takrat je hitrost vetra padla iz predhodne povprečne $2,77 \text{ ms}^{-1}$ na $1,29 \text{ ms}^{-1}$ v preostalem delu dneva (slika 2).



Slika 3 - Lokalna sprememba zemeljskega magnetnega polja na Sinjem vrhu 15. januarja 2013 ter sprememba vlage (H) in sevalnosti Sonca (GRd) istega dne izmerjene na AMP Otlica

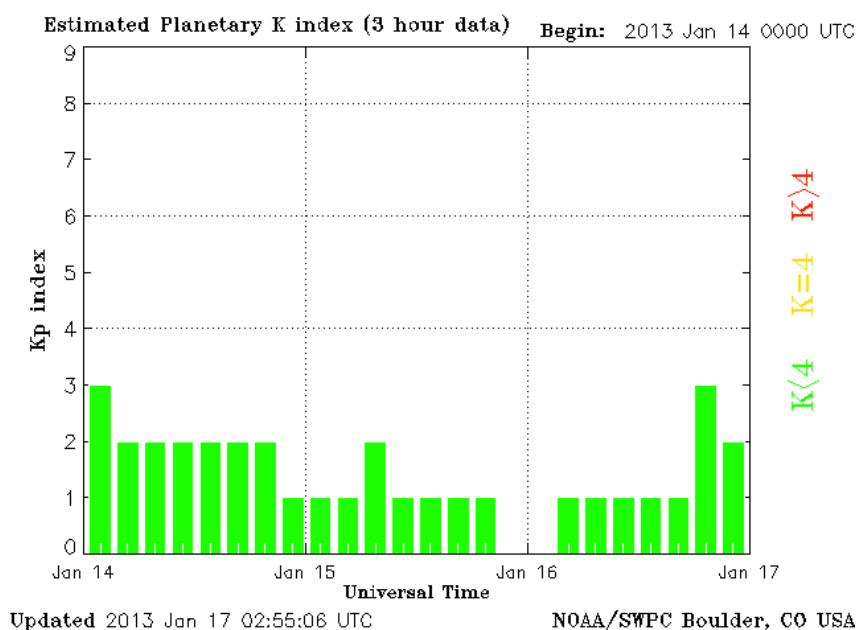
Lokalne spremembe zemeljskega magnetnega polja

V torek 15. januar 2013 je bil na našem planetu geomagnetno miren dan. To dokazuje diagram ocenjenega planetarnega geomagnetnega indeksa K_p za ta dan [Estimated Planetary K Index, 2013], ki je svojo največjo vrednost $K_p = 2$ dosegel v triurnem obdobju od 06:00 do 09:00 UTC (slika 4). Ostali del tega dneva je bil $K_p = 1$ ali celo manjši. Tudi 5.1.2013 je bil geomagnetno miren dan (slika 1), ko je v polovico vseh njegovih triurnih obdobjih dosegel planetarni geomagnetni indeks vrednost $K_p = 1$, v ostalih pa $K_p = 0$.

