

Veza Astronomskog paviljona u Maksimiru sa Zagrebačkom Gorom

Prof. Nikola P. Abakumov

S obzirom na predviđena i započeta astronomska mjerenja na Sljemenu (geografska širina, duljina i azimut) postalo je aktuelno pitanje veze Astronomskog paviljona u Maksimiru sa Sljemenom i to radi određenja otklona težišnice. Ova je veza već izvršena čitavim nizom đačkih radova, koji kontroliraju i nadopunjuju jedan drugog.

Moji bivši đacđ, sada već inženjeri, neka mi ne zamjere, što ću ih nazivati jednostavno po prezimenima.

Kao podloga čitavog rada poslužila je osnovica na kanalu Kunišćak i dvije osnovične mreže, koje su bile mnogokratno izmjerene od strane đaka u godinama 1932—1933. Ova sam mjerenja u svojoj obradbi objelodanio u članku:

„Bazisna mreža Tehničkog fakulteta u Zagrebu s obzirom na teoriju najmanjih kvadrata“ („Tehnički List“ 1937 br. 9—10).

Na slici 1 prikazana je skica obje osnovične mreže u jednoj cjelini, a u tablici 1 dani su reducirani pravci prije izjednačenja s težinama.

TABLICA 1.
Grmoščica

Vizure	I osnovična mr.	težina	II osn. mr.	težina
Sv. Blaž	0° 00' 00,00	20,78	00,00	16,00
S. z. o. t.	22 14 12,84	20,78	17,48	6,00
J. i. o. t.	22 54 52,15	20,78	54,14	14,00
Horvati	44 53 37,78	20,78		
V. Weiss	302 46		35,65	9,00

Sv. Blaž

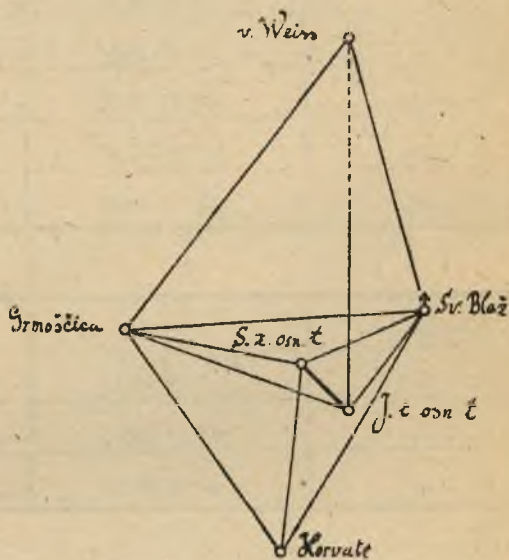
J. i. o. t.	0 00 00,00	20,78	00,00	16,00
S. o. t.	21 33 36,47	20,78	38,82	24,00
Grmoščica	67 21 03,59	20,78	04,27	11,00
V. Weiss	141 56		02,81	9,00
Horvati	351 16 09,57	20,78		

Jugo-istočna osnovična točka

Grmoščica	0 00 00,00	20,78	00,00	14,00
S. z. o. t.	3 29 19,19	20,78	16,70	7,00
V. Weiss	61 10		02,56	4,40
Sv. Blaž	89 44 01,57	20,78	00,94	13,00

Sjevero-zapadna osnovična točka

Grmoščica	0 00 00,00	20,40	00,00	6,00
Sv. Blaž	111 58 18,95	20,40	17,70	7,00
J. i. o. t.	184 09 60,47	20,40	49,52	7,00
Horvati	238 04 05,31	20,40		



Sl. 1.

Crkva Horvati

Grmoščica	0 00 00,00	21,55
S. z. o. t.	35 24 40,92	21,55
Sv. Blaž	59 01 30,34	21,55

Vila Weiss

Sv. Blaž	0 00 00,00	11,00
Grmoščica	48 11 37,84	11,00

Na osnovi ovog materijala a s duljinom osnovice 502,3308 met. (to je aritmetička sredina mjerenja iz godina 1930, 31, 33, 34, koja su bila uzeta pri računjanju prve i druge osnovične mreže) Panfilov je izjednačio s težinama zajednički čitavu mrežu sl. 1.

U tablici 2 navedeni su dobiveni rezultati.

