

# Preizkusno obratovanje geomagnetnega observatorija Sinji vrh

Rudi Čop, Damir Deželjin<sup>1</sup>

## Povzetek

Pri preizkusnem obratovanju geomagnetnega observatorija Sinji vrh je bilo na začetku največ časa posvečenega magnetometrom, nato pa daljinskemu prenosu merilnih podatkov in njihovi grafični predstavitvi. Sprotno spremljanje sprememb zemeljskega magnetnega polja na observatoriju je omogočilo postopno odkrivanje njihovih izvorov in povečevanje zanesljivosti delovanja tako merilnega sistema kot tudi telemetrije. Preizkusno obratovanje observatorija bo zaključeno z organizacijo rednih absolutnih meritev in s postavitvijo vzporednega merilnega sistema za variabilne meritve (zaradi stalnega nadzora meritev) in vzporednega sistema za telemetrijo (zaradi povečane zanesljivosti prenosa merilnih podatkov). Podatke bo potrebno shranjevati na dveh popolnoma ločenih strežnikih.

## Preizkusno obratovanje

Gradnja geomagnetnega observatorija Sinji vrh pod Sinjim vrhom nad Ajdovščino (v nadaljevanju observatorij) se je zaradi formalnih razlogov že na začetku razdelila v dve fazi. Njegovo preizkusno obratovanje se je lahko začelo potem, ko je bil dokončan prvi del prve faze: ko je bil zgrajen instalacijski kolektor od začetnega do glavnega jaška s povezavo do jaška ob baraki za meritve in ko je bila postavljena baraka za meritve skupaj z začasnim mestom za senzor variometra. Ta gradbena in instalacijska dela so bila zaključena decembra 2010 s podpisom dokumenta o začasnem priklopu observatorija na javno nizkonapetostno mrežo.

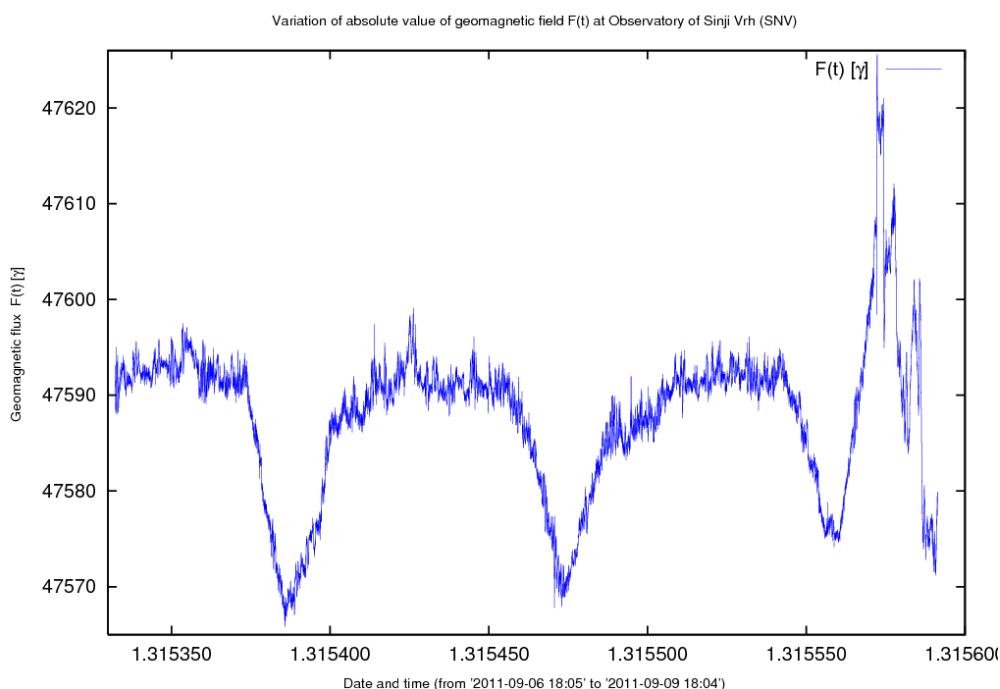
V obdobju pred začetkom in med samo gradnjo observatorija je bilo potrebno poiskati primerno mesto za postavitev observatorija, izdelati in predelati idejne zasnove in gradbene načrte ter pridobiti dovoljenja za ureditev dostopne poti. Po izbiri izvajalcev del in po zaključku prvega dela prve faze gradnje observatorija pa se je nadaljevalo urejanje razmerij s sosedi na Gori. Na samem observatoriju smo postopoma izboljševali delovanje posameznih sestavnih delov in dopolnjevali merilni sistem in njegovo telemetrijo. Sistematično se je povečevala zanesljivost delovanja tako merilnih instrumentov kot tudi ostalih naprav za prenos, shranjevanje in obdelavo merilnih rezultatov (Slika 1). Začetek gradbenih del drugega dela prve faze se je zavlekel vse do sredine avgusta 2011. Glede na ugodne vremenske razmere je bila večina gradbenih del skupaj s polaganjem energetskih kablov končana še v decembru istega leta.

