

UDK 528.521
Stručni rad

PRVI OPTIČKI TEODOLITI

FIRST OPTICAL THEODOLITES

Nedim Tuno, Dušan Kogoj

SAŽETAK

U radu je dat pregled prvih optičkih teodolita, koji su označili veliku prekretnicu u razvoju i primjeni geodetskih instrumenata. Njihova pojava veže se za ime čuvenog konstruktora Heinricha Wilda i imala je nemjerljivo pozitivan uticaj na cjelokupnu industriju geodetskih instrumenata, koji se osjeća čak i danas. Svrha članka nije komercijalna u smislu reklamiranja pojedinih tehničkih rješenja iz tvornice Wild (Leica), već pokušaj da se prikaže mjerna tehnologija koja je dominirala u prethodnom stoljeću, kroz prizmu legendarnog teodolita T2.

ABSTRACT

The article gives an overview of the first optical theodolites, which marked a major milestone in the development and use of surveying instruments. Their appearance is connected to the name of the famous constructor Heinrich Wild and had a immeasurably positive impact on the entire industry of surveying instruments, that is still felt today. The purpose of the article is not commercial in terms of advertising of certain technical solutions of the manufacturer Wild (Leica), but an attempt to show the measurement technology that has dominated the previous century, through the lens of legendary T2 theodolite.

1. UVOD

U današnje vrijeme, kada geodetski časopisi grčevito nastoje pratiti savremene tehnologije i svojim čitaocima što kvalitetnije prezentirati najnovija dostignuća, rijetko se piše o starijim optičko mehaničkim geodetskim instrumentima. Oni su u pet decenija svog razvoja evoluirali u respektabilne mjerne sisteme, no uslijed nemogućnosti automatskog očitavanja i registrovanja mjerenih podataka, morali su svoje mjesto ustupiti elektronskim teodolitima.

Optički teodoliti su nastali zahvaljujući genijalnim zamislama i konstrukcijama švicarskog geodete Heinricha Wilda, početkom XX stoljeća. Proteklo je devet decenija od kada je Wild patentirao prvi takav instrument, Zeiss Th1 i započeo raditi na projektu novog instrumenta, koji će rezultirati čuvenim teodolitom Wild T2 (slika 1). Početkom 1920-tih godina geodeti su bili oduševljeni tim instrumentima te su im predviđali svijetlu budućnost. Naposljetku, to se obistinilo samo za T2, dok je Th1 ubrzo pao u zaborav. Malo koji geodetski instrument se može pohvaliti s tolikim brojem proizvedenih primjeraka i tolikom svjetskom rasprostranjenošću kao T2. Može se s pravom tvrditi da je upravo taj teodolit pokazao smjer razvoja budućih instrumenata, što se proteže sve do savremenih konstrukcija. To je instrument koji je najduže kontinuirano proizvođen - punih sedam decenija. Zbog kombinacije malih dimenzija s jedne i visoke preciznosti i izdržljivosti s druge strane, stekao je reputaciju univerzalnog teodolita, pogodnog za gotovo sve radove. Teodolit Wild T2 s pravom zaslužuje počasno mjesto među

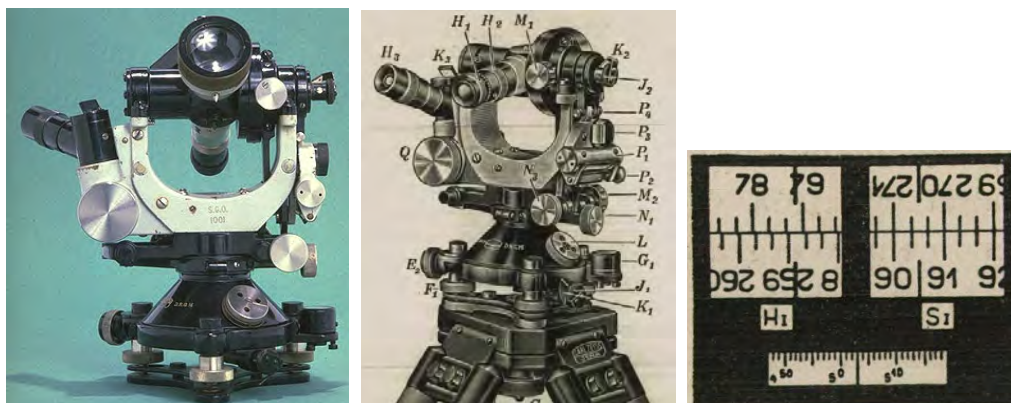
instrumentima koji su obilježili prošlo stoljeće, ali to mjesto svakako zaslužuju i mnogobrojne generacije geodeta, koji su ga upotrebljavali diljem svijeta.



