
VZPOSTAVITEV SODOBNE OPAZOVALNE MREŽE ZA OCENITEV RUDARSKE ŠKODE

izr.prof.dr. Ranko T. Todorović, mag. Tomaž Ambrožič
NTF-Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo, Ljubljana

doc.dr. Bojan Stopar

FGG-Oddelek za geodezijo, Ljubljana

Prispelo za objavo: 1997-10-22

Pripravljeno za objavo: 1997-10-22

Izvleček

Z opazovalno mrežo ugotavljamo premike in deformacije površja, ki je ogroženo z rudarskimi deli v jamah. Prikazane so testne meritve pri uvajanju tehnologije GPS-ja v obstoječo terestrično mrežo v velenjskem premogovniku.

Ključne besede: GPS-izmera, klasična izmera, opazovalna mreža, transformacija

Abstract

The aim of the observational geodetic network is to detect the movements and deformations of the Earth's surface threatened by subterranean mining. This article describes test measurements upon the introduction of GPS technology in the existing terrestrial observational network at the Velenje coal mine.

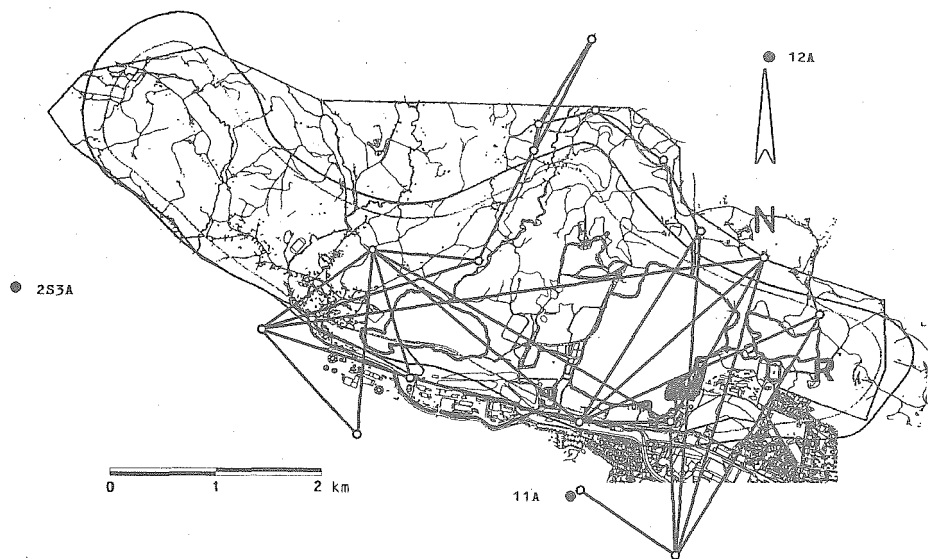
Keywords: GPS measurements, observational network, terrestrial measurements, transformation

1 UVOD

Opazovalna mreža je nedeljiva celota vseh znanstvenih, strokovnih in tehnoloških raziskovalnih, merskih, organizacijskih in drugih aktivnosti pri projektiranju, izmeri, obdelavi, tolmačenju, arhiviranju in posredovanju prostorskih in časovnih geometričnih in drugih podatkov in parametrov o oblikovanju površinske ugreznine nad rudarskimi jamskimi pridobivalnimi deli. Tvori prvo in objektivno izhodišče za proučevanje rušnih procesov v spodkopanih hribinah, povzroča pa jih rudarjenje. To predstavlja rudarsko škodo znotraj rudarskega merjenja in sorodnih rudarskih in geotehničnih specialnosti. Z merskimi točkami opazovalne mreže moramo dovolj gosto in enakomerno pokriti nestabilno površinsko ugreznilo, izhodiščne točke mreže pa morajo biti vgrajene na stabilnem terenu zunaj vplivnega območja trenutno aktivnih in bodočih rudarskih del. Pravilno zasnovana in dolgoročno uporabna mreža je torej usodno povezana z opazovanim (raziskovalnim) objektom, njegovo preteklostjo, sedanjostjo in prihodnostjo.

