

Ing. Franjo Rudl

## REKTIFIKACIJA PRECIZNOG PLANIMETRA SA KOTUROM I VALJCIMA

Redovno sva uputstva za rad sa planimetrima spominju samo usput, da se za računanje površina, gde se traži veća tačnost, upotrebljava precizni planimetar sa koturom i valjcima (nemački: Scheibenrollplanimeter).\*

Međutim, teže se može naći objašnjenje, *kakve uslove mora da zadovolji ovaj planimetar* odnosno pojedini delovi istoga. Spominje se redovno toliko da je princip rada isti, da je rad sporiji zbog toga što se krak sa iglom vodiljom mora voditi laganije, radi veće brzine kotura, i da je vrednost podatka 10 puta manja nego li kod polarnih planimetara.

Time se ne možemo zadovoljiti, jer sama konstrukcija ovog instrumenta upućuje nas na to da postoji još nešto čega kod planimetara uopće nema i da ispitivanje nije tako jednostavno kako si to pretstavimo u prvi mah.

Upadljiva je *razlika između polarnih i ovih planimetara* u tome:

1) Što se ovaj kreće samo u jednom pravcu i to bez ikakvog ograničenja napred i natrag, upravno na osu koja spaja valjke.

Mogućnost obilaženja kontura površina u pravcu kretanja je neograničena, a upravno na pomenuti pravac, ovisna o postavljenoj dužini kraka (koja je razna za razne razmere), u maksimalnom slučaju do 50 cm.

Usled takvog „pravog“ ili bolje rečeno *linijskog kretanja*, ovaj se planimetar principijelno izdvaja iz polarnih planimetara, kod kojih već sama reč „polarni“ karakterizira, da se ti planimetri pomiču oko jedne čvrste tačke (to jeste oko pola).

Prema tome, planimetar o kome je reč, uvrštava se u red *linijskih planimetara*.

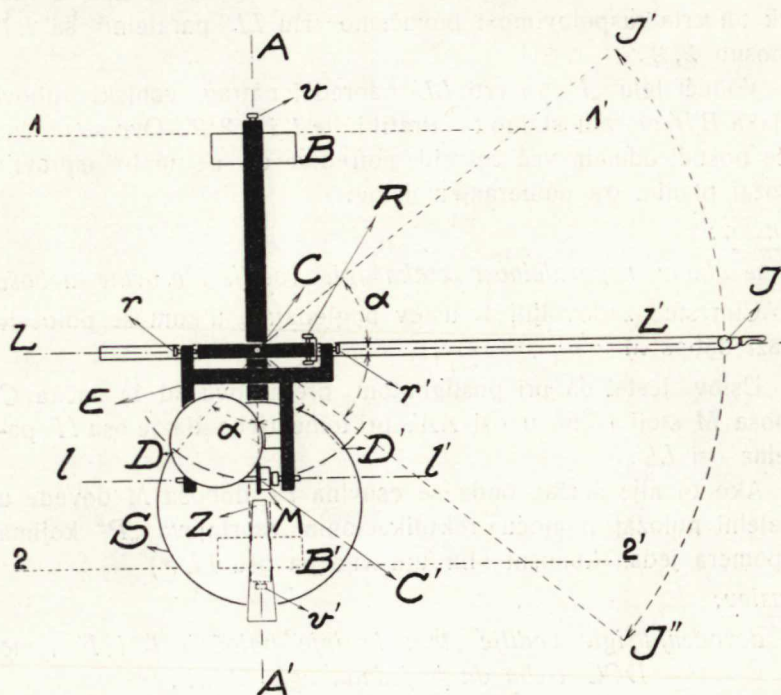
2) Doboš „M“ (vidi sliku 1) ne kreće se na samom planu već na koturu, ploči „S“ te je time osigurano *ujednačeno trenje* i sledstveno tome pravilnije kretanje doboša \*\*)

\*) Ove planimetre izrađuju firme „Coradi“ — Zürich i „A. Ott“ — Kempten, Allgäu.

\*\*) To znači, da se na doboš odnosno na točak doboša ne prenaša neravnost hartije (plana) koja i sama može da bude grublja, hrapavija.

Putovanje valjaka  $B, B'$  prenosi se na kotur  $S$  tako, da se doboš  $M$  okreće 10 puta brže nego li kod polarnog planimetra, pretpostavivši istu brzinu kretanja igle vodilje.

