

Teodoliti s fotografskom registracijom*

Period vremena, koji se može dnevno korisno upotrebiti za opažanja s pouzdanom točnošću u triangulaciji I. reda obično je veoma kratak, često ne prelazi koji četvrt sata poslije podne.

Noću bi vrijeme raspoloživo za opažanje bilo veće, međutim su noći, naročito u Njemačkoj, s povoljnim uslovima za opažanje rijetke.

Ipak mogućnost korištenja kratkog pogodnog vremena, koje stoji na raspolaganju samo za viziranje, a ostavljanje čitanja mikroskopa, koje zahtijeva toliko vremena za kasnije, predstavlja neprocjenjivu prednost za opažača. To je postalo moguće fotografirajući položaj indeksa alhidade u odnosu na podjelu kruga.

S teodolitom Askania $f = 27$ cm, koji je snabdjeven uređajem za spomenuto fotografsko snimanje, autor ovog članka izvršio je veći dio radova za jednu triangulaciju preko 250 km dužine. S ovim radom on je mogao pokazati prednosti sličnog instrumenta, koje se mogu svesti na slijedeće:

1. **Maksimalno iskorišćenje ukupnog raspoloživog vremena za opažanje vršeci samo viziranje.** Često je bilo moguće završiti u jedan sami dan opažanja na jednom stajalištu I. reda. Osim toga napor opažača je manji u odnosu na rad s običnim instrumentima zato, što ne mora prisiljavati oko da stalno mijenja vizuru čitanjem na mikrometru. Opservacije uvijek počinju sa svjetlošću u obliku brzog osciliranja i već završavaju, kada oscilacije počnu popuštati. Polagana osciliranja ne mogu se u svakom slučaju zapaziti i primjećuju se samo ponavljajući vizure u kratkim intervalima, prema tome oštroman opservator izbjegavat će vizure sa svjetlošću ovakove vrsti.

2. **Opservacije su potpuno međusobno nezavisne.** Često opažač, gledajući podatke svojih opažanja, sklon je da pravi zaključke o točnosti već izvršenog rada i odlučuje se da ponavlja opažanja, koja bi možda bila nepotrebna, kad bi se malo dublje ispitala. Ovo stvara preranu kritiku, koja usljeđuje od pokušaja da se eliminiraju (ili pretjerano smanje) stajališne pogreške. Ova praksa postaje naročito opasna, kada se nastoji obaviti selekciju mjerenih kutova, nakon toga spajanje ovako samovoljno izabranih kutova, na osnovu jedinog razloga da se želi na svaki način napraviti stajališnu pogrešku što manju. Opservacije I. reda na pr. mogu jasno pokazati da slična ponavljanja, koja obavljaju neiskusni operatori su u najmanju ruku neekonomična.

3. **Teodoliti s fotografskom registracijom rentabilniji su za 2 do 2½ puta od Wild-ovog teodolita, a 3 do 5 puta od teodolita, koji imaju 2 do 4 mikroskopa.**

4. **Film osigurava da u rezultatu ne će biti pogrešaka čitanja.** Čitanja mogu biti kontrolirana u svako doba i procjena može biti po volji ope-
tovana.

