

## MAGNETNA DEKLINACIJA V LJUBLJANI ZA LETO 1954,5

Ferdo Miklič

**Vsebina:** Marca in julija 1954 sem izmeril deklinacijo v okolici Ljubljane. Merjena vrednost  $D = -1^{\circ} 37,6'$  se od ekstrapolacij iz literature na podlagi starejših meritev razlikuje za  $-10,4'$ . Moderni busolni teodoliti zahtevajo poznavanje magnetne deklinacije z natančnostjo nekaj minut, ter upoštevanje dnevnih sprememb magnetnega zemeljskega polja. Določevanje deklinacije je enostavno delo, katerega pa pri geodetskih in jamomerskih meritvah po navadi ne izvajamo. Merjenje mi je pokazalo, da moremo deklinacijo določiti z zadostno natančnostjo tudi z instrumenti, katere uporabljamo pri vsakodnevem jamomerskem in geodetskem delu.

### Podatki iz literature

J. Mokrovič je na podlagi podatkov magnetnih observatorijev v O-Gyalli, Potsdamu in Puli obdelal vse meritve magnetnih elementov med leti 1850 in 1918 na ozemlju bivše Jugoslavije. Izdelal je karti enakih deklinacij (izogon) ter enakih horizontalnih intenzitet za leto 1927,5. Računal je pod predpostavko, da so dnevne in letne spremembe zemeljskega magnetizma na vsem raziskanem območju istočasne ter enake spremembi, zaznamovani v enem bližnjih observatorijev.

J. Sedlarjeva je objavila isto Mokrovičovo karto izogon s popravljenimi vrednostmi. Pri tem je upoštevala, da se je deklinacija od leta 1927,5 do leta 1947,5 spremenila na vsem ozemlju naše države za  $+2^{\circ} 54'$ .

Do sedaj so v Sloveniji bile merjene samo vrednosti, ki jih kaže 1. tabela.

Da bi lahko vzporedili starejše podatke kompasnih meritev z današnjim stanjem, navajam v 2. tabeli letne spremembe od leta 1806,8 do danes: (J. Sedlar, Rudarska merjenja, Sporočilo Geofizikalnega zavoda v Zagrebu, od 1947,5 naprej podatki observatorija za zemeljski magnetizem Fürstenfeldbruck, Nemčija).

Če preračunamo s temi podatki stare meritve na leto 1954,5, dobimo za Ljubljano sledeče vrednosti deklinacije:

1850,0	1890	1907	1918	
$-1^{\circ} 25'$	$-1^{\circ} 28'$	$-1^{\circ} 26'$	$-1^{\circ} 30'$	povpreček $-1^{\circ} 27,2'$

Vrednosti se med seboj lepo ujemajo; majhne razlike so nastale zaradi tega, ker smo pri preračunavanju uporabili podatke letnih spre-

1. tabela — Table 1

	Cas	D	I	H <sub>CGS</sub> . .10 <sup>-5</sup>	Avtor	φ	λ
Ljubljana	1850	13° 58,5'	62° 54'	20707	Kreil	46° 03'	13° 31'
	1890	10° 04,7'	61° 34,2'	21550	Liznar		
	1907	8° 39'	60° 57'	21863	Kesslitz		
	1918	7° 05'	61° 11'	21594	Schedler		
Celje	1850	13° 40,9'	62° 53'	20775	Kreil	46° 14'	15° 15'
	1890	9° 43,6'	61° 44,8'	21470	Liznar		
	1918	6° 46'	61° 22'	21490	Schedler		
Maribor	1850	13° 27,8'	63° 13'	20529	Kreil	46° 34'	15° 38'
	1890	9° 30,0'	62° 00,7'	21309	Liznar		
	1918	6° 33'	61° 39'	21304	Schedler		
Novo mesto	1890	9° 47,4'	61° 22,5'	21649	Liznar	45° 48'	15° 10'
	1907	8° 21'	60° 46'	21962	Kesslitz		
	1918	6° 51'	60° 56'	21705	Schedler		
Piran	1890	10° 31,2'	61° 19'	21653	Liznar	45° 32'	13° 34'
Postojna	1890	10° 11,7'	61° 23'	21554	Liznar	45° 46'	14° 12'

