

# Terminologija

## TEODOLIT

### Uvod

Geometre starog Egipta nazivali su harpedonapti po harpedonu, užetu, kojim su mjerili dužine. Uže im je bila glavna sprava za mjerenje.

Rimski geometri zvali su se gromatici po gromi, spravi za iskolčivanje okomica.

Kad bi se naziv birao po glavnoj i najtipičnijoj spravi današnjih geometara, kakav bi se naziv morao uzeti? Koja je to sprava?

Bez sumnje teodolit. Doduše, i nivelir je tipičan, ali niti izdaleka kao teodolit. Naprosto zato, jer se obično i s teodolitom može nivelirati. I ne samo to. S modernim teodolitom se redovno mogu mjeriti optički i dužine.

Čitava geodezija, ta golema nauka i struka, gotovo nije ništa drugo nego znanost i vještina mjerenja kutova i dužina. Pretežni dio zadataka geodezije rješava se mjerenjem samo tih dviju elemenata. A najvažniji instrument kod toga je nesumnjivo teodolit.

### Dioptra

Najstarija poznata preteča teodolita je dioptra Herona Aleksadrinca. Heron ju opisuje u djelu *Περί διόπτρας*. Stari

Grci su zapravo pod dioptrinom razumijevali svaku spravu, koja ima dioptru za viziranje. »Dioptrin« znači gledati skroz, ciljati, vizirati.

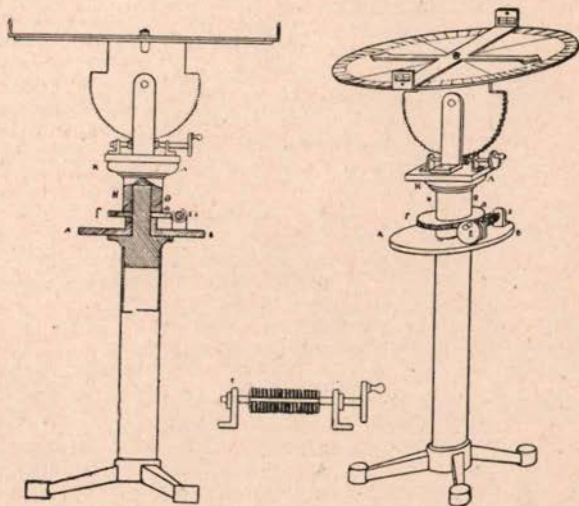
Nije poznato, kad je Heron točno živio. Vjerojatno oko stote godine prije naše ere kao učenik Ktesibiosa a očitelj Prokla. Napisao je više djela. Nažalost nisu sva sačuvana. Tako a pr. djelo o mehanici, pa o izgrađivanju ratnih sprava, zatim o automatima, o optici, o geometriji itd. Neki predmišljavaju, da su ta djela nastala po nalogu egipatskih kraljeva kao udžbenici. Po

uvodu, koji je Heron dao svome spisu o dioptri, čini mi se, da je taj spis, premda pisan kao kakav udžbenik, ipak nastao ne po nalogu, već iz vlastite pobude. Heron tamo izričito kaže: »premda su mnogi pisali o nauci o dioptri, ipak sam se odlučio na to djelo, jer su mnogo ispustili ili nedovoljno prikazali« (vidi Heron von Alexandria: Vermessungslehre und Dioptra, griechisch und deutsch von H. Schöne, Leipzig 1903).

U koliko su Heronova djela sačuvana, sačuvani su naravno samo kasniji prijepisi ili fragmenti. Spomenuto djelo o dioptri je za geodeziju najvažnije. Autor toga djela s pravom zavrijeđuje ime oca geodetske nauke.

U uvodu svoga spisa Heron među ostalim kaže i to, da »drugi« razne zadatke rješavaju sa raznim instrumentima. A ipak — kaže — mogu zapravo da riješe samo malen broj zadataka. »Ja sam pak nastojao, da se sa jednim instrumentom mogu riješiti sve zadatke. A ako si tko izmisli i kakove nove zadatke, dioptra, koju sam konstruirao, ne će ni onda zatajiti.

