

REZULTATI UPOREDNOG ISPITIVANJA SEKUNDNIH TEODOLITA FIRMI WILD, ZEISS I MOM

Ljubodrag NIKOLIC — Beograd

Proizvodnjom geodetskih instrumenata u Evropi bavi se više firmi, od kojih najstarije potiču još iz prošlog veka. Njihov broj se vremenom neprekidno uvećavao tako da danas prelazi jednu desetinu.

U Jugoslaviji, koja nema sopstvenu industriju ove vrste, mogu se nabaviti geodetski instrumenti svih evropskih firmi. Ovakvo stanje često dovodi u nedoumicu korisnike geodetskih instrumenata prilikom nabavke, obzirom na raznolikost u cenama, vremenu isporuke, mogućnostima servisiranja i druge uslove. U pogledu kvaliteta instrumenata nabavljači se uglavnom oslanjaju na prospekte, pri čemu presudnu ulogu može imati renome proizvođača.

Kad se radi o nabavci instrumenata za najpreciznija merenja, čiji je izbor znatno manji, obično se koriste već stečena iskustva objavljena u stručnoj literaturi. Osim toga takvi instrumenti i inače podležu detaljnim ispitivanjima pre početka upotrebe pa se njihova moć i kvalitet već unapred u potpunosti upozna.

Kod instrumenata nešto nižeg ranga tačnosti, u koje se mogu uvrstiti i sekundni teodoliti, obično se takva ispitivanja ne vrše iako se njima obavljaju merenja visoke preciznosti.

Cilj ovog rada je da se uporednim ispitivanjem sekundnih teodolita raznih firmi neposredno utvrdi njihova kvalitativna razlika.

Ispitivanja će se obaviti u više grupa, najverovatnije u tri, a u svakoj će biti obuhvaćeno po tri instrumenta.

U prvu grupu uzeti su svakako najpoznatiji predstavnici zapadne i istočne Evrope, teodoliti firme Wild iz Švajcarske i firme Zeiss iz Demokratske Republike Nemačke a zatim i teodolit firme MOM iz susedne Mađarske.

Ovakav izbor učinjen je zbog toga što su sekundni teodoliti poznatih firmi Wild i Zeiss, koji nose oznake T 2 i Theo 010, kod nas već duže vreme u širokoj upotrebi, pa će svako upoređenje sa njima omogućiti da se oceni kvalitativna vrednost ostalih instrumenata koji će biti ispitani. U prvoj seriji to će biti teodolit firme MOM sa oznakom Te-B 1.

Rezultati ispitivanja izloženi su u pet poglavlja onim redom kako su ispitivanja i vršena. Sva ispitivanja su obavljena u laboratoriji Zavoda za fotogrametriju iz Beograda i na Astronomskoj opservatoriji u Beogradu u periodu vremena od juna do decembra 1970. godine.

PODELA LIMBA — Prva ispitivanja odnosila su se na horizontalni limb koji je, svakako, najvažniji organ jednog teodolita. Kvalitet izrade limba, odnosno tačnost njegove podele, najznačajniji je element pri oceni kvaliteta izrade instrumenta u celini. Iz tih razloga ispitivanju podele limba, na prvom mestu horizontalnog, posvećena je naročita pažnja.

Greške podele horizontalnog limba određene su metodom autora gde jednačina grešaka ima oblik

$$f_{ij} = \delta_{ij} - \frac{\sum_1^k \delta_{ij}}{k} + \frac{\sum_1^k f_{ij}}{k} \quad i = 1 \dots n, j = 1 \dots k$$

gde je n — broj prečinka, k — broj kolimatora, a o — odstupanje vrednosti ugla, merenog između kolimatora, od njegove najverovatnije vrednosti ugla, merenog između kolimatora, od njegove najverovatnije vrednosti dobijene aritmetičkom sredinom. Detaljno izlaganje primenjene metode ovde neće biti učinjeno pošto je ona više puta publikovana.