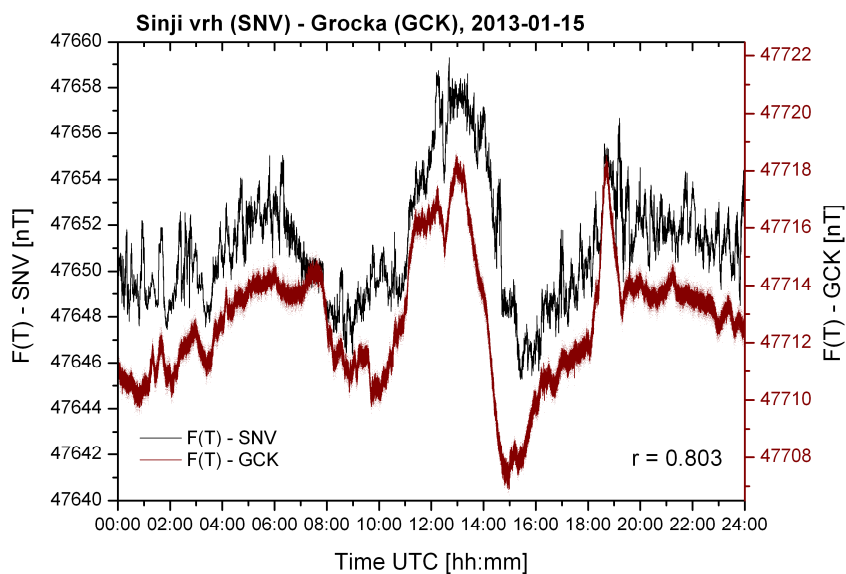
Tabela 2 - Primerjava statističnih vrednosti in korelacija merilnih podatkov iz Sinjega vrha (SNV) in Grocke (GCK, Srbija) za 15. januar 2013

Geomagnetni observatorij	Srednja vrednost μ [nT]	Standardna deviacija σ [nT]	Koeficient variacije CV [%]	Korelacijski Koeficient r
Sinji vrh (SNV)	47651,12	2,62	0,0055	1,00000
Grocka (GCK)	47712,76	2,19	0,0046	0,803

Na magnetogramu spremembe absolutne vrednosti zemeljskega magnetnega polja 15. januarja 2013 (slika 5) iz Sinjega vrha je opazna značilna sprememba zemeljskega magnetnega polja, ki se začne po 3,00 uri s periodo ~ 6 ur. Tej spremembi takoj sledi naslednja z isto periodo vendar s približno dvakrat večjo amplitudo. Glede na vrednosti planetarnega geomagnetnega indeksa tega dne, so te spremembe geomagnetnega polja na Sinjem vrhu lokalnega značaja.



Slika 4 - Ocenjeni planetarni geomagnetni indeks Kp centra SWPC, Boulder (ZDA), za tridnevno obdobje od 14. do 16. januarja 2013 [Estimated Planetary K Index, 2013]



Slika 5 - Spremembe absolutne vrednosti vektorja zemeljskega magnetnega polja $F(t)$ na Sinjim vrhu in v Grocki (Srbija) 15. januarja 2013

Primerjava vzporednih meritev spremembe zemeljskega magnetnega polja na geomagnetnem observatoriju Grocka 15. januarja 2013 (slika 5) kaže na precejšnjo podobnost magnetogramov. Lokalna geomagnetna motnja je torej bila prisotna na širšem geografskem področju, ki je zajemal tudi velik del Balkana. Na Sinjem vrhu se je začela z dvigom relativne vlažnosti na 100 % pri zunanji temperaturi zraka $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ in se je spreminjala s stopnjo radiacije Sonca (slika 3).

Koeficient korelacije vzporednih meritev 15. januarja 2013 (slika 5) je $r = 0,803$, ki je le malo pod srednjo vrednostjo tega koeficienta $r = 0.854$ za oba geomagnetna observatorija [Čop et al, 2011 b]. To dokazuje, da je bil vpliv prehoda vremenske fronte na zemeljsko magnetno polje na obeh lokacijah le v podrobnostih različen.

Zaključki

Šele sistematično spremljanje prehodov vremenskih front v obdobju nekaj let in v različnih letnih časih bi omogočilo popolno razumevanje njihovega vpliva na lokalno geomagnetno polje. Primerjava vzporednih meritev na sosednih geomagnetnih observatorijih pa bi podala geografsko obsežnost vpliva posamezne vremenske fronte. Iz meritev pa bi se morali izločiti vsi ostali vplivi, predvsem vplivi iz vesolja.

