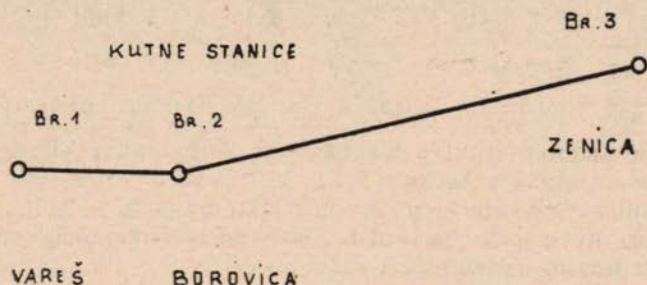


Ing. Boris Višinsky — Zagreb

## Trasiranje žičane željeznice Vareš-Majdan-Zenica

U toku 1947. god. pred Geozavod Nar. Rep. Hrvatske postavljen je bio zadatak trasiranja žičane željeznice (Žičare) između Vareš-Majdana i Zenice. To je u našoj zemlji jedan od prvih slučajeva trasiranja žičare. Obično su se u praksi susretale do sada žičare od 5—10 km., ali žičare od preko 35 km. je stvarno rijedak slučaj na jugu Evrope, a možemo smatrati da je ovo do sada najveća žičara na Balkanu.

Specijalne prilike budućeg razvoja i eksploatacije Vareš-Majdana, Borovice i Zenice odredile su tri osnovne točke kroz koje bi morala proći žičara. Ove točke, kao buduće utovarne i istovarne stanice, izabrane su prema predviđenom planu razvitka cijelog kombinata Vareš—Zenica i obzirom na povoljan i blag prilaz. (Slika 1.)



Slika 1

Sva druga pitanja tehničke naravi bila su ostavljena na slobodno riješavanje izvađača, samo se moralo pridržavati specijalnih zahtjeva kao: da odstojanje između stubova ne prelazi 1500 m, da se pomoću kutnih stanica izbjegavaju naselja, a pogotovo škole, crkve, džamije i slično, ali opet tako da bude što manje kutnih stanica.

Osnovni zadatak je bio da se fiksira trasa žičare po vrhovima kroz visoku šumu. U glavnom je taj problem bio riješen trigonometrijskim putem koristeći triangulaciju, koju je na tom području postavilo bivše Odelenje Katastra 1937-39.

Koordinate osnovnih točaka kutnih stanica br. 1, 2, 3 bile su određene metodom kombiniranog presjecanja sa tačnošću trigonometrijskih točaka III. reda. Pogreške mjerenja kutova nakon izjednačenja nijesu prelazile 8". Tačnost je zadovoljavala obzirom na staru mrežu, koja je uslijed ratnih godina bila djelomično uništena.

Nakon toga počelo je probijanje kroz gustu šumu. To su vršile dvije grupe jedna drugoj u susret, ali još nije bilo sigurnosti da će se grupe, u toj gustoj i visokoj šumi, sastati.

U svrhu kontrole i sigurnosti smjerova trase na terenu, određenih trigonometrijskim putem, postavljeni su kontrolni poligoni od postojećih

trigonometrijskih točaka uz trasu. Ovi su poligoni bili mjereni Bosshardt-Zeiss-ovim Redukcionim tahimetrom, pa ćemo ih kratko nazivati »Redta poligoni«.

Da bude jednostavnije računanje i kontrola iskolčivanja uzeta su dva pomoćna koordinatna sistema: prvi smjer trase Vareš Majdan-Borovica, a drugi smjer trase Borovica-Zenica. Ovo su dvije nove apscisne  $\xi$  osi, i obzirom na njih izvršena je rotacija i pomak cjelokupnog koordinatnog sistema, pa smo dobili:

U prvom sistemu je smjer 1—2 nova apscisna osovina  $\xi'$  a koordinatni početak u 1.

U drugom sistemu smjer 2—3 je apscisna osovina  $\xi''$  a koordinatni početak u točki 2.

Na ovaj način koordinata  $\xi'$  svake točke na trasi daje istodobno i kilometražu dotične točke od početka žičare.

Za računanje novih koordinata korištene su formule:

$$y = y_n - y_0 \quad \eta = y \cos \alpha - x \sin \alpha$$

$$x = x_n - x_0 \quad \xi = y \sin \alpha + x \cos \alpha$$

gdje su  $y_n$ ,  $x_n$  koordinate točaka u Gausz—Krügerovoj projekciji.

$y_0$ ,  $x_0$  koordinate centra novog sistema u Gausz—Krügerovoj projekciji, u našem slučaju točke 1 i 2.