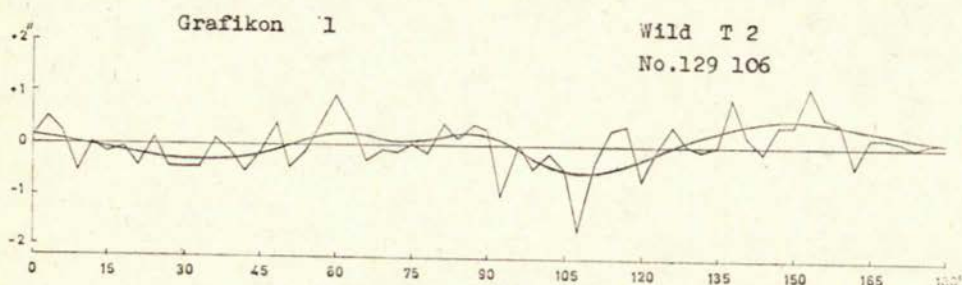
Kao što je poznato, greške podele limba mogu biti predstavljene kao skup grešaka sistematskog i slučajnog karaktera. Radi potpune ocene kvaliteta podele limba, neophodno je otkriti njihove ukupne greške pa je zato za ispitivanja potrebno primeniti metode koje takve greške i otkrivaju (Bruns, Nikolić) a ne one koje otkrivaju samo periodične (Heuvelink). Kad su totalne greške poznate onda se one mogu razdvojiti smatrajući da periodične greške mogu biti predstavljene tokom Furijeovog polinoma oblika:

$$E_i = a_0 + a_2 \sin 2\varphi + b_2 \cos 2\varphi + a_4 \sin 4\varphi + b_4 \cos 4\varphi + \dots$$

kojim su totalne greške, dobijene ispitivanjem, aproksimirane.

Ispitivanje podele horizontalnog limba izvršeno je sa gustinom od tri stepena. Poznavanje grešaka za 60 prečnika, što je 1/18 svih, dovoljno je da se sa velikom sigurnošću može odrediti odnos sistematskih i slučajnih grešaka podele obzirom da one, pošto su ravnomerno raspoređene po krugu, predstavljaju reprezentativni uzorak.

Na grafikonu 1, 2 i 3 prikazane su greške podele horizontalnog limba na ispitivanim teodolitima sa ucrtanom krivom linijom dobijenom aproksimacijom. Iz rezultata ispitivanja dobijeni su podaci o veličinama grešaka podele i tačnosti sa kojom su one određene, što je dato u tabeli 1.



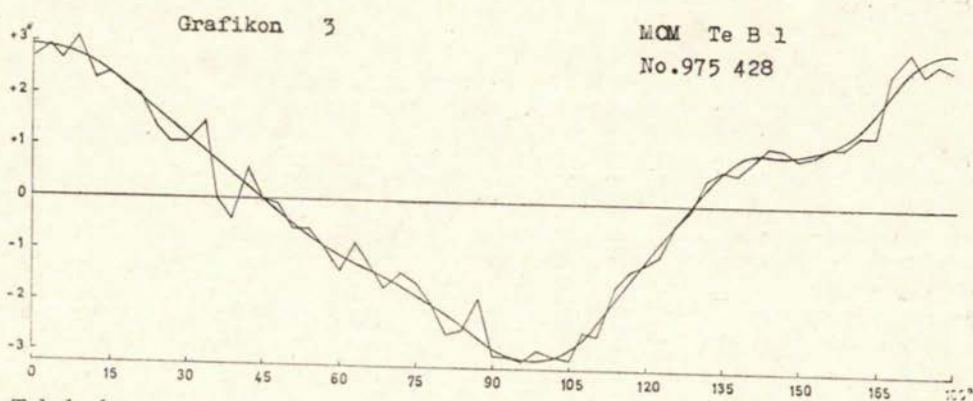
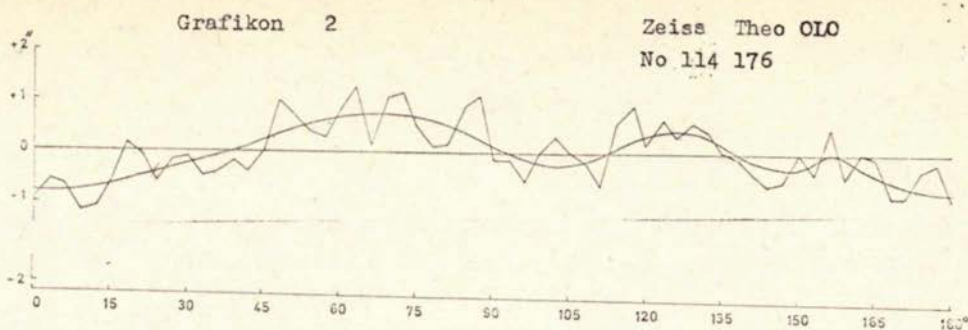