Ovim je uvetovan *sporiji rad* te se tu ispoljava jedna negativna strana ovog instrumenta, ali s obzirom na veliku tačnost koju postizavamo, taj nedostatak ne dolazi toliko u obzir.



(Сл. 1)

3) Viljuška „E“ koja drži doboš može se podići i okretati oko ose  $rr'$  dok ne dođe u vertikalni položaj.

Ovo bi bile glavne karakteristike, a sada možemo da pređemo na samo ispitivanje i rektifikaciju. Ispitivanje treba vršiti na ravnom i horizontalno postavljenom stolu a hartija koja će nam služiti kao podloga treba da je ravna.

\*) „Pre ispitivanja pobrojanih uslova kontroliraćemo, da možda nisu oštećeni fini zarezi na rubu točka doboša. To ćemo proveriti oštrom lupom i ako ustanovimo da postoji kvar, onda je planimeter neupotrebljiv dokle god se ne zameni točak odnosno ceo doboš.“

U pitanju je naime najosetljiviji deo planimetra, te bi u slučaju postojanja takvog kvara dobivali grube razlike u podacima.“

1. uslov (zapravo preduslov)\*):

*Planimetar treba postaviti u „normalni“ položaj*

Planimetar zauzima normalni položaj čim je osa  $LL'$  upravna na osu  $AA'$  (vidi sliku 1) koja prolazi kroz centre valjaka  $B$  i  $B'$ . Da dođemo do željenog rezultata, povučemo pored vanjskih rubova valjaka  $B, B'$  paralelne crte (upravne na osu  $AA'$   $1, 1'$  i  $2, 2'$  a razmak tih crta raspolovimo i povučemo crtu  $LL'$  paralelno sa  $1, 1'$ , odnosno  $2, 2'$ .

Vodeći iglu „ $I$ “ po crti  $LL'$  napred i natrag, vanjski rubovi valjaka  $B, B'$  moraju stalno tangirati linije  $1, 1'$  i  $2, 2'$ . Ovo se obično neće postići odmah, već će biti potrebno da se malo ispravlja položaj planimetra pomeranjem istog.

2. uslov:

*Da se ukloni neparalelnost kraka igle vodilje i osovine doboša*

Čim smo zadovoljili 1. uslov pogledajmo u kom se položaju nalazi doboš  $M$ .

Uslov jeste, da pri postignutom preduslovu ad 1) tačka  $C'$  doboša  $M$  stoji tačno u osi  $AA'$ , pri tome treba da je osa  $l'l'$  paralelna osi  $LL'$ .

Ako to nije slučaj, onda se osovina  $l'l'$  doboša  $M$  dovede u paralelni položaj pomoću rektifikacionih zavrtnjeva „ $R$ “ kojima se pomera jedan konusni klin upravno na osu  $LL'$ .\*)

3 uslov:

*Pri dovodenju igle vodilje „ $I$ “ u krajnje položaje  $l'$  i  $l''$  ugao  $DCC'$  treba da je jednak uglu  $C'CD'$ .*

Okretanjem kraka sa iglom vodiljom  $I$  u  $l'$  i  $l''$ , tačka  $C'$  doboša treba da dođe u položaj  $D$  i  $D'$ , tj. da ugao  $DCC'$  bude jednak uglu  $C'CD'$  ili jednak  $\alpha$ . (Vidi sliku 1).

Ako to nije slučaj, onda izvršimo paralelno pomeranje pomoću rektifikacionih zavrtnjeva  $r$  i  $r'$ . Napominje se, da su uslovi pod 2) i 3) tesno vezani te ih treba nekoliko puta ponoviti dok se ne postigne potpuna saglasnost.

4. uslov:

*Da je krak igle vodilje potpuno prav*

Čim smo zadovoljili 2. i 3. uslov, promenimo dužinu kraka (CI) igle vodilje pomeranjem u pravcu  $L$  ili u pravcu  $L'$  i po-

\*) U produženju ad a) objašnjeno je detaljno, kako se uklanja neparalelnost ko a nije vidljiva prostim okom.

stavivši iglu vodilju  $I$  na crtu  $LL'$ , centar  $C'$  treba uvek da se nalazi na osi  $AA'$ , (vidi uslov pod 2.)

