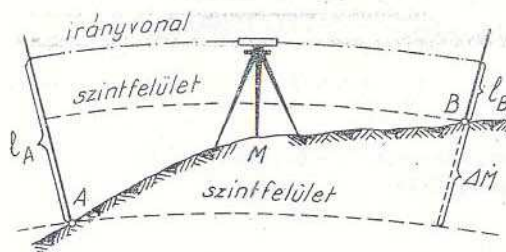


### 13. A MAGASSÁGMÉRÉS ÉS MŰSZEREI

#### 13.1 A geometriai magasságmérés (szintezés)

A szintezés lényege az, hogy szomszédos pontok magasságkülönbségét függőlegesen álló, centiméterbeosztású lécekre menő, vízszintes irányvonalak segítségével határozzuk meg.



151. ábra

A "középről" történő szintezés elve

A 151. ábra szerint M pontban felállított távcső vízszintes irányvonala egy szintfelületet (közelítésként vízszintes síkot) jelöl ki. Ez a szintfelület koncentrikusnak tekinthető az A és B pontok szintfelületeivel. Ezek  $\Delta M$  magasságkülönbségét úgy kapjuk, hogy az A-beli  $l_A$  lécleolvasásból levonjuk a B pontbeli  $l_B$  leolvasást. A keresett szintkülönbség eszerint:

$$\Delta M = l_A - l_B$$

Legyen például  $l_A = 2,504$  m és  $l_B = 0,912$  m, akkor  $\Delta M = 1,592$  m.

A távcsőnek a léctől való távolsága általában nem lehet nagyobb 40-50 m-nél. Ekkor a szintfelületnek a vízszintes síktól való eltérése negyedmilliméternél kisebb érték és így elhanyagolható.

#### 13.11 A szintező műszerek általános jellemzése és csoportosítása

A szintező műszerek szerkezeti kivitel szempontjából a következő két főcsoportba sorolhatók: hagyományos és automatikus szintező műszerek.

Hagyományos szintező műszerek. Főrészeik: a távcső, a vele közös foglalatban egybeépült szintező libella a hozzá tartozó szintező csavarral,

végül a műszertalp. Utóbbi perselyébe ágyazott állótengely körül a távcső libellástul körben forgatható. Ennél a típusnál három tengelyről van szó, és pedig: V = állótengely, J = a távcső irányvonala, L = a szintező libella tengelye.

Automatikus szintező műszerek. Főrészeik: a távcső, a vele egybeépült kompenzátor, végül a műszertalp. Itt csak két tengelyről van szó, ezek pedig a V és J tengelyek.

Mindkét típus járulékos alkatrésze a műszertalppal egybeépült limbuszkör és egy szelencés libella. Utóbbi az állótengely közelítő függőlegesítésére szolgál. A szintező műszert általában a már ismert háromlábú műszerállványon (stativon) használjuk. Kényszerközponosításra itt nincs szükség. A felszerelés lényeges része a rendszerint egész-, vagy fél cm-beosztású, 3-4 m hosszúságú szintező léce.

A belső képállítású szálás távmérő távcső nagyítása 15-50 között van. A limbuszkör leolvasóképessége csak 1-10 elsőperc.

Rendeltetés és pontosság szerint a szintező műszerek a következőképpen csoportosíthatók.

Egyszerű, vagy építészeti szintezők. Építészeti munkahelyeken szükséges magasságmérések, továbbá területszintezések és rövid alsórendű szintezési vonalak mérésének céljára szolgálnak. Az 1 km hosszú szintezési vonal oda-vissza szintezésének un. "kilométeres középhibája"  $\leq +10$  mm.

Technikai vagy mérnöki szintezők. Ez a leggyakoribb és ezért legfontosabb műszertípus olyan különböző mérnöki munkáknál és alappontszintezéseknél használatos, amelyeknél a kilométeres középhiba az oda-vissza szintezéskor  $\pm 2 \sim 3$  mm-nél nem lehet nagyobb.

Szabatos vagy precíziós szintezők. Olyan szélső szabatoságot igénylő műszaki munkálatok és magassági alappont-meghatározások műszerei ezek, amelyeknél az oda-vissza szintezés kilométeres középhibája  $\leq +1$  mm.

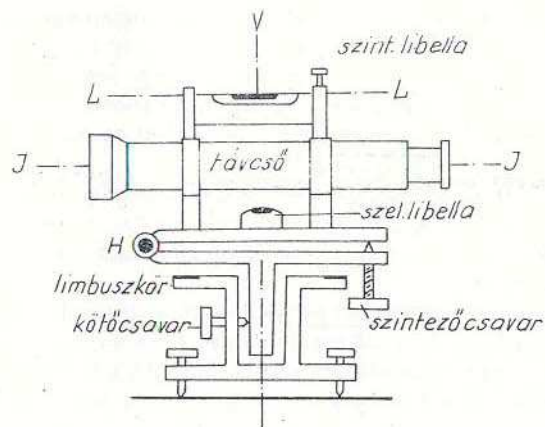
#### 13.12 A szintező műszerek típusai

A hazai geodéziai műszeripar keretében a Magyar Optikai Művek (MOM) a különböző rendeltetésű és pontosságú szintező műszerek olyan sorozatát gyártotta ki, amely egyenrangú a márkás külföldi műszerekkel. Ezért a következőkben a lényeges hazai műszertípusok mellett csak egyetlen külföldi műszert ismertetünk.