2. tabela — Table 2

1806,8—1954,5	+ 15° 29,3'	1935,5—1954,5	+ 2° 33,1'
1823,5—1954,5	+ 13° 29,3'	1936,5—1954,5	+ 2° 23,9'
1850,0—1954,5	+ 12° 33,3'	1937,5—1954,5	+ 2° 15,4'
1870,0—1954,5	+ 10° 23,6'	1938,5—1954,5	+ 2° 06,7'
1890,0—1954,5	+ 8° 36,5'	1939,5—1954,5	+ 1° 57,9'
1907,0—1954,5	+ 7° 13,1'	1940,5—1954,5	+ 1° 49,1'
1912,0—1954,5	+ 6° 30,1'	1941,5—1954,5	+ 1° 41,4'
1915,0—1954,5	+ 6° 02,6'	1942,5—1954,5	+ 1° 33,4'
1918,0—1954,5	+ 5° 34,9'	1943,5—1954,5	+ 1° 25,4'
1922,0—1954,5	+ 4° 51,7'	1944,5—1954,5	+ 1° 17,4'
1926,5—1954,5	+ 3° 59,1'	1945,5—1954,5	+ 1° 09,4'
1927,5—1954,5	+ 3° 47,4'	1946,5—1954,5	+ 1° 01,4'
1928,5—1954,5	+ 3° 37,1'	1947,5—1954,5	+ 0° 53,4'
1929,5—1954,5	+ 3° 27,8'	1948,5—1954,5	+ 0° 45,8'
1930,5—1954,5	+ 3° 19,3'	1949,5—1954,5	+ 0° 39,0'
1931,5—1954,5	+ 3° 10,7'	1950,5—1954,5	+ 0° 31,2'
1932,5—1954,5	+ 3° 01,3'	1951,5—1954,5	+ 0° 23,4'
1933,5—1954,5	+ 2° 51,7'	1952,5—1954,5	+ 0° 15,6'
1934,5—1954,5	+ 2° 42,9'	1953,5—1954,5	+ 0° 7,8'

memb različnih krajev ne pa Ljubljane, delno pa so posledice meritvenih napak. Pri merjenju v Ljubljani 1954,5 pa sem dobil vrednost  $-1^{\circ} 37,6'$ , ki je  $10,4'$  zapadnejša.

Ljubljana 1890	$-10^{\circ} 04,7'$
Reka 1890	$-10^{\circ} 07,7'$

Reka naj bi imela torej za  $3,0'$  zapadnejšo deklinacijo kot Ljubljana. Hidrografski Institut ratne mornarice v Splitu pa navaja na Privremeni karti za plovidbu II. 1 : 200.000, 1950 za Reko:  $D = -1^{\circ} 33'$ , letna spr.  $+ 9'$ . Te vrednosti dajo za Reko 1954,5 deklinacijo  $-52,5'$ , ki nikakor ne ustreza dejanskemu stanju. Od avstrijskih meritev do danes so se lokalne anomalije gotovo spremenile; zaradi novih naselij ter z njimi povezanega električnega omrežja, vodovodov in podobnega, ponekod ni mogoče meriti na starih stališčih, vendar pa te spremembe v deklinaciji ne morejo znašati več kot nekaj minut. Na podlagi tako izračunane reške deklinacije bi bila ljubljanska deklinacija  $-49,5'$ .

### Normalno terestrično polje deklinacije v Sloveniji

V Sloveniji je bilo doslej opazovanih le šest magnetnih točk. Zato ne moremo določiti odvisnosti deklinacije od geografske lege. Za grobo orientacijo o verjetni obliki normalnega polja v Sloveniji sem uporabil sosednjo avstrijsko mrežo, merjeno 1928/29, ter Mokrovićevo obdelavo starejših meritev v Hrvatski in Slavoniji. V obeh primerih so vrednosti izravnane po Liznarjevi metodi. Enačbi sta sledeči:

Schedler-Toperczer:

$$d_{\text{norm}, \varphi, \lambda, 1930,0} = 5^{\circ} 24,37' - 0,013\ 400 \Delta\varphi - 0,450\ 137 \Delta\lambda - \\ - 0,000\ 524\ 702 (\Delta\varphi)^2 + 0,000\ 100599 \Delta\varphi\Delta\lambda - \\ - 0,000\ 061\ 630 (\Delta\lambda)^2 \quad (3)$$