Po opisu samoga Herona konstrukcija je dioptre slijedeća (sl). Stalak u





obliku stupa nosi gore vertikalnu os instrumenta. Na dnu te osi nalazi se okrugla brončana pločica AB. Oko osi može se okretati cilindar (valjak) iz bronce HΘ. Valjak ima na donjem kraju čvrsto spojen zupčasti točak ΓΔ. Radi ljepšeg izgleda cilindar gore svršava dorskim kapitelom KA. Uz zupčasti je točak ΓΔ priljubljen vijak bez kraja EZ, čiji navoji pristaju k zubima točka. Nosači, koji nose ležajeve toga vijka, čvrsto su spojeni sa brončanom pločom AB. Kada dakle, kaže Heron, vijak okrećemo, okreće se zupčasti kotačić ΓΔ, a s njime i cilindar HΘ. Vijak ima po svojoj dužini užljebinu, koja je široka kao i zubi kotačića. Kad se vijak tako namjesti, da užljebina dođe po dužini zupčanika, onda se spomenuti cilindar može grubo okretati. Imamo dakle mogućnost grubog okretanja rukom, a i finog vijkom. Potpuno analogno kao kod teodolita. Izgleda, da je Heron bio prvi, koji je vijke upotrebio na spravama za mjerenje (Dr. F. Schmidt: Geschichte der geodätischen Instrumente und Verfahren im Altertum und Mittelalter Neustadt 1935).

Konstrukcija Heronove sprave upravo zapanjuje. Naročito, kad se uzme u obzir, da su vijci rijetkost ne samo u starom, već i daleko u srednjem vijeku. Posebno je pitanje, kako je Heron izrađivao svoje vijke. Neki sredovječni pisci nazivaju Euklida ocem geometrije, a Herona ocem mehanike. Vjerojatno je Heron svoje vijke izrađivao tako, kako to opisuje Pappus oko 300. god. naše ere (vidi Schmidt). Pravokutan trokut iz tankog lima omota se o valjak tako, da ga upravo sa hipotenuzom jednom obuhvati. Linija, koju hipotenuza definira, označi se na valjku. Lim se odstrani i linija izreže. To se opetuje toliko puta, koliko vijak treba da ima navoja. Rezanje vijaka na tokarskom stolu spominje se tek 362. g. naše ere.

Na glavi KA učvršćena je pločica, koja nosi dva vertikalna ravnalca (nosača), koji nose vodoravnu okretnu os instrumenta. Nosači su toliko razmaknuti, da upravo među njih stane ozubljen polukrug i opet vijak bez kraja za grubo i fino okretanje oko spomenute horizontalne osovine.

Na žalost je u djelu *Περὶ διόπτρας* izgubljen manji dio, koji govori o konstrukciji daljnjeg gornjeg dijela instrumentovog. Ali iz načina, kako Heron rješava razne zadatke sa

svojom dioptrinom, mora se zaključiti, da se je na vertikalnom ozubljenom polukrugu nalazila oveća okrugla ploča. Schöne i Neumann (vidi cit. knjigu) rekonstruirali su instrument. Tu njihovu konstrukciju vidi i u knjizi Dr. Curbanić: *Viša Geodezija I*, str. 575, Zgb 1954. Na gornjoj ploči nalazi se ravnalo s diopterima (alhidada), koje se svojim središtem okreće oko središta kružne ploče (limba). Ravnalo sa strane nosi dva indeksa, dva kraka. Kod rekonstrukcije Schöne-Neumanna potonji su kraci sasvim kratki. Osim toga po njihovoj rekonstrukciji krug (limb) nema podjele, već su na njemu označene samo dvije međusobno okomite crte, koje služe za to, da se s diopterima mogu iskolčivati pravi kutevi.