13.121 A libellás mérnöki szintező műszerek és igazításuk

Elvi vázlatát a 152. ábra mutatja. A távcső irányvonalával mindenkor párhuzamos tengelyű, 20-30" állandóju színtező libella általában koin-  
cidenciás rendszertű, vagyis a két buborékvég képeinek a színtező csavarral



152. ábra  
A libellás mérnöki szintező műszer elvi vázlata,  
egyszerű (nem koincidenziás) szintező libellával

való koincidenciába való hozatalát prizmarendszer közvetíti. A szintező-csavarral ugyanis a távcső a libellával együtt H fekvőtengely körül a függőleges síkban kismértékben elforgatható, amíg a buborék bejártszik.

Az egyszerű és a mérnöki szintező műszerek távcsövének szálkeresztjét távmérő szálakkal is ellátják. Ilyen értelemben beszélhetünk "tahiméteres szintezőkről".

A szintező műszer állótengelyét elegendő a szintező libellával jó közelítéssel függőlegeseníteni.

A libellás mérnöki színtező vizsgálata és igazításakor az a követelmény, hogy JIII, azaz a távcsőirányvonal és a színtező libella tengelye párhuzamosak legyenek egymással.

Ez a vizsgálat a 153. ábra szerint közel sík, vagy enyhén lejtős terepen célszerűen az ún. Kukkamäki-féle eljárás szerint történik.

Az  $A$  és  $B$  szintező lécektől egyformán 10-10 méterre álló 1. műszerállásban a szintezőcsavarral bejátszatott szintező libella (vízszintes libellatengely) mellett  $\ell_1$  és  $\ell_2$  léceleolvasásokat kapjuk. Ezek  $\mathcal{J}\mathcal{L}$ ,

vagyis az irányvonal  $\kappa$  hajlásszöge folytán  $\Delta$  értékkel hibásak, mert az ábrabeli esetben a helyes leolvasások  $(\ell_1 - \Delta)$  és  $(\ell_2 - \Delta)$  lennének. Ennek

ellenére a két hibás léceleolvasás különbsége az A és B lécpontok helyes  $\Delta M = \ell_1 - \ell_2$  szintkülönbségét szolgáltatja.

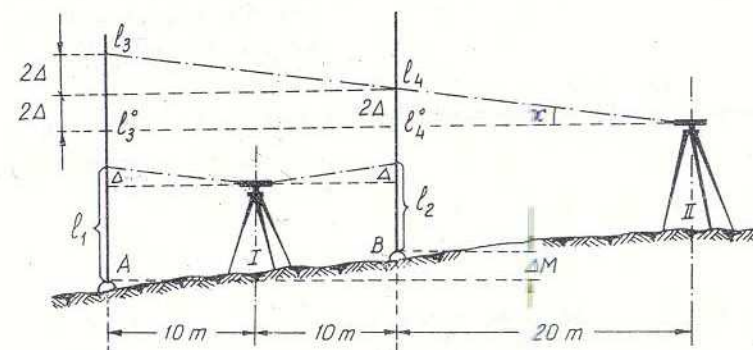
Ezután a vizsgálandó szintező műszert az I-től 30 méterre levő II. pontban állítjuk fel. A bejátszatott szintező libellánál a lécleolvasások értéke az ábra szerint  $l_3$  és  $l_4$ . Amennyiben

$$l_3 - l_4 \neq l_1 - l_2$$

akkor a műszer nincs beszabályozva, vagyis IRL. Ilyen esetben számítjuk az  $\ell_3 - \ell_4 = 2\Delta$  numerikus értéket, amelynek előjele azt is megmutatja, hogy az irányvonal a műszertől a szintező lécek felé emelkedik-e, avagy lejt. Az ábra szerinti emelkedő irányvonal esetében képezzük az

$$\ell_3 - 4\Delta = \ell_3^0; \quad \ell_4 - 2\Delta = \ell_4^0$$

hibamenetes lécleolvasási értékeket, amelyek az irányvonal szintfelületét (a műszermagasság vízszintesét) definiálják.



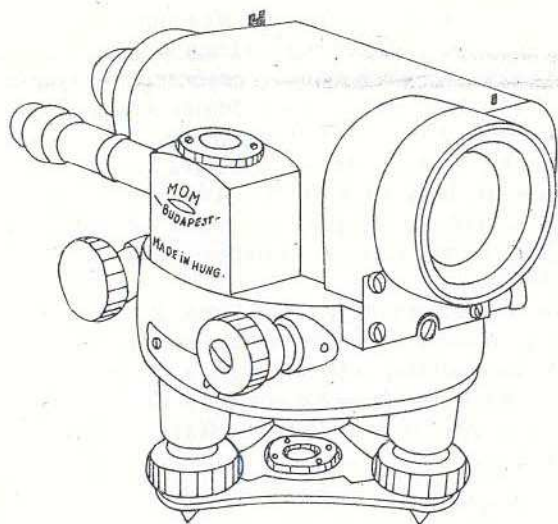
153. ábra  
A libellás szintező műszer vizsgálata JIL feltételre

A III L feltétel megvalósítása céljából ezután a vízszintes irányszálat a szintező csavarral az A lécs helyesbített  $\frac{0}{3}$  leolvasásra kell "rávágatni", amikor a B lécen egyidejűleg  $\frac{0}{4}$  leolvasás kell jelentkezzen, ami ellenőrzésül is szolgál. A szintező libella buborékja most viszont kitér. A buborékot a libella saját igazítócsavarjával hozzuk vissza a libella normálpontjába, miáltal az III L követelmény megvalósult.