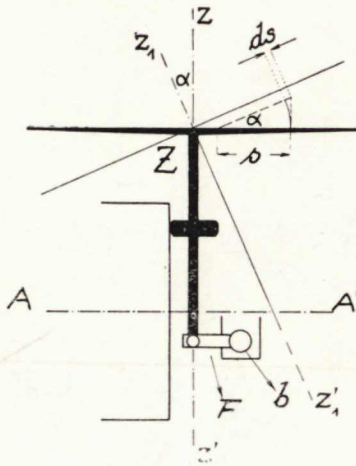
Ako to nije slučaj, onda je krak igle vodilje iskrivljen i samo fabrika može da ukloni tu grešku. Dokle god se to ne uradi, ne smemo vršiti računanja sa dotičnim planimetrom.

5. uslov:

*Da je osa  $zz'$  kotura  $S$  upravna na osu  $AA'$ .*

Veoma važan uslov jeste također taj, da ploča  $S^*)$  bude potpuno paralelna osi  $AA'$ . Ovo se postizava pomoću korekcionog zavrtnja „b“ koji putem prenosnog uređaja „F“ pomera osu  $zz'$ , i pomoću šrafova  $v, v'$  kojima se vrši horizontalno pomeranje upravo pomeranje u smeru ose  $AA'$  (vidi sliku 1.)

Pri tome centar  $Z$  ploče  $S$  ostaje na svome mestu (vidi sliku 2.)



(Сл. 2)

Kada smo zadovoljili sve napred pobrojane uslove, onda tek pređemo na postavljanje vrednosti dužine kraka igle vodilje za datu razmeru plana. Naravno da data dužina u tablici neće tačno odgovarati, te nam daje samo mogućnost, da brže dođemo do prave dužine kraka pomoću probnog računanja na tačno iscrtanim kvadratima sa stranicama od 1 dm.

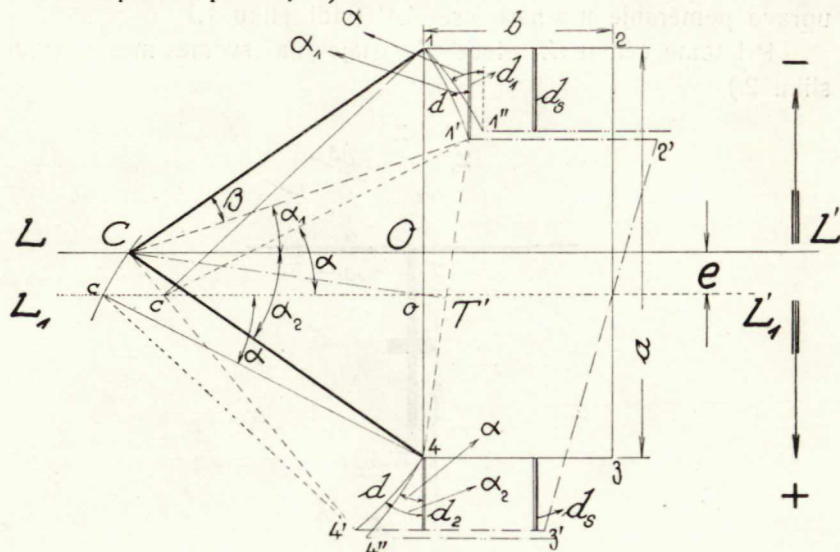
\*) Ploča  $S$  mora da je potpuno glatka i ravna, u protivnom točak doboša nebi izvršio pravilno okretanje i dobili bi pogrešne rezultate. Prema tome svaka ogrebotina na ploči  $S$  deluje štetno i ploču  $S$  treba snabdeti novom ispravnom hartijom.

Nikako se ne preporučuje upotreba kontrolnih lenjirića, jer je sama praksa već dovoljno pokazala da se pomoću kvadrata dobivaju kud i kamo pouzdaniji podaci.

Posle ovog objašnjenja možemo malo *da se upoznamo sa štetnim uplivima* koji se pojavljuju usled neispunjavanja prednjih uslova,

a) *Neparalelnost kraka igle vodilje i osovine doboša*

Pre svega treba naglasiti, da kod preciznog planimetra sa koturom i valjcima ne postoji mogućnost kompenzacije neparalelnosti kao što kod polarnih kompenzacionih planimetara, gde se upliv eventualne neparalelnosti poništava postavljanjem kraka u dva suprotna položaja.\*)



(Сл. 3)

Zbog toga moramo bezuvetno uspostaviti paralelnost osovine doboša sa osom kraka igle vodilje.

Zanimljivo je ispitati kako deluje ta neparalelnost. Pretpostavimo da osovina doboša zatvara izvesni ugao „ $\beta$ “ sa osom kraka igle vodilje. Pošto je  $CC' \perp CI$  to se isti otklon  $\beta$  mora pojaviti i kod kraka igle vodilje.