Tabela 1

	Wild	Zeiss	MOM
Srednja kvadratska greška određivanja totalnih grešaka podele limba	T 2	Theo 010	Te B 1
	0,29	0,31	0,27
Srednja kvadratska greška slučajnih grešaka podele limba	0,37	0,40	0,22
Prosečna sistematska greška podele limba	0,24	0,41	1,46
Prosečna slučajna greška podele limba	0,28	0,32	0,18
Odnos sistematskih i slučajnih grešaka podele limba	0,9:1	1,2:1	8,1:1

Iz grafikona 1, 2 i 3 i tabele 1, može se o horizontalnim limbovima zaključiti sledeće:

1 — Totalne greške podele limba nalaze se u granicama od 3". Za ovu kategoriju teodolita, smatra se, da su limbovi, čije se greške podele nalaze u ovim granicama, izrađeni sa prvorazrednom tačnošću.

2 — Slučajne greške podele su veoma male. Kako su one, u ovom slučaju, istog reda veličina kao i srednja kvadratska greška određivanja totalnih grešaka podele, to se o njima ne može ništa više reći.

3 — Odnos sistematskih i slučajnih grešaka podele je dosta različit i kreće se od 1 : 1 do 8 : 1, što je znatno bolje nego da je taj odnos obrnut. Poznata je činjenica da su sistematske greške povoljnije od slučajnih. Na prvom mestu one se lakše i jednostavnije određuju a zatim i brže eliminišu iz vrednosti merenog ugla dobijene aritmetičkom sredinom iz više merenja na različitim delovima podele. Ukoliko su one veće, uvođenjem popravki omogućuje se realna ocena tačnosti merenja.

Ako su slučajne greške velike onda se one sporije eliminišu iz vrednosti ugla dobijene aritmetičkom sredinom a da bi se omogućilo unošenje popravki trebalo bi ispitati sve dijemetre, što je dugotrajno i komplikovano.

4 — Kod limba teodolita firme MOM, sistematske greške, koje su povoljnije i koje se, prema ličnom iskustvu iz višegodišnjih ispitivanja, relativno lako mogu u novijim serijama umanjivati, nešto su povećane. Nasuprot tome, slučajne greške su, neočekivano, izrazito male da se može smatrati da praktično i ne postoje.

Iz podataka ispitivanja se može zaključiti da su limbovi, najvažniji organi teodolita, urađeni sa visokom tačnošću te da se pri praktičnom radu, što je od bitne važnosti, u podatke merenja ne moraju unositi nikakve popravke za greške podele.

Ispitivanje podele vertikalnih limbova izvršeno je znatno grublje i rezultati pokazuju da su njihove greške istog reda veličina i sličnih karakteristika kao i kod horizontalnih te ovde o njima neće biti govoreno.