A vázolt eljárás szerint történhet a teodolit távcsőlibellájának az ILL feltételre való vizsgálata is. Azonban szintezőcsavar helyett ott a magassági kör parányicsavarjával kell a vízszintes irányszálat a kiszámított  $\ell_3^0$  és  $\ell_4^0$  leolvasásokra ráállítani. A most kitérő távcsőlibella buborékja pedig ugyancsak saját igazítócsavarjával hozandó be a normálpontba.

A MOM Ni-BI jelzésű libellás mérnöki szintező műszerének rajzát a 154. ábra mutatja. Ut-, vasut-, csatorna-, hid- és alagutépítések gyors és kellő szabatosságu szintezésére szolgál. Az oda-vissza szintezés km-es



154. ábra

A MOM Ni-BI típusú libellás szintező műszere (szintező libellája koincidenziás rendszerű)

középpontja átlagos viszonyok között  $\pm 2,5$  mm. A szintezőlibella állandója  $20''$ . A vízszintes üvegkör osztásegysége  $1''$ , skálás mikroszkóppal a 10 elsőpercek közvetlenül leolvashatók, míg az egyes percek becsülhetők. Távcsőnagyítás: 28-szoros. A látómezőben a léckép az ék alakú vízszintes irányszállal a 155. ábrán látható.

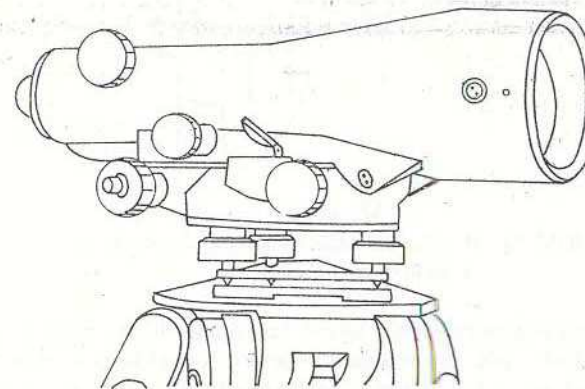


155. ábra  
MOM-szintezőléc képe az ék alakú irányszállal

### 13.122 A szabatos (precíziós) szintezés és műszerei

A szabatos szintezés műszaki és tudományos szempontból egyaránt nagy fontosságu. Az országokat és kontinenseket átfedő szintezési hálózatok a Föld alakjára vonatkozólag és ismételt szintezések útján az esetleges kéregmozgásokra nézve is fontos támpontokat nyújtanak. Ennélfogva itt már a szintfelületek konvergenciáját is figyelembe kell venni.

Építmények süllyedésének, hidak lehajlásának mérése, gépi és egyéb üzemi berendezések pontos szintezése, bányavidéken kőzetmozgások, süllyedések nyilvántartása olyan szabatos műszereket igényel, amelyekkel végzett km-es kettős szintezés középhibája kisebb  $\pm 1-2$  mm-nél.



156. ábra

A MOM Ni-AI jelzésű szabatos szintezőjének rajza

#### A szabatos szintező műszerek általános jellemzői:

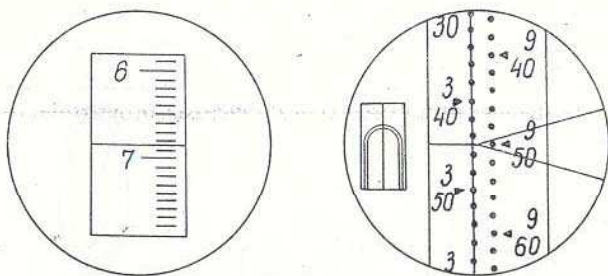
- A távcső 30-45-szörös nagyításu, nagy fényerősségű.
- A szintezőlibella  $10'' \sim 5''$  állandóju, koincidenziás leolvasásu, a távcső látómezőjébe bevetített buborékképekkel.
- A szintezőléc invarszalagbetétes, amelynek két skálája egymáshoz képest fél vagy egy egész centiméterrel eltolt. A skálavonások  $1 \sim 3$  mm vastagságúak. A léchossz 3 méter.
- A vízszintes irányszál közepén ék alakuan kettéágazó.
- Sikűveglemez és mikrométercsavaros dob lehetővé teszi a lécosztásnak tizedmilliméter élességű leolvasását és a század mm-ek becslését. Ugyanis a távcső objektívlencséi között fekvő sikűveglemez a mikrométercsavarral vízszintes tengely körül elforgatható, miáltal a lemezen áthaladó fénysugár párhuzamosan eltolódik.



Ily módon a léckép valamely osztásvonása az ék alakú irányszá-  
lal szimmetrikusan közrefogható. Az irányszál elmozgatásának  
mértéke a mikrométercsavar dobján mm-ben olvasható le.

A MOM Ni-Al jelzésű szabatos szintező műszerének rajzát a 156.  
ábra mutatja. Szintező libellájának állandója 10", a távcső nagyítása 24,  
32, illetve 40-szeres. A kettős mérés km-es középhibája  $\pm (0,2 \sim 0,3)$  mm.

A 157. ábra a műszer látómezejét mutatja a lécs- és buborék képével,  
valamint a mikrometerskálának mikroszkópbeli leolvasásával együtt.  
Az ábrabeli teljes leolvasás: 950 685.