Slika 1: Usporedba prvih optičkih teodolita: Zeiss Th1 (lijevo), Wild T2(desno) (URL 4)

2. HISTORIJSKI OSVRT

Heinrich Wild je, radeći za tvornici Carl Zeiss Jena u Njemačkoj, već 1911. godine razvio teodolit s preslikavanjem dijametralnih mjesta kruga, jedno iznad drugog, u vidno polje jednog mikroskopa. Daljim usavršavanjem, proizveden je 1920. godine prvi optički teodolit u svijetu, označen sa Zeiss Th1 (Benčić, 1990), koji je patentiran iduće godine (URL 4). Ovaj instrument je imao cilindričnu osovinu vertikalne osi i kuglične ležajeve, staklene krugove oblika valjka male visine s podjelom na posrebrenoj vanjskoj plohi. Očitavalo se pomoću okulara na gornjem dijelu alhidade (slika 2). Optički teodolit je imao brojne prednosti u odnosu na dotadašnje mehaničke, među kojim su najbitnije: znatno manje dimenzije i masa, veća otpornost i tačnost, jednostavnija upotreba (Benčić, 1990; Baertlein, 1999). Zapravo je Th1 bio najmanji i najlakši ikad proizvedeni teodolit, izuzimajući Kern DKM1 (Wallis, 2005).



Slika 2: Zeiss Th1 i izgled vidnog polja mikroskopa optičkog mikrometra (URL 5, URL 6)

Usljed loših ekonomskih prilika u Njemačkoj nakon I svjetskog rata, Wild se vraća u Švicarsku i s 2 partnera otvara tvornicu "Heinrich Wild, Werkstätte für Feinmechanik und Optik" u Heerbruggu, 1921. godine (URL 2). Na osnovu uočenih nedostataka i ograničenja na Th1, odmah se krenulo s razvojem teodolita koji je trebao ispuniti brojne zahtjeve (očitanje oba kruga direktno uz okular durbina, povećanje tačnosti viziranja i čitanja, centrični smještaj alhidadne libele, naročito povećanje tačnosti izvedbe podjele, itd.) (Benčić, 1990). 21.12.1923. godine dovršena su prva dva teodolita, koji su ispunjavali zahtjeve početne specifikacije, pod imenom Wild Th1 (kasnije nazvani T2) (Baertlein, 1999). Krugovi su bili od planparalelnih staklenih kružnih ploča s podjelom na gornjoj plohi, a okularni dio mikroskopa za očitavanje bio je u tubusu paralelnim s osi durbina, uz sam durbin. Takva konstrukcija je omogućavala da se viziranje durbinom i očitavanje limbova izvedu u kratkom vremenskom intervalu, što je rezultiralo tačnijim mjerenjima (Benčić, 1990).

S druge strane, tvornica Zeiss počinje sa serijskom proizvodnjom Th1 u 1924. godini. Proizvodnja je potrajala do 1930. godine i u tom periodu je kompletirano svega oko 1 000 instrumenata (URL 4). S obzirom da su to bili beznačajni rezultati u odnosu na konkurentski Wildov teodolit, to će se u nastavku govoriti samo o T2. Najveća vrijednost Th1 je da su na njemu stečena prva i stoga neprocjenjiva iskustva s upotrebom staklenih krugova, prijenosa slike limba i optičkog mikrometra. Osim toga, drugi proizvođači geodetskih instrumenata su uočili rastuću potražnju za teodolitima sa staklenim limbovima. Stoga su otkupljivali licence, zahvaljujući kojima su mogli proizvoditi vlastite teodolite, temeljene na Wildovim patentima. Među prvim takvim proizvođačima bio je britanski Cooke Troughton & Simms, koji je uz poticaj Britanske vlade proizveo optički teodolit Tavistock, 1926. godine (Wallis, 2005).