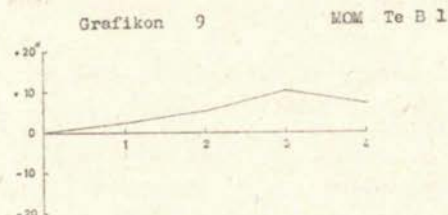
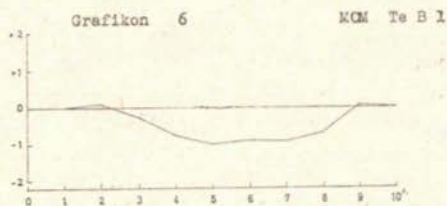
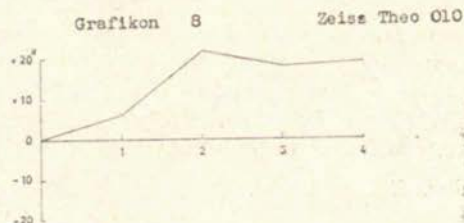
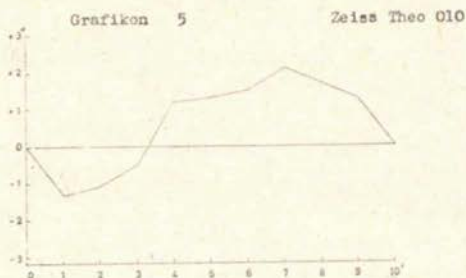
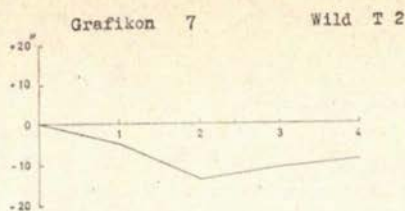
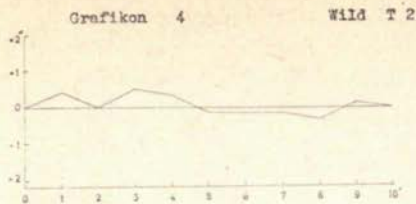
OPTIČKI MIKROMETRI — Optički mikrometar je izuzetno važan organ teodolita i zahteva veoma preciznu izradu. Kod prvih konstrukcija teodolita sa staklenim limbovima, greške optičkog mikrometra, u ovoj kategoriji instrumenata, dostizale su veličinu i 5" i prevazilazile su greške podele limba. Kod savremenih sekundnih teodolita one su znatno smanjene tako da treba da budu u granicama od jedne sekunde, ako su mikrometri urađeni sa velikom preciznošću.

Ispitivanje optičkih mikrometara kod ove grupe teodolita izvršeno je na jednostavan način. Na jednom kolimatoru postignut je razmak dveju crtica koje zahvataju ugao veličine od 1'. Iz podataka merenja ovog ugla na raznim delovima mikrometra, počev od čitanja 0' pa sve do čitanja 9', mogu se dobiti greške mikrometra na svakom celom minutu. Merenja su kod svih teodolita izvršena u tri serije sa po 10 ponavljanja na različitim delovima limba. Predhodno je bilo ispitivanjem potvrđeno da vrednost celog obrta mikrometra odgovara vrednosti od 10'.

Na grafikonu 4, 5 i 6 ucrtane su greške optičkih mikrometara za ispitivane teodolite koje su određene sa tačnošću od 0", 1, iz kojih se može zaključiti sledeće:

1 — U granice visoke preciznosti izrade ulaze mikrometri teodolita firme Wild i MOM dok mikrometar teodolita firme Zeiss tu granicu trostruko premašuje.

2 — Greške optičkih mikrometara su sistematskog karaktera i, bez većih odstupanja, predstavljene su kontinualnom krivom linijom.



Svakako da bi ispitivanje optičkih mikrometara na više mesta nego što je ovde učinjeno, dalo još potpuniju sliku o kvalitetu njihove izrade no ipak se, obzirom na sistematski karakter grešaka, ne može očekivati pojava većih grešaka slučajnog karaktera koji bi prekidali kontinuitet toka prikazane krive.