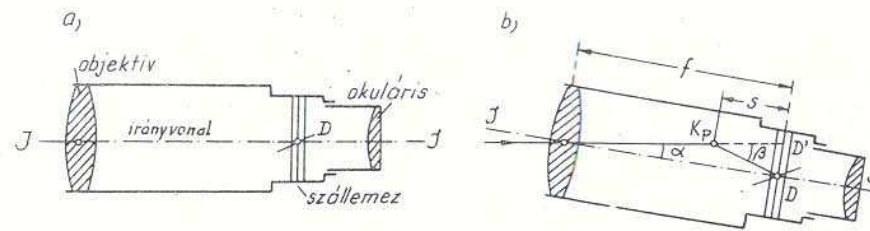
157. ábra

A MOM Ni-Al jelzésű szintezőjének látómezeje,  
a szintező lécs képével

A különleges szintezőlécen - durva leolvasási hibák elkerülése, ill.  
ellenőrzése céljából - két, egymáshoz képest eltolt skálabeosztás van.  
A szomszédos skálavonások intervalluma csak félcentiméter, ami a szint-  
különbség kiszámításánál 2-vel való osztás útján veendő figyelembe.  
A maximális léctávolság 40-50 m.

A kompenzátoros (automatikus) szintező műszerek legkorszerűbb  
műszertípusaira jellemző, hogy nincsen sem szintező libellájuk, sem szín-  
tező csavarjuk. Ehelyett egy, ugyancsak a nehézségi erő hatására működő,  
kompenzátor nevű műszerelem automatikusan a vízszintes irányvonalnak  
megfelelő lécleolvasást állítja elő a vízszintes irányszálon. Nagy előnyük,  
hogy a szintezést 30%-kal meggyorsítják és kényelmessé teszik.

Ma a modern automatikus műszertípusok száma egyre nő. Működé-  
sük elvét a 158. ábra szemlélteti. Az ábra a képe vízszintes irányvonalu  
távcsövet mutat. A lécről jövő vízszintes fénysugarak - helyesen - a szál-  
kereszt  $D$  metszéspontjában találkoznak. A 158. ábra b képen az irány-  
vonal  $\alpha$  szöggel hajlik a vízszinteshez képest, s így a lécről jövő vízszin-  
tes fénysugarak  $D$  helyett a képsík  $D'$  pontjába jutnak. Emiatt  $DD'$  távol-  
ságnak megfelelő hamis lécleolvasást kapnánk. E hiba kiküszöbölésére a  
vízszintes fénysugarat  $K_p$  pontban a kompenzátor segítségével  $\beta$  szöggel  
megtörve,  $D$  pontba térítjük. A kompenzátor hatékony eleme a  $K_p$  pontbeli

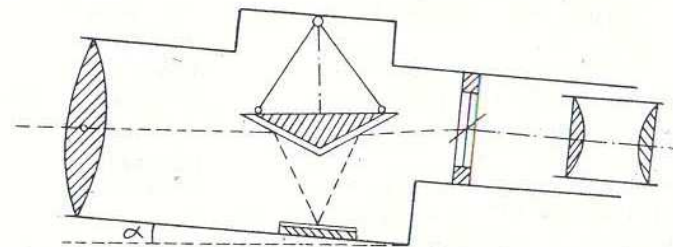


158. ábra

A kompenzátoros szintezők működésének elve

négy dróton lengő prizma, amely csuklós négyszög módjára működik. Ha  
az irányvonal  $\alpha$  hajlásszöget vesz fel, akkor a lengő prizma saját csukló  
körül addig fordul, amíg az új egyensúlyi helyzetben a nehézségi erő vek-  
tora és a tartószálak reakció erői közös pontban metsződnek. A lengőpriz-  
ma tükörfelületként kiképzett alsó lapja ebben az új helyzetben a vízszin-  
tessel  $\beta = \alpha$  nagyságú szöget fog bezárni. Az egyes alkatrészek mérete-  
zését oly módon kell összehangolni, hogy a 158. ábra b képe értelmében  
 $f\alpha = s\beta = DD'$  legyen. Kellő szerkezeti összhang esetén a célpontból ér-  
kező vízszintes fénysugár lejtős távcsőirányvonal esetében is a szálkereszt  
metszéspontjában fog leképződni.

A kompenzátornak ma már számos fajtája használatos. Kompenzá-  
torként általában olyan mechanikai elemek jöhetnek szóba, amelyek a füg-  
gővonal irányát definiálják. Ilyenek például: a fizikai inga, a folyadékfel-  
szín, vagy lehetnek sullyal felszerelt rugalmas elemek is. A kellő szög-  
áttétel eltérése végett ezeket más mechanikai, illetve optikai elemekkel  
kell egybekapcsolni.



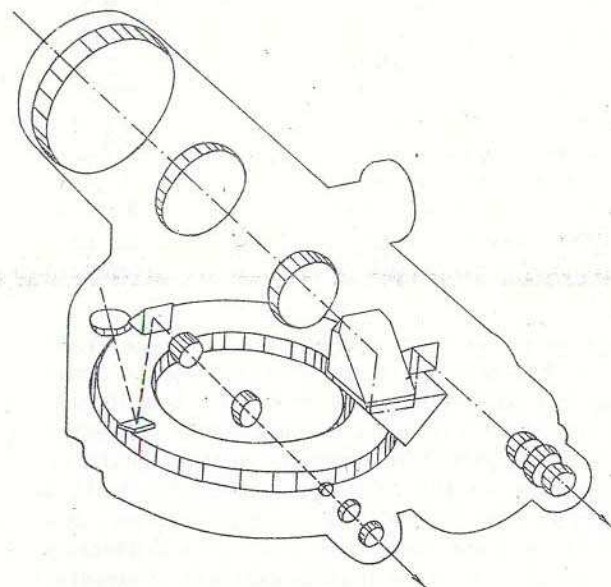
159. ábra

Kompenzátoroként működő prizmasztükör a távcsőben

A távcsőben inga módjára felfüggesztett prizmasztükört, mint kom-  
penzátor szemléltet a 159. ábra. Az objektiven át érkező vízszintes fény-  
sugár az ingás tükrön kétszer, továbbá egy mozdulatlan tükrön egyszer  
megtörve, vízszintes helyzetbe kerül, dacára a távcsőirányvonal  $\alpha$  hajlász-  
zögének.