TABLICA 2.
Grmoščica

Vizure	Nakon staničnog izjedn.	Težina	Popravci	Konač. pravac	Log. stranice
Sv. Blaž	0° 00' 00,00	36,78	- 0,01	00,00	3,524 0745
S. z. o. t.	22 14 14,24	26,78	- 0,66	13,59	3,412 2206
J. i. o. t.	22 54 53,01	34,78	+ 0,85	53,87	3,489 2257
Horvati	44 53 38,53	20,78	- 0,52	38,02	3,577 9541
V. Weiss	302 46 34,67	8,00	- 0,11	34,57	3,635 7664

Sv. Blaž

J. i. o. t.	0 00 00,00	36,78	- 0,22	00,00	3,114 4355
S z. o. t.	21 33 37,61	44,78	- 0,34	37,49	3,134 8206
Grmoščica	67 21 03,93	31,78	+ 0,33	04,48	3,524 0745
V. Weiss	141 56 02,17	9,00	- 0,93	01,46	3,576 3710
Horvati	351 16 10,06	20,78	+ 1,04	11,32	5,439 5758

J. i. o. t.

Grmoščica	0 00 00,00	34,78	- 0,18	00,00	3,489 2257
S. z. o. t.	3 29 18,44	27,78	- 0,39	18,23	2,700 9898
V. Weiss	61 10 03,05	4,40	+ 2,47	05,70	3,686 7783
Sv. Blaž	89 44 01,29	33,78	+ 0,19	01,66	3,114 4355

S. z. o. t.

Grmoščica	0 00 00,00	26,40	- 0,47	00,00	3,412 2206
Sv. Blaž	111 58 18,58	27,40	+ 0,38	19,43	3,134 8206
J. i. o. t.	184 09 57,80	27,40	+ 0,24	58,51	2,700 9898
Horvati	238 04 04,30	20,40	- 0,23	04,54	3,234 9100

Horvati

Grmoščica	0 00 00,00	21,55	+ 0,76	00,00	3,577 9541
S. z. o. t.	35 24 40,92	21,55	- 0,04	40,12	3,234 9100
Sv. Blaž	59 01 30,34	21,55	- 0,73	28,85	3,439 5758

V. Weiss

Sv. Blaž	0 00 00,00	11,00	+ 0,12	00,00	3,576 3710
Grmoščica	48 11 37,84	11,00	- 0,12	37,60	3,635 7664

Srednja pogriješka jedinice težine jest

$$m = \pm 4'',13$$

Stranica V. Weiss—Grmošćica = 4324,81 m \pm 5,5 cm.

Hejsfejmer je dobio zadatak: Na temelju zadane stranice V. Weiss—Grmošćica izvesti triangulaciju (6 girusa) prikazanu na slici 2.

Podatci dobiveni mjerenjem 5—12 svibnja 1937 god. pomoću teodolita Wild 1, prikazani su u tablici 3. U istoj tablici navedeni su i popravci nakon izjednačenja. Opažanje Sv. Jakoba vršilo se na križ iznad jabuke, a na turističku piramidu na gromobran, koji se nalazio poprilično nad centrom simetrije piramide.

TABLICA 3.
Grmošćica

Sv. Jakob	0° 00' 00,00	00,00	00,00
Pir. Sljeme	5 35 32,80	+ 03,16	35,96
V. Weiss	35 09 21,70	— 06,05	15,65
J. tor Kap.	85 03 02,80	+ 04,36	07,16

$$m = \pm 3'',05 \quad M = \pm 1'',23$$

Južni toranj Kaptol

Grmošćica	0 00 00,00	00,00	00,00
V. Weiss	59 25 13,50	— 02,79	10,71
Sv. Jakob	60 48 20,00	+ 08,34	28,34
Pir. Sljeme	71 09 30,50	+ 07,48	39,98
K. Maksimir	157 20 14,10	+ 03,33	17,43

$$m = \pm 3'',51 \quad M = \pm 1'',75$$

Vila Weiss

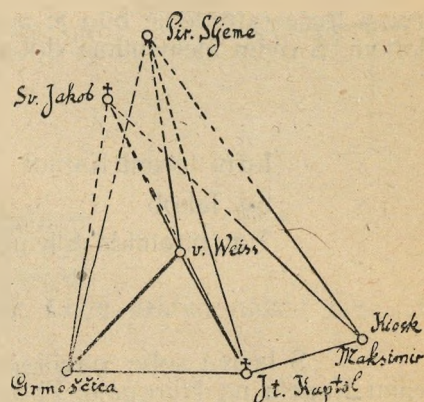
J. tor, Kap.	0 00 00,00	00,00	00,00
Grmošćica	70 40 54,60	+ 03,22	57,82
Sv. Jakob	182 33 18,60	— 03,95	14,65
Pir. Sljeme	200 30 35,80	+ 06,60	29,20