Ne mogu se složiti s rekonstrukcijom Schöne-Neumanna. Indeks treba produžiti do periferije limba, a limbu treba dati kutnu podjelu. Smatram, da spravu svakako treba tako rekonstruirati. Heron doduše pretežni dio zadataka u svojoj knjizi rješava putem okomica, ali ima jedan zadatak, gdje mjeri kutni razmak dviju zvijezda. Kružna ploha se nagne tako, da dođe u ravninu zvijezda i vizira se na prvu pa na drugu zvijezdu.

Možda će netko reći, da sam u svojoj konstrukciji odviše pod uplivom današnjih teodolita, kad Heronovoj dioptri dodajem limbusnu podjelu. Tek s tom podjelom dioptra postaje pramajkom teodolita.

Uvjeren sam, da je dioptra morala imati kružnu podjelu nesamo iz razloga onog primjera, koji Heron spominje i u kome mjeri proizvoljne kuteve. Heronova sprava ima zapravo napravu (vijak) za grubo i sitno kretanje alhidade i takovu napravu za vertikalno kretanje, dakle već prilično usavršen mehanizam, sličan analognim mehanizmima kod teodolita. Nevjerojatno je, da takova sprava ne bi imala kružnu podjelu, kad su Grci i te kako već računali s kutevima a astronomija i geometrija bile znatno razvijene. Steta, što je izgubljeno baš mjesto u Heronovoj knjizi, koje govori o limbu. Mojoj tezi u prilog su i već citirane riječi Herona: »a ako si tko izmisli i nove zadatke, dioptra ne će zatajiti«.

U današnje doba, mi smo toliko puni moderne tehnike, da obično posve zaboravljamo, da je bazu toj tehnici velikim dijelom dao već stari vijek.



## Riječ teodolit

Odakle ta riječ? Pravo se nezna. Samo se nagađa. Prvi puta se spominje u jednom engleskom izvoru »Instrument called Theodolitus«.

Kako rekoh, po mome mišljenju, prababa teodolita je Heronova dioptra. Iza nje su onda Arapi razvijali svoje sprave, astrolabe i kvadrante.

Tekovine grčke kulture sačuvali su Arapi. Preko njih je ta kultura vraćena Evropi.

Teodolite u današnjem smislu počeli su prvi graditi Englezi (mehaničar Sisson 1730. god.).

Sve je to potrebno spomenuti. Ima naime više tumačenja riječi teodolit. Jedno tumačenje kaže, da je riječ sastavljena iz »the« i arapskog »al-idhada«. Prvo je engleski određeni član, a drugo na arapskom jeziku znači k rak. Engleski se »all« čita »ol«. Iz »the-all-idhada« vremenom da je nastalo »theodolit« odnosno latinizirano »theodolitus«. Ovoj verziji prikljanja se i Dr Jordan u svome djelu Handbuch der Vermessungskunde (II-1, Stuttgart 1931, str. 297). Verzija uzima u obzir: 1. da su u srednjem vijeku Arapi bili najzaslužniji mjernici i graditelji kutomjernih instrumenata i to znanje prenesli u Evropu, 2. za početak gradnje novovjekih teodolita da su zaslužni Englezi, 3. naziv teodolita da je po alhidadi, tom njegovom važnom sastavnom dijelu.

Drugo tumačenje je samo sa grčkim riječima. Vidi E. Melvill (Johannesburg): »The derivation of the word Theodolite«, Zeitschrift für Vermessungswesen 1910, str. 943. Po Melvillu riječ je sastavljena iz tri riječi: (thea) = pogled, vizura, nišan;

(odelos) = nešto, što pokazuje, indeks; (itüs) — krug, kružni vijenac.

Takovo tumačenje je prilično zavodljivo. Heron svoj instrument zove — kako sam već istakao — po dioptrin, gledati skroz, vizirati. Dakle, da je u Melvillovom tumačenju pojam gledanja, zurenja, na prvome mjestu, sasvim dobro odgovara. Ali Dr Hammer je prigovorio srednjoj riječi »odelos«. Nešto, što pokazuje (što bi odgovaralo indeksu alhidade) u grčkom da nije »odelos« nego »obelos«. Prema tome, ako se usvoji Melvillova verzija, trebala je za teodolit nastati riječ »teobelitus«, a ne »theodolitus«.