DURBIN — Durbini ispitivanih teodolita, iako prema prospektima imaju približno iste karakteristike, po konstrukciji nisu isti. Iako se ovde ne ulazi u konstruktivne elemente durbina, ipak treba napomenuti, da durbin teodolita firme Zeiss ima duhovitu konstrukciju, gde se koristi kombinacija sočiva i ogledala, kojom je on znatno skraćen, za razliku od durbina ostalih teodolita koji su klasični.

Ispitivanje durbina vršeno je u laboratorijskim uslovima i u slobodnom prostoru i obuhvata neke osnovne elemente koji mogu imati uticaja na tačnost merenja.

Prva ispitivanja odnosila su se na stabilnost vizure u zavisnosti od pomeranja analaktičkog sočiva. Ispitivanja su izvršena na pet položaja doboša za pomeranje analaktičkog sočiva, ravnomerno raspoređenih po celom rasponu, i svedeni su na prvi, koji odgovara bliskom rastojanju viziranog predmeta, približno oko 3 m.

Odstupanje vizure u horizontalnoj ravni u odnosu na početni položaj dato je na grafikonu 7, 8 i 9.

Veličine odstupanja nisu beznačajne pa o njima treba voditi računa pri radovima kod kojih se ove greške ne eliminišu metodom merenja. Zapaža se da su odstupanja najveća kod kratkih vizura i da se kasnije znatno smanjuju.

Ispitivanje odstupanja vizure u vertikalnoj ravni izvršeno je sa tri položaja doboša i ustanovljeno je da su ona istog reda veličina kao i u horizontalnoj no njihov grafik nije ovde dat.

Ispitivanje optike durbina, nažalost, nije bilo moguće obaviti jer se nije raspolagalo potrebnom opremom. Učinjena je samo proba da se utvrdi mogućnost očitavanja milimetara i santimetara na tahimetrijskoj letvi. Istovremenim merenjem na različitim daljinama od 50 m do 300 m ispitivana je mogućnost očitavanja milimetara, procenom, i santimetara direktno. U tabeli 2 date su dužine pri kojima su rasturanja rezultata merenja jednaka. Za osnovu je uzeta srednja kvadratska greška merenja za dužine 120 m za milimetre i 250 m za santimetre, kod teodolita firme Wild. Ispitivanja su izvršena u više ponavljanja i od raznih lica.

Tabela 2

	Wild T 2	Zeiss Theo 010	MOM Te B 1
Očitavanje milimetara	120 m	109 m	122 m
Očitavanje santimetara	250 m	210 m	243 m

Instrumenti firme Wild i MOM pokazuju skoro potpunu saglasnost u tačnosti očitavanja dok je kod instrumenta firme Zeiss očitavanje bilo otežano nešto slabijom oštrinom likova.

Istovremeno je izvršena i provera multiplikacione konstante pri čemu je ustanovljeno da je ona, kod sva tri teodolita, vrlo bliska nominalnoj vrednosti pa se može smatrati da praktično od nje i ne odstupa.

Najzad, ispitivan je i uticaj nejednakog zagrevanja teodolita na stabilnost vizure. Na instrumente, koji su prethodno primili stabilnu temperaturu sredine, sa strane je dovedena struja toplog vazduha zagrejanog za oko 5°C više od sredine koja je bila stabilizovana na 18°C. Registrovana je dvostruka kolimaciona greška za vreme stabilne temperature kao i posle 5 i 10 minuta početka strujanja zagrejanog vazduha. Dobijeni rezultati dati su na tabeli 3.

Tabela 3

	Wild T 2	Zeiss Theo 010	MOM Te B 1
Pri stabilnoj temperaturi	+ 1"	+ 4"	- 1"
5 min. posle strujanja zagrejanog vazduha	+ 2"	+ 23"	- 1"
10 min. posle strujanja zagrejanog vazduha	+ 4"	+ 67"	- 5"

Kako se iz tabele vidi, promene dvostruke kolimacione greške nastale su usled nejednakog zagrevanja, kod teodolita firme Wild i MOM su praktično beznačajne dok je kod teodolita firme Zeiss ova promena izrazito velika. Uzroke ove pojave svakako treba tražiti u materijalu od kojeg su instrumenti sagrađeni kao i boji i izglačanosti spoljnih površina.