Nad glavnim jaškom je bila za naprave za zajemanje in prenos merilnih podatkov zgrajena ločena baraka za telemetrijo, zato da se je zmanjšal njen vpliv na magnetometre. Poleg glavnega jaška in jaška pri baraki za meritve sta bila izdelana dodatna ločena jaška za akumulatorski bateriji. Zaradi galvanske ločitve posameznih delov merilnega sistema so se merilni podatki iz barake za meritve do barake za telemetrijo začeli prenašati preko optičnih vlaken. Merilni rezultati so se začeli dodatno obdelovati tako, da se izločajo rezultati nepravilnih meritev (Čop et al., 2011). Zaradi zagotovitve energetske avtonomije observatorija se vsi merilni instrumenti in celotna telemetrija na observatoriju napajajo iz

---

<sup>1</sup> Visokošolsko središče Sežana, Laboratorij za geomagnetizem in aeronomijo, Kraška ulica 2, 6210 Sežana

enosmernega omrežja napetosti 12 V. Zato je bil na to napajalno napetost dodatno predelan tudi triosni magnetometer fluxgate, model FGE verzije K.



**Slika1:** Meritve spremembe vrednosti zemeljskega magnetnega polja  $F(t)$  [nT] v zadnjih treh dneh pred začetkom geomagnetne nevihte 9. septembra 2011

Geomagnetne lastnosti področja, kjer je sedaj zgrajen observatorij, je potrebno še enkrat preveriti. S primerjalno meritvijo se bo potrdila pravilnost izbire kraja za observatorij ter primernost izbranih merilnih instrumentov. Pred zaključkom vseh del na drugem delu gradnje observatorija od glavnega jaška do novih merilnic v vrtači na parceli števil. 310/1 k.o. Kovk (Slika 2) je poleg tega potrebno še enkrat preveriti obstoječi sistem napajanja, izmeriti upornost ozemljil, potencialne razlike posameznih točk v sistemu napajanja in preveriti vpliv galvanško ločenega sistema na rezultate meritev.

Preizkusna faza bo zaključena potem, ko bodo vzpostavljene redne absolutne meritve na observatoriju in postavljen vzporeden sistem variabilnih meritev in vzporeden sistem prenosa merilnih podatkov. Sedanjim meritvam absolutne vrednosti vektorja zemeljskega magnetnega polja  $F$  s protonskim magnetometrom in meritvam sprememb komponent zemeljskega magnetnega polja  $dX$ ,  $dY$ ,  $dZ$  z variometrom FGE bo predvidoma v marcu 2012 dodan še magnetometer fluxgate FLV1/A LAMA. Ta bo omogočil meritev sprememb komponent  $dF$ ,  $dD$  in  $dI$  in stalno primerjavo sedanjih variabilnih meritev.

### Napajalni sistem

Observatorij je edinstvene oblike, ker je postavljen v območju Nature 2000 in v ožjem okoljevarstvenem območju Gore (Čop, 2010, 2011). Ker je bilo v prvi fazi njegove gradnje pridobljeno dovoljenje za gradnjo kot pomožni objekt za spremljanje stanja okolja, je observatorij raztresen po širšem območju parcel števil. 310/1 in 310/2 k.o. Kovk. Edini

možni izvor električne energije za napajanje observatorija je javna prostozračna nizkonapetostna električna mreža, ki se konča na bližnji kmetiji. Dobavitelj električne energije je predlagal, da naj si za observatorij zagotovimo vsaj tridnevno avtonomijo. Priključna moč merilnega in telemetrijskega sistema je bila ocenjena na 70 W.