$$m = \pm 2'',95 \quad M = \pm 1'',22$$

Kiosk Maksimir

J. tor, Kap.	0 00 00,00	00,00	00,00
Sv. Jakob	62 07 28,90	— 00,99	27,91
Pir. Sljeme	74 37 14,00	+ 00,93	14,93

$$m = \pm 1'',41 \quad M = \pm 0'',58$$



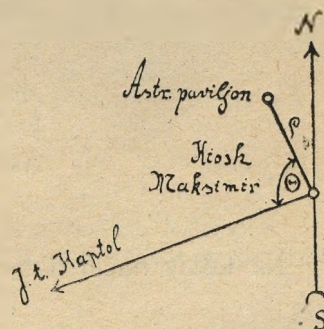
Sl. 2.

Nakon izjednačenja dobivena je srednja pogriješka pravca $\pm 7'',3$.

Daljina Kiosk Maksimir—Sv. Jakob
 $\log s = 3,9756238 \quad s = 9454,18 \pm 0,7 \text{ m}$

Daljina Kiosk Maksimir—Piramida
 $\log s = 4,0033240 \quad s = 10076,83 \pm 0,9 \text{ m}$

Točnost nije baš tako velika, ali je za našu svrhu podpuno prihvatljiva. Prema obliku mreže ove će pogriješke izazvati promjenu geografskih koordinata svega za oko $0'',02$ — $0'',03$.



Sl. 3.

Sada je bilo potrebno odrediti elemente redukcije za prelaz od Kioska Maksimir (gromobran) na Astronomski paviljon (sredina istočnog stupa, na kojemu se nalazi meridijanski krug Askania). Ovaj je rad bio načinjen 3 puta (slika 3) i dobiveni su ovi rezultati:

			ϱ	Θ
<i>Cetne</i>	Lipanj	1937	305,180 m.	87° 40' 50"
<i>Baglama</i> <i>Braum</i>	} Listopad	1937	305,240	03
<i>Milinušić</i> <i>Peretić</i>				
	Lipanj	1940	305,264	16
Sredina . . .			305,228 m.	87° 40' 23"

Prvo i treće određenje bilo je načinjeno pomoću pomoćne triangulacije; drugo poligonskim vlakom. S ovim elementima dobivamo

Astronomski paviljon

Južni toranj Kaptol	0° 00' 00",00	log s = 3,5396698	s = 3464,73 m
Sv. Jakob	66° 21' 09",54	" 3,9628304	" 9179,74
Tur. piramida Sljeme	79° 16' 00",64	" 3,9903270	" 9779,73

Određenje azimuta

S krova sobe paviljona moguće je vidjeti, i to samo kada odpadne lišće, samo veliku Kapelu na Murogaju. Zbog toga je azimut na Sv. Jakob bio određen sa pomoćne točke sjevero istočno od Kioska Maksimir. Ova je točka bila vezana s kioskom, a potom neizravno i s paviljonom. Elementi za prelaz od kioska na paviljon jesu:

$$\begin{aligned}\Delta \varphi &= +9",19 \\ \Delta \lambda &= -5",23 \\ \Delta \alpha &= -49' 21",62 \text{ na Sv. Jakob.} \\ \Delta \alpha &= -24' 17",61 \text{ na Pir. Sljeme.}\end{aligned}$$

Određenje azimuta izvršio je po Suncu dvosekundnim teodolitom Starke 1025 Čapljinški 17—19 kolovoza 1938 god. (6 girusa). Čitav račun 1941 god. ponovio je Mišić. Dobiveno je: azimut Astr. pavilj. — Sv. Jakob od sjevera

$$311^{\circ} 55' 30",1 \pm 2''$$

Budući da je, kako sam već spomenuo, s krova paviljona moguće vidjeti samo kapelu Mirogoj vezao sam s astr. paviljonom i ovu točku i to pomoću ova dva trokuta

(*Sirkš, Krček, Srebrenović, Čujanov*)

Mirogoj	58° 22' 27",16	3,6756399
J. t. Kaptol	96° 02' 39",32	3,7430353
Grmoščica	25° 34' 46",44	3,3807138
	sf. eks. = 0",03	
Mirogoj		3,5396698
J. t. Kaptol	56° 14' 36",16	
Astr. Pavilj.		3,3807138
	sf. eks. = 0",02	

Na takav način dobio sam

Astronomski paviljon

J. t. Kaptol	0° 00' 00",00	log s = 3,5396698	s = 3464,73 m
Kap. Mirogoj (križ)	43° 10' 10",08	log s = 3,4653698	s = 2919,91.