Ova pojava može imati nepovoljnih posledica na rezultate merenja teodolitima firme Zeiss kada se ona vrše na mestima gde može doći do nejednakog zagrevanja.

Kako se pri praktičnom radu instrumenti koriste, uglavnom u slobodnom prostoru, gde su, i pored zaštite, strujanja vazduha različitih temperatura neminovna, to se stabilnost vizure, u uslovima nejednakog zagrevanja, mora uvrstiti u bitne, pozitivne karakteristike teodolita.

OPSTI TEMPERATURNI UTICAJ — Praktična merenja teodolitom obavljaju se pri različitim spoljnim temperaturama pa je bilo potrebno izvršiti proveru ponašanja teodolita pri radu u većem temperaturnom intervalu kako bi se otkrio eventualni uticaj stepena zagrejanosti na tačnost merenja.

Tabela 4

	Wild T 2	Zeiss Theo 010	MOM Te B ₁
Sred. kv. greška ugla pri temper. od 5°C	1,5	1,7	1,4
Sred. kv. greška ugla pri temper. od 12°C	1,3	1,2	1,4
Sred. kv. greška ugla pri temper. od 19°C	1,0	0,9	1,7
Sred. kv. greška ugla pri temper. od 26°C	1,8	1,6	1,4

Tabela 5

	Wild T 2	Zeiss Theo 010	MOM Te B 1
Prosečna dv. kolimac. greška na 5°C	+ 3,0	+ 1,5	— 1,6
Prosečna dv. kolimac. greška na 12°C	+ 2,6	+ 2,1	— 1,8
Prosečna dv. kolimac. greška na 19°C	+ 1,9	+ 5,8	— 2,2
Prosečna dv. kolimac. greška na 26°C	+ 2,0	+ 7,1	— 3,2

U posebnoj prostoriji, gde su ispitivanja obavljena, postignuta je stabilna temperatura od 5, 12, 19 i 26°C. Pri ovim temperaturama izvršena je serija merenja horizontalnih i vertikalnih uglova. Iz podataka ovih merenja sačinjene su tabele 4 i 5 u kojima su iznete srednje kvadratske greške merenih horizontalnih uglova i dvostruka kolimaciona greška dobijena prilikom tih merenja na označenim temperaturama. Na osnovu ovog ispitivanja konstatovano je sledeće:

1 — Uglovi su izmereni sa istom tačnošću pri svim temperaturama i ne oseća se nikakva tendencija njenoj promeni. Slično je i kod merenja vertikalnih uglova.

2 — Oseća se izvesna, sasvim beznačajna, promena kolimacione greške koja je kod teodolita firme Zeiss nešto veća nego kod drugih.

3 — Nema nikakvih promena u vrednosti celog obrta doboša optičkog mikrometra.

Temperatura sredine, kako ispitivanja pokazuju, nema nikakvog uticaja na tačnost uglovnih merenja što znači da su ovi teodoliti potpuno sposobni za rad u svim temperaturnim uslovima. Temperaturni raspon od 5 do 26°C, u kome su ispitivanja izvršena, praktično obuhvata radnu temperaturu u terenskim uslovima.

OPSTE KARAKTERISTIKE — Poslednja istipivanja odnosila su se na neke detalje koji u osnovi nisu bitni ali ih treba naglasiti pošto mogu uticati na tačnost i ekonomičnost merenja. Istovremeno je izvršena ocena nekih konstruktivnih elemenata koji mogu doprineti da se rad instrumentima obavlja brže i lakše. Radi direktnog upoređenja nekih osnovnih karakteristika, u tabeli 6 dati su tehnički podaci o ispitivanim teodolitima a prema prospektima firmi koje ih proizvode.