U Wildovoj tvornici je u početku proizveden manji broj predserijskih primjeraka T2. Masovna serijska proizvodnja započinje od 1928. godine, nakon dodatnih ispitivanja i usavršavanja (URL 2). U narednim decenijama teodolit je konstantno doručivan, što je rezultiralo brojnim verzijama (slika 3).



Slika 3: Teodoliti T-2, N T-2, T21, T210, T-2 mod (URL 2)

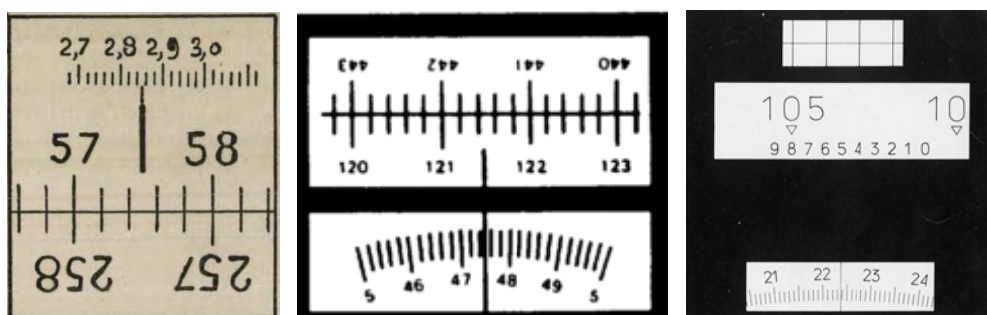
T2 se proizvodio u periodu 1926.-1935. godine. Ukupno je napravljeno 2 515 primjeraka. Prvih 1 793 primjeraka su premazani crnom i bijelom bojom, dok su naredni (kao i sve ostale kasnije

verzije teodolita) premazani zelenom bojom. Karakterističan je po dugačkom durbinu koji se nije mogao prevesti u suprotan položaj okretanjem preko okularne strane (URL 2).

NT2 je dobio kraći durbin većeg povećanja, odvojivu podnožnu ploču tronošca, nove iluminatore i sl. Proizvođen je u periodu od 1936. do 1955. godine, u ukupnom broju od 13600 primjeraka (URL 2). Zanimljivo je da je tokom II svjetskog rata američka tvornica KEUFFEL & ESSER proizvodila kopije teodolita NT2, za potrebe američkih oružanih snaga (URL 12).

T2 model 56 (T21) je proizvođen u nekoliko podvarijanti. Osnovna razlika u odnosu na NT2 je potpuno odvojivi tronožac, čime je omogućeno prisilno centrisanje. Prva varijanta je proizvođena u periodu 1956.-1968. godine. **T21 dig** s digitalizovanim očitavanjem limba (slika 4) razvijen je 1968. godine i ostao u proizvodnji do 1972. godine. Ukupno je proizvedeno 27 280 primjeraka T21 i T21 dig. Kod **T21E** primijenjen je durbin sa uspravnom slikom. Proizvodnja ove varijante trajala je od 1958. do 1970. godine i u tom periodu ih je napravljeno 5 320. Posebna varijanta je **T210**, razvijen 1960. godine, koji nije imao vertikalni krug, dok su se nešto poboljšani T211 i T211E pojavili 1966. godine. Ukupno je proizvedeno 400 primjeraka ovih specijalnih varijanti (300 T210, 20 T211 i 80 T211E). Godine 1960. je konstruisan eksperimentalni model, **T21L**, izrađen od lakih materijala (URL 2). **T2 MIL** je posebna varijanta modela 56, proizvedena za vojne potrebe. Izrađivan je u modelima T2-56MIL, T2-63MIL, T2-66MIL i T-2-68MIL, koji su se međusobno minorno razlikovali. Osnovna razlika u odnosu na „civilne” T2 bila u je krugovima, koji su imali podjelu u hiljaditim (URL 1).