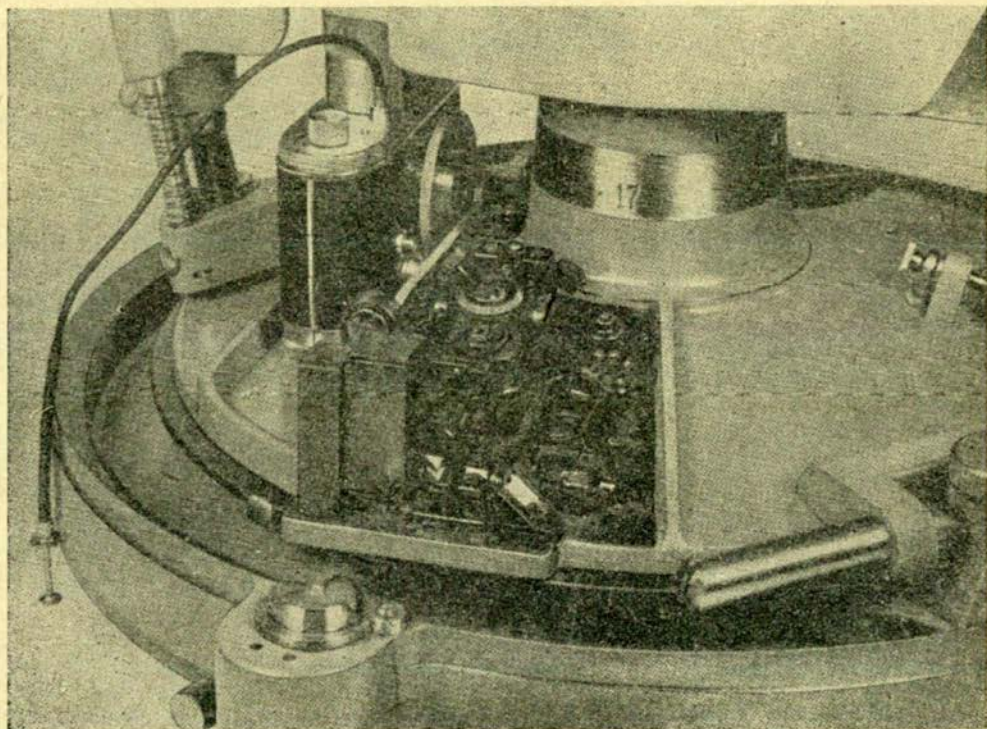
* Iz »Rivista del Catasto e dei servizi tecnici erariali« Br. 2 — 1949 preveo dozvolom redakcije M. Janković.

5. Brza opservacija reducira na minimum utjecaj pogrešaka uslijed okretanja i nestabilnosti postolja instrumenta.

U mnogim slučajevima se sugeriralo, da se fotografski snimi i opažani predmet, kako ga se vidi u nitnom križu durbina. Nema sumnje da bi slični uređaj još više ubrzao opservaciju, iako bi instrument postao mnogo manje pogodan za rukovanje. U svakom slučaju ideja je ostvarena u kino-teodolitu Askania. Ipak bi teodoliti, sa zadovoljavajućom točnošću, postali suviše komplicirani i sposobni samo za upotrebu na jédnom mjestu (opservatoriju).

Opis instrumenata

1. Teodolit Askania (1942) s fotografskom registracijom. Prvi teodolit s fotografskom registracijom ostvarila je 1942. tvornica Askania (Gtmir 27) prema projektu autora ovog članka. To je bio jedan normalni teodolit za radove na I. redu s posrebrenim krugom promjera 27 cm s dva mikroskopa za čitanje (sl. 1). Dodavanjem jedne fotografske kamere

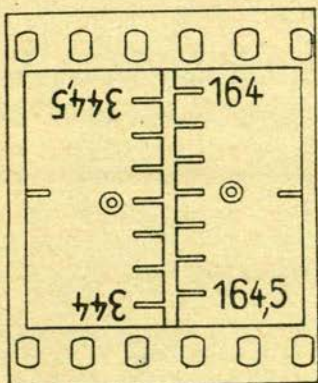


Sl. 1. Uređaj za fotografsku registraciju primjenjen na teodolitu Askania za I. red (Gtmir 27).

Normalni teodolit Askania za I. red ($f = 27$ cm) preuređen je na teodolit za fotografsku registraciju. Pomoćni uređaj za fotografiju je potpuno zatvoren unutar jednog pokrivača (ovdje na slici je skinut). Radi mijenjanja filma s automatskim prenosom, može se kamera »Robot« lako skinuti, ako se odvine jedan vijak, koji je smješten u blizini objektivna.

»Robot« na film s automatskim prenosom, i jednog pomoćnog optičkog sistema, instrumenat je prerađen na teodolit s fotografskom registracijom.

Oba položaja kruga preslikavaju se, obzirom na dva čvrsta indeksa, na fotografije normalnog filma širine 36 mm, kako je ilustrirano na sl. 2.