Zavrtnji za grubo i fino kretanje instrumenta oko vertikalne i durbina oko horizontalne osovine konstruktivno se razlikuju. Dok je kod teodolita firme Wild zadržan klasičan oblik odvojenih zavrtnja, teodolit firme Zeiss za grubo kretanje ima pritezače, na koje se treba privikavati, ali se rad njima obavlja lako i brzo. Rešenje kod teodolita firme MOM, kod koga su oba zavrtnja na jednom mestu i idu jedan kroz drugi, duhovito je i praktično.

Uređaj za prisilno centrisanje imaju svi ispitivani teodoliti. Svaki ima svoju specifičnu konstrukciju ali se ni za jednu ne može reći da nije praktična ni pouzdana. Oni ovde neće biti opisivani ali treba istaći da raznolikost u konstrukciji ovog uređaja kao i nejednak prečnik centralnog zavrtnja utiče da se korisnici geodetskih instrumenata opredeljuju za celokupnu nabavku kod jedne iste firme, što ima nekih prednosti, ali se zato odustaje od nabavki pojedinih novih i uspelih konstrukcija drugih firmi.

Tabela 6

	Wild T 2	Zeiss Theo 010	MOM Te B 1
Durbin			
Uvećanja	28	31	30
Slobodni otvor objektiva	40 mm	53 mm	45
Dužina	150 mm	135 mm	174 mm
Multiplikaciona konsonanta	100	100	100
Adiciona konsonanta	0	0	0
Najmanja rastojanja do cilja	1,5 m	2,0 m	2,0 m
Horizontalni krug			
Prečnik podele	90 mm	84 mm	93 mm
Vrednost najmanjeg podeoka	20'	20'	20'
Vertikalni krug			
Prečnik podele	70 mm	60 mm	60 mm
Vrednost najmanjeg podeoka	20'	20'	20'
Optički mikrometar			
Vrednost najmanjeg podeoka	1"	1"	1"
Osetljivost libela			
Alhidadna libela	20"	20"	20"
Indeksna libela	30"	20"	20"
Centrična libela	—	8'	6'
Mere i težina			
Težina instrumenta	5,6 kg	5,3 kg	5,5 kg
Težina kutije	2,0 kg	5,0 kg	3,7 kg
Težina stativa	6,0 kg	5,6 kg	6,2 kg

Osvetljenje krugova radi očitavanja vrši se pomoću specijalnih otvora u koje dolaze zraci dnevne svetlosti danju ili iz električne sijalice pri radu u tami. Za osvetljenje krugova i končanice za rad pri veštačkoj svetlosti svakako je najpraktičnije rešenje postignuto kod teodolita firme Wild gde se struja iz izvora dovodi pomoću kabla i utikača a intenzitet osvetljenja se reguliše reostatom. Kod druga dva teodolita na otvor za ulaz svetlosti montira se doza sa baterijama i sijalicom koja svojim položajem i veličinom može izazvati smetnje pri radu.

Tabela 7

	Wild T 2	Zeiss Theo 010	MOM Te B 1
Ispitivanje podele limba	0,29	0,31	0,27
Ispitivanje optičkog mikrometra	0,11	0,09	0,13
Ispitivanje stabilnosti vizure	0,80	0,76	0,86
Ispitivanje uticaja promene temperature	1,4	1,6	1,5

Na kraju može se samo navesti da je kod svih teodolita izvršena gruba provera osetljivosti i ispravnost alhidadne libele, centrične libele (teodolit firme Wild je nema), optičkog viska, končanice, uređaja za grubo viziranje i drugih elemenata sekundarne važnosti pri čemu nije zapaženo ništa što bi trebalo posebno isticati.

U ovom odeljku su iznete konstruktivne karakteristike nekih organa ispitivanih teodolita koji, svakako, nisu od prvorazrednog značaja i mogu imati uticaja samo na ocenu opšte pogodnosti ovih teodolita za praktičnu upotrebu.

ZAKLJUČAK — Na početku su istaknuti razlozi zbog kojih su ova ispitivanja preduzeta kao i zbog čega je učinjen ovakav izbor porekla ispitivanih instrumenata.