Centralna točka izravnave je presečišče koordinat

$$\varphi_0 = 47^{\circ} 30', \lambda_0 = 13^{\circ} '30,$$

koordinatne razlike v enačbi pa

$$\Delta\varphi = \varphi_0 - 47^{\circ} 30', \Delta\lambda = \lambda_0 - 13^{\circ} 30'.$$

Mokrović:

$$d_{\text{norm}, \varphi, \lambda, 1927,5} = 3^{\circ} 59,3' + 0,003\ 53 \Delta\varphi - 0,426 \Delta\lambda + \\ + 0,002\ 41 (\Delta\varphi)^2 - 0,000\ 105 \Delta\varphi\Delta\lambda + \\ + 0,000\ 225 (\Delta\lambda)^2$$

Centralna točka stališče Bastaji,  $\varphi_0 = 45^{\circ} 38' 35''$ ,  $\lambda_0 = 17^{\circ} 16' 41''$  koordinatne razlike v enačbi pa:

$$\Delta\varphi = \varphi_0 - 45^{\circ} 38' 35'', \Delta\lambda = \lambda_0 - 17^{\circ} 16' 41''. \quad (4)$$

Obe enačbi, reducirani na koordinatno presečišče  $\varphi_0 = 46^\circ 00'$ ,  $\lambda_0 = 14^\circ 30'$ , kar približno ustreza legi Ljubljane:

$$\begin{aligned} \varphi_{Lj} &= 46^\circ 02' 58'' & \lambda_{Lj} &= 14^\circ 30' 40'' \text{ (Ljubljanski grad)} \\ y &= 5\,462\,287,60 & x &= 5\,100\,604,03 \end{aligned}$$

dajeta rezultate, ki so navedeni v 5. tabeli, v kateri je zgornja vrednost za horizontalno presečišče računana po enačbi Schedler-Toperczer, spodnja pa po Mokroviću.

5. tabela — Table 5

$\lambda$	$13^\circ 30'$	$14^\circ 00'$	$14^\circ 30'$	$15^\circ 00'$	$15^\circ 30'$	$16^\circ 00'$	$16^\circ 30'$
$\varphi$							
$46^\circ 30'$		— 16,0	— 2,1	+ 11,9	+ 24,9	+ 40,1	+ 54,4
		— 21,8	— 6,3	+ 8,7	+ 23,1	+ 37,5	+ 51,3
$46^\circ 00'$		— 27,7	— 13,9	0,0	+ 14,1	+ 28,2	+ 42,2
		— 31,2	— 15,4	0,0	+ 14,9	+ 29,4	+ 43,3
$45^\circ 30'$		— 24,8	— 10,9	+ 3,1	+ 17,3	+ 31,5	
		— 29,3	— 13,7	+ 1,5	+ 16,3	+ 30,7	

Pri premiku stališča od vzhoda proti zahodu se absolutna vrednost (negativne) zahodne deklinacije za Ljubljano poveča, in sicer za  $28'$  za eno dolžinsko stopinjo po Sch. T., za  $30,3'$  po Mokroviću, kar povprečno znese  $23''$  na 1 kilometer. Pri premiku od juga proti severu za eno širinsko stopinjo se absolutna vrednost (negativne) zahodne deklinacije prav tako poveča, in sicer po Sch. T. za  $5,2'$ , po M. pa za  $7,8'$ , kar da povprečno  $3,5''$  na 1 kilometer.

#### Merjenje dnevne spremembe deklinacije

Pravilna določitev deklinacije za določeno točko zahteva istočasno uporabo dveh deklinatorijev. S prvim opazujemo dnevno spremembo ter z integracijo krivulje dnevne spremembe določimo njeno povprečno vrednost. Z drugim instrumentom merimo magnetne smeri. Ker nisem imel dveh deklinatorijev, je to slaba točka v moji določitvi deklinacije.