Kut  $\alpha$  je kut zaokretaja koordinatnog sistema, koji je jednak smjernom (direkcionom) kutu naše trase u Gausz—Krügerovom sistemu;  $\eta$  i  $\xi$  su koordinate u novim sistemima 1—2 i 2—3.

Primjer transformacije tabela I.

$$\alpha = 279^\circ 43' 57'' \quad \sin \alpha = - 0.985 607$$

$$\cos \alpha = + 0.169 049$$

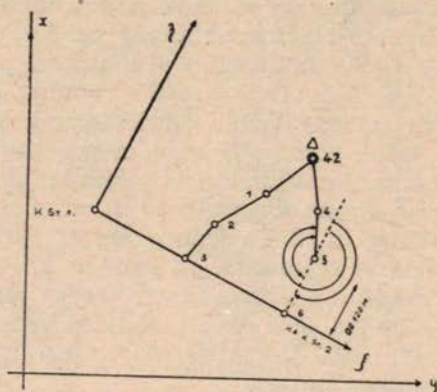
Tabela br. 1

Broj točke	$Y_n$	$X_n$	$Y_n - Y_0$	$X_n - X_0$	$X \cos \alpha$ $Y \sin \alpha$	$Y \sin \alpha$ $- X \sin \alpha$	$\xi$ $\eta$
k. st. 2	518 883,89 <sub>2</sub>	892 828,37 <sub>2</sub>	0	0	0	0	0 0
$\nabla$ 0 319	505 735,35 <sub>2</sub>	895 083,52 <sub>1</sub>	- 13148,54 <sub>2</sub>	+ 2255,15 <sub>2</sub>	+ 381,23 <sub>2</sub> - 2222,75 <sub>2</sub>	+ 12959,29 <sub>1</sub> + 2222,69 <sub>2</sub>	+ 13340,52 <sub>2</sub> - 0,06 <sub>2</sub>

Nakon transformacije koordinata trigonometrijskih točaka, koje leže u blizini odgovarajućih novih sistema, izvedene su kontrolnim »Redta poligonima«, dvije važne zadaće na trasiranju ovako dugačke pruge:

- 1.) Kontrola pravilnog trasiranja (smjera trase).
- 2.) Iskolčenje same trase.

Ad 1. »Redta poligon« postavi se po mogućnosti u pravcu okomitom na trasu i to tako da iskolčena točka trase bude zadnja točka poligona. (Slika 2.)



Slika 2

Ordinata točke  $\odot 3$  mora da bude jednaka  $\varnothing$ . U protivnom slučaju naša se trasa, uslijed pogreške u trasiranju pomakla van određenog smjera. Njene koordinate daju mogućnost korigiranja smjera trase po formuli:

$$\frac{\eta}{\xi} = \operatorname{tga}$$

gdje je  $\alpha$  kut za koji treba korigirati smjer trase na terenu.

Ad 2. U slučaju da želimo na nekoliko mjesta otvoriti radilišta i ubrzati rad na prosijecanju, mogli bi isto tako koristiti »Redta poligone« i odrediti nekoliko točaka trase kroz šumu i tako dati smjer trase.

Od trigonom. točke postavimo skoro okomito na trasu poligon tako, da bi se njegova zadnja točka nalazila ispod 100 m od trase. Sračunavši koordinate zadnje točke poligona vidjet ćemo po ordinati koliko smo daleko od trase. Ordinata  $\eta$  je istodobno i okomica na trasu, a njezin smjerni kut je  $180^\circ$ . Na taj način ćemo lako iskolčiti točku na trasi, a i sam smjer naše trase. Vidi sliku 2.

Kolika je važnost kontrolnog mjerenja navodim slučaj kod proboja pravca Vareš-Borovica. Teren je pokriven gustom šumom. Pravac je dug 8 km. Obaranje na hiljade kubika drvene mase zahtijevalo je sigurnost u iskolčenju trase. Na ovom dijelu kontrolnim poligonom ustanovilo se na jednom mjestu odstupanje od 1.5 m. Do kraja trase iznosilo bi to skretanje 40—60 m. Drugim riječima ovaj kontrolni poligon spriječio je skoro katastrofu sječe šume na pogrešnoj trasi.

Nakon izvedene kontrole započelo je prosijecanje u potpunoj sigurnosti da je pravac trase ispravan. Daljni rad tekao je kao u tvornici — po vrpci. Jedna je grupa osiguravala vrhove preko koje je prolazila trasa.