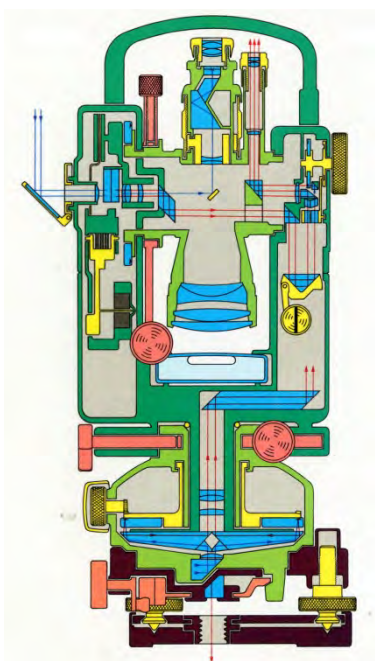
Posljednja serijski proizvođena verzija pojavila se 1973. godine i dobila oznaku **T2 mod.** Instrument je potpuno redizajniran u odnosu na starije verzije. Poboľšanja se ogledaju u ugradnji novog durbina s većim povećanjem, kompenzatora visinskog indeksa, ručice za nošenje instrumenta, optičkog grubog nišana, novog optičkog viska, nove kočnice alhidade i sl. Od 1990. godine mijenja se naziv proizvođača pa T2 mod zvanično proizvodi tvornica Leica. Zadnji primjerak sastavljen je u maju 1996. godine, do kada je izrađeno ukupno 41 740 primjeraka (URL 2; Cheves, 1997). Kineska tvornica Suzhou FOIF je na osnovu transfera tehnologije iz 1986. godine, proizvodila komponente instrumenta i obavljala njegovo sklapanje (URL 8).



Slika 4: Izgled vidnog polja mikroskopa optičkog mikrometra – prve verzije (lijevo), T2-56MIL (u sredini), T21 dig (desno) (URL 6; URL 1; Leica, 1991)

3. OPIS TEODOLITA WILD T2 MOD

Koncepcija instrumenta Wild T2 je uobičajena za instrumente više tačnosti i obuhvata donji i gornji dio, odnosno podnožje, srednji i donji dio koji su povezani u jednu cjelinu sistemom vertikalne osovine teodolita (slika 5). Podnožje obuhvata odvojivi tronožac s tri položajna vijka za horizontalisanje i prihvatnom plohom s obodnim prstenom za prisilno centrisanje (Benčić, 1990). Na tronošću se nalazi kružna libela i optički visak, s končanicom u obliku križa. Uređaj za reiteraciju omogućava okretanje srednjeg dijela teodolita, unutar kojeg je horizontalni krug, za bilo koji iznos, kako bi se pri ponavljanju mjerenja opažalo na drugim mjestima limba. Prečnik horizontalnog limba je 90 mm a debljina 5 mm i na njega je nanosena seksagezimalna ili centezimalna podjela. Kod seksagezimalne podjele kruga nanijeto je 1080 crtica. Duže crtice s brojevima označavaju stepene a kraće crtice ograničavaju intervale od po 20' (Benčić, 1990).



Slika 5: Presjek i optička šema teodolita Wild T2 mod (Leica, 1991)

Tvornica i tip instrumenta	WILD, Heerbrugg T-2 mod
DURBIN	
dužina	150 mm
ulazni otvor	40 mm
povećanje	30x
vidno polje	100' (29 m na 1000 m)
minimalna daljina izoštravanja	2.2 m
slika	uspravna
multiplikaciona konstanta	100
adiciona konstanta	0
HORIZONTALNI LIMB	
promjer	90 mm
podatak	1", 0.1 mgon
VERTIKALNI LIMB	
promjer	70 mm
podatak	1", 0.1 mgon
KOMPENZATOR	
tačnost	± 0.3"
radno područje	± 5'
OSJETLJIVOST LIBELA	
cjevasta	20"
kružna	8'
MASA INSTRUMENTA	6.0 kg
VISINA INSTRUMENTA	235 mm
MASA KUTIJE	2.2 kg
Srednja greška pravca (DIN 18723)	0.8"

Tabela 1: Tehnički podaci instrumenta (URL 2, URL 3)