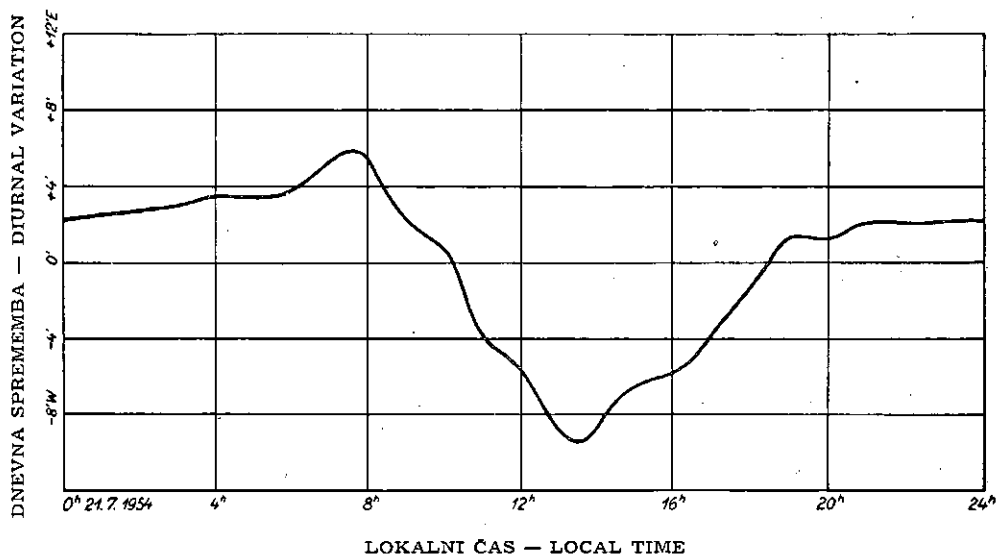
Zaenkrat nimam registracij kakega od najbližjih magnetnih observatorijev, zato sem dva dni z istim instrumentom opazoval dnevno variacijo, v presledkih po 30 minut čez dan, v enournih presledkih čez noč. Nato sem meril deklinacijo, ter zopet dva dni opazoval dnevno spremembo. Za vsak dan merjenja deklinacije sem konstruiral krivuljo dnevne variacije kot povpreček vseh štirih opazovanih dni.

Konstruiran potek dnevne spremembe za 21. julij kaže 1. slika.

Dnevne spremembe, opazovane konec marca in v začetku aprila 1954, so imele isto obliko s približno enakim razponom med največjo vzhodno deklinacijo okoli 8<sup>h</sup> 30<sup>min</sup> ter s prehodom skozi povprečno vrednost (0,0') okoli 9<sup>h</sup> 15<sup>min</sup>.

### Merjenje deklinacije 1954,5 v Ljubljani

**Instrumentarij.** Magnetne azimute sem meril z zrcalnim magnetnim deklinatorijem »Hildebrand« št. 59572, ki ga nataknemo na teodolit. To je v principu cevna busola, pri kateri je možno merjenje v dveh legah magnetnega sistema, tako da je magnetni sistem obrnjen okoli svoje osi



1. sl. Krivulja dnevne spremembe deklinacije 21. 7. 1954

Fig. 1 Graph showing diurnal variation in declination

sever—jug za 180°. Odčitava se z avtokolimacijo s pomočjo deklinatorijevega daljnogleda, nastavljenega na neskončno, in zrcalca, ki je pritrjeno na magnetni sistem. Z merjenjem v dveh legah magnetnega sistema odklonimo napako, ki nastane zaradi tega, ker zrcalce ni pritrjeno popolnoma pravokotno. Daljnogled deklinatorija rabi istočasno tudi za viziranje terestričnih ciljev. Natančnost deklinatorija je  $\pm 15''$ .

Horizontalne kote in zenitne distance sem meril z enakim uspehom z naslednjimi univerzalnimi teodoliti: »Ertel« z nonijskimi mikroskopi, nonijev podatek 0,2', »Miller« z indeksnim mikroskopom, odčitek 1', ceni-  
te v  $\pm 0,1'$ , »Fennel« z nonijskimi mikroskopi s ceni tvijo 15" pri horizontalnih, 1' pri vertikalnih kotih. Vsi instrumenti in stativi so brez železnih delov, prav tako sem skrbno odstranil vse železne predmete iz bližine instrumentov.