2 POVRŠINSKA OPAZOVALNA MREŽA

Na sliki 1 je prikazan pridobivalni prostor Rudnika lignita Velenje (sklenjena lomljena črta), ki pokriva celotno nahajališče premoga. Gospodarno pridobivanje geološko mladega nizkokaloričnega premoga je odvisno od uporabe visokoproduktivne (lastne velenjske) odkopne metode (brez zasipa), kar povzroča intenzivno degradacijo spodkopanih površin. O tem pričajo Škalsko, Velenjsko in Šoštanjsko (Družmirsko) jezero, ki so površinske ugreznine nad območji koncentriranega odkopavanja, napolnjene z vodo (potoki, padavine).



Slika 1

Varno odkopavanje na teh območjih pa (splošna okoljevarstvena problematika, predvsem preprečevanje vplivov rudarjenja na industrijske, stanovanjske, komunikacijske in druge objekte na obrobju ugreznin) je možno le pri ustreznem poznavanju rušnih procesov. To omogoča načrtovano odkopavanje in napovedovanje njegovih posledic na površino, ustrezno ukrepanje ter optimalno skrb za okolje. Vse take prognozne metode pa temeljijo na sintezi opazovalnih podatkov o obstoječih ugrezninah.

Prostorsko opazovalno mrežo tvorita tlorisna kotno-dolžinska in nivelmanska mreža. Slednja je zadovoljiva in je tu ne obravnavamo. Na sliki 1 je izrisano ogrodje tlorisne mreže, ki sicer obsega kakih 150 točk. Osnovna mreža povezuje predpostavljeno stabilne izhodiščne točke oziroma stranice severno in južno od rudniškega prostora. Neugodna geometrična zgradba mreže je posledica topografskih danosti. Obrobne točke so umaknjene iz nestabilne ravne kotline na stabilnejša obrobna območja. Slednja so gozdnata, kar onemogoča mersko povezavo med sosednjimi točkami, ampak je ta dosegljiva le prek osrednjega ugrezninskega predela. Rezultat so terminske izmere slabše natančnosti.

Potrebno natančnost, zanesljivost in gospodarnost terminskih izmer prostorske opazovalne mreže se da doseči z racionalno kombinacijo satelitskih GPS-jev in terestričnih dolžinskih, kotnih in nivelmanskih meritev. Potrebna sredstva za nabavo ustrezne instrumentalne opreme so sorazmerno velika in jih lahko opravičimo le z dolgoročno zasnovanim projektom mreže. Skladno s temi zahtevami so postavljene tri izhodiščne točke mreže 11A, 12A in 2S3A na geološko stabilnih vrhovih v zadostni oddaljenosti od sedanjega in bodočega (zahodnega) nestabilnega eksploatacijskega območja. V skladu z rudarsko zakonodajo imajo te tri točke položaj določen v državnem koordinatnem sistemu. Naslednji korak je bila izvedba GPS-izmere izbranih točk obstoječe opazovalne mreže in primerjava GPS-mreže s terestrično izmero delno iste mreže.

3 GPS-OPAZOVALNA MREŽA 97

GPS-pazovanja smo izvedli s šestimi GPS-sprejemniki; trije so tipa Trimble 4000 SSE in trije Trimble 4000 SSI. To so dvofrekvenčni geodetski GPS-sprejemniki z možnostjo sprejemanja C/A kode, faze nosilnega valovanja in s tehniko navzkrižne korelacije generiranja P kode. Sprejemniki so 9 kanalni, kar omogoča istočasen sprejem signala iz 9 satelitov na obeh frekvencah. GPS-izmera mreže je bila izvedena z relativno statično metodo izmere na skupno 14 točkah. Opazovali smo v 8 serijah s 6 sprejemniki in v dveh serijah s 3 sprejemniki. Serije so trajale po 3,5 ure z registracijo satelitskega signala nad višinskim kotom 15° , vsakih 15 sekund.