U istome časopisu, prije Melvilla, napisao je (1908) Dr. Hammer jedan članak o postanku riječi teodolit, koji

nažalost nisam mogao nabaviti. Ali, prema načinu citiranja u Jordanu, pretpostavljam, da je Hammer u tome članku razvio onu prvu verziju postanka riječi teodolit.

## Drugi nazivi

Amerikanci razlikuju (vidi Breed-Hosmer: The principles and practice of surveying, New York 1947):

engineers transit (ili surveyings transit),

repeating theodolite,  
direction instrument,  
Wild theodolite.

Prvi je manji teodolit, obično u Americi ne sa 3 nego sa 4 podnožna vijka. Citirani autori na pr. za repeticioni teodolit kažu: »these instruments usually have three leveling screws instead of four as in the surveyors transit«. Uobičajeni američki tip transita, koji autori opisuju, ima i repeticioni uređaj, dakle se u biti ne razlikuje od našeg repeticionog teodolita. A to, što transit obično ima 4 a ne 3 podnožna vijka, nije bitno, jer je za predviđjeti, da će vremenom i američanski obični teodoliti biti sa tri takova vijka. Tri točke uvijek definiraju ravninu, a 4 samo iznimno!

»Direction instrument« se upotrebljava »za čitanje pravaca, gdje krug ostaje nepomičan za vrijeme opažanja jednog girusa. Umjesto noniusa mikroskopi služe za očitavanje«.

Na prvi pogled čovjek se pita, koja je onda bitna razlika između »repeating theodolite« i »direction instrument«. Da li je naprava za očitavanje nonius ili mikroskop nije dovoljno bitno, jer se i bolja lupa može smatrati mikroskopom, a ima i mikroskopa s nonijem.

S repeticionim instrumentom se pojedini kut može repetirati. Takav instrument je prvotno i izgrađen zbog repeticione metode mjerenja pojedinih kuteva t. j. mehaničkog sumiranja vrijednosti kuta. Naprotiv directions instrument bio bi instrument podesan za mjerenje kuteva po girusnoj metodi. Potonji teodolit ne mora imati vijak za fino obrtanje limba. Limb može biti učvršćen trenjem tako, da se nakon svakog girusa rukom zaokrene, odnosno, može imati samo kočnicu limba ili vijak (napravu) za grubo kretanje limba.

Ali sve su to tako male razlike, da mi se čini opravdanije nazivanje, koje preteže u Evropi t. j. naprosto »teodolit« za sve one 4 vrste, koje spomenuti



američki autori razdvajaju. Smatram, da bi riječ »teodolit« trebala istisnuti i riječ »transit« i naziv »direction instrument.«

Riječ »transit« ima internacionalno već sasvim drugo značenje nego za geod. instrument. Transit je prijelaz, prevoz (ljudi, robe). Naziv transit za teodolit vjerojatno je došao odatle, što se kod kompenzacionog teodolita durbin može prebaciti, prevesti u drugi položaj.