Čas sem meril z žepno uro s sekundnim kazalcem. Uro sem zjutraj pred meritvami in zvečer po meritvah primerjal s kronometrom »Rapf« št. 46, tega pa s časovnimi signali Greenwich po radiju.

Stališča. Da bi bilo pozneje možno ponoviti meritve deklinacije na istih točkah, ter da bi kontroliral določitve astronomskih smeri, sem vsa stališča in vizure zbral na trigonometrih iz triangulacije okolice Ljubljane. Točke so navedene v 6. tabeli.

6. tabela — Table 6

Točka	Y	X	Opis
127	5 463 991,13	5 102 829,42	zvonik cerkve ljubljanskega pokopališča
164	5 463 452,10	5 103 332,83	granitni kvader 15 × 15 × 65 cm
167	5 464 138,50	5 103 452,85	granitni kvader 15 × 15 × 65 cm
298	5 450 384,92	5 093 443,61	zvonik cerkve v Bevkah
299	5 452 515,15	5 092 348,81	granitni kvader 15 × 15 × 65 cm
300	5 454 348,31	5 093 004,25	granitni kvader 15 × 15 × 65 cm
3180	5 455 118,51	5 095 772,28	zvonik cerkve v Vnanjih Goricah

#### Določevanje astronomskih azimutov

Račun iz Gauss-Krügerjevih koordinat. Vsa stališča leže zahodno od izhodiščnega meridiana  $15^{\circ} 00'$ , ki ima  $y = 5.500.000,00$  m. Zato sem od smernega kota odštel meridijsko konvergenco, ki sem jo računal po enačbi:

$$\varepsilon'' = \frac{\Delta y \cdot \varrho'' \cdot \operatorname{tg} \varphi}{R}$$

$\Delta y$  = razdalja do izhodiščnega meridiana  
 v kilometrih  
 $\varrho'' = 206\,265''$   
 $\varphi$  = geografska širina stališča  
 $R$  = polmer zemlje  
 $\varepsilon''$  = meridijska konvergenca

**Neposredno merjenje azimuta.** Azimut sem določal tako, da sem istočasno meril horizontalno projekcijo središča sonca in pravi sončni čas. Metoda je zelo enostavna, zahteva pa zelo točen čas, torej kronometer, ki ima stalen in enakomeren hod tudi pri večjih temperaturnih spremembah. Določal sem ga tudi z istočasnim merjenjem horizontalnih pro-

jekcij sončnega središča in zenitnih distanc. Sončno središče sem določil tako, da sem viziral v dveh križnih legah nasprotna robova sonca. Ta način je za naše potrebe dovolj natančen, ne moremo ga pa uporabiti blizu kulminacije sonca.

### Rezultati meritev deklinacije 1954,5

Vse meritve sem reduciriral na povprečno vrednost dnevnega hoda. Letne spremembe sem reduciriral na datum 1. julija 1954 pod predstavko, da se je v času od 31. marca do 1. avgusta 1954 spreminjala deklinacija linearno za  $1'57''$ . To vrednost sem privzel po letni variaciji 1953,5 do 1954,5, ki znaša po podatku Geofizikalnega zavoda v Zagrebu  $+7,8'$ . Ko bom dobil boljše podatke za redukcijo, to je registracijo dnevnih in letnih sprememb za ta čas, bom svoje rezultate temu primerno popravil.

Stališča	164	167	299	300
Deklinacija	$-1^{\circ}38,5'$	$-1^{\circ}37,6'$	$-1^{\circ}38,5'$	$-1^{\circ}38,9'$

Iz teh vrednosti sklepamo, da je potek izogon v okolici Ljubljane nekoliko anormalen; smer izogon približno SW—NE, ne pa kot pri računem normalnem polju v azimutu približno  $8,6^{\circ}$ . Če je ta sklep točen, bodo pokazale regionalne meritve magnetnega polja Slovenije.