Za določitev vpliva prehoda nevihtnih front na biosfero bi bilo potrebno proučiti razmere tudi dva dni pred in dva dni po njihovem prehodu. Vzoredne meritve parametrov zdravstvenega stanja ljudi bi pokazale vpliv tako prehoda nevihtnih front kot tudi spremembe zemeljskega magnetnega polja [Deželjin & Čop, 2013]. S proučevanjem elektromagnetnih impulzov zelo nizkih frekvenc pa bi se lahko še dodatno določil vpliv Schumannovih resonančnih frekvenc na naše zdravje in počutje [Cherry, 2001].

Zahvala

Avtorja se zahvaljujeta vsem ustanovam, ki so jima posredovale podatke uporabljene v tem članku:

- Agencija Republike Slovenije za okolje ARSO, Urad za meteorologijo, za merilne podatke avtomatske vremenoslovne postaje AMP Otlica;
- Elektoinstitut Milan Vidamar EiMV, Ljubljana, za poročilo o udaru strele;
- GMO Grocka, Srbija, za merilne podatke o spremembi geomagnetnega polja.

Literatura

- Cambell, H. W. (1989). "The Regular Geomagnetic-Field Variations During Quiet Solar Conditions" in J. A. Jacobs, Geomagnetism - Volume3. Academic, San Diego.
- Chapman, S. Bartels, J. (1940). Geomagnetism. Oxford University, London.
- Cherry, N. (2001). Schumann Resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of Solar/Geomagnetic Activity. Lincoln University, Canterbury (New Zealand).
- Čop, R. (2011 a). Gradnje geomagnetnega observatorija pod Sinjim vrhom nad Ajdovščino. Zbornik predavanj "Raziskave s področja geodezije in geofizike 2010". Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, p.59-64.
- Čop, R. Deželjin, D. (2012). Transmission of Measuring Data from the Sinji vrh Geomagnetic Observatory. Proceeding of the XVth IAGA Workshop on "Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition, and Processing", San Fernando; Catiz (Spain), p.160-164.

- Čop, R. et al. (2011 b). Preliminary Measurements of Geomagnetic-field Variations in Slovenia, *Elektrotehniški vestnik*, vol.78, no.3, p.96-101.
- Deželjin, D. Čop, R. (2013). IT System for Alarming of Possible Health Risks Caused by Geomagnetic Storms. *Global Telemedicine and eHealth Updates: Knowledge Resources*, vol. 6, p.512-515.
- Estimated Planetary K index (3 hour data); Begin: 2013 Jan 14 0000 UTC. Boulder (CO, US): NOAA; Space Weather Prediction Center; SWPC Anonymous FTP Server; Historical SWP Products from 1996. http://www.swpc.noaa.gov/ftplib/warehouse/2013/2013_plots/kp/20130116_kp.gif (16-09-2013).
- Handbook of geophysics and the space environment. (1985). Scientific editor Adolph S. Jursa. Air Force Geophysics Laboratory, Springfield (US).
- Herlec, U. Jeršek, M. (2009). "Nastanek in značilnosti planeta Zemlje" v *Evolucija Zemlje in geološke značilnosti Slovenije*. Urednik Miha Jeršek. Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana, p.9-63.
- Jankowsky, J. Sucksdorff, C. (1996). Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice. International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Boulder (US).
- Maus, S, et al. (2010). US/UK World Magnetic Model for 2010-2015. NOAA National Geophysical, Boulder (US); British Geological Survey, Edinburgh (UK).
- Paliska, D. Čop, R. Fabjan, D. (2010). The Use of GIS-based Spatial Multi criteria Evaluation in the Selection Process for the New Slovenian Geomagnetic Observatory Site. *Annales Series Historia Naturalis*, vol. 20, no. 1, p.1-8.
- Poročilo o atmosferskih razelektritvah št. 30/1/1/2013. (2013). Rezultati poizvedbe v sistemu SCALAR za lokacijo Kovk 41(Y: 5418129 m; X: 5084715 m), Občina Ajdovščina, od 14.01.2013 00:00:00 do 16.01.2013 23:59:59. Elektro-inštitut Milan Vidmar (EiMV), Ljubljana.