A MOM Ni-B3 jelű automatikus szintező műszerében a kompenzátort három prizmából álló rendszer képviseli, de a középső prizma mozdulatlan, míg a két szélső prizma egymással kapcsolatosan inga módjára leng.



160. ábra  
A MOM Ni-B3 jelzésű kompenzátoros szintezőjének elvi rajza

Kompenzációs tartománya  $+8'$ -en belül van. A szelencés libella beajtszása után a kompenzátor működik, a műszer mérőképes állapotban van, a lécsolvasható. A műszer optikáját a 160. ábra szemlélteti.

A kompenzátor hatóköre minden irányban  $+15$  elsőperc, mindössze  $+0,4''$  pontatlanság mellett. A távcső nagyítása 28-, vagy 32-szeres. Limbuszkörátmérő: 82 mm. Osztásegység  $1^\circ$ , de  $+1'$  még becsülhető. A szelencés libella állandója:  $8'$ . Az oda-vissza szintezés km-es középhibája:  $+2$  mm. A műszer súlya: 2,3 kg. A 3 vagy 4 m hosszú szintező lécek leolvasására az ék alakú kettős irányszál, illetve annak vízszintes meghosszabbítása szolgál.

A MOM Ni-A3 jelzésű szabatos automatikus szintező műszerében kompenzátorként az állótengelyben ingaszerűen felfüggesztett tükör van. Ez a műszer a Leipzig-ben megtartott nemzetközi vásáron aranyérmet nyert.

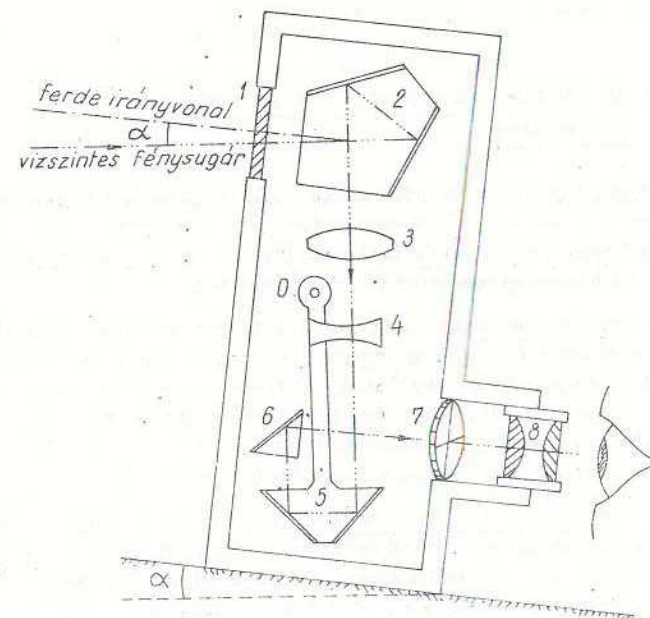
A milánói FILOTECHNICA SALMOIRAGHI gyár szerkesztett egy olyan szokatlan alakú automata-szintezőt, amelynek távcsövét periszkóp-

szerűleg, állóhelyzetben erősítették az állótengelyhez. Az ilyen megoldás előnye az, hogy az irányvonal magasabbra kerül, úgyhogy a talajközeli fénytörési rendellenességek kevésbé érzékelik a mérésre nézve káros hatásukat.

A jénai Carl Zeiss-Művek 1959 évi hasonlóan periszkópszerű szintezőjének jelzése KONI 007 (Kompensator-Nivellier). A műszer optikájának elvét mutatja a 161. ábra.

Kompenzátorként az 0 pontban inga módjára szabadon felfüggesztett, az ábrában 5-tel jelzett háromszög-prizma szolgál, amelynek kompenzációs tartománya  $+10'$ .

Az ábrában az irányvonal, szintúgy a távcsőhenger talplemeze  $\alpha$  szöggel hajlik a vízszinteshez képest. Az egész műszer tehát szemmel láthatólag kissé ferdén áll. A célpontról 1 zárólemezén át érkező vízszintes fénysugár 2 pentaprizmán  $90^\circ$ -os törést szenvedve, függőlegesen halad át a 3-as tárgylencsén, a 4-es fókuszáló lencsén, majd kétszer szenved  $90^\circ$ -os törést az 5-ös kompenzátor háromszög alakú tükörfelületén  $45^\circ$ -nál kisebb beesési és törés szöget szenved. Ezáltal oly módon nyer kiegyensúlyozást az irányvonal  $\alpha$  hajlásszöge, hogy a műszerbe vízszintesen belépett fénysugár



161. ábra  
A Zeiss-féle NI 007 jelzésű kompenzátoros szintező elvi rajza



a 7 szállemez vízszintes szálára jut. A szemlencserendszert 8 jelzés jelöli az ábrában.

A KONI 007-tel való oda-vissza szintezés km-es középhibája közönségesen  $\pm (2-3)$  mm. A műszer azonban szabatos szintezőként is használható, mert a 2 pentagonális prizma csavarral, az irányvonalra merőlegesen elforgatható. Ezáltal ugyanis ez a prizma mikrométerként működik, amennyiben vele a vízszintes irányszálat a szintezőléc valamely osztásvonására lehet rávágnia. A prizma és így a vízszintes irányszál elmozdulásának mértéke mikrométerskálán leolvasható.