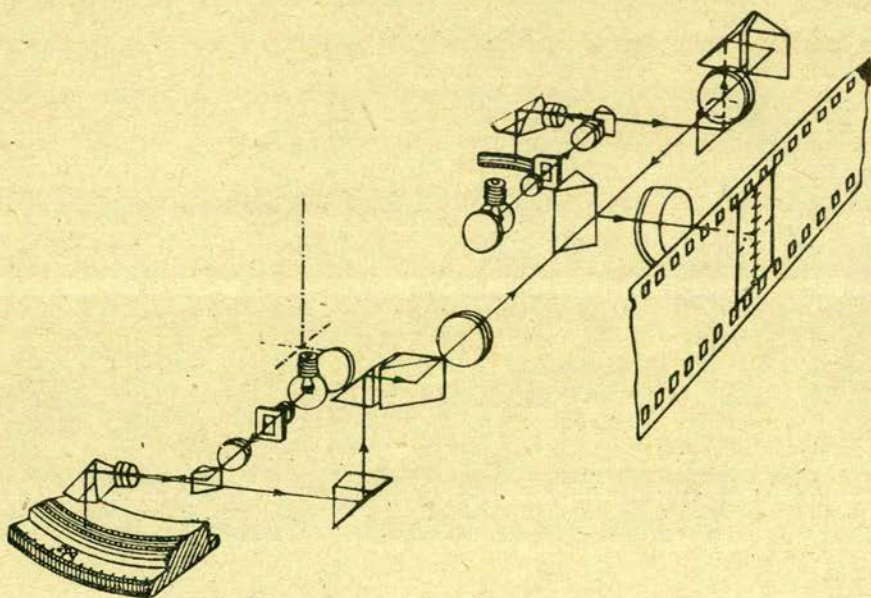
Sl. 2. Slika snimljena na teodolitu Askania (Gtmir 27)

Podjela je numerirana na pola stupnja, dok svaka četvrtina stupnja ($15'$) označena je s dva koncentrična kružića. Dva indeksa na stranama služe za prosudivanje čitanja (u ovom slučaju $164^{\circ} 15'$).

Sa svakim filmom može se dobiti 50 fotografija. Film se može mijenjati i pri danjem svjetlu, jer raspolaže s dovoljnom sigurnosnom trakom.

Sl. 3 prikazuje šemu pomoćnog optičkog sistema. Dvije male električne žaruljice osvjetljavaju dva sektora čitanja kruga i kroz neke prizme i leće skreću dotične slike u fotografski objektiv, koji ima dugme za oprugu zatvarača. Dva sektora kruga nalaze se jedan nasuprot drugome na isti način kao što bi se slika vidjela u mikroskopu teodolita Zeiss ili Wild s mikrometrom na 0. Trajanje eksponaže varira od $\frac{1}{10}$ do $\frac{1}{2}$ sekunde. Kod kasnijih modela bio je posrebrni krug zamijenjen staklenim, a eksponaža se smanjila na $\frac{1}{100}$ sekunde.

Instrument se može upotrebiti i bez kamere kao normalni teodolit.



Sl. 3. Optički sistem za fotografsku registraciju

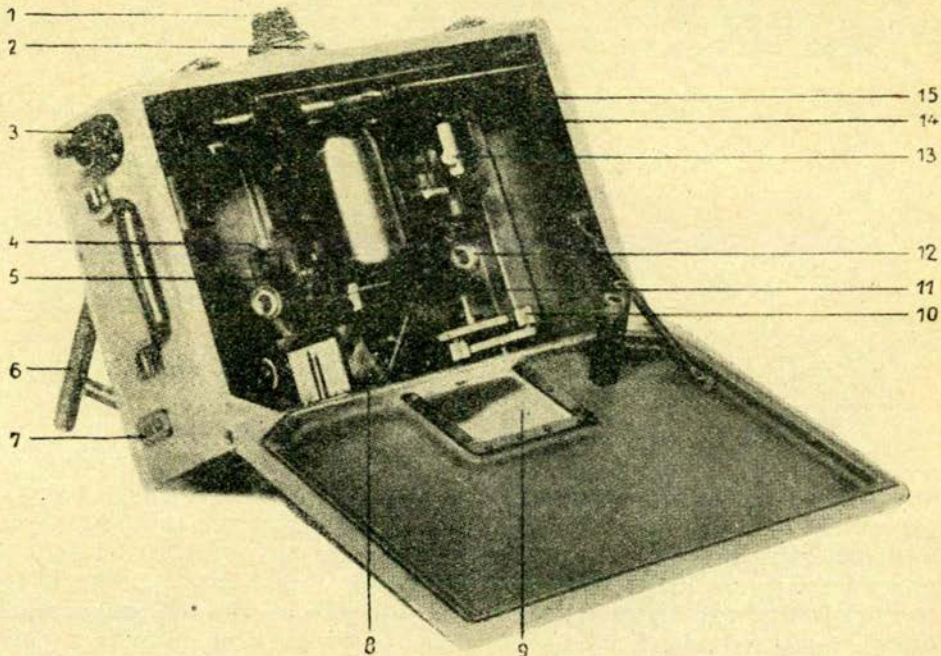
Svjetlost, koja polazi od dvije malene žaruljice od 4 Volta pomaknuta je paralelno pomoću sistema leća, prolazi zatim kroz diafragmu i tako svedena proicirana je na dva dijela podjele međusobno različite za 180° . Svaka od ovih dviju slika podjele odražena je pomoću 5 prizama i povećana na format filma pomoću sistema leća. Sl. 2. prikazuje fotografiju, koja se dobija.