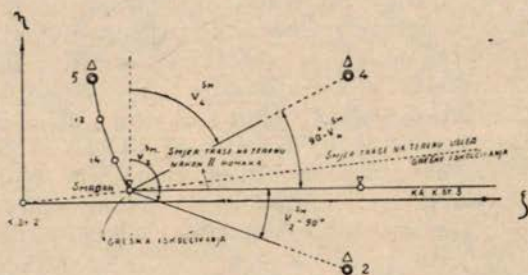
Na taj se način sužavala granica prosijecanja na male dionice 1.5—2.0 km. Odmah za njom je išla druga grupa sa detaljnim čišćenjem terena u granicama osiguranog prostora, a treća u svrhu snimanja uzdužnog profila trase. Po trasi postavljeni su poligonski vlakovi sa dužinama strana 80—100 m, čije su strane i kutovi mjereni instrumentom Redta.

Poligonske točke stabilizirale su se željeznim klinovima sa rupicama, a na brijegu gdje je postojala vjerovatnoća da će se tu postaviti stub žičare, stabilizirala se točka betonskim stubom sa podzemnim centrom (dimenzija stuba  $15 \times 15 \times 70$  cm), a profil se snimio tahimetrijski.

Na liniji Borovica-Zenica, dužine od 25 km. kolčenje po vrhovima započelo je samo sa jedne strane. U samom početku naišli smo na poteškoću: kutna stanica br. 2 nalazila se na nižem brijegu. Odmah do njega prostirao se plato sa srednjom kotom 1340 m, a relativnom visinom oko 400 m iznad kutne stanice br. 2. Sa jednog kraja plato-a vidjela se samo jedna strana spram kutne stanice, a sa drugog kraja mogao se kolčiti pravac u dužini od 12—15 km. Obzirom na kratke strane (200—400 m) sa kutne stanice br. 2. mogla se trasa iskolčiti na vrh plato-a sa točnošću 4—5 cm. Kad bi se tako nastavilo sa iskolčavanjem mogla bi pogreška na kraju narasti i na nekoliko metara.

Da bi eliminirali početnu pogrešku u prebacivanju smjera trase sa kutne stanice br. 2 u pravcu Zenice, na rub plato-a, sa kojeg se vidik prostire na desetine kilometara, podignuta je bila piramida visoka oko 7 m. Ona se projektirala na nebo, pa je u toku rada bila jako dobro vidljiva točka.

Njezin položaj prvobitno je bio određen produženjem smjera trase sa kutne stanice 2, a kasnije zbog sigurnosti i od najbliže trigonometrijske točke pomoću dvostruko mjenenog preciznog poligona (Redta i Kern-ov daljinomjer) i sračunate su njezine koordinate u novom transformiranom sistemu.

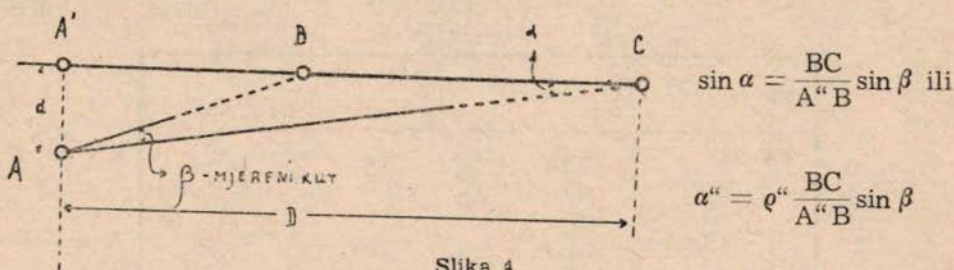


Slika 3

Radi suzbijanja gomilanja pogrešaka u iskolčenju trase, trasa se kontrolirala spomenutim kontrolnim poligonima. Kontrolnim poligonom ustanovila se stanovita pogreška u smjeru trase (sl. 3). Daljnje iskolčenje vršilo se paralelno sa zadanom trasom i to na slijedeći način: Pomoću razlike smjera trase i smjerova sa piramide na poznate trigonom. točke produživao se smjer na terenu paralelno zadanim smjerom trase.

Preporuča se radi suzbijanja pogrešaka u iskolčivanju ponavljati ovu kontrolu i ovaj način iskolčenja svakih 6—8 km. Prebacivanje smjera trase vršeno je pomoću instrumenta Zeiss Th II i to aliniranjem u slučaju vidljivosti dviju točaka već iskolčenih na trasi, ili produživanjem pravca za  $180^\circ$  u jednom i drugom položaju durbina, radi eliminiranja utjecaja kolimacione pogreške. Operacija se ponavljala tri puta radi sigurnosti obzirom na teško sporazumijevanje na ovako velika odstojanja (4 do 6 km). Preporuča se da se u ovakovim slučajevima upotrebljava za sporazumijevanje reflektor.