Podatke opazovanj smo obdelali s programskim paketom GPSurvey. Za izhodiščno točko mreže GPS-ja smo izbrali točko 12A Ljubela. Tej točki in točkama 11A Jerič in 2S3A Skorno smo predhodno, z navezavo GPS-ja na geodinamične točke in točke EUREF-a e v tem delu Slovenije, določili koordinate v koordinatnem sistemu ITRF 94. Podatke opazovanj smo obdelali z uporabo natančnih efemerid CODE tirnic GPS satelitov. Skupaj je bilo obdelanih 44 linearno neodvisnih vektorjev, ki smo jih izravnali v mreži GPS-ja. Izravnani položaji točk mreže so določeni relativno na izhodiščno točko 12A. Ugotovili smo, da opazovanja ne vsebujejo grobih pogreškov. Rezultat izravnave GPS-opazovanj so izravnane geodetske koordinate (geodetska širina φ , geodetska dolžina λ in elipsoidna višina h) točk mreže, s podatkom o natančnosti položajev točk. Na sliki 2 je prikazana geometrija GPS-mreže in absolutne 95-odstotne elipse pogreškov.

4 OPAZOVALNA TERESTRIČNA MREŽA 97

Najprej nekaj besed o geometriji terestrične mreže. Ta je s stališča načrtovanja mreže precej slaba in izjemno neugodna za doseganje večje natančnosti določitve koordinat točk. Pogojena je z velikimi razsežnostmi vplivnega območja odkopavanja, ki je večinoma pokrito z jezeri, z reliefom, naselji in gozdom, ki preprečujejo medsebojno vidnost točk. Kolikor toliko lepo obliko ima t. i. osnovni trikotnik 2S3A-11A-12A. Točke so stabilizirane z betonskimi stebri na stabilnem terenu zunaj vplivnega območja odkopavanja. Zato bi lahko te točke definirale dolgoročni (stabilni) datum terestrične mreže. Ker smo želeli čim boljše izmeriti ta trikotnik, smo bili prisiljeni uporabiti poleg betonskih stebrov še pomožna stojišča. Poleg osnovnega trikotnika pa smo v terestrično izmero vključili še nekaj točk osnovne rudniške mreže, ki so prav tako stabilizirane z betonskimi stebri. Tako je

izmero sestavljalo 9 stebrov in 5 pomožnih točk. Izmerili smo 64 smeri in 61 dolžin. Pri meritvah smo uporabljali komparirani totalni postaji Leica TDM5000 in TC2002 z vsem potrebnim dodatnim kompariranim instrumentarijem. Smeri smo opazovali najmanj v dveh girusih. Sredine smeri iz vseh girusov so šle v izravnavo. Ko smo merili dolžine, smo istočasno registrirali tudi meteorološke pogoje pri stojišču instrumenta in pri vizirani točki. To poudarjamo zato, ker gre več kot 40 odstotkov vizur čez jezera. Nad jezери pa ne poznamo razmer, v katerih potuje žarek. Za svetlobno valovanje velja:

$$dD = (-0,38 dp + 0,98 dt + 0,06 dt_m) \cdot 10^{-6} \cdot D$$

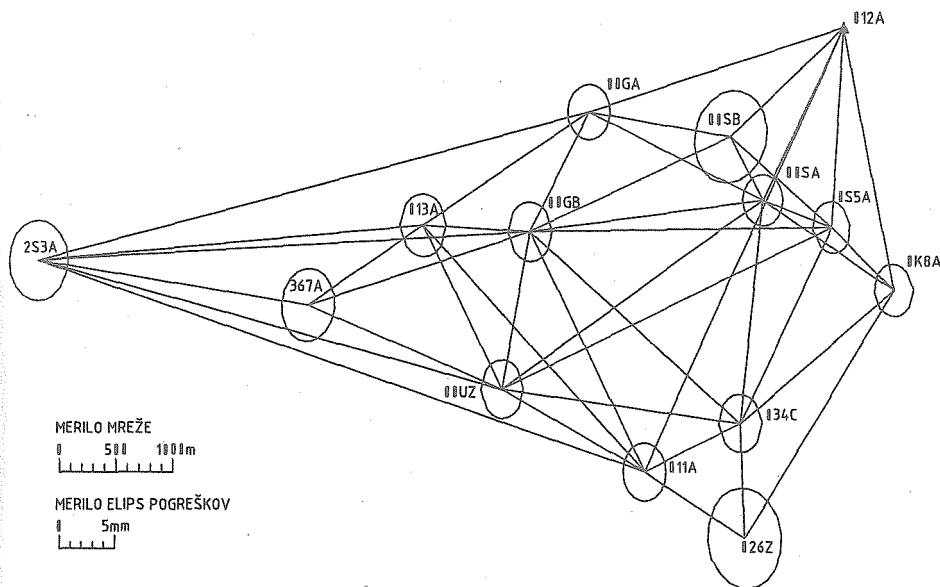
kjer je:

D – dolžina [m],

p – tlak [torr],

t – suha temperatura [°C] in

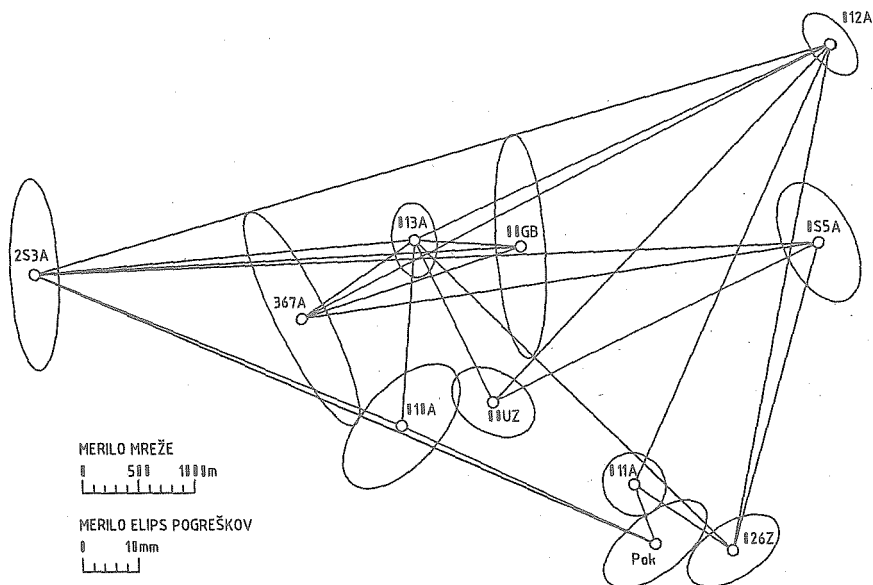
t_m – mokra temperatura [°C].



Slika 2

Vidimo, da nepoznavanje temperature na eno stopinjo Celzija natančno pomeni milimetrski pogrešek kilometrske dolžine. V naši mreži pa znašajo povprečne dolžine čez jezera med 3 in 5 km. Tako bi bilo upravičeno in potrebno poznati vsaj temperaturo na celotni poti potovanja žarka in ne samo na krajnih točkah. Po izvedbi vseh meteoroloških, geometričnih in projekcijskih redukcij smo izračunali dolžine na ničelni ravni v modularani GK-projekciji, ki smo jih uporabili v izravnavi. Vsem smerem smo pred izravnavo dodelili uteži enake vrednosti. Uteži za dolžine so bile obratnosorazmerne dolžinam. Mrežo smo izravnali kot prosto ([pvv]=min. in

[pvv]=min.), s programom GeM3, avtorja mag. Tomaža Ambrožiča. Mrežo smo izravnali na Besselovem elipsoidu. Rezultat izravnave so ocenjene koordinate točk mreže in 95-odstotne elipse pogreškov, ki jih prikazujemo na sliki 3.