U vremenu, kad su se izvršile opservacije naprijed spomenute velike triangulacije, nije se raspolagalo s nekom specijalnom opremom za čitanje na fotografijama, i služili smo se po potrebi normalnim mikroskopom.

Postepeno je tvornica Askania ostvarila specijalnu spravu za čitanje, smještenu u malenoj kutiji jednostavnoj za rukovanje. Pomoću koincidencije slika mogu se postići čitanja u minutama i sekundama (s procjenom na 0,1") kao i kod teodolita Zeiss i Wild, koji imaju mikrometar.

Sl. 4 predstavlja spravu za čitanje slika pomoću koincidencije. Sl. 6 predstavlja optički sistem: jedno zrcalo zakreće normalnu ili umjetnu svjetlost na film, koji prolazi između dvije staklene pločice. Redovito slike dviju podjela ne koincidiraju (sl. 2). Zato je potrebno uspostaviti ovu koincidenciju pomoću optičkog pomaka smanjujući slike pomoću leća 0 za $\frac{1}{15}$. Zatim podesimo prizme na taj način da pojedine slike dođu do koincidencije. Jedan mikrometrički uređaj, koji je smješten s desna ili lijeva pomiče u oprečnom smislu dvije leće K_1 u formi klina. Veličina pomaka leća može se čitati na mikrometarskom uređaju koji je postavljen na jednom od nosača leća.

Čitanje skale vrši se preko gornjeg dijela okulara. Prelomljene zrake, koje dolaze u okular kroz klinaste leće K_2 ostaju paralelne. Vijak 3 na

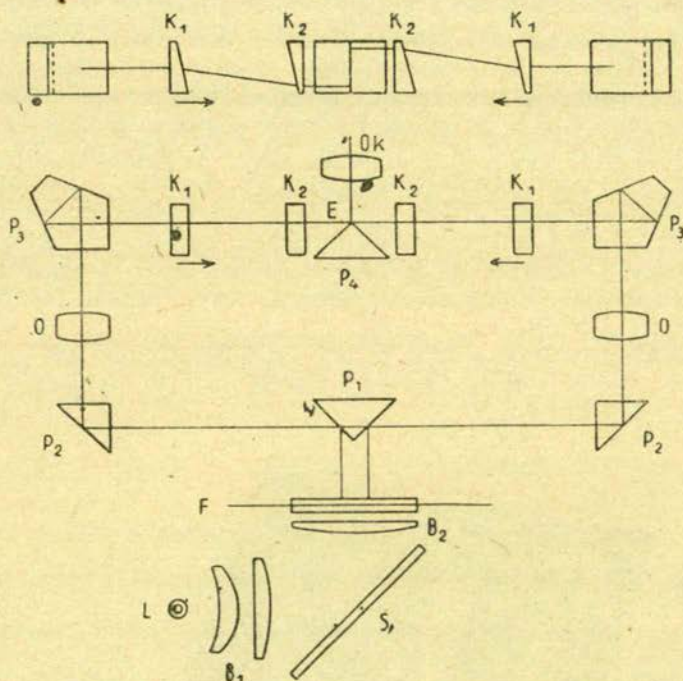


Sl. 4. Sprava Askania za čitanje slika podjele.