Mikrométer és invarbetétes lécek használata mellett az oda-vissza szintezés km-es középhibája  $\pm (0,5-0,8)$  mm-re csökkenthető. A távcső nagyítása 31,5 x-es, egyenesállású képekkel. A szabad objektívátmérő 40 mm. A szálal távmérés állandói:  $k = 100$ ,  $c = 0$ . Osztásegység a vízszintes körön  $10'$ , a leolvasás határértéke becsléssel  $\pm 1'$ . A műszer használat előtt a 8' állandóju szelencés libellával közelítőleg függőlegessítendő, hogy a kompenzátor szabadon működhessen.

A MOM Ni-D1 jelzésű automatikus építészeti szintezője az előbbihez hasonló periszkóp alakú, ingaszerűen felfüggesztett, kompenzátoroként működő üvegprizmával, igen kisméretű, mindössze 1,2 kg súlyú műszer. A kompenzációs tartomány  $\pm 15'$ , a szelencés libella állandója  $10'$ . A limbuskör becsült leolvasási határértéke  $\pm 1'$ .

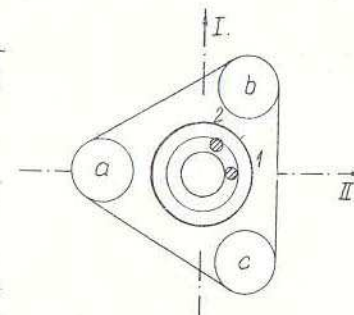
### 13.123 Az automatikus szintező műszerek vizsgálata és igazítása

Az automatikus szintező műszereknél két tengelyről van szó, egyik a V állótengely, a másik az J távcsőirányvonal. A műszer helyes működéséhez a két tengellyel kapcsolatban a következő három feltételt kell teljesíteni, illetve három vizsgálatot kell végrehajtani.

a) A szelencés libellának a talpcsavarokkal bejátszatott buborékja az állótengelyt legalább  $\pm 6'$ -re függőlegessé kell tegye. Ha a szelencés libellát bejátsztattuk, és a műszert  $180^\circ$ -kal elforgatva a buborék a skálakörön belül marad, akkor a libella működése kielégítő. Ellenkező esetben a kitérés felét a talpcsavarokkal, a másik felét a libella három igazítócsavarjával tüntetjük el. Az eljárás szükség szerint megismétlendő.

b) A kompenzátor helyesen működjön, vagyis az állótengely két közel függőleges, de kismértékben eltérő helyzetében az irányvonalat vagy vízszintes helyzetben, vagy legalább a vízszinteshez képest minden irányban és mindig azonos  $\kappa$  hajlásszög alatt rögzítse. E vizsgálat elvégzése céljából a műszer I. főirányában (162. ábra), néhány méterre felállítunk egy szintezőlécet. A távcsövet a lécre irányítjuk és élesre állítjuk. Az a talpcsavart addig forgatjuk, amíg az alhidádé-libella buborékja az indexkört

éppen érinti. Most elvégezzük a lécen a vízszintes irányszálnak megfelelő leolvasását. Ezután b, vagy a c talpcsavarral 1/8-ad fordulatot eszközölünk és a léceket újra leolvassuk. Helyesen működő kompenzátor esetében a két lécleolvasás megegyezik. Ezt ellenkező buborékállás mellett is elvégezzük. Végül az egész vizsgálatot a műszer II. főirányában elhelyezett léccel is megismétljük. Ha az egy-egy lécen eszközölt, tehát összetartozó lécleolvasások nem azonosak, akkor a kompenzátor hibás. Javítását szakemberre, legcélszerűbben a műszergyárra kell bízni.



162. ábra

A kompenzátor működésének ellenőrzése

c) Az irányvonalnak vízszintesnek kell lenni, vagyis a kompenzátor be kell szabályozni. Különösen hosszabb szállítások után előfordulhat, hogy a kompenzátor ugyan hibamentes marad, de elveszti beszabályozottságát, vagyis az irányvonal bármely irányban azonos konstans szöggel hajlik a vízszinteshez képest. A vizsgálat erre nézve úgy történik, amint ezt a libella szintező műszereknél az ILL feltételre vonatkozólag a 153. ábrában bemutattuk. Vagyis az I. pontban feiállva, beszabályozatlan, de egyébként helyesen működő kompenzátor esetén az irányvonal  $\kappa$  hajlásszöge előre és hátra irányzásnál azonos. Az A és B lécen eszközölt leolvasások különbsége tehát a helyes  $l_1 - l_2 = \Delta M$  szintkülönbséget adja. Ezután a műszert II. pontba visszük át, és elvégezzük az  $l_3$  és  $l_4$  lécleolvasásokat. Az irányvonal akkor lesz helyesen beszabályozott, hogyha  $l_3 - l_4 = \Delta M$ . Ellenkező esetben a távcső szállemezének igazító berendezését szabaddá kell tenni és a vízszintes irányszálat a megfelelő igazító csavarral a távolabbi A léce  $l_3 - 4\Delta = l_3^0$  leolvasására ráállítani.

### 13.13 A szintezés segédeszközei

A közönséges szintezőléc anyaga száraz fenyőfa, hossza 3-5 méter, szélessége 8 cm. A 3 m-nél hosszabb lécek vagy csuklósan összecsatolhatók, vagy összetolhatók. Egyik oldaluk fehér alapon centiméteres beosztású, deciméterenkénti számozással. A beosztás nulla-vonása követelmény szerint a lécvég élével esik egybe. A távcső rendszerint fordított állású képekre való tekintettel a számok is fordítottak, úgyhogy az észlelő a látómezőben egyenes állású számokat lát. A 155. ábra például egyszerű szintező léce szemléltet.