Azimut Astronomski paviljon — Mirogoj

$$288^{\circ} 44' 30",64$$

Radi kontrole *Bičanić* je 3 travnja 1940 god. odredio s krova paviljona po Suncu isti azimut, te je dobio

$$288^{\circ} 44' 25'',1$$

Elementi redukcije točke na krovu na centar istočnog stupa (sl. 4) bili su određeni dva puta 1940 godine.

	ρ	Θ
<i>Mlinušić—Peretić</i>	6,273 m	$15^{\circ} 29'$
<i>Katalinić</i>	6,297 "	$15^{\circ} 35'$
Sredina	6,285. m	$15^{\circ} 32'$

S ovim podacima dobit ćemo elemente za prelaz od krova na stočni stup:

$$\begin{aligned} \Delta \varphi &= + 0'',01 \\ \Delta \lambda &= - 0'',29 \\ \Delta \alpha &= + 1'58'',69 \text{ na Mirogoj} \end{aligned}$$

Interesantno je sravniti dobivene azimute s azimutom Grmoščica — Kapt. južni toranj, određenim po đacima 1928—31 god. (Vidi moj članak: »*Određivanje azimuta zemaljskog objekta pomoću Sunca*«. Geometarski i geodetski glasnik god. 17 sv. 5 1936). Ovaj azimut nakon preračunavanja daje:

$$\text{Astron. Pav. — Sv. Jakob } 311^{\circ} 55' 24'',7$$

Na taj način imamo na raspolaganju 3 određenja:

	$311^{\circ} 55' 30'',1$	tež. 6
	$24'',6$	" 1
	$24'',7$	" 24
Opća sredina	$311^{\circ} 55' 25'',7$	tež. 31
Pogrješka jedinice težine		$= \pm 8'',4$
" sredine		$= \pm 1'',5$
Azimut Astron. Pav. — Pir. Sljeme		
	$324^{\circ} 50' 16'',8$	$\pm 1'',5$

Doduše dobivenu pogrješku trebalo bi još povećati s obzirom na prelazni kut, no u svakom slučaju s ovim azimutom dobit ćemo geodetsku (geografsku) širinu i duljinu piramide Sljeme odnosno Sv. Jakoba, sa točnošću većom od jedne stotinke lučne sekunde.

Kao Laplace-ovu točku odlučili smo uzeti Turističku piramidu Sljemena, točnije njezin centar simetrije, koji je obilježen kamenom sa križem. Na ovaj križ su reducirana sva naša mjerenja na Piramidu Sljeme. U svrhu stvaranja Laplace-ove jednadžbe dobiveni azimut je previše grub; iz toga razloga odredili su *Klak* i *Gadžalski* sa kioska u Maksimiru 24-III—16-IV 1943 god. azimut piramide Sljeme po Polarnici univerzalnim instrumentom Starke s podjelom na 1" (12 girusa).

Nakon centriranja i redukcije dobili smo azimut

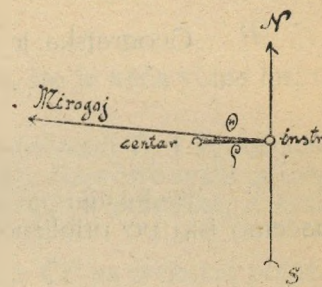
$$\begin{aligned} \text{Astr. pav. — pir. Sljeme} \\ 324^{\circ} 50' 15'',93 \pm 0'',54 \end{aligned}$$

Rezultat veoma blizak azimutu dobivenom pomoću Sunca, ali s većom točnošću. Uzmimo opću sredinu, ali težine prvog i drugog rezultata odredit ćemo prema njihovim pogrješka, smatrajući za jedinicu težine pogrješku od jedne sekunde, onda

$$\text{I težina} = \frac{1}{(1,5)^2} = 0,44$$

$$\text{II " } = \frac{1}{(0,5)^2} = 3,43$$

$$\text{i azimut bit će } 324^{\circ} 50' 16'',03 \pm 0'',51.$$



Sl. 4.