**Slika 2:** Merilnica za variabilne meritve tlorisne površine 5 m<sup>2</sup> na robu vrtače pred ureditvijo njene okolice

Električna priključna omarica za observatorij je nameščena na novem betonskem stebri, tretjem po vrsti od priključka na vzhodni strani bližnje domačije. Poleg stebra je začetni jašek instalacijskega kolektorja, ki je vkopan v zemljo. Celoten instalacijski kolektor je od začetnega do končnega jaška dolg preko 190 metrov. Glavni jašek ga deli približno v razmerju 3 : 7, pri čemer je krajša razdalja od njega do začetnega jaška. V glavnem jašku se odcepi še stranska veja dolžine 36 metrov do jaška poleg barake za meritve.

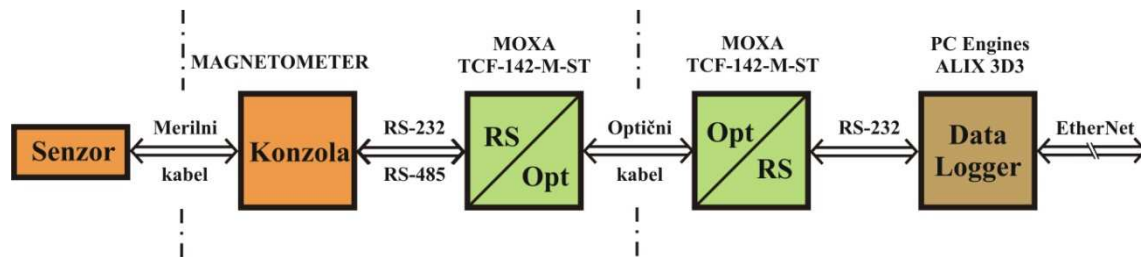
Ozemljitev observatorija je dvojna. Za del, ki je neposredno priključen na javno omrežje, je namenjeno tračno ozemljilo iz pocinkanega valjanca, na katerega so pritrjeni priključki ob vznožju betonskega stebra. Za galvansko ločen del je kot ozemljilo položena bakrena vrv preseka 75 mm<sup>2</sup> in dolžine 160 m, na katerega se lahko priključuje v začetnem in glavnem jašku.

Za napajanje merilnih instrumentov in telemetrije je zgrajen dvojni galvansko ločen sistem. Prvi sega od priključne omarice do glavnega jaška, drugi pa od glavnega do končnega jaška. Vsak on njiju je zgrajen iz dveh ločilnih transformatorjev nazivne moči 350 VA vezana v kaskado. Magnetometri, komunikacijski pretvorniki, dataloggerji in usmerjevalnik z modemom 2G so napajani iz enosmerne sistema napetosti 12 V. V ta namen so nameščeni akumulatorji 110 Ah v dodatnih jaških poleg glavnega jaška, pri baraki za meritve in poleg končnega jaška.

## Telemetrija

Skupaj z razvojem zamisli o postavitvi geomagnetnega observatorija na ozemlju Slovenije se je začela razvijati tudi zasnova sedanje telemetrije na observatoriju (Kraker et

al., 2008). Pred nadaljevanjem njenega razvoja je bilo potrebno določiti osnovno obliko merilnega in ostalega informacijskega sistema, ki se ponovi za vsak magnetometer na observatoriju (Slika 3). Vse te elemente v sistemu za meritve in telemetrijo je med seboj uskladila ustrezno razvita programska oprema. Šele po tej uspešni uskladitvi je lahko sledila njena nadgradnja v več zaporednih fazah.