Ovaj uređaj smješten u kutiji (dimenzija $48 \times 38 \times 16$ cm, težine 12,5 kg) spreman je za upotrebu. 1) Okular; 2) Prsten za fokusiranje; 3) Mikrometarski vijak za pomicanje klinova K_1 ; 4) Dugme koje olakšava prenos filma pomoću okretanja vodice; 5) Vodica; 6) Uređaj za okretanje; 7) Uređaj za električnu struju; 8) Zrcalo; 9) Prozorčić za opažanje pri dnevnom svjetlu; 10) Kotači za prenos filma, koji se učvršćuju na stijeni kutije sa strane operatora; 11) Prozorčić filma; 12) Spula filma; 13) Podešavanje leća objektiv; 14) Uređaj za odklanjanje mrtvog hoda u pokretu klinova; 15) Mikrometarski uređaj.

sl. 4 služi za premještanje leća K_1 . Slika koja se vidi, kad je postignuta koincidencija u okularu 1 (sl. 4) prikazana je na sl. 6. Okular je snabdjeven vijkom za fokusiranje.

Sl. 6 predstavlja sliku s postignutom koincidencijom, koja se odnosi na čitanje od $37^{\circ}18'20''$, 9. Kad se želi raditi s umjetnim svjetlom, dovoljno



Sl. 5. — Optički sistem instrumenta za očitavanje Askania u vertikalnoj projekciji.

Umjetno svjetlo svjetiljke L ili prirodna svjetlost pada na film, koji prolazi između dvije staklene pločice. Prizma P_1 dijeli fotografiju na dva dijela (na taj su način slike dvaju suprotnih podjela ponovno razdvojene). Pomoću prizama i leća svaka se slika dovede posebno na prizmu 4, kroz koju zajedno prolaze jedna pored druge u okular. Pojedinačne slike mogu se pomaknuti pomoću klinova K_1 da koincidiraju.

Na gornjem dijelu slike je optički sistem prikazan u horizontalnoj projekciji.

je utaknuti električni vod u uređaj 7 na sl. 4. Prenos filma, namotanog na valjku, vrši se sa dva točkica koji su smješteni u kutiji na strani opservatora. Dvije leće objektivna O pričvršćene su na jednom kotačiću, koji omogućava kretanje u suprotnom smislu, pa se mogu ekscentrično pomicati vijcima 13 na pritisak. Dvije leće objektivna mogu se također točno rektificirati uzduž njihovih osi, čime će se postići potpuno uklanjanje mrtvog hoda. Da bi se izbjeglo ponavljanje podešavanja oštine može se upotrebiti za svaki teodolit posebni aparat za čitanje.

2. Pomoćna oprema za triangulaciju s pokretnim svjetlećim signalima. Triangulacija sa svjetlećim pokretnim signalima zahtijeva istodobno opservaciju pokretnih signala L_1 i L_2 sa barem 4 stajališta A , B , C i D (sl. 7).

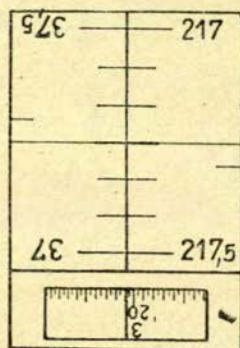
Neka su A i B dva poznata stajališta, a C i D nove točke, čiji položaj treba odrediti. Udaljenosti između poznatih i novih točaka su tolike, da se neposredne vizure ne mogu postići od A na C i D, od B na C i D. Radi toga se pribjegava upotrebi svjetlosnih pokretnih signala (sl. 7). Ovi su signali ili svjetiljke pričvršćene na osmatračke balone (dignuti do 1 km) ili rakete ispaljene sa zemlje (do visine od 60 km i više) ili pak svjetleće rakete bačene iz aviona (s visine od 3 do 5 km). Potpuna istodobnost opservacije je prvi uslov, koji je potreban da se dobije maksimalni stupanj točnosti. Zato je zapor fotografskog teodolita spojen s jednim releom s automatskim djelovanjem na impulse radara. Jedina dužnost opažača sastoji se u tome, da s durbinom teodolita slijedi signal držeći presjek nitnog križa stalnog na svjetleću točku. Ovo neprekinuto kretanje omogućeno je pomoću dvostrukih vijaka. Dok impulsi radara djeluju automatski na zapor, operator može mirno posvetiti čitavu pažnju praćenju signala. Na taj način, za 3 ili 4 minute poslije paljenja signala može se postići registracija relativno velikog broja čitanja na hor. krugu. Osim toga ovim postupkom uklonjene su personalne pogreške, u kojima ljudsko oko i uho imaju važnu ulogu. Relai je konstruiran od malenog elektromagneta. Električni impuls postignut na običan način pojačava se u prijemniku.