S obzirom na nadmorsku visinu piramide Sljeme ($h = 1035 \text{ m}$) sferoidna korekcija ovog azimuta sračunata po približnoj formuli, koja vrijedi s točnošću do stotinke sekunde za sve sferoide, bit će jednaka

$$a - a' = 0,00011 \cos^2 \varphi \sin 2\alpha h = -0'',51$$

Na takav način azimut Astr. pav. — piramida Sljeme reduciran na nivo plohu mora iznosi

$$a = \underline{324^\circ 50' 15'',98 \pm 0'',05}$$

Geografska je širina Astron. pav. bila određena dva puta

1938—39	$45^\circ 49' 32'',312 \pm 0'',009$
1942—43	$32'',324 \pm 0'',012$
Sredina	$45^\circ 49' 32'',318 \pm 0'',007$

Redukciju na nivo plohu mora (nadmorska visina Astr. pav. $h = 145,69 \text{ m}$) sračunamo isto po približnoj formuli

$$\Delta \varphi = -0,00017 \sin 2\varphi h = -0'',025$$

Dakle geografska širina Astr. pav. reducirana na nivo plohu mora iznosi

$$\varphi = \underline{45^\circ 49' 32'',29 \pm 0'',007}$$

Sada možemo dobiti geodetske koordinate križa na kamenu ispod turističke piramide na Sljemenju, polazeći od Astr. paviljona, reducirane na nivo plohu mora:

Sferoid

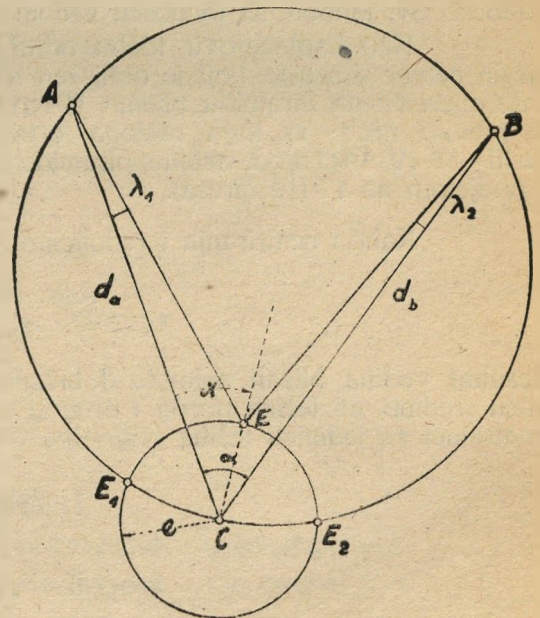
	Bessel-a	Hayford-a
$\varphi =$	$45^\circ 53' 51'',19$	$51'',15$
$\lambda =$	$0^\circ 04' 21'',29$	$21'',25$
$\alpha =$	$144^\circ 47' 08'',46$	$08'',49$

Ispitivanje optičkog centriranja

Dr. Nikola Neidhardt

Kabinet za geodeziju na Poljoprivredno-šumarskom fakultetu u Zagrebu posjeduje teodolit Wild T2 (br. 2295). Na instrumentu je montirana *naprava za optičko centriranje*. Okular te naprave smješten je postrance ispod limba. U njegovom vidnom polju vidi se malen kružić. Kad taj kružić pogađa terensku točku, instrument je centriran, ali uz dvije bitne pretpostavke t. j. da je naprava za centriranje ispravna i vertikalna os instrumenta uredno vertikalizirana. Međutim spomenuti je instrument kod upotrebe optičkog centriranja davao u vodoravnim kutevima kod kratkih vizura takove nesuglasice, da je bilo potrebno ispitati optičko centriranje. Prikazati ću tok misli kod toga rada.

Uzmimo, da imamo izmjeriti neki kut $ACB = \alpha$ (sl. 1). Instrument centriramo u točki C. Vizure CA i CB neka su dugačke d_a i d_b . Naprava za optičko centriranje neka je krivo montirana tako, da središte vodoravnog instrumentovog kruga (limba) — dotično točnije glavna instrumentova os — nije točno u vertikalnoj iznad C u času, kada kružić u vidnom polju naprave za optičko centriranje pogađa točku C, a glavna os instrumenta je uredno vertikalizirana. Neke glavna os odstupa od točke C za iznos e . Glavna os neka je općenito uzeto u točki E. Svaki je položaj točke E na krugu sa polumjerom e oko točke C jednako vjerojatan. Potonji krug ćemo zvati *krugom ekscentričnosti*.



Sl. 1.