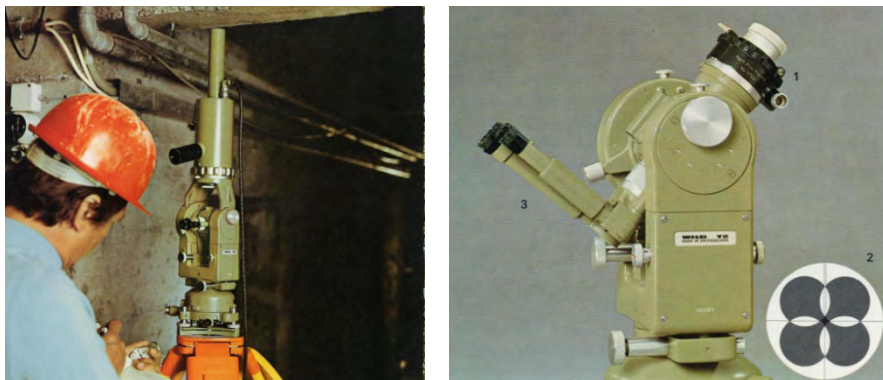
Osnovni dijelovi gornjeg dijela instrumenta su kućište s nosačima durbina, durbin s horizontalnom okretnom osovinom, alhidadna cijevna libela, vertikalni krug, kočnice za stezanje i vijci za fini pomak te uređaj za očitavanje kruga. Durbin male dužine moguće je prevesti u drugi položaj i preko objektivne i preko okularne strane. Daje uspravnu sliku, na njemu se nalaze prstenovi za dioptriranje i izoštravanje slike mjernog objekta te optički nišan za grubo viziranje. Koaksijalno s durbinom je smješten tubus mikroskopa optičkog mikrometra, pomoću kojeg se vrši očitavanje limbova. Primijenjen je optički mikrometar s parom planparalelnih ploča kojim se očitava koincidencijom crta. Ova konstrukcija omogućava istovremeno čitanje dijametralnih mjesta limba i formiranje aritmetičke sredine. U vidnom polju mikroskopa mogu biti slike horizontalnog ili vertikalnog limba, koji imaju zasebna ogledala za rasvjetu (Benčić, 1990). Očitavanje je digitalizovano, što znači da se stepeni, minute i desetice sekundi direktno čitaju pomoću brojeva upisanih na pločici i mikrometarskoj skali, dok se jedinice sekundi određuju pomoću crtica na mikrometarskoj skali. Desete dijelove sekunde je moguće procijeniti. Tabela 1 prikazuje osnovne tehničke podatke instrumenta.

4. DODACI TEODOLITU WILD T2

T2 se može opremiti različitim dodacima koji znatno proširuju njegove mjerne mogućnosti, dodaju nove mjerne funkcije što omogućava njegovu svestraniju primjenu kao i primjenu u specifične svrhe.

Postoje slijedeći dodaci (Leica, 1991; Benčić, 1990):

- Okularna prizma za viziranje pri jače nagnutom durbinu (za zenitne uglove do 35°).
- Zenit okular za viziranje pri vrlo nagnutom durbinu sve do smjera prema zenitu (slika 6).
- Pribor okulara za izmjenu povećanja durbina: FOK53 (40X), FOK117(18X), FOK 73 (30X-STANDARD).
- Filter za okular za opažanje Sunca ili pri prejakoj rasvjeti.
- Optički mikrometar GPM4 s mjernim područjem 10 mm i vrijednosti intervala 0.2 mm.
- Predleće GVO-1, GVO-2, GVO-3, GVO-4 za viziranje na bliže tačke od najkraće daljine izoštravanja (0.51-2.25 m).
- Pentagonalna prizma GPP4 za otklon vizurne osi za 90°.
- Roelofs prizma s ugrađenim filterom za opažanje Sunca GSP1 (slika 6).
- Optički visak kao dodatak durbina za centrisanje teodolita ispod markirane tačke.
- Električna rasvjeta limbova i končanice za mjerenja noću, u zatvorenim prostorijama i u uslovima slabe vidljivosti, sa baterijskom kasetom GEB63.
- Mjerne saonice za industrijska mjerenja GMT5 s adapterom GAD12.
- Izmjenjivi autokolimacioni okular GOA i autokolimacioni okular čvrsto ugrađen u durbin GUFA, za autokolimaciona mjerenja.
- Laserski okular GLO2.
- Žiroskopski dodatak GAK1 (slika 6).
- Nivelaciona libela.
- Uređaj za precizno centriranje na betonske stubove.
- Adapteri GUS 33 i GVS82 za montiranje Wild/Leica elektronskih daljinomjera. Uz posebne adaptere mogu se montirati i daljinomjeri drugih proizvođača.