Starejše meritve so bile izvršene na Ljubljanskem gradu. Točna stališča teh meritev mi niso znana; merjenje deklinacije na Gradu zaradi spremenjenih lokalnih anomalij ni zanesljivo. Zato predlagam kot novi reper za magnetne meritve trigonometer 167 na Tomačevski cesti. Ta točka je relativno blizu središča Ljubljane in je dobro fiksirana. Na njej so izvršene štiri meritve v štirih mesecih, ki se ujemajo s srednjo napako aritmetične sredine  $\pm 0,5'$ , zato predlagam kot končni rezultat naslednjo vrednost:

Ljubljana, 1. julija 1954, trigonometer 167.

$$\begin{aligned} \varphi &= 46^{\circ}04'28'' & \lambda &= 14^{\circ}32'06'' \\ y &= 5\,464\,138,50 & x &= 5\,103\,452,85 \\ D &= -1^{\circ}37,6' \pm 0,5' \end{aligned}$$

Sprejel uredniški odbor 7. oktobra 1954.

### The magnetic declination of Ljubljana 1954,5 trigonometrical point 167

$$\begin{aligned} \varphi &= 46^{\circ}04'28'' & \lambda &= 14^{\circ}32'06'' \\ y &= 5\,464\,138,50 & x &= 5\,103\,452,85 \\ D &= -1^{\circ}37,6' \pm 0,5' \end{aligned}$$

The earth's magnetic field in Yugoslavia has been described by J. Mokrović, 1928. He computed earlier measurements, performed from 1850 till 1918, and gave the declination, horizontal intensity and inclination for the year 1927,5, supposing the annual variations on the

whole region measured being equal and simultaneous with the variations on a nearby magnetic observatorium. The magnetic declination of Slovenia has been measured on six localities only (Table 1).

The Table 2 shows the secular variations of the declination for Yugoslavia, from 1806,8 till 1954,5 according various authors. It may serve to direct earlier magnetic charts. Applying it for the earlier measurements made in Ljubljana, we get four values for the declination. The average is  $-1^{\circ}27,2'$ . This value differs from the newly measured one  $-1^{\circ}37,6'$  for 10,4'.

Literary data concerning the declination are not always reliable. Liznar (1899) gives for Rijeka, 80 km south of Ljubljana, a declination for 3' greater westerly of that of Ljubljana (4); the map of the Hydrographic Institute in Split, 1950, shows a declination about 40' easterly Ljubljana.

To show an informative picture of the earth's normal field of the declination, in Slovenia, it was calculated twice, from equations of the normal field of adjoining regions. The upper figures in Table 5 are from Schedler-Toperczer's equation for Austria (3), the lower ones are after Mokrović's (4) equation for Croatia.

The measurement in Ljubljana 1954,5 was performed on trigonometrical points only (Table 6).

To check the astronomical azimuths, calculated from the Gauss-Krüger coordinates of the points, azimuths have been determined directly, measuring time, horizontal projection on the sun's center, and zenithal distances. The time was measured with a halfsecond chronometer, the angular distances with various transits, as normally employed in survey, with an accuracy of  $\pm 0,2'$ . The declination was measured with a declinatorium "Hildebrand" (accuracy  $\pm 15''$ ). Only one apparatus for measuring the declination was available. The diurnal variation for a day on which the declination was measured, has been averaged from the variations, observed hourly, through two days before and two days after it.

The declinations on various days are reduced on the date of juli 1, 1954, assuming a yearly variation of  $+7,8'$ .

Performing surveys with modern compass-transits the surveyor has to know the declination with an accuracy of a few minuts. Usually one relies on literary data.

#### LITERATURA

Liznar, 1899, Die Verteilung der erdmagnetischen Kraft in Österreich-Ungarn zur Epoche 1890,0. Denkschrit d. kais. Akad. d. Wissensch., Bd. 67, Wien.

Mokrović, J., 1928, Razdioba glavnih elemenata zemaljskoga magnetizma u Kr. Jugoslaviji za epohu 1927,5, Zagreb.

Mokrović, J., 1929, Horizontalni dio anomalnog magnetnog polja u Hrvatskoj. Vijesti Geološkoga Zavoda u Zagrebu, III.

Schedler-Toperczer, 1932, Die Verteilung der erdmagnetischen Deklination in Österreich zur Epoche 1930,0. Wien.

Sedlar, J., 1949, Rudarska merenja, Zagreb.