3. Prijedlog za upotrebu teodolita Wild za fotografsku registraciju. 1944. godine bivši Reichsamt für Landesaufnahme (Njemački ured za izmjeru zemlje) raspomagao je s 5 teodolita snabdjevenih s kamerom, koji su u ovo vrijeme bili možda jedini postojeći primjerci. Svi ovi teodoliti, osim jednoga, su izgubljeni za vrijeme zadnje faze rata i zato je u toliko žalostnije, što nije bilo mogućnosti instrumente odmah obnoviti.

Naprotiv u raznim krajevima svijeta bili su razrađeni prijedlozi za primjenu triangulacije sa svjetlećim pokretnim signalima. Sve dokle god nedostaju prikladni instrumenti ne mogu se ovi prijedlozi ostvariti.

Zbog toga je autor ovog članka dao sugestiju, da se upotrebi Wildov teodolit dodavši mu maleni jeftini fotografski uređaj. Kod toga se pretpostavljalo da sličan fotografski teodolit bude upotrebljiv u bilo kojem momentu na običan način s čitanjem pomoću mikrometra.

Maleni predloženi pomoćni uređaj sastoji se od jedne cijevi, koja se može montirati na teodolit. U cijevi je smještena fotografska kamera (sl. 8). Jedna prizma skreće zrake horizontalnog kruga na film a također i u mikrometar.



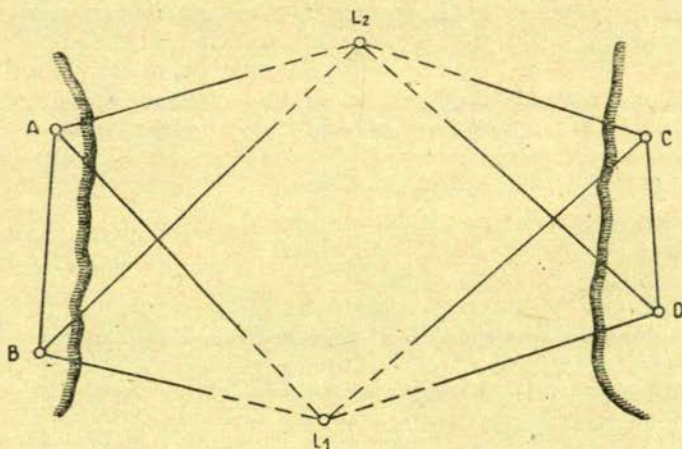
Sl. 6 Slika gledana u instrumentu s postignutom koinc. dencijom.

Indeksi na lijevoj i desnoj strani služe za procjenu čitanja ($37^{\circ} 18'$). Za točno čitanje računaju se intervali između dva za 180° oprečna indeksa; na slici: $6 = 2n$ između 37° i 217° . Budući da je interval $5'$, polovica od $2n$ intervala ($n = 3$) daje $15'$. Zajedno sa čitanjem mikrometra je konačno čitanje $37^{\circ} 18' 20'' , 9$.

Koliko cijev, toliko i fotografska kamera montirani su na jednoj strani teodolita i protuuteg omogućava stabilnost i ravnotežu. Kamera bi mogla biti pričvršćena također i ispod teodolita, što bi povećalo već znatno vertikalno polje instrumenta, ali bi smetalo kod opažanja sa stupova, tornjeva ili visokih signala, a također i sa stativa. Da bi se uštedio trošak za jedan specijalni i skupi instrument za čitanje, predloženo je da se za čitanje fotografija upotrebi ista kamera i mikrometar. S jednim drugim pomakom prizme P bila bi slika zakrenuta u mikrometar teodolita i tu bi se moglo procjenjivati pod običnim uslovima opservacija.