U zaraštenom terenu instrumenat se izdizao iznad šume koristeći pogodno drveće kao stativ. Na slici 4 prikazan je takav slučaj.  $A'BC$  je trasa,  $A''$  drvo kao stativ instrumenta. U točki  $A''$  izmjeren je kut  $\beta$  a sa karte uzeta sa približna odstojanja  $A'B$  i  $BC$ . Na temelju ovih veličina može se sračunati kut  $\alpha$ :



Iz formule proizlazi ako je  $A'B = BC$  onda je i  $\alpha = \beta$ .

Sad se može sračunati veličina »d« t. j. koliko se instrument nalazio van trase i onda se nastavilo sa prosjekom i iskolčenjem.

$$d = A''C \sin \alpha \text{ ili } d = A''C \rho'' \alpha$$

Dobro je za ovaj slučaj sastaviti male tablice, s kojim bi se na terenu mogli služiti, sa argumentom  $D$  u km i  $\alpha$  u sekundama.

$D$ u km $\alpha$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
10''	0,048	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22	0,24
20''	0,097	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	0,39	0,44	0,49
30''	0,145	0,22	0,29	0,36	0,44	0,51	0,58	0,65	0,73
40''	0,194	0,29	0,38	0,49	0,58	0,68	0,77	0,87	0,97
50''	0,242	0,36	0,48	0,61	0,73	0,85	0,97	1,08	1,21
1'00''	0,291	0,44	0,58	0,73	0,87	1,01	1,16	1,31	1,46
2'00''	0,582	0,87	1,16	1,46	1,75	2,04	2,33	2,62	2,91
3'00''	0,873	1,30	1,75	2,18	2,62	3,05	3,49	3,92	4,36

Primjer:  $\alpha = 12'$ ,  $D = 3,5$  km. Za  $1'$  i  $D = 3,5$  km iz tablica imamo vrijednost 1,01.—  $1,01 \times 12 = 12,12$  m.

Pogreška na kraju ovako iskolčivane trase iznosila je 0,75 m na 24 km., ili  $5''$  po smjeru što potpuno odgovara točnosti rada. Na temelju ovog odstupanja za cijelu dužinu trase sračunate su popravke iskolčenja za svaki kolčić, pa su pojedini kolčići na terenu pomjereni, a kasnije zami-jenjeni betonskim stubovima. Tako su stabilizirani svi vrhovi i moglo se bezbrižno raditi na svim radilištima.

U svrhu osiguranja visinskih razlika i njihovog izjednačenja po-stavljen je na čitavoj trasi trigonometrijski nivelman na ostojanju od 1—3 km. prema propisima pravilnika za trig. nivelman. Interesantno je istaknuti razlike između visina određenih trig. nivelmanom i »Redta po-ligonom«. Ta se razlika kretala u granicama  $\pm 0,15$  m. Tablica 3.

Tabela br. 3

Stajalište	Odstojanje m	Visinska razlika	
		trig. nivel.	Redta-Kern
∇ ○ K. st. 1	404,96	+ 159,42	+ 159,41
○ 9	34,36	—	+ 5,42
○ 10	355,41	+ 25,94	+ 25,96
○ 23	804,69	+ 74,07	+ 74,16
○ 37	844,41	+ 104,48	+ 104,41

Pala je u oči jedna osobina »Redte«, da se kod strmih vizura odsto-janja mjerena uzbrdo i nizbrdo razlikuju, i samo aritmetaska sredina iz-među čitanja uzbrdo i nizbrdo daje pravu vrijednost strane. Rektifikacijom je jako teško odstraniti ovu pogrešku redukcionog uređaja. Nema garan-cije da se neće tokom rada opet, uslijed raznih uzroka, pojaviti.

Zato je potrebno svakih najmanje 15 dana upoređivati mjerenja in-strumentom »Redta« na kontrolnom bazu, na kojem smo iskolčili i točno izmjerili dužine od 50 m, 80 m, 100 m i 120 m. Ovu kontrolnu bazu mo-žemo najbolje iskolčiti u blizini nastambe, a izmjeriti je invarnom pantlji-kom ili kompariranom čeličnom pantljikom.

U brdovitom terenu treba izbjegavati mjerenje strana pomoću veznih točaka. Drugim riječima treba projektirati takove strane koje se mogu instrumentom »Redta« mjeriti odjednom, a to je maksimum 120 m.

Radi veće sigurnosti, nakon položene trase, mjerenja su se ponovila »Kern-ovim instrumentom, koji ima daljinomjerni uređaj i horizontalne letve. Podaci mjerenja jednim i drugim instrumentom su se vrlo dobro slagala, a nakon ove kontrole smatralo se da je iskolčenje gotovo.

Trasa je iskolčena za 45 dana, prosječno je na ovom poslu bilo upo-sleno 12 stručnjaka.