Slika 6: Teodolit Wild T2 sa žiroskopskim dodatkom (lijevo), zenit okularom i Roelofs prizmom (desno)

5. PRIMJENA INSTRUMENTA WILD T2

Teodolit Wild T2 spada u klasu preciznih teodolita. Namijenjen je za mjerenja uglova u triangulacionim mrežama (III i IV reda, izuzetno u II redu), poligonometriji, astronomska opažanja, precizna iskolčenja, praćenja izgradnje objekata, oskultacije, industrijska mjerenja i sl. (slika 7). Može se upotrijebiti i za tahimetrijsko snimanje detalja s običnom tahimetrijskom ili nivelmanskom letvom. Odlikuju ga jednostavnost upotrebe, visoka tačnost, dobro osvijetljen sistem očitavanja i velika paleta dodataka. Veoma kvalitetna optika omogućuje da se u povoljnim uvjetima opažaju ciljevi udaljeni do 20 km a polarna zvijezda i u kasnim popodnevnim satima (Cimerman, 1960, URL 2).

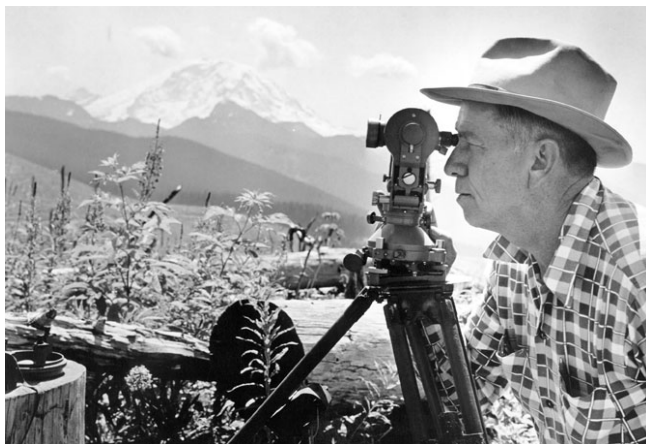
Instrument je izrađen od najkvalitetnijih materijala te ima visoku stabilnost i u ekstremnim uslovima korištenja. Ilustracije radi, navedimo da se pokazao veoma pouzdanim prilikom upotrebe u Trans-Antarktičkoj ekspediciji 1958. godine (Cimerman, 1960).

Zbog svojih veoma dobrih osobina T2 je stekao epitet univerzalnog teodolita i bio cijenjen i omiljen kod velikog broja geodeta. Zato je širom svijeta predstavljao sinonim i neslužbeni ili službeni standard za precizne radove. Tako npr. u SAD, službenici državnih agencija odgovorni za dodjeljivanje poslova u kojima je bila specificirana određena uglovna tačnost, iako u stvari nisu razumjeli te specifikacije, znali su da će T2 ispuniti sve potrebne zahtjeve (Cheves, 1997).

U bivšoj Jugoslaviji se otišlo čak i dalje tako da se ovaj teodolit doslovno spominje u Pravilniku za državni premjer za osnovne radove na gradskom premjeru iz 1956. godine. U Članu 42 pomenutog pravilnika piše: "Wildovi univerzalni teodoliti tip II (T2, op. a.) se mogu smatrati najpogodnijim instrumentima za uglovna mjerenja u gradskoj poligonometrijskoj mreži".

O kvaliteti T2 svjedoči i činjenica da ga je prihvatila najveća svjetska oružana sila - američka vojska, za potrebe opremanja svojih artiljerijskih jedinica. Tu je T2 između ostalog korišten i za zauzimanje elemenata lansiranja balističkih raketa malog i srednjeg dometa (Lance i Pershing), koje su se mogle opremiti i nuklearnim bojivim glavama (Horn i Penepacker, 1982; URL 7).