Slika 3

5 PRIMERJAVA GPS-ja IN TERESTRIČNE MREŽE

Izravnane koordinate točk GPS-mreže smo nazadnje primerjali z uradno veljavnimi koordinatami točk terestrične mreže. Primerjavo smo izvedli na osnovi 9 identičnih točk v obeh mrežah s prostorsko 7-parametrično transformacijo z upoštevanjem dejanske natančnosti posameznih koordinatnih komponent točk v obeh mrežah z računalniškim programom PROTRA, avtorja dr. Bojana Stoparja. Transformacija je izvedena v 3D-prostoru, kar pomeni, da smo morali pridobiti geometrijske 3D-koordinate točk terestrične mreže, ki jih lahko pridobimo samo z upoštevanjem ustreznih geoidnih višin. Geoidne višine smo izračunali s programom SLO, avtorja dr. Tomislava Bašiča, Geodetska fakulteta Zagreb, ki omogoča interpolacijo relativnega geoida na območju Slovenije. Rezultat transformacije so odstopanja na skupnih točkah mreže, ki jih lahko obravnavamo kot lokalno neskladnost obeh koordinatnih sistemov. Odstopanja na identičnih točkah obeh mrež so v preglednici 1.

Točka	Odstopanja		
	Y [m]	X [m]	h [m]
00GB	-0,0022	-0,0134	0,0295
00UZ	0,0049	0,0079	-0,2170
011A	-0,0057	-0,0022	-0,0887
012A	0,0000	-0,0217	-0,0075
013A	0,0056	-0,0059	-0,0030
026Z	0,0371	0,0099	0,1550
0S5A	-0,0200	0,0458	0,0199
2S3A	-0,0070	0,0435	0,0314
367A	0,0036	0,0035	0,0805

Preglednica 1

6. ZAKLJUČEK

Z vzpostavitev opazovalne geodetske mreže v koordinatnem sistemu ITRF se ponuja možnost obravnave nestabilnega območja v okolici Rudnika lignita Velenje v visokonatančnem in stabilnem koordinatnem sistemu. Najenostavnejši način za vzpostavitev takega koordinatnega sistema predstavljajo GPS-opazovanja. Prehod s starega lokalnega koordinatnega sistema v novi koordinatni sistem pa je možen samo s transformacijo obstoječega sistema v novi sistem na osnovi identičnih točk, ki mora biti izveden, zaradi lokalne nestabilnosti točk z istočasno izmero v obeh sistemih. Predstavljeni izmeri v obeh sistemih in njuna medsebojna primerjava s transformacijo v lokalni koordinatni sistem predstavljata enega od prvih korakov do dejanske uvedbe stabilnega koordinatnega sistema na nestabilnem območju rudarjenja.

Zahvala

Za pomoč in uporabljene podatke se zahvaljujemo sodelavcem Jamomerske službe Rudnika lignita Velenje in Geodetski upravi Republike Slovenije.

Literatura:

- Ambrožič, T., Navodila za uporabo programa GeM3, ver3.2. Interna izdaja. Ljubljana, 1997
- Caspary, W. F., *Concepts of Network and Deformation Analysis*. School of Surveying, The University of New South Wales, Kensington, 1988
- Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., *GPS Theory and Practice*. Third, revised edition, Springer-Verlag, Wien, New York, 1994
- Kratzsch, H., *Mining Subsidence Engineering*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1983
- Medved, M., *Prispevek k poznavanju degradacije okolja pri jamskem pridobivanju debelih slojev premoga*. Doktorska disertacija. Ljubljana, FNT Montanistika, 1994
- Pelzer, H., (Edit.), *Geodaetische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung*. Konrad Wittwer, Stuttgart, 1980
- Stopar, B., *Računalniški program za transformacijo tridimenzionalnih koordinatnih sistemov PROTRA*. Interna izdaja. Ljubljana, 1997

*Stopar, B., Sanacija astrogeodetske mreže Slovenije z GPS meritvami. Doktorska disertacija.
Ljubljana, FAGG OGG, 1995*

Wolf, H., Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Duemmler, Bonn, 1968

*Recenzija: Dušan Miškovič
prof.dr. Florjan Vodopivec*