**Slika 3:** Blokovna shema magnetometra vključena v sistem merjenja, zajemanje, shranjevanje in pošiljanje merilnih podatkov na Geomagnetnem observatoriju Sinji vrh

Zaradi enostavnejše uporabe in modularne zasnove sistema je bilo odločeno, da bo za zajem meritev vsakega instrumenta skrbel namenski računalnik. Izbran je bil namenski računalnik ALIX.3D3 proizvajalca PC Engines GmbH iz Švice (v nadaljevanju: data logger). Računalnik je zasnovan na kompatibilni arhitekturi i386, ima en vmesnik RS-232 (Recommended Standard 232) za priklop merilnega instrumenta in en mrežni vmesnik Ethernet ter druge standardne vmesnike. Je lahek in majhen, dimenzij 113 x 163 x 30 mm. Data logger poganja prilagojen operacijski sistem Linux, operacijski sistem pa poganja program za zajem izmerjenih podatkov iz vhoda RS-232. Zajeti podatki se najprej shranijo na lokalni polprevodniški pomnilniški disk, ob vzpostavitvi internetne povezave pa se prenesejo na oddaljen centralni strežnik.

Za daljinsko spremljanje geomagnetnih meritev in njihov vpis v centralno relacijsko podatkovno zbirko je bil zasnovan in zgrajen robusten sistem prenosa merilnih podatkov na centralni strežnik. Omenjeni sistem sestavljajo:

- komunikacijski kanal, ki temelji na internetnih tehnologijah,
- programska oprema za prenos podatkov iz data loggerjev na centralni podatkovni strežnik,
- in podatkovna zbirka ter pripadajoča programska oprema za vpis in naknadno obdelavo (post processing) izmerjenih podatkov.

Komunikacijski kanal med data loggerji in centralnim strežnikom temelji na internetnih tehnologijah. Zato je v observatoriju nameščen mrežni usmerjevalnik Digi ConnectPort WAN VPN. Ta uporablja Telekomov paketni prenos podatkov GSM 2G / GPRS (Global System for Mobile Communications, second generation / General Packet Radio services) za povezavo na internet. Sam prenos podatkov pa poteka po protokolu SCP (Security Copy), ki poskrbi za preverjanje integritete in potrjevanje prenosa podatkov.

### Rezultati daljinskega prenosa merilnih podatkov

Sistem za zajemanje, prenos in prikaz merilnih podatkov v realnem času je omogočil sprotno spremljanje, analizo in razlago sprememb zemeljskega magnetnega polja na

observatoriju. Pri tem so pomembni viri dodatnih informacij tako internet kot tudi poročila sosedov na Gori.

S primerjanjem podatkov iz satelitov, ki delujejo kot solarni observatoriji (SOHO, 2011, SDO, 2011), je mogoče napovedati nastanek geomagnetne nevihte v naslednjih 72 urah. Te napovedi je mogoče točneje potrditi nekaj ur vnaprej s pomočjo meritev na satelitih vrste GEOS, večnamenskih geostacionarnih satelitih za raziskavo magnetosfere. Podatki o planetarnem geomagnetnem indeksu Kp, ki jih sproti objavljajo na spletnih straneh za spremljanje in napoved vremena v vesolju (Philips, 2011, CSWC, 2011), pa služijo za prvo preverjanje meritev iz observatorija. Minutne rezultate meritev na njem se preverja s pomočjo objav na spletnih straneh posameznih geomagnetnih observatorijev (Belsk, 2011). Najprimernejša oblika za primerjavo in izmenjavomerilnih rezultatov sosednih geomagnetnih observatorijev pa bi bila šele lokalna informacijska mreža za primerjavo sekundnih merilnih podatkov. V to mrežo bi bili poleg našega observatorija vključeni lahko še: Tihany (THY) in Nagycenk (NCK) na Madžarskem, L'Aquila (AQU) v Italiji in Grocka (GCK) v Srbiji. V njej bi lahko sodelovali tudi raziskovalci iz Avstrije (geomagnetni observatorij Wien Kobenzl, WIK, vključen v Geomagnetic Data Master Catalogue), Hrvaške in Makedonije.

Sprememba vremena je naslednji pomemben izvor izjemnih sprememb zemeljskega magnetnega polja na observatoriju. Nanj izrazito močno vplivajo prehodi vremenskih front in sprememba vlažnosti zraka. Za podrobnejšo analizo in za nadaljnjo korelacijo med ostalimi vremenoslovnimi podatki bi bilo potrebno na observatoriju ali v njegovi neposredni bližini postaviti avtomatsko vremenoslovno postajo. Prav tako bi bila potrebna primerjava med seizmološkimi meritvami in spremembami zemeljskega magnetnega polja.