T2 će ostati upamćen i kao instrument koji je bio sastavni dio prvog komercijalnog modularnog elektronskog tahimetra. Naime, Wildov elektronski daljinomjer DI 10 iz 1968. godine mogao se pomoću adaptera postaviti na teodolit, čime je dobiven precizni elektronski tahimetar (Benčić, 1990; Murphy, 2004).



Slika 7: Mjerenja u triangulacionoj mreži teodolitom T2, Kalifornija, 1950. godine (URL 11)

T2 svoj vrhunac doseže 1973. godine, s verzijom T2mod koja je inkorporirala digitalizovano očitavanje krugova, automatsku stabilizaciju indeksa vertikalnog kruga i sl. U to vrijeme su već postojali elektronski digitalni teodoliti, koji ne samo da su pružali mogućnost direktnog očitavanja ugla na pokazivaču, nego su omogućavali da se rezultati mjerenja automatski registruju. T2 nije imao tu mogućnost nego se kod njega u najboljem slučaju rezultat mjerenja mogao samo ručno utipkati u elektronski terenski registrator. Postalo je jasno da su vremena genijalnih zahvata na području optičkih teodolita završena i da će oni morati ustupiti mjesto elektronskim rješenjima. No i pored toga, T2 je proizvođen još dvije decenije u rekordom broju od preko 40 000 primjeraka. Naime, elektronski teodoliti iz 1970-tih i 1980-tih godina bili su neusporedivo skuplji od optičkih teodolita, zbog složenije građe i troškova razvoja. Tek tokom devedesetih godina proteklog stoljeća dolazi do osjetnijeg pada cijena, tako da se 1995. godine pojavio precizni elektronski teodolit Leica T1800. Novi instrument je imao jednaku preciznost teodolitu T2 ali je donosio niz prednosti: neusporedivo brže vrijeme očitavanja kruga, automatska registracija rezultata mjerenja, niz programskih rješenja u okviru instrumenta za obradu rezultata mjerenja na terenu, automatsko korigovanje instrumentalnih grešaka itd. (Tuno, 2005). Uz sve prednosti, novom instrumentu je u prilog išla i ekonomska računica: koštao je isto kao T2. Stoga je proizvodna linija teodolita T2 zatvorena već iduće godine. No to nije značio kraj za ovaj instrument, koji se zbog svoje pouzdanosti, stabilnosti i preciznosti nastavio koristiti, ponajviše u siromašnijim zemljama (Cheves, 1997).

Tržište polovnih T2 aktualno je i danas. Cijena dobro očuvanog primjerka u SAD iznosi i preko 2000 dolara, u ovisnosti od verzije (URL 9). Čak se vrše modifikacije i zahvati na postojećim instrumentima, zahvaljujući čemu se poboljšavaju njihove mogućnosti. Tako npr., američka tvrtka Swisstek Inc. od 2011. godine nudi remontovane T2 s integriranim autokolimacionim uređajem i LED izvorom svjetlosti za očitavanje limba ili autokolimaciona mjerenja (URL 10).

Teško je procijeniti broj teodolita T2 koji se danas nalaze na radilištima. Koriste se npr. za izvođenje uglovnih mjerenja visoke preciznosti, ukoliko na raspolaganju nema adekvatnih elektronskih teodolita/tahimetara. Drugi primjer je rješavanje specifičnih zadataka koje traže upotrebu dodatne opreme (Poglavlje 4), budući da se uz elektronske instrumente dodatna oprema često ne nabavlja.

6. ZAKLJUČAK

Napredna rješenja koja je Heinrich Wild implementirao na prva dva optička teodolita, Th 1 i T2, poslužila su kao osnova za projektovanje velikog broja instrumenata. U trenutku svog nastanka to su bili daleko najnapredniji geodetski mjerni instrumenti na svijetu. Ipak, Th 1 je patio od određenih nedostataka te je Zeissu poslužio samo kao prelazno rješenje do znatno boljeg teodolita Th 2. S druge strane, T2 je konceptualno bio dosta napredniji teodolit, koji je pružao puno veće mogućnosti razvoja. Konstantne dorade i poboljšanja u toku sedam decenija duge serijske proizvodnje, osigurale su tom instrumentu zasluženo mjesto u samom svjetskom vrhu. T2 se odlikovao visokom kvalitetom, pouzdanosti i preciznosti, zahvaljujući čemu je stekao slavu koja do danas nije izbljedila. Iako se u posljednjih 40 godina optički teodoliti zamjenjuju elektronskim, znatan broj T2 je ostao u upotrebi do današnjeg vremena. Za očekivati je da će se neki od njih koristiti i nakon stote godišnjice od pojave prvog instrumenta tog tipa.