Célszerűek a reverziós lécek. Ezek mindkét lapján van egy-egy beosztott skálamező, amelyek egymáshoz képest 3,035 vagy 3,335 m-rel vannak eltolva. Ezek a lécek tehát kettős szintezésre is alkalmasak, anélkül, hogy a műszerálláspontok száma megnövekedne. Ily módon az esetleges durva hibák azonnal felfedezhetők, mert az elülső és hátsó lécleolvasás különbsége mindig ugyanaz az állandó szám kell legyen.

A lécállító libella. A lécc függőlegesen kell álljon, erre szolgál a lécre mellmagasságban felerősített szelencés libella.

A szabatos szintezések lécei. Szabatos szintezések céljaira ma csaknem kizárólag 3 méter hosszú invarbetétes szintezőlécet használnak. Rajta két olyan egyenletes skálabeosztás van, amelyek a leolvasások ellenőrzése céljából egymáshoz képest eltoltak. Skálaközük fél centiméter. A skálavonások 1 mm vastagok. A két skála névlegesen deciméteres, ténylegesen féldeciméteres számozású. A MOM precíziós szintezőlécből mutat részletet a 157. ábra. Ennél a két eltolt skála vonásait apró fekete körök pótolják.

A léc-saru. A lécet szintezéskor nem a földre, hanem öntöttvas-alátetre állítjuk. Laza talajon lécalátétként karók, cölöpök leverése válhat szükségessé.

#### 13.14 A szintezőlécek komparálása

A "lécméter hossza" alatt a lécskála ama vonásainak egymástól való távolsága értendő, amely az egész méteres hosszakat jelöli. A lécméter abszolút hossza ellenőrzött normálméterrel állapítható meg. A normálmétert közvetlenül a szintezőlécc skálájához fektetjük. A lécc különböző, névlegesen 1 m hosszúságú darabjainak tényleges hosszát a normálméter két tulosztásos indexlemzésén leolvassuk és feljegyezzük. Kettős leolvasásokat kézi nagyítóval a lécc számos helyén végzünk. Vonásos osztású szintezőléccen a vonások bal és jobb szélei olvasandók le külön-külön, ezek alkotnak egy-egy kettős leolvasást.

Ha az ilyen vizsgálat megállapítása szerint az  $L_0$  középértékelt lécc méter tulhosszu, például  $L_0 = 1,00029$  m, akkor valamennyi mért magasságkülönbséget a

$$\frac{L_0}{1} = \frac{1,00029}{1,00000}$$

szorzótényező arányában növelni kell. Ha a lécc méter 1,00000 m-nél kisebb lenne, akkor viszont valamennyi mért magasságkülönbséget a lécc méter abszolút hossza arányában csökkenteni kell.

Ezt a vizsgálatot, amennyiben faléccel szintezünk, naponta kétszer, a mérés megkezdése előtt és befejezése után is el kell végezni. Invarbetétes léccet azonban elegendő havonta egyszer megvizsgálni.

#### 13.15 A szintezés végrehajtása és főszabályai

A szintezési munkálatok részletes ismertetése a Geodézia II. rész tantárgy tárgykörébe tartozik. E helyen a szintezés végrehajtásáról csak oly mértékben lesz szó, amennyire az a műszerek kezelésének elsajátítására céljából szükséges.

A pontossági igények szerint megkülönböztetünk a) egyszerű (vagy építészeti), b) technikai (vagy mérnöki), c) szabatos (vagy precíziós) szintezést. A megfelelő "kilométeres középhibáról" már a szintezési fejezet elején volt szó.

A szintezés fő szabályai a következők.

A szintező lécc megirányzása után, de még okvetlen annak leolvasása előtt a szintező libella buborékját a szintező csavarral középre kell hozni. A kompenzátoros műszernél a szelencés libellát a talpcsavarokkal kell bejátszani, hogy a kompenzátor akadálytalanul működhessen.

Az esetleges  $1\frac{1}{2}$  L hibára való tekintettel a szintező műszer a két szomszédos lécponttól (kötőponttól) egyforma, 40-50 m-nél nem nagyobb távolságban állítandó fel. Ezt nevezik a középről való szintezés elvének. Egyáltalán nem szükséges azonban, hogy a műszer a két lécpont egyenesében álljon.

A "csatlakozás nélküli", avagy csak egyetlen ismert magasságú alapponthoz csatlakozó szintezési vonalat ellenőrzés céljából mindenkor kétszer, oda-vissza értelemben kell mérni. Ez a "kettős", vagy "oda-vissza" szintezés elve.

A mindkét végén ismert A ill. B magassági alapponthoz csatlakozó szintezési vonal ellenőrzését már a két végpont ismert  $M_A$  és  $M_B$  magasságából számítható  $\Delta M = M_B - M_A$  magasságkülönbség szolgáltatja.

A szintezőléccet sohasem a pusztá földre, hanem szintezősarura, vagy földbevert karóra kell függőlegesen állítani. A távcső irányvonala legalább fél méterrel, de még inkább egy méterrel a talaj fölött legyen. Légrezgéses, léglengéses napszakban, valamint erős szélben ne szintezzünk. Legalkalmasabb a kora délelőtt és a késő délután. A szélcsendes borus napok reggeltől estig kihasználhatók.

A szintező műszert és főleg annak szintező libelláját nagyméretű ernyővel védjük napfénytől, esőtől, szélről. A kompenzátoros szintező még érzékenyebb a hőmérsékletváltozásokra, az innen származó hibák azonban a hátra-előre irányzások különbségeiben jobban kiküszöbölődnek, mint a libellás szintezőnél.