## Nadaljnji razvoj

Poleg boljše razlage merilnih podatkov je v naslednjem kratkoročnem obdobju potrebno poskrbeti za samodejno obdelavo podatkov po priporočilih mednarodnih organizacij IAGA (Belsk, 2011) in INTERMAGNET (Jankowski & Suckdorff, 1996) ter za sekundarno shranjevanje merilnih podatkov. Pri tem bi želeli uporabiti že izdelano in preizkušeno programsko opremo, ki bi jo vključili v naš sistem meritev, zajemanja merilnih podatkov, njihovega prenosa, shranjevanja in obdelave.

Za zanesljivo obratovanje geomagnetnega observatorija Sinji vrh je potrebno do konca razviti postopke za redno testiranje vseh naprav na observatoriju in za njihovo redno vzdrževanje. Razviti je potrebno tudi najprimernejše načine odstranjevanja napak ob izpadih posameznih merilnih sistemov, napajalnega sistema ali telemetrije.

## Literatura

- ČOP, Rudi. ed al. Začetne meritve variacij geomagnetnega polja v Sloveniji. *Elektrotehniški vestnik*, 2011, vol. 78, n.3, p. 96-101. ISSN: 0013-5852 (Slovenska izdaja), 2232-3228 (English Edition), 2232-3236 (EV Online).
- ČOP, Rudi. *Predlog načina gradnje Geomagnetnega observatorija Sinji vrh*. Interno poročilo. Sežana: Visokošolsko Središče Sežana; Laboratorij za geomagnetizem in aeronomijo, 25. julija 2010.
- ČOP, Rudi. Gradnja geomagnetnega observatorija pod Sinjim vrhom nad Ajdovščino. Urednik Miran Kuhar. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2010 : zbornik predavanj*. V Ljubljani: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2011, str. 59-64.

- KRAKER, Peter. et al. Telematic System for Geomagnetic Field Monitoring. International Scientific Conference on Magnetism – Geomagnetism –Biomagnetism MGB-2008. Abstract booklet. Sežana (SLO): Higher Education Centre Sežana; Laboratory for Geomagnetism and Aeronomy, 7th and 8th November 2008. ISBN: 9879619195512.
- Solar and Heliospheric Observatory SOHO* [online]. SOHO is a projekt of international cooperetion between ESA and NASA. Last modification 18 November 2011 [cited 19-11-2011]. Available from: <<http://sohowww.nascom.nasa.gov/>>.
- Solar Dynamics Observatory SDO [online]. Goddard Space Flight Center [cited 19-11-2011]. Available from: <<http://sdo.gsfc.nasa.gov/>>.
- PHILIPS, Tony. *Spaceweather.com* [online]. News and information about the SUN-Earth anvvironment. Spaceweather.com, 2010 [cited 19-11-2011g. Available from: <<http://www.spaceweather.com/>>.
- Current Space Weather Conditions* [online]. NOAA / National Weather Service Boulder (CO; US): NOAA/ National Weather Service; National Centers for Environmental Prediction; Space Weather Prediction Center, last modified: November 5, 2007 [cited 19-11-2011]. Available from: <<http://www.swpc.noaa.gov/index.html>>.
- Research group for geomegnetic observations* [online]. Belsk (BEL). Belsk (P): Polish Academy of Science; Institute of Geophysics [cited 20-11-2011]. Available from: <[http://www.igf.edu.pl/en/obserwatoria/cog\\_belsk/zespol\\_obserwacji\\_geomagnetycznych](http://www.igf.edu.pl/en/obserwatoria/cog_belsk/zespol_obserwacji_geomagnetycznych)>.
- JANKOWSKI, Jerzy. SUCKSDORFF, Christian . *Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice*. Boulder (CO, US): International Association of Geomagnetism and Aeronomy; NOAA Space Environment Center, 1996. ISBN: 0965068625.
- INTERMAGNET Technical Reference Manual*. Version 4.5. Edited by: Douglas F. Trigg, Richard L. Coles. Prepared by: Diane Regimbald. Edinburgh (UK): British Geological Survey, 2011.