Interesantan je naziv u Breed i Hosmeru za moderne teodolite. Tako se zovu imenom Wild. Činjenica je, da je Wild stvaraoc radikalne preorijentacije u izgradnji geod. instrumenata. On je otac renesanse tih instrumenata. Kao inženjer konstruktor firme Zeiss on je prvi posve preobrazio dotadašnji tip teodolita. Umjesto velikih i teških metalnih krugova on je stavio male krugove iz stakla. Prije njega su teodoliti pretežno bili iz metala. On je velikim dijelom metal zamijenio staklom, zamijenio optičkim dijelovima. On je mehaniku produhovio i zamijenio optikom. Genijalan je njegov ulog kod toga. I ispravno bi bilo moderne teodolite nazvati njegovim imenom Wild je mrtav. Umro je pred nekoliko godina. Trebalo bi njegovo ime ovjekovječiti tako, da se tim imenom nazovu instrumenti, za čiji je razvoj dao glavne smjernice. To bi bio spomenik tome velikom čovjeku. Ali ima jedna poteškoća. Još za života Wild je svoje ime odstupio, založio, Kome i kako? Po svoj prilici jeftino. Napustio je firmu Zeiss i pod njegovim imenom je u njegovoj rodnoj zemlji Švicarskoj, u Heerbruggu, osnovana velika tvornica. Proizvodi te tvornice nose njegovo ime. Međutim se je dogodilo, da se je on razišao i s tom firmom i pod kraj života radio za švicarsku firmu Kern. Razišao se je dakle s vlastitim imenom odnosno firmom tog imena. Razišao se je s firmom, ali firma nije s njegovim imenom, koje je zarobila. Paradoks života toga velikana.

Prema tome, sve u svemu, kad se jedna svjetski poznata tvrtka i svi njeni proizvodi zovu Wild, teško je moderne proizvode i drugih firmi nazvati »teodoliti Wild«. Moramo se, hoćeš nećeš, zadovoljiti s time, da samo teodolite firme Wild u Heerbruggu zovemo »teodoliti Wild«, a skupni naziv za najnovije teodolite, da bude »moderni teodoliti«.

## Što je teodolit?

Kako definirati glavni instrument geod. struke? Ako se kaže: »sprava za mjerenje kuteva« nije se reklo dovoljno. I sa transporterom se mogu mjeriti kutevi, a nije teodolit. I s instrumentima, koji imaju dioptere, mjere se kutevi, a te sprave nipošto nisu teodoliti. Kako dakle razgraničiti teodolit od tih sprava? Već je u terminološkoj rubrici jednom govoreno o tome, da su sprave jednostavnija a instrumenti složenija pomagala. Prema tome definicija teodolita bi mogla biti: »geodetski instrument za mjerenje kuteva na terenu«. Time bi bio razgraničen pojam teodolita i spram jednostavnih »sprava« za mjerenje kuteva i spram sprava za kartiranje, a riječju »geodetski« i spram astronomskih instrumenata. A da li je razgraničeno i spram busolnih instrumenata? S tim instrumentima mjere se zapravo magnetski azimuti, dok se teodolitom mjere kutevi. Jedan pravac, jedna vizura, s teodolitom, nema smisla, dok s busolom ima.

## Sistematika

U svakoj nauci je velik trud i velika pažnja posvećena klasifikaciji i sistematizaciji.

U botanici se na pr. bilje dijeli na familije, familije na rodove, rodovi na specijese (vrste) itd.

Imamo li mi nešto slična kod geod. instrumenata? Nažalost još podesne internacionalne klasifikacije nemamo. U prospektu na pr. jedne firme nazvan je neki instrument »univerzalni nivelir: a u prospektu druge firme posve analogan instrument »teodolit«. Što treba razumjeti na pr. pod »univerzalnim teodolitom«, što pod »tahimetrom«, što pod »kompenzacionim teodolitom« itd.?

Ne ću se ovdje baviti sistematizacijom i klasifikacijom svijue geod. instrumenata bez razlike. Pokušati ću samo razmotriti genus »teodolita«.

Bitno je kod teodolita, da se njime mogu mjeriti kutevi. Po prirodni stvari osnovniji su vodoravni kutevi (nego vertikalni). Ali danas se gotovo uopće ne grade teodoliti bez vertikalnih krugova. Prema tome, ja bi pod teodolitom (T) razumijevao geodetski instrument, koji služi mjerenju i vodoravnih i vertikalnih kuteva. Pošto se osim toga danas teodoliti isključivo grade tako, da se durbin može



prebacivati oko vodoravne osi instrumenta, mislim, da normalno više nije potrebno ni isticati, da je neki instrument »kompenzacioni« teodolit. Stoga predlažem, ako se kaže teodolit, da se pod time standardno razumije kompenzacioni instrument sa vodoravnim i vertikalnim krugom. Druga je stvar na školama, koje imaju zbirke starih instrumenata, od kojih neki i nisu kompenzacioni. Tamo je eventualno još potrebno navesti, da li je neki instrument kompenzacioni ili nije.