LITERATURA

Baertlein, H. (1999). Inside the Leica TCA2003. Professional Surveyor Magazine, Vol. 19 No. 1.

Benčić, D. (1990): Geodetski instrumenti, Školska knjiga – Zagreb.

Cheves, M. (1997): Wild Heerbrugg: Quality and Innovation. Professional Surveyor Magazine, Vol. 17 No 8.

Cimerman, V. (1960): Atlas geodetskih instrumenata. Tehnička knjiga Zagreb.

Horn, J. L., Penepacker, R. E. (1982): Field Artillery Position/Navigation Operational Analysis. Army Field Artillery Board Fort Sill Ok.

Leica Heerbrug AG (1991): WILD T2 User manual. Leica Heerbrug AG, Heerbrug.

Murphy, J. S. (2004): Electronics based innovation in a niche market: distances measured by the speed of light. North Carolina State University.

Savezna geodetska uprava (1956): Pravilnik za državni premer II-A deo – Osnovni radovi na gradskom premeru. Beograd.

Tuno, N. (2005): Analiza tačnosti mjerenja pravaca elektronskim teodolitom. Geodetski glasnik 38, 14-22.

Wallis, D.A.(2005): History of angle measurement. FIG Working Week 2005, Kairo.

[URL 1]: Opis teodolita Wild T16 i T2

<http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/6-2/Ch3.htm>
(01.10.2011.)

[URL 2]: Virtuelna arhiva Wild Heerbrug

<http://www.wild-heerbrugg.com>
(01.11.2011.)

[URL 3]: Geodetske stranice Jobellman škole

<http://www.vermessungsseiten.de>
(01.10.2011.)

[URL 4]: Zbirka geodetskih instrumenata Nicolàsa de Hilstera

<http://www.dehilster.info>

(10.10.2011.)

[URL 5]: Zbirka geodetskih instrumenata Univerziteta Novi Južni Vels

http://www.gmat.unsw.edu.au/currentstudents/ug/projects/f_pall/html/index.html

(26.09.2011.)

[URL 6]: Digitalna arhiva holandskih časopisa

<http://dehollandsecirkel.courant.nu>

(26.09.2011.)

[URL 7]: Zauzimanje azimuta za lansiranje raketa Pershing

http://sill-www.army.mil/famag/1963/JAN_1963/JAN_1963_PAGES_36_40.pdf

(10.10.2011.)

[URL 8]: Proizvođač geodetskih instrumenata Suzhou Foif

<http://www.foif.com.cn>

(10.10.2011.)

[URL 9]: Prodaja geodetskih instrumenata Mohaveinstrument

<http://www.mohaveinstrument.com>

(01.10.2011.)

[URL 10]: Modifikacija geodetskih instrumenata za posebne primjene Swisstek

<http://www.swisstek.com>

(10.10.2011.)

[URL 11]: Historijske fotografije USGS

http://online.wr.usgs.gov/outreach/historicPhotos/historical_photos_1925-1953.html

(01.10.2011.)

[URL 12]: Historijat korporacije KEUFFEL & ESSER

<http://www.antiquesurveying.com/K&E%20History.htm>

(01.10.2011.)

Autori:

Mr.sc. Nedim Tuno, dipl.inž.geod.

Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu

Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo

Bosna i Hercegovina

E-mail: nedim_tuno@gf.unsa.ba

Vanr. prof.dr.sc. Dušan Kogoj, dipl.inž.geod.

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo – Oddelek za geodezijo

Univerza u Ljubljani

Jamova cesta 2, p.p. 3422, 1000 Ljubljana

Republika Slovenija

E-mail: dusan.kogoj@fgg.uni-lj.si