

192063

Kinematikus tengelyrendszerű teodolit vizsgálata

ÍRTA:

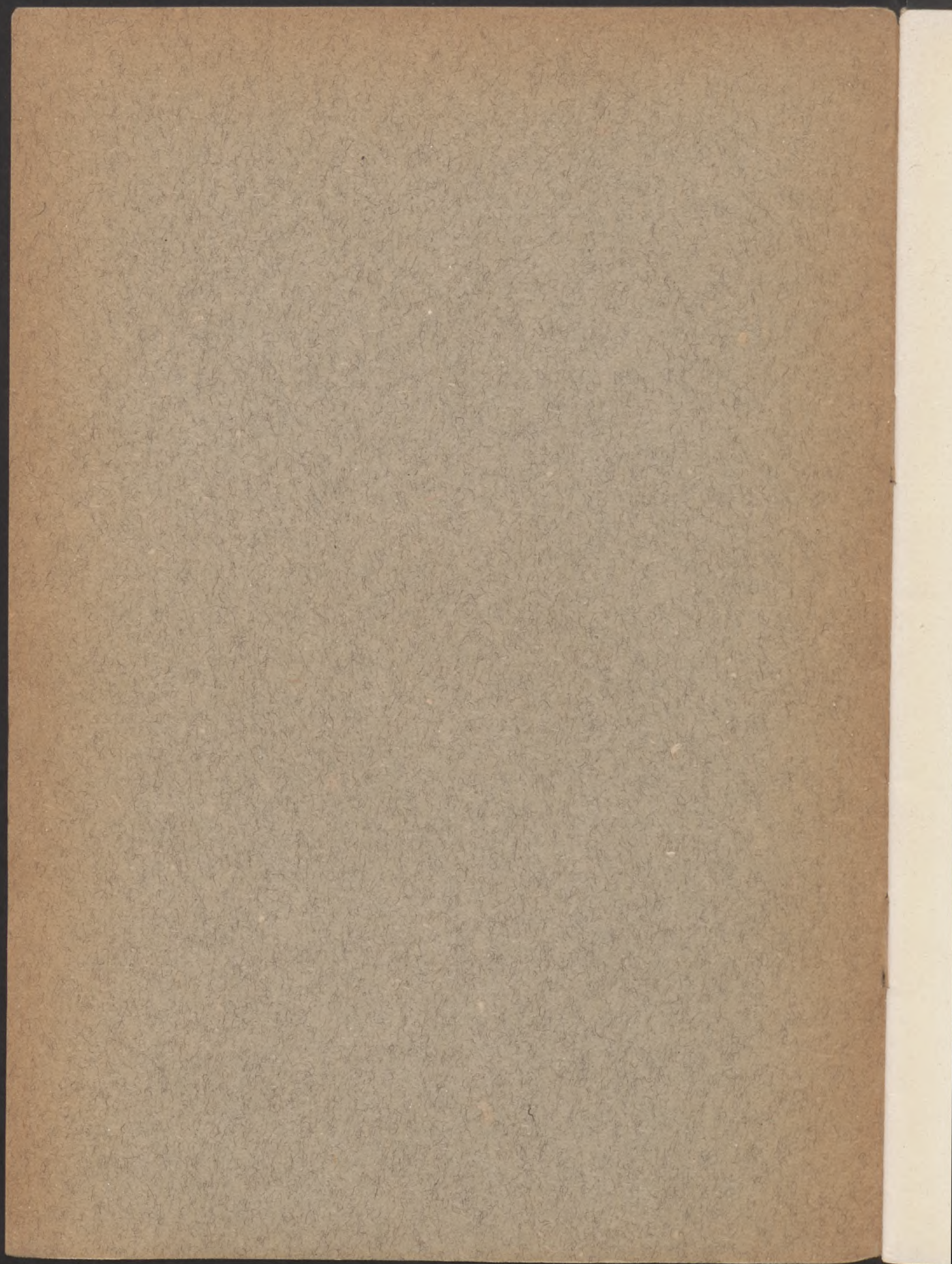
OLTAY KÁROLY

KÜLÖNLENYOMAT

A GEODÉZIAI KOZLONY XIX. ÉVF. 1943. ÉVI 2. FÜZETÉBŐL

BUDAPEST

1943



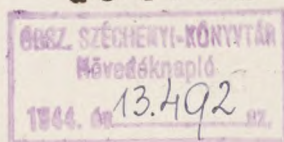
Kinematikus tengelyrendszerű teodolit vizsgálata

ÍRTA:
OLTAY KÁROLY

KÖLÖNLÉNYOMAT
A GEODÉZIAI KÖZLÖNY XIX. ÉVF. 1943. ÉVI 2. FÜZETÉBŐL

BUDAPEST
1943

192063



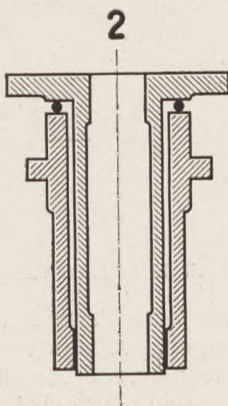
A modern geodéziai műszerek szerkesztésében már nagy és elévülhetetlen érdemeket szerzett *dr. H. Wild* az elmúlt években ismét új és eredeti szerkezetű műszerekkel s különösen teodolitokkal lepte meg a geodéziával foglalkozó szakköröket. Ezeket a műszereket a *Kern et Co. A. G., aarauti* cég gyártotta és hozta forgalomba.

Ezek a teodolitok már külsejükkel, főleg azok kompendiozus voltával nagyon eltérnek az eddigiektől, de ezenkívül a belső szerkezetben levő eredeti újításai miatt is nagyon figyelemre méltóak.

A Műegyetem Geodéziai Tanszéke beszerzett egy ilyen *Wild—Kern*-féle *DKM 2* jelzésű, *szabatosabb* mérésekre szolgáló teodolitot s ennek részletes vizsgálata útján megállapítani igyekeztem azt, hogy a kiváló műszerszerkesztő által kitűzött célok elérése mennyiben következett be.

1. A műszer leírása.

Wildet az új műszer szerkesztésében is az a régi és minden elismerést kiérdemlő törekvés vezette, hogy olyan kis méretű, könnyen szállítható és

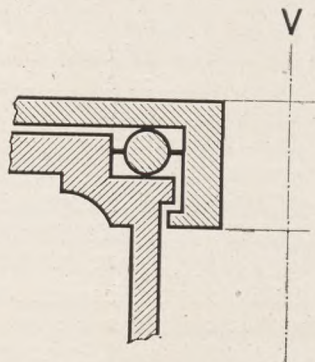


1. ábra. Hengeres tengely sémája.

kezelhető teodolit típust létesítsen, amely alkalmas nagyobb szabatoság elérésére.

Abból az elgondolásból indult ki, hogy a szokásos hengeres tengelyrendszer (1. ábra), egyrészt a szükséges szabatos vezetés miatt a műszer alsó részében nagyobb szerkezeti magasságot kíván, másrészt, hogy a csap és a persely közötti játék lecsökkentése csak egy bizonyos határig történhet s ez a határ szabja meg a szögmérésben elérhető pontosság szélső értékét.

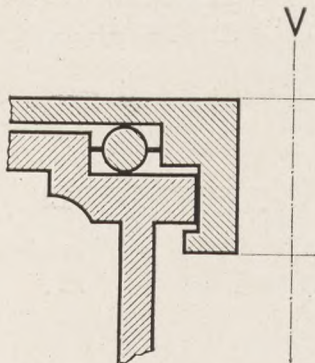
A játék kisebbítése elvileg a kinematikus tengelyrendszerrel érhető el. (2. ábra).



2. ábra. Kinematikus (golyóscsapágyas) tengely sémája.

Wild ezért elveti a hengeres tengelyt s helyébe állítja a *kinematikus*, a *golyós csapágyas* tengelyt.

Tengelyrendszere elvét sematikusan a 3. ábra, részletesen pedig a 4. ábra alsó része mutatja.



3. ábra. A Wild-féle félig kinematikus tengely sémája.

E szerint a Wild-féle tengelyrendszer csupán *félig kinematikus*, mert belül egy kis magasságú hengeres vezetés van.

Kétségtelen, hogy ez a tengelyrendszer kisebb szerkezeti magasságot kíván, tehát vele Wild kétségkívül elérte első célját, a műszer alsó részének lényeges egyszerűsítését s vele a méretek csökkenését.

A második célját azonban nem érthette el, — ezt az alábbi vizsgálatok

is igazolni fogják — mert a belső hengeres vezetés szabatosságát a persely és a csap közötti játék itt nagyobb mértékben befolyásolja mint a szokásos, hosszú vezetésű hengeres tengelyeken.

* * *

A DKM 2 típusú teodoliton, melynek metszetét a 4. ábrán, perspektív képét pedig az 5., a 6. és a 7. ábrán láthatjuk, a fentín kívül a következő újításokat találjuk:

1. Az állvány felső részén gömbcsuklós talplemez van (4. ábra, alul). A műszer az állványra helyezés alkalmával erre a lemezre kerül. Ez a berendezés lehetővé teszi azt, hogy a talplemez libellája segítségével a műszer tengelyét közel függőlegessé lehet tenni.

Ennek az a nagy gyakorlati előnye van, hogy a talpcsavarokkal a szabatos függőlegessé tétel céljából csak kevés mozgatást kell végezni, tehát a talpcsavarszárok rövidebbek lehetnek, mint a szokásos szerkezetű teodoliton.

Megjegyzem, hogy Wild az első teodolit példányokon a talpcsavarokat is melőzte s helyettük vízszintes, excenteres horonnyal ellátott szerkezettel (spirálmenet) végezte el a tengely két irányú dütését. Ezt a szerkezetet, valószínűleg drága előállítás miatt az újabb példányokon már elhagyta s azokat a 4. ábrán metszetben látható, gondosan készített rövid talpcsavarokkal pótolta.

A talpcsavarnak és az állvány felső részének részletes szerkezeti rajzát a 4. ábrán alul láthatjuk.

2. Jelentős újítás az, hogy a leolvasó berendezésül az átvétítő lencsés megoldást alkalmazta. E leolvasó berendezés lényege az, hogy egy központi lencsével a tulsó oldalon levő beosztásvonásokat átvétítjük az innenső oldalra, tehát az okulárison átnézve kettős beosztást látunk: A kettős vonások egyike maga a beosztásvonal, másika pedig a tulsó oldalon 180° -ra eső beosztásvonal képe.

Az optikai mikrométeres leolvasó mikroszkóp látómezejét a 4. ábrán jobb oldalt látjuk és pedig külön a 360° -os, külön a 400 -as beosztásra. A 360° -osra vonatkozót külön is feltüntettük a 8. ábrán. Ezen a felső két beosztás a vízszintes körnek (középen) és a magassági körnek (felül) beosztása, az alsó a közös mikrométeres beosztás, amelyről az egyes percek, a másodpercek és becsléssel azok tized részét lehet leolvasni.

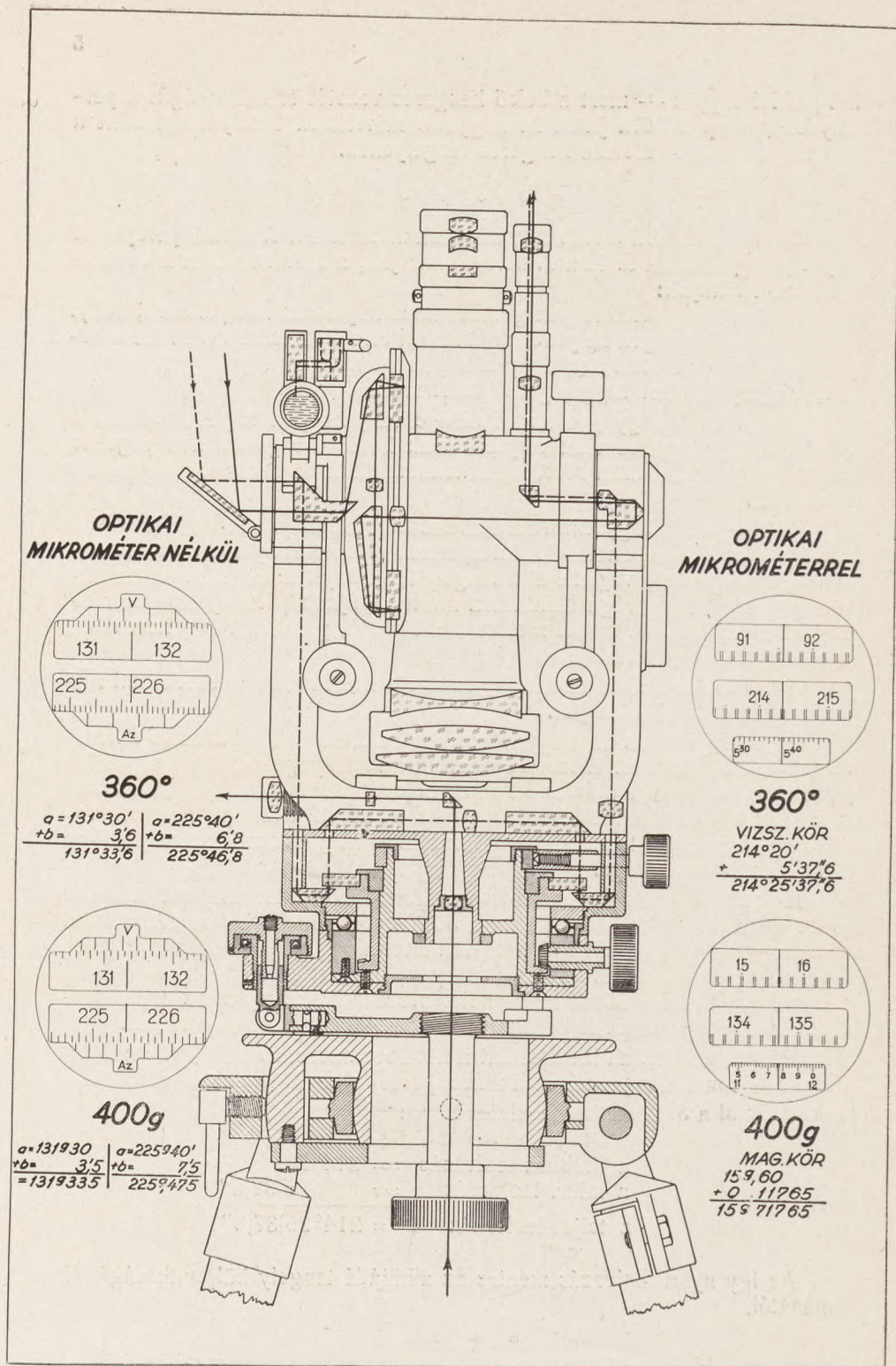
Leolvasás előtt az indexszálat a két beosztásvonal felezőjébe kell állítani s akkor alul a percek és a másodpercek számát lehet leolvasni.

Például a 8. ábrán a vízszintes körön

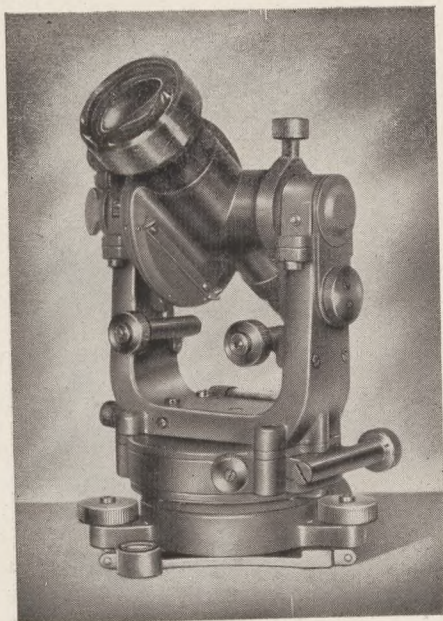
$$\begin{array}{rcl} \text{a limbusz leolvasás} & = & 214^\circ 20' \\ \text{a mikr. leolvasás} & = & 5' 37,6'' \\ \hline \text{a teljes leolvasás} & = & 214^\circ 25' 37,6'' \end{array}$$

Az így nyert leolvasás mentes az alhidádé tengely külpontosságának hatásától.

* * *

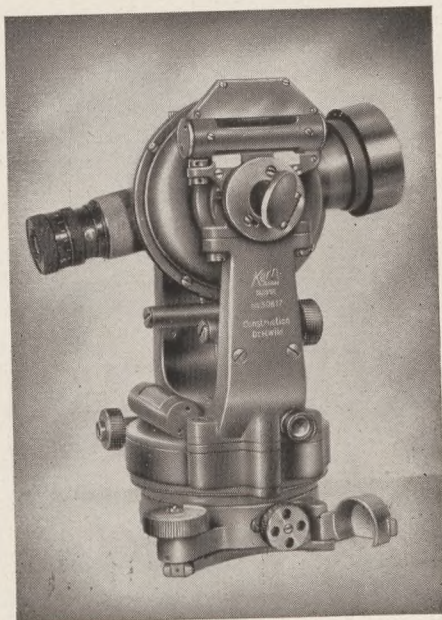


4. ábra. A Wild—Kern-féle DKM2 típusú teodolit metszete.

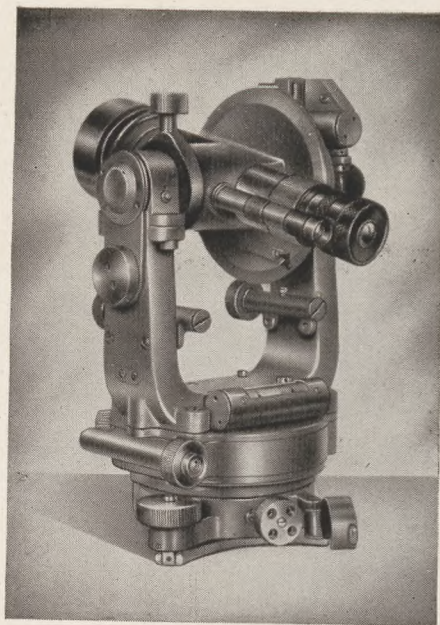


5. ábra. A Wild—Kern-féle DKM2 típusú teodolit perspektív képe.

A leolvasó szerkezetet előnyösen jellemzi az, hogy a körök megvilágítása egy helyről történik.



6. ábra. A Wild—Kern-féle DKM2 típusú teodolit perspektív képe.



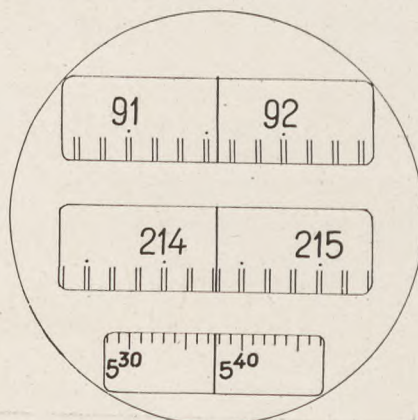
7. ábra. A Wild—Kern-féle DKM2 típusú teodolit perspektív képe.

A sugármenet jól látható a 4. ábra felső részén.

* * *

A műszer adatai a következők:

A távcső nagyítása	30-szoros.
Az objektív átmérője	45 mm.
A vízszintes kör átmérője	75 mm.
A magassági kör átmérője	70 mm.



8. ábra. Az optikai mikrométeres mikroszkop látómezője 360°-os osztással

A műszernek fém doboza van, ennek méretei:

$$12 \times 16,5 \times 27 \text{ cm.}$$

A műszer súlya 3,6 kg.

A fémdoboz súlya 1,8 „

Az állvány súlya 5,3 „

Kétségtelen, hogy a műszer kompendiózus és pedig annyira, hogy a mérnök maga viheti úgy a műszert, mint az állványt.

A kis méretek dacára a műszer teljesítőképessége teljesen kielégítő a IV. és V. rendű háromszögelések, továbbá a legszabatosabb sokszögelések szempontjából is.

A műszer kezelése nagyon egyszerű, a vele való mérés tehát felette gazdaságos.

2. A leolvasás pontossága.

A műszeren mindenképp előt az vizsgáljuk meg, hogy a leolvasó berendezéssel elérhető pontosság mekkora, illetve mennyire tér el a nominális pontosságtól 0,1"-tól.

A leolvasás abból áll, hogy az indexszálat a két szomszédos vonás (az eredeti vonás és a túloldali vonás képe) közé középre állítjuk s utána leolvassuk a mikrométer beosztáson az e helyzetnek megfelelő percek, másodpercek és az utóbbi tizedeit.

A beállítás és a leolvasás pontosságának megállapítására az alhidádé egy bizonyos, változatlanul megtartott helyzetében, öt észlelő egyenként 50 beállítást és leolvasást végzett.

Megjegyzem, hogy a beállítást (felezést) mindig *ugyanolyan értelmű* forgatással végeztük, hogy a beállító részben levő holt mozgást kiküszöböljük.

A középtől való eltérésekből *egyetlen* beállítás és leolvasás középhibája az egyes észlelőkre a következőképpen adódott:

Kürti	$\mu_0 = \pm 3,2''$
Bartók	$\pm 1,8$
Janotti	$\pm 1,4$
Homoródi	$\pm 1,7$
Becker	$\pm 3,4$

Vagyis 250 egyes beállításból és leolvasásból végeredményül *egyetlen* beállítás és leolvasás középhibája

$$\mu_0 = \pm 2,4''$$

Ez az érték aránylag elég nagy, valószínűleg kisebb lenne, ha a beosztásvonás és a túloldali vonás képe közötti távolságot kisebbre szabályoznák.

Ez a távolság ugyanis a megvizsgált műszeren lényegesen nagyobb, mint a indexszál vastagsága s ezért a felezés nem végezhető el kellő pontossággal.

3. Az alhidádé tengely külpontosságának vizsgálata.

E vizsgálat szokásos módja abból áll, hogy a kör különböző helyein leolvassák a dimetrál fekvő indexek állását. A mi műszerünkön ez oda módosult, hogy a kör különböző helyein a leolvasó berendezés indexét beállítottuk a beosztás-vonásra s utána a szemben levő beosztásvonás átvett képére.

A vizsgálatot mi 10° -onként végeztük el, azaz minden egyes vizsgálat alkalmával 18 különbséget észleltünk s ezekből kiegyenlítéssel vezettük le a külpontosság nagyságát és irányát.

Az észlelést 4 észlelő végezte, kik közül ketten egyszer, ketten pedig kétszer, illetve ötször hajtották végre a fenti programnak megfelelő mérést.

E szerint összesen 9 külön és egymástól független végzett észlelés szolgáltatja az alábbi eredményeket.

F. sz.	Észlelő	A külpontosság	
		nagysága	iránya
1	Becker	1,5 μ	315 39'
2	Janotti	2,6	337 25
3	Kürti I.	1,2	303 49
4	Kürti II.	1,3	332 23
5	Kiss I.	2,3	320 1
6	Kiss II.	1,9	338 12
7	Kiss III.	1,6	339 6
8	Kiss IV.	1,5	319 53
9	Kiss V.	1,8	332 25
	közép	1,7 μ	326° 33'

A középértéktől való eltérések alapján kiszámított középhibák a külpontosság lineáris mértékére

$$\pm 0,15 \mu$$

a külpontosság irányára pedig

$$\pm 4,0^\circ$$

A megfelelő egysúlyú eredmények (egyek meghatározások középhibája) pedig a külpontosság lineáris mértékére $\pm 0,46 \mu$, illetve az irányra nézve $\pm 12,1^\circ$.

A fenti középhibák nemcsak a meghatározás hibáira jellemzők, hanem a tengelyingadozásból bekövetkező külpontosság változásokra is.

4. A tengelyingadozás vizsgálata.

A vizsgálatot a fekvő tengelyre helyezett $\epsilon = 6'',0$ (pro párisi vonal) érzékenyséű és a keresztbenállásra gondosan kiigazított libellával végeztük el.

A libellát szilárdságtani vizsgálatok céljaira szerkesztettük s ezért hőmérsékleti szempontból *jól szigetelt* volt.

A libella-csővet ugyanis két külön üvegcső burkolja, amelyek között mintegy 5 mm — 5 mm légtér volt. Ezért a mérés alatt egyoldalú hőmérsékletváltozás okozta buborék elmozdulás nem következhetett be.

A vizsgálat alatt a műszert az épülettől és a padozattól függetlenül (külön) alapozott mészkepillérre erősítettük és sellakka! öntöttük körül, hogy oldalelmozdulás se állhasson elő. A talpcsavarok játéka nagyon kevés volt, tehát ebből sem következhetek be műszeringadozások.

A vizsgálat lényegében abból állott, hogy különböző alhidadé helyzetekben, két egymásra merőleges irányban végzett *átforgatással* megmértük a függőleges tengely *ferdeségi szögét* (hajlását a függőleges irányhoz képest).

A vizsgálatot 6°-os intervallumoknak megfelelően 15 alhidadé helyzetre végeztük el s aztán a helyes mérést egy másik észlelő ugyanolyan módon megismételte.

Észlelők voltak: *Kürti Vilmos* adjunktus és *Janotti József* tanársegéd.

Az észlelések eredményeképpen kapott ferdeségi szögek értékeit az alábbi táblázat 3. és 4. oszlopába jegyeztük be.

A táblázat 6., 7. és 8. oszlopa az oszlopközépektől való eltéréseket tünteti fel.

I. Táblázat.

Wild—Kern-féle DKM 2 típusú, 30.617 gyári számú teodolit.

Folyószám	Kör fekvés	A tengely ferdeségi szöge			Eltérés az oszlopközéptől		
		Kürti	Janotti	Közép	Kürti	Janotti	Közép
1	0°	4,23"	2,94"	3 58,,	— 2,12"	— 1,16"	— 1,64
2	6	2,48	3,14	2,81	— 0,37	— 1,36	— 0,87
3	12	4,13	2,00	3,06	— 2,02	— 0,22	— 1,12
4	18	2,22	2,23	2,22	— 0,11	— 0,45	— 0,28
5	24	2,53	1,24	1,88	— 0,42	+ 0,54	+ 0,03
6	30	2,58	0,76	1,67	— 0,47	+ 1,02	+ 0,27
7	36	1,92	0,15	1,04	+ 0,19	+ 1,63	+ 0,90
8	42	0,62	0,21	0,42	+ 1,49	+ 1,57	+ 1,52
9	48	1,70	0,42	1,06	+ 0,41	+ 1,36	+ 0,88
10	54	0,15	0,76	0,43	+ 1,96	+ 1,02	+ 1,48
11	60	1,54	1,83	1,68	+ 0,57	— 0,05	+ 0,26
12	66	1,42	2,42	1,92	+ 0,69	— 0,64	+ 0,02
13	72	2,55	2,9	2,42	— 0,44	— 0,51	— 0,48
14	78	1,29	3,64	2,46	+ 0,82	— 1,86	— 0,52
15	84	2,26	2,62	2,44	— 0,15	— 0,84	— 0,50
" közép :		2,11"	1,78"	1,94"			
Absolut értékek közepe :					0,88"	0,95"	0,61"

A tengelyingadozás átlagos nagyságára az utolsó oszlopban foglalt eltérések *quadrátikus* középértéke jellemző.

Ernek nagysága

$$\pm 0,88''$$

Összehasonlítás céljából ugyanezt a vizsgálatot elvégeztük egy a *Süss-féle Magyar Optikai Művekben készült ú. n. normál teodolitra*, melynek *hengeres tengelye* volt.

A vizsgálat eredményeit a *II. táblázatban* találjuk meg.

II. Táblázat.

A Magyar Optikai Művek 47.222 gyári számú, ú. n. normál teodolitja.

Folyó- szám	Kör- fekvés	A tengely ferdeségi szöge			Eltérés az oszlopközéptől		
		Kürti	Janotti	Közép	Kürti	Janotti	Közép
1	0°	2,25"	0,95"	1,60"	− 0,51	+ 0,33	− 0,09"
2	6	2,25	1,06	1,66	− 0,51	+ 0,24	− 0,15
3	12	3,10	1,49	2,30	− 1,36	− 0,21	− 0,79
4	18	2,70	1,71	2,20	− 1,04	− 0,43	− 0,69
5	24	1,97	1,17	1,57	− 0,13	+ 0,11	− 0,06
6	30	0,32	1,48	0,90	+ 1,42	− 0,20	+ 0,61
7	36	0,62	1,48	1,05	+ 1,12	− 0,20	+ 0,46
8	42	2,42	1,67	2,04	− 0,68	− 0,39	− 0,53
9	48	2,56	1,20	1,88	− 0,82	+ 0,08	− 0,37
10	54	0,75	1,21	0,98	+ 1,01	+ 0,07	+ 0,53
11	60	3,01	1,21	2,11	− 1,27	+ 0,07	− 0,60
12	66	0,91	1,48	1,20	+ 0,83	− 0,20	+ 0,31
13	72	1,21	0,87	1,04	+ 0,53	+ 0,41	+ 0,47
14	78	0,81	1,39	1,10	+ 0,93	− 0,11	+ 0,41
15	84	1,21	0,85	1,03	+ 0,53	+ 0,43	+ 0,48
Közép:		1,74	1,28	1,51			
		Absolut értékek közepe :			+ 0,85	+ 0,23	+ 0,44"

Az utolsó oszlopban egybefoglalt eltérések *quadraticus* közepe és pedig számszerűen

$$\pm 0,48''$$

fogadható el a vizsgált hengeres tengely ingadozásának átlagos értékéül.

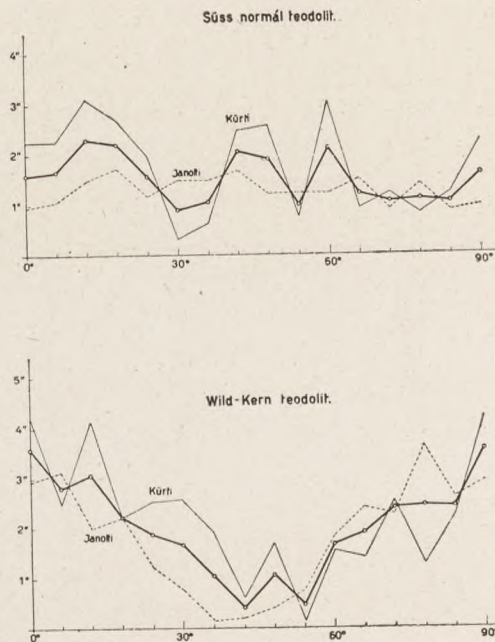
A tengelyek ferdeségi szögeire kapott értékeket a 9. és 10. ábrán tüntettük fel, külön a *Wild—Kern*-műszerre és külön a *Süss-féle*re.

A 9. és a 10. ábra jól mutatja, hogy a *Wild—Kern*-műszeren az ingadozások lényegesen nagyobbak, mint a *Süss-féle* teodoliton, továbbá, hogy a *Wild—Kern*-műszeren a ferdeségi szög változása bizonyos szabályos jelleget mutat. A *Süss-féle* teodoliton ilyen szabályos jelleg nem állapítható meg.

A *tengelyingadozás szabályossága* arra vezethető vissza, hogy a *tengelyre eső terhelés nem szimmetriás, azaz a műszer nincs kiegyensúlyozva*. A kibalancírozás elmaradása nem előnyös részben a mérés pontosságának csökkenése miatt, részben pedig azért, mert használat közben a tengely járása az egyoldalú kikopás miatt nagyobbodni fog.

* * *

Természetesen a levezetett ingadozás-értékekben a *libellával való meghatározás bizonytalansága* is benn foglaltatik.



9. ábra. A ferdeségi szögek grafikonja a Wild—Kern-féle teodolitra
10. ábra. A ferdeségi szögek grafikonja a Süss-féle normál teodolitra.

Ennek hozzávetőleges nagyságát az alábbi megfontolással állapítottuk meg.

A ferdeségi szöget két egymásra merőleges síkban végzett 180° -os átforgatással állapítjuk meg. Az utóbbiakkal megkapjuk a tengely ferdeségi szögének két komponensét: α_x -et és α_y -t, ezekből a tengely ferdeségi szöge

$$\alpha = \sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2}$$

Ha μ_1 -l jelöljük egyetlen buborékvég leolvasásának középphibáját és ε -al a libella állandóját, akkor egy komponens középphibája

$$\mu_{\alpha_x} = \mu_{\alpha_y} = \frac{\varepsilon}{2} \mu_1$$

Reinhertz vizsgálatai szerint

$$\mu_1 = \pm \frac{0,20}{\sqrt{\varepsilon''}}$$

esetünkben

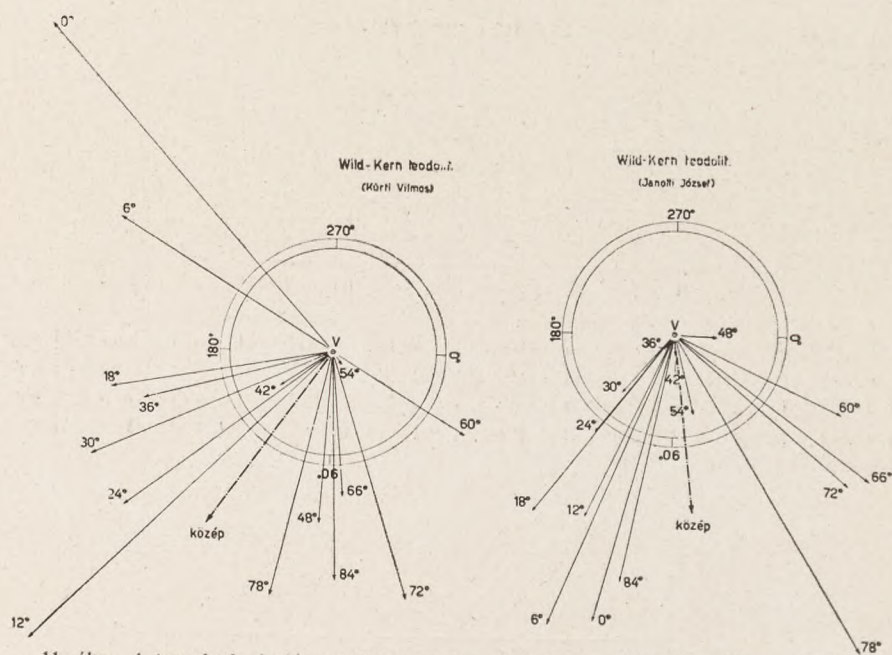
$$\varepsilon = 6,0'',$$

tehát

$$\mu_1 = \pm 0,08 \text{ pars}$$

vagyis egy ferdeségi szögkomponens középphibája

$$\mu_{\alpha_x} = \mu_{\alpha_y} = \pm 0,24''$$



11. ábra. A tengely ferdeségi szögének nagysága és iránya a Wild—Kern-féle teodolitra.

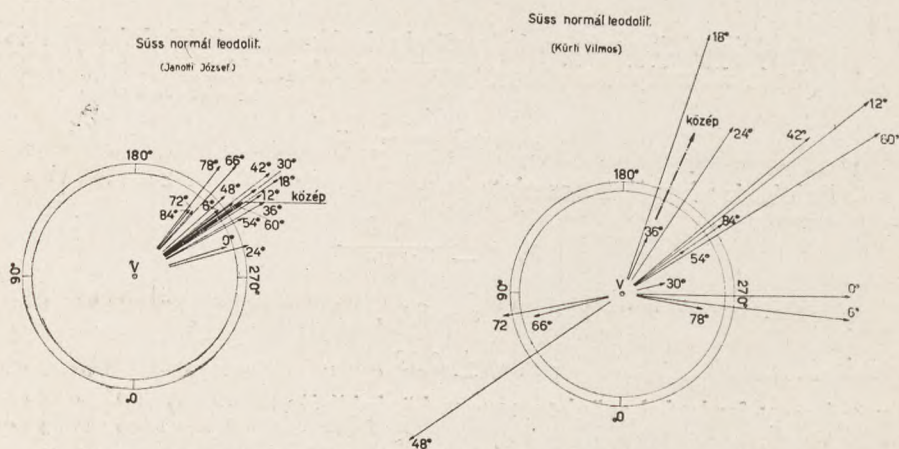
Magát a ferdeségi szöget két komponenséből az

$$\alpha = \sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2}$$

képlettel számítjuk.

Elegendő megközelítéssel az $\alpha_x = \alpha_y$ esetet vehetjük, amikor

$$\mu_\alpha = \mu_{\alpha_x} \sqrt{2} = \pm 0,34''$$



12. ábra. A tengely ferdeségi szögének nagysága és iránya a Süss-féle normál teodolitra.

Mi az α -t két egymástól független mérésből vezettük le, tehát egy ilyen végeredmény középhibája

$$\mu_{\alpha} = \pm 0,24''$$

lesz.

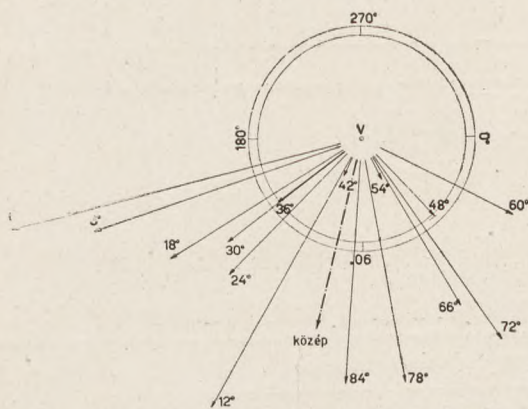
Ennek megfelelően a tengely ingadozásra eső rész

$$\text{a Wild—Kern-féle műszeren} \quad \sqrt{0,88^2 - 0,24^2} = \pm 0,85''$$

$$\text{a Süss-féle műszeren} \quad \sqrt{0,48^2 - 0,24^2} = \pm 0,42''$$

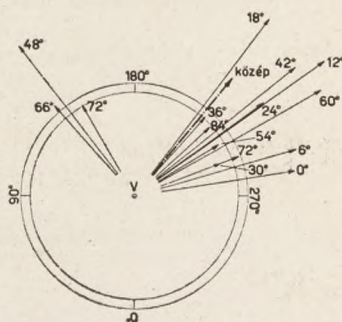
E szerint a tengely ingadozás a Wild—Kern-féle műszeren kétszer akkora, mint a Süss-féle hengeres tengelyű normál teodoliton s azért megállapítható, hogy a megvizsgált Wild—Kern-féle félig kinematikus tengelyszerkezet a tengelyingadozás szempontjából kedvezőtlenebb, mint a hengeres tengely.

Wild—Kern teodolit.



13. ábra. A tengely ferdeségi szögének nagysága és iránya a két észlelés végeredménye szerint a Wild—Kern-féle teodolitra.

Süss normál teodolit.



14. ábra. A tengely ferdeségi szögének nagysága és iránya a két észlelés végeredménye szerint a Süss-féle normál teodolitra.

Ez az erősebb ingadozás különben kifejezésre jut az ugyanazon szögre végzett, sokszor megismételt mérések eltérései alapján megállapított középhibákban is (lásd 66. oldal).

* * *

A mérési eredmények alapján, az egyes komponensek segítségével megállapítottuk az egyes dülések irányát (azimutját) is.

Ezeket a III. és IV. táblázatban foglaltuk egybe s grafikusán ábrázoltuk a 11. és 12. ábrán, továbbá a 13. és 14. ábrán, amelyeken az egyes dülésekre a ferdeségi szög nagyságát is feltüntettük úgy, hogy az egyes düléseket vízszintes vektorok ábrázolják.

III. táblázat.

A tengelydülések irányai a Wild—Kern-féle műszeren.

Folyószám	Fok	A tengelydülések irányai						Eltérés a középtől
		Kürti		Janotti		Közép		
		°	'	°	'	°	'	
1	0	227	40	104	20	166	00	— 61,8°
2	6	210	40	112	00	161	20	— 57,2
3	12	135	10	104	30	119	50	— 15,7
4	18	169	40	127	00	148	20	— 44,2
5	24	142	10	127	20	134	45	— 30,6
6	30	155	40	130	10	142	55	— 38,8
7	36	164	40	121	30	143	05	— 38,9
8	42	146	00	84	40	115	20	— 11,2
9	48	93	00	2	30	47	45	+ 56,4
10	54	54	00	75	00	64	30	+ 39,6
11	60	30	50	24	20	27	35	+ 76,6
12	66	84	30	35	40	60	05	+ 44,1
13	72	71	50	39	50	55	50	+ 48,3
14	78	102	50	58	10	80	30	+ 23,6
15	84	87	50	100	50	94	20	+ 9,8
Közép		125	06	83	11	104	09	

$$\mu_0 = \sqrt{\frac{28919,04}{14}} = \pm 45^\circ$$

$$\mu = \frac{45,45}{\sqrt{15}} = \pm 12^\circ$$

IV. táblázat.

A tengelydülések irányai a Süß-féle teodoliton.

Folyószám	Fok	A tengelydűlések irányai						Eltérés a középtől
		Kürti		Janotti		Közép		
		°	'	°	'	°	'	
1	0	270	00	252	00	261	00	— 42,0
2	6	276	00	231	10	253	35	— 34,6
3	12	231	20	237	00	234	10	— 15,2
4	18	197	50	235	50	216	50	+ 2,1
5	24	212	50	254	30	233	40	— 14,7
6	30	255	10	242	30	248	50	— 29,9
7	36	202	30	240	00	221	15	— 2,3
8	42	229	20	232	30	230	55	— 12,0
9	48	54	40	228	10	142	25	+ 76,6
10	54	234	20	241	30	237	55	— 19,0
11	60	237	10	243	00	240	05	— 21,1
12	66	54	20	222	30	138	25	+ 80,6
13	72	78	20	221	20	149	50	+ 69,1
14	78	280	00	217	40	248	50	— 29,9
15	84	234	20	219	20	226	50	— 7,9
Közép		203	13	234	36	218	58	

$$\mu_0 = \sqrt{\frac{23357,36}{14}} = \pm 41^\circ$$

$$\mu_x = \frac{40,85}{\sqrt{15}} = \pm 11^\circ$$

A III. és IV. táblázat utolsó előtti oszlopában a két észlelést egybe foglaltuk, az utolsó oszlopban pedig e közepeknek a saját középértékétől való eltéréseit jegyeztük be.

Ezek a *Wild—Kern*-féle műszeren ismét szabályosságot mutatnak.

A két mérés alapján a *Wild—Kern*-műszerre a tengelydülés átlagos iránya:

Kürti szerint	125°06'
Janotti szerint	83°11'
a közép pedig	104°09'

A középtől való eltérés tehát ezen a műszeren kereken

$$21^\circ$$

A *Süss*-féle műszeren pedig a tengelydülés átlagos iránya

Kürti szerint	203°13'
Janotti szerint	234°36'

a középtől való eltérés e szerint kereken

$$31^\circ$$

A dülések irányainak ingadozása jól kifejezésre jut az utolsó rovatban feltüntetett eltérésekben.

Ha ezekből quadratikusan közepeket képezünk, úgy *egyetlen* irányra vonatkozólag

a <i>Wild—Kern</i> -féle műszeren	$\pm 45^\circ$ -ot
a <i>Süss</i> -féle műszeren	$\pm 41^\circ$ -ot

állapíthatunk meg, vagyis az irányingadozások valamivel nagyobbak a *Wild—Kern*-féle műszeren, mint a *Süss*-féle műszeren.

5. Kísérleti szögmérések a *Wild—Kern*-féle műszerrel elérhető pontosságra.

a) A műszert szilárdan köpillérre erősítve, sokszor ismételt szögmérést végeztünk jól megvilágított szabatos megjelölésű pontokra.

A mérések megismétlése előtt a kört 5°-al mozgattuk el úgy, hogy a szögre **72**, két távcsőállásban végzett mérést hajtottunk végre.

A méréseket *három* gyakorlott észlelő végezte s így összesen **216** értéket kaptunk ugyanarra a szögre.

A mérési eredményeknek a középtől való eltéréseiből kiszámítottuk *egyetlen mérési eredmény* (szögmérték két távcsőállásból) középhibáját ($\mu_0 \cdot t$).

Az értékek a következők:

Kürti Vilmos	$\mu_0 = \pm 4,5''$
Bartók Béla	$\mu_0 = \pm 5,6''$
Janotti József	$\mu_0 = \pm 4,0''$

A fenti értékek 72—72 egyes meghatározásból származnak.

Eszerint az összes észlelések alapján *egyetlen, két távcső állásból származó szögérték* középhibája

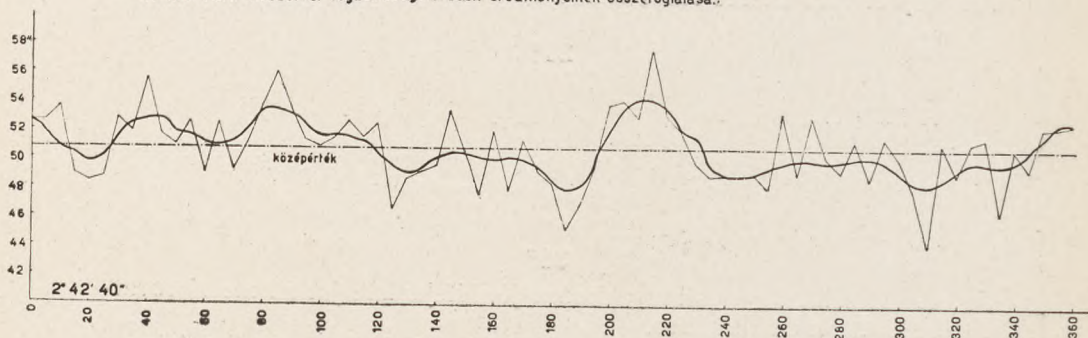
$$\pm 4,5''$$

Megjegyzem, hogy hasonló terjedelmű mérésorozatból a Süss-féle *hengeres* tengelyű műszerre, melyen a beosztásos mikroszkóp 12"-es leolvasó képességű volt.

$$\pm 3,6''$$

-et állapítottunk meg.

A Wild-Kern műszerrel végzett szögmérések eredményeinek összefoglalása.



15. ábra. A három észlelés méréseiből levezetett szög középvértékének és azok harmadolt értékeinek grafikonja.

Ezek az értékek nagyon jól igazolják, hogy a szögméréssel elérhető pontosság nem csupán a leolvasó berendezés pontosságától függ. Hiszen ebben az esetben a 12"-es leolvasó képességű Süss-féle teodolittal nagyobb pontosságot értünk el, mint a 1,0"-es Wild—Kern-féle műszerrel.

* * *

A fenti sok körfekvésben végzett mérésből a körosztás pontosságára nézve is bizonyos következtetéseket vonhatunk le.

Ugyanis a Bruns-féle egyszerű, harmadoló eljárással megállapítható kiegyenlítő görbe vonal megszerkesztése útján eléggé jól szét lehet választani a mérési eredményben levő véletlen és szabályos jellegű hibákat.

A Bruns-féle eljárás abból áll, hogy az egymásra következő három érték (mérési eredmény) számtani közepét képezzük s azt vesszük a középső értéke helyett.

Ezt a harmadolást mi háromszor egymás után végeztük el és pedig a három észlelő által nyert értékek számtani közepére.

Az eredményeket a 15. ábrán tüntettük fel.

Ezen az ábrán az eredeti (észlelt) értékeket a vékony sokszögvonallal sárgapontjai jelzik.

A vastagabban kihúzott vonal — a kiegyenlítő görbe — a harmadolt, a véletlen jellegtől megfosztott értékeknek felel meg.

Ez utóbbi vonal tehát jellemző a szisztematikus hibákra, főleg a beosztási hibákra. A változások periodikus jellegét a görbe vonal nagyon jól szemlélteti.

Ha középhibát számítunk a harmadolt értékek eltéréseiből, akkor egyetlen, három mérésből származó szögérték középhibája.

$$\mu_0 = \pm 1,5''$$

vagyis egyetlenegy, két távcső állásból nyert szögértékben a szabályos rész

$$\pm 1,5'' \sqrt{3} = 2,5''$$

Mivel az egy szögre vonatkozó középértékes hiba (66. oldal),

$$\pm 4,5''$$

azért a középértékes hiba értéke

$$\sqrt{4,5^2 - 2,5^2} = \pm 3,7''$$

* * *

E kísérleti mérések eredményeképpen megállapítható, hogy Wild nem érte el azt a pontosságot, amit a golyós csapágyas tengelyrendszertől remélt. Ez várható is volt, mert tengely rendszere csak félig kinematikus és pedig nagyon rövid vezetésű hengeres tengellyel.

Ez a rendszer egyáltalán nem csökkenti a hengeres tengelyeknél felépő tengelyjáték hatását s azért a rendszer a Wild—Kern-műszernek megfelelő szerkezeti kivitelben nem használható a szélső szabotosságra készülő ú. n. felsőrendű teodolitokon.

Pontossága azonban kielégíti a IV. és V. rendű háromszögelésben és mindennemű sokszögelésben megkívánt szabotossági igényeket s e műveletekben előtérbe lépnek azok az előnyei, amelyek a műszer kompéndiozus voltából, kezelésének és használatának egyszerű voltából származnak.

* * *

b) A Wild—Kern-műszerrel elérhető pontosságra nézve további kísérleti méréseket végeztünk a nógrádverőcei mérőgyakorlatok alkalmából.

Itt ugyanis egy háromszöghálózat szögeit mérték meg háromféle műszerrel, nevezetesen a Wild—Kern-féle DKM 2 típusúval, a Zeiss-féle Teodolit II-vel és a Süß-féle normál teodolittal.

Az első kettőnél a leolvasó képesség 0,1'', az utóbbinál pedig 12'' volt.

A háromszögoldalak hossza aránylag rövid (1 km-en aluli) volt, ezért a mért szögeket erősen befolyásolják a felállítás és a pontjelzés külön pontosságai.

A hálózat szögeit kiegyenlítettük.

A kiegyenlítésből egyetlen szög két távcső állásbeli értékeire a következő értékeket kaptuk:

Zeiss-féle Teodolit II. $\mu_0 = \pm 5,6''$

Wild—Kern-féle DKM 2- $\mu_0 = \pm 9,1''$

Süss-féle normál teodolit $\mu_0 = \pm 6,3''$

Itt is feltűnő, hogy a $12''$ -es leolvasó képességű teodolittal közel olyan pontosságot értünk el, mint a $0,1''$ -es Zeiss-féle teodolittal és lényegesen nagyobb, mint a $0,1''$ -es Wild—Kern-féle műszerrel.