Kad bismo ovako fiksirali genus »T« pokušajmo razmotriti specijalnosti odnosno podvrste:

repeticioni teodolit, kod kojeg se osim alhidade može i limb obrtati oko glavne osi instrumenta bez obzira na to, da li se to obrtanje vrši s jednim ili dva vijka (kočnica i sitno kretanje). Danas se gotovo isključivo kod mjerenja kuteva upotrebljava girusna ili Schreiberova metoda a ne repetiranje (mehaničko sumiranje) pojedinačnog kuta po čistoj repeticionoj metodi. Prema tome razlučivanje na »repeating« i »direction« instrumente nije potrebno;

noniusni teodolit, koji ima noniuse;

mikroskopski teodolit, koji ima mikroskope;

busolni teodolit, koji ima busolu;

moderni teodolit, sa staklenim krugovima, i optičkim mikrometrima za očitavanje;

tahimetar teodolit s optičkim mjerenjem dužina (po Reichenbachu, s klinovima ili s krivuljama);

autoredukcionni tahimetar, koji daje automatski vodoravne udaljenosti;

univerzalni teodolit (geodetski), koji može služiti i za mjerenje kuteva (vodoravnih i vertikalnih) i za niveliranje i za optičko mjerenje dužina i za busolna snimanja.

Za označavanje točnosti teodolita trebalo bi uvesti internacionalne standarde i interacionalni postupak određi-

vanja točnosti. Dok se to ne uvede i ta problematika ne riješi, možemo se privremeno ograničiti na termine; sekundni teodolit, kod kojeg se mogu čitati jedinične sekunde, dvosekundni, poluminutni, minutni i slično.

Firma Wild naziva tipove svojih teodolita sa T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> t. j. tako, da niži broj označuje obratno manje točan viši broj točniji teodolit. Firma Zeiss označuje obratno manje točan instrument (na pr. Th IV) višim brojem, a točniji (na pr. Th II) nižim brojem. Uopće razne firme imaju svoje specijalno označavanje. Zar već nije došlo vrijeme, da se uvede internacionalno označavanje?

Druge nauke i struke imadu već davno izgrađene sisteme skraćenog označavanja (formule). Kemija označuje elemente tim i tim znakovima, njihove spojeve tako i tako i kemičari čitavog svijeta razumiju taj konvencionalni jezik. Internacionalni geod. forumi trebali bi nastojati, da se nešto slična stvori i za sistematiku geod. instrumenata.

Bez obzira na to, kakav će biti u detalju internacionalni sistem označavanja, mislim, da će u tome sistemu »T« označavati teodolit (nije potrebno **Th**) i da će trebati uz svaki instrument navesti nesamo firmu, koja ga je izradila, već i godinu, kada ga je izradila, dakle godinu rođenja. Eventualno na pr. Wild T<sub>4</sub> 1954 da bi označavalo univerzalni teodolit, sekundni, koji je firma Wild proizvela god. 1954. Vjerovatno će se fabrike protiviti označavanju godina. Njima je milije, da kupcu prodaju instrument kao da je noviji, milije, da svaki instrument dobije samo fabrički broj, pa da samo tornica znađe, koji je instrument noviji, a koji stariji. Ali naravno, i fabrički broj mora biti na instrumentu označen, jer se inače instrument iz istog godišta, a od iste firme, ne bi međusobno razlikovali.

Drugom ću eventualno prilikom pokušati iznesti detaljniji prijedlog klasifikacije i označavanja rodoslovlja instrumenata.

Dr. N. N.