Pogledajmo sliku 3.

Na paralelogramu 1, 2, 3, 4 čija je površina  $F = a \cdot b$  hoćemo da ispitamo upliv ugla  $\beta$ .

\*) Tj. da pri pravom računanju polazni krak leži levo od kraka igle vodilje a pri drugom računanju da leži desno od kraka igle vodilje.

Postavimo planimetar tako, da prilikom zauzimanja normalnog položaja osa  $LL'$  raspolovi paralelogram i počnemo sa obilaženjem istog. Pri tome vidimo, da pri položaju igle vodilje u tački  $I$  igla zapravo stoji u  $I'$  i prelazi put  $1', 2', 3', 4'$  umesto  $1, 2, 3, 4$ .

Označimo luk  $\widehat{I, I'}$  sa „ $d$ “ koje je također jednako  $\widehat{2, 2'}, \widehat{3, 3'}$  i  $\widehat{4, 4'}$ , ugao  $I' CO$  sa  $\alpha_1$ , ugao  $4 CO$  sa  $\alpha_2$ , onda dobijemo da je

$$\left. \begin{aligned} d_1 &= d \cdot \cos \alpha_1 \\ d_2 &= d \cdot \cos \alpha_2 \end{aligned} \right\} \dots 1)$$

Rekli smo da igla vodilja zapravo obilazi lik  $1', 2', 3', 4'$  a površina „ $F_1$ “ ove figure manja je od površine  $F$  što se da odmah dokazati jer je ugao  $\alpha_1 < \alpha_2$  te je prema tome  $d_1 > d_2$ .

Drugim rečima mala površina  $\Delta F_1$  koja je jednaka  $d_1 b$  veća je od površine  $\Delta F_2$  koja je jednaka  $d_2 b$  to je

$$\text{greška } \Delta F = \Delta F_1 - \Delta F_2 \dots 2)$$

Popravka, greška  $\Delta F$  ima predznak  $+$  što znači, da smo dobili manju površinu no što treba da dobijemo. Logično je, da se ta greška neće pojaviti tamo gde je  $d_1 = d_2$  odnosno  $\alpha_1 = \alpha_2$ . To će biti slučaj onda, kada izvršimo paralelno pomeranje normalnog položaja planimetra u  $L_1 L_1'$  za izvesni pomak „ $e$ “.

#### Određivanje veličine „ $e$ “ računskim putem

Označimo dužinu  $\overline{CI}$  sa „ $f$ “  $\overline{IO} = \overline{4O}$  sa „ $y$ “,  $\overline{I_0}$  sa „ $y'$ “ onda je  $e = y' - y$  ili

$$e = f \sin (\alpha + \beta) - f \sin (\alpha_1 + \beta).$$

stavimo  $f$  ispred zagrade onda dobijemo

$$e = f [\sin (\alpha + \beta) - \sin (\alpha_1 + \beta)] \dots 3)$$

Znamo da je  $\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$ , veličinu ugla  $\alpha_1$  odnosno  $\alpha_2$  možemo

sračunati pomoću poznatih vrednosti  $f$ ,  $y$  i  $\beta$ . Formulu 3) možemo pojednostaviti. Iz slike 3 vidimo da je  $\alpha_1 + \beta = \alpha_2$  a za  $\alpha$  uvr-

stimo  $\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$  i dobijemo konačno :

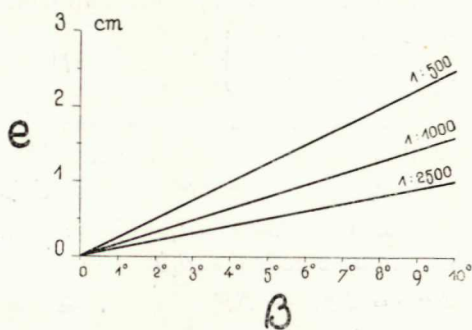
$$e = f \left[ \sin \left( \alpha_2 + \frac{\beta}{2} \right) - \sin \alpha_2 \right] \dots 4)*$$

\* Radi bolje ilustracije prilaze se grafički prikaz vrednosti „ $e$ “ za tri razne razmere.

### Grafičko određivanje veličine pomaka „e“

Posmatrajmo trougao  $CI'4$ , treba da odredimo takav položaj ose  $L_1L_1'$  da ugao  $\alpha_1$  bude jednak  $\alpha_2$  odnosno  $= \alpha$ .