Cijena pomoćnog uređaja kako se gore predviđa bila bi veoma mala i neka tvornica bi ga mogla brzo producirati. Također i potrebne promjene u strukturi teodolita Wild T₃ trebale bi biti izvršene brzo i bez poteškoća.

Postupak istodobnosti upotrebe mikrometra teodolita je patentiran.



Sl. 7. — Osnovna triangulacija s pokretnim svjetlećim signalima

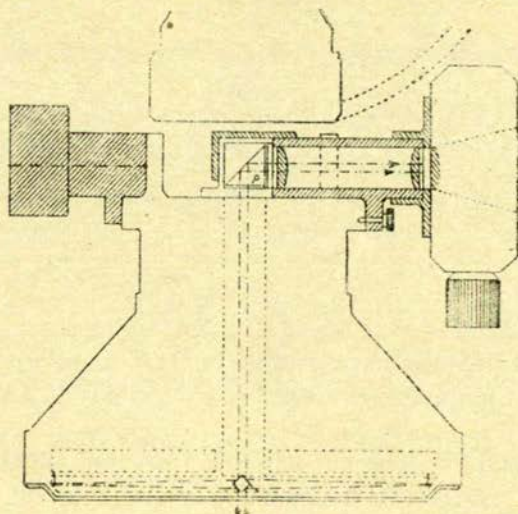
A i B su dva poznata stajališta smještena na pr. na udaljenosti od 50 do 100 kom. L₁ i L₂ su dva pokretna svjetleća signala (rakete). C i D su nove trig. točke čije se koordinate određuju.

4. Posljednji modeli teodolita za fotografsku registraciju. Poduzeće Wild u Heebrug-g-u (Švicarska) smatralo je potrebnim da konstruira novi specijalni teodolit za fotografsku registraciju. Za čitanje umjesto mikrometra teodolita, predviđen je posebni uređaj. Tako je nastavljeno na istom mjestu gdje je tvornica Askania stala pred osam godina. Prvi primjerci instrumenta bit će uskoro gotovi i obzirom na veliki ugled, koji poduzeće uživa očekuju se s velikim interesom u cijelom svijetu. Međutim u ovom momentu ne raspoložemo s detaljnijim podacima.

Za razliku od Wilda, tvornica Askania Berlin-Fridenau konstruirala je novi teodolit za prvi red, koji je snabdjeven horizontalnim i vertikalnim krugom, na kojima je upotrebljena gore izložena ideja. Poduzeće je već dobilo licencijsku za ovaj tip instrumenta i tako će se u bliskoj budućnosti pojaviti na tržištu jedan novi teodolit, koji će biti kombinacija universal-

nog instrumenta sa uređajem za čitanje. Bit će konstruiran na taj način, da će se moći izvršiti čitanja po volji, normalno s mikroskopom ili registracionim uređajem.

Instrumentu je pored horizontalnog, dodat i vertikalni krug, nešto manji, dok je durbin s velikim povećanjem. Ovdje nalazimo ostvarene prvi puta neke nove ideje, tako da će se moći instrument upotrebiti s istim uspjehom u triangulaciji I. i II. reda, kao i za trigonometrijski nivelman i za točno određivanje geografskih koordinata.



Sl. 8 — Pomoćni uređaj za teodolit Wild.

Okretajući prizmu P normalnog teodolita Wild slika podjele projektirat će se na film pomoću cijevi s lećama, a također i na mikrometar. Poslije opservacije postavi se razvijeni film u osvijetljenu kameru i okrenuvši prizmu P fotografirana slika se projicira u mikrometar teodolita gdje se može izvršiti čitanje.

Obadva nova instrumenta su zajedno sposobni da zadovolje neposredne zahtjeve tehničara. Kod oba će se moći postići automatsko okidanje zapora kamere za registraciju upotrebljavajući prijemnike radara. Prema tome se mogu oba smatrati prikladnim za triangulaciju s pokretnim svjetlećim signalima (Triangulacija s radarom). Oni će međutim doprinijeti rješenju problema u vezi postavljanja trigonometrijskih mreža na velikim površinama, i u isto vrijeme će zadovoljiti aktuelne zahtjeve brzih i ekonomičnih postupaka geodetskih opservacija.