Ispitivanjima je poklonjena naročita pažnja i pored toga što su često zahtevala i duža merenja koja, sama po sebi, nisu privlačna obzirom da su se često obavljala u maloj prostoriji, pri niskoj ili visokoj temperaturi i drugim neprijatnim okolnostima.

Težnja da se sva merenja obave sa istom tačnošću i pod istim uslovima može se smatrati da je u potpunosti zadovoljena, što se može videti i iz tabele 7, u kojoj su date srednje kvadratne greške nekih merenja koja su obavljena tokom ispitivanja. Osim toga i svi ostali testovi u pogledu raspoređivanja slučajnih grešaka, ocena tačnosti i provera homogenosti rezultata ukazuju da je postavljeni zadatak u potpunosti ispunjen što garantuje mogućnost direktnog upoređivanja ispitivanih instrumenata.

Ne treba propustiti da se kaže da je obavljeni posao prilično obiman jer je na njega utrošeno oko 700 časova efektivnog rada u vremenskom intervalu od sedam meseci. Ovim je završen samo jedan deo posla pošto će uskoro uslediti ispitivanje i drugih teodolita ove klase ma da će se teodoliti nekih firmi, koji se u Jugoslaviji ne koriste, veoma teško moći dobiti.

Već iz prve faze ispitivanja sekundnih teodolita dolazi se do interesantnih saznanja. Nedvosmisleno se pokazalo da je kvalitet izrade ovih instrumenata praktično izjednačen.

U našoj zemlji ima se veoma malo iskustva sa sekundnim teodolitima firme MOM zbog čega se nije očekivalo da kvalitet izrade ovih instrumenata u mnogo čemu prevazilazi kvalitet izrade firme Zeiss a praktično je jednak sa teodolitom firme Wild, koja je među proizvođačima, kvalitetom izrade svojih proizvoda, stekla vrhunski ugled.

Rezultati ispitivanja prve serije sekundnih teodolita već ukazuju da se, u današnjem stanju tehnike, može očekivati relativno ujednačen kvalitet izrade ovih instrumenata kod svih firmi koje ih proizvode. Ako ovo bude potvrđeno i posle završetka celokupnog ispitivanja onda će za plasman ove kategorije instrumenata od bitne važnosti biti njihova cena i drugi uslovi nabavke. Tek po završetku ispitivanja sekundnih teodolita i ostalih firmi do kojih se bude moglo doći, moći će se steći opšta slika o njihovom kvalitetu pa će oni prema tome moći biti rangirani.

LITERATURA

- 1 — Jordan, Eggert, Handbuch der Vermessungskunde, Band IV, Stuttgart 1958.
- 2 — Eliseev S. V. Geodezičeskie instrumenti i pribori, Moskva 1959.
- 3 — Nikolić Lj. Prilog ispitivanju podele krugova i optičkih mikrometara geodetskih i astronomskih instrumenata. Doktorska teza, Beograd, 1965.
- 4 — Nikolić Lj. Jedan način za ispitivanje podele horizontalnog limba geodetskih instrumenata, Geodetski list 4—6, Zagreb 1966.
- 5 — Filomenko A. S. Ščipicin N. G. Praktikum po visšei geodezii — Issledovanie visokotočnih geodezičeskih instrumentov, Moskva 1965.
- 6 — Weise H. Untersuchung zur Rationalisierung und Genauigkeitssteigerung von Kreisteilungsprüfung, Potsdam 1964.
- 7 — Nikolić Lj. Odni sposob issledovania delenia limba geodezičeskih instrumentov, International conference on geodetic measuring technique and instrument problems, Budapest 1966.
- 8 — Ivanović B. Teorijska statistika, Beograd 1966.
- 9 — Cimerman V. Atlas geodetskih instrumenata, Zagreb 1960.
- 10 — Nikolić Lj. Preliminarno ispitivanje podele limba velikog vertikalnog kruga, Publikacija astronomske opservatorije No 14, Beograd 1968.