Stvar je veoma jednostavna, treba samo spojiti  $I'$  sa 4 i izvući simetralu  $CI'$ . Presek te simetrale sa linijom 1, 4 daje nam traženu tačku „o“ kroz koju treba povući  $L_1L_1' \parallel LL'$ .



(Сл. 4)

Da je to tako vidi se iz same slike 3. Naime zamislimo si, da je krak  $I, C$  čvrsto vezan sa krakom  $C, o$  i da izvršimo pomeranje oko čvrste tačke  $I$  dok „ $C$ “ ne dođe u „ $c$ “. Pri tome naravno ostaje sačuvan ugao  $\alpha$  i dokazana je ispravnost tog grafičkog određivanja.

### Konačno možemo da izvedemo sledeći zaključak

Pomerajući planimetar\* paralelno osi  $L_1L_1'$  prema  $\overline{1,2}$  dobićemo uvek manje površine, a prema  $\overline{4,3}$  uvek veće površine.

To važi za slučaj kada je osovina doboša pomerena u desno od ose kraka igle vodilje (ugao  $CC'I' > 90^\circ$ ). Obrnuto pravilo važi za slučaj kada je osovina doboša pomerena u levo od ose kraka igle vodilje (ugao  $CC'I' < 90^\circ$ ).

Ovo je pravilo veoma važno i tvrdim, da nam je time data mogućnost da na jednostavan i siguran način odstranimo neparalelnost osovine doboša.

U praksi bi to izgledalo ovako: Prvo postavimo planimetar u normalni položaj (vidi sliku 1) i u produženju linije  $LL'$  učvrstimo iglu kontrolnog lenjira. Onda namestimo iglu vodilju na datom otstojanju lenjira i obilazimo površinu tog kruga, to ponovimo dva tri puta i rezultate beležimo. Posle pomerimo planimetar

\*Pri tome se uvek misli na normalni položaj planimetra.

prema  $1, 1'$ , pri tome ostavimo kontrolni lenjir na starom mestu i ponovimo postupak, isto radimo kada pomerimo planimetar prema  $2, 2'$ .

Upoređujući dobivene rezultate i koristeći postavljeno pravilo odmah možemo videti, da li u opšte postoji neparalelnost i u koju je stranu pomena osovina doboša.

Rektifikaciju izvršimo pomoću zavrtnja „R“ (vidi sliku 1).

Ceo postupak ponovimo tako dugo, dok ne dobijemo takve rezultate, koji se međusobno razlikuju najviše za 2 do 3 podatka, tek onda smo sigurni da smo eliminirali najosetljiviju grešku tog planimetra — neparalelnost osovine doboša.

Pada u oči, da se *pri ispitivanju neparalelnosti* osovine doboša koristimo sa kontrolnim lenjirom. Ovo se čini zbog toga, što ovde *ne tražimo da dođemo do jedne određene površine* već da ispitamo samo brojne vrednosti u koliko se međusobno razlikuju i zbog toga je baš preporučljivo, da se ta ispitivanja vrše sa kontrolnim lenjirom, jer se time ceo rad svodi na mehanično obilaženje kruga, gde moramo jedino paziti, da zarez kontrolnog lenjira postavimo tačno na polaznu crtu i da pažljivo vršimo čitanje na dobošu.

b) *Osa  $zz'$  nije upravna na  $AA'$  odnosno ploča  $S$  nije horizontalna*

Slika 2 pokazuje, da se u takvom slučaju produžava put točka doboša za vrednost „ $ds$ “ te bi zbog tog otklona dobivali stalno veće površine. Tome bi trebalo dodati, da je trenje točka doboša u tom slučaju različito u sredini i na krajevima ploče  $S$  zbog kosog položaja, te bi se i tu javile izvesne greške u koje nećemo da ulazimo, jer bi to prelazilo obim ovog članka.

(5 uslov je lahko zadovoljiti te do tih grešaka neće ni doći).

Ovim bi u glavnom bilo dato objašnjenje za rektifikaciju preciznog planimetra sa koturom i valjcima. Samo po sebi se razume, da ćemo prethodno ispitati da li je podela na dobošu jednaka, da li se osovina doboša kreće centrično u svojim ležištima i da li postoji dovoljno lagano kretanje točkova planimetra.

BUDITE ČLAN UDRUŽENJA GEOMETARA I GEODETA