### 13.151 Egyszerű alappont-szintezés ("vonalszintezés")

két ismert magasságú csatlakozó pont között

Célja a különböző műszaki munkálatokhoz szükséges magassági alappontok hálózatának sűrítése. Ilyen esetet mutat a 163. ábra.

Az ismert A kezdőpont és B zárópont közötti távolságot általában  $n$  számú közbenső ponttal (kötőpontokkal) 80-100 m-es szakaszokra bontjuk fel. A műszert két kötőpont között egyforma távolságban, kedvező  $N_1$  helyre állítjuk fel. A  $h_A$  és  $e_1$  mm pontosságu lécleolvasások feljegyzése után a műszert  $N_2$ -ben állítjuk fel, azután pedig az eddig A-ban állott léceket 2 kötőpontba visszük át. Közben az 1. pont léce helyén marad, csak óvatosan  $N_2$  felé fordítjuk. Az  $N_2$ -ben leolvasandó  $h_1$  és  $e_2$ . Így haladunk tovább a végpontig, amelyen végül  $e_n$  leolvasást eszközölünk. Mérés közben a műszer és a léce helycseréje sohasem történhet egyidejűleg. Amíg a műszert előreviszik, addig a lécnek mozdulatlanul kell maradni és vízszont. Az A kezdőpont és B végpont szintkülönbsége a leolvasott adatokkal:

$$M_B - M_A = \sum h - \sum e = [h - e].$$

Vagyis a "hátra" leolvasások összegéből kivonandó az "előre" leolvasások összege. Pozitív különbség emelkedő, negatív különbség lejtős terepet jelent.

A szintezési vonal olykor igen hosszú, úgyhogy nagyszámu kötőpontot és műszerálláspontot tartalmaz. Ha a középről való szintezés elve terepakadályok miatt nem tartható be, akkor arra kell törekedni, hogy ez "előre" és "hátra" irányhosszak összege azonos legyen.

A bányában a föld alatti vágatok pontjeleit rendszerint nem a talpon, hanem a főtében helyezik el. A főtépontra rövid szintező léce fűggeszthető, amelynek számozása felülről lefelé nő. A csak főtéppontokkal végrehajtott vonalszintezés számítási képlete általában:

$$M_B - M_A = [e - h] = \sum e - \sum h.$$

A bányában azonban talppontok és főtéppontok rendszerint vegyesen fordulnak elő.

### 13.152 A mindkét végén ismert magasságú alapponthoz csatlakozó szintezési vonal hibaelosztása

Jelöljük  $M_A$  ill.  $M_B$ -vel az A kiindulópont és B zárópont ismert magasságát. A mérések adataiból számított szintkülönbség értékére elvileg

$$M_B - M_A = [h] - [e] = [h - e]$$

értéket kellene kapnunk. Az elkerülhetetlen mérési hibák következtében ez a feltétel nem fog szigorúan teljesülni, hanem - durva hibák esetét eleve kizárva - néhány milliméter nagyságú  $\Delta$  magassági záróhiba fog jelentkezni, azaz

$$M_B - M_A = [h - e] + \Delta.$$

Tehát a záróhiba értéke:

$$\Delta = M_B - M_A - [h - e].$$

Technikai szintezéseknél ezt a  $\Delta$  záróhibát - ami a valódi hibák algebrai összegét jelenti, - a  $S_i$  kötőponttávolságok arányában osztjuk el a mérésekből nyert  $\Delta M_i$  szintkülönbségekre. Az ily módon megjavított  $\Delta M_i^0$  szintkülönbségek értéke tehát:

$$\Delta M_i^0 = \Delta M_i + \frac{S_i}{[S]} \Delta,$$

ahol  $[s]$  jelenti az adott szintezési vonal teljes hosszát.

A pontok végleges magasságának számítása a megjavított  $(h - e)$  magasságkülönbségek alapján a következő összefüggés szerint történik:

$$M_i = M_A + (h - e)_1 + (h - e)_2 + \dots + (h - e)_i.$$

Az összefüggésben  $M_i$  a szintezési vonal kötőpontjainak végleges tengerszint feletti magasságai, az ismert B zárópontot is beleértve. A B pont  $M_B$  magassága tehát

$$M_A + [h - e] = M_B.$$



Az egész vonalra vonatkozó művelet elvégzése után ellentmondás nélkül az eredetileg megadott  $M_B$  magasságot kell megkapjuk, ami végső ellenőrzésül szolgál.

### 13.16 A vonalszintezés kilométeres középhibája

A szintezés véletlen jellegű magassági hibája - a mérési hibák továbbterjedése törvénye. értelmében - a szintezési vonal hosszának négyzetgyöke arányában növekszik. Vagyis ha  $[s]$ -vel jelöljük a vonalnak km-dimenzióban értelmezett teljes hosszát és  $\Delta$ -val (mm-ben) a záróhibát, akkor az 1 km hosszú vonal szintezés után nyert magasságkülönbségének  $\mu$  középhibája ugyancsak mm-dimenzióban

$$\frac{\mu}{\sqrt{1 \text{ km}}} = \frac{\Delta}{\sqrt{[s] \text{ km}}}$$

aránylatból nyerhető, azaz:

$$\mu = \frac{\Delta}{\sqrt{[s] \text{ km}}}$$

Ezt a  $\mu$  értéket nevezik az "egyszeri szintezés kilométeres középhibájának".

Példa a mindkét végén csatlakozó egyszerű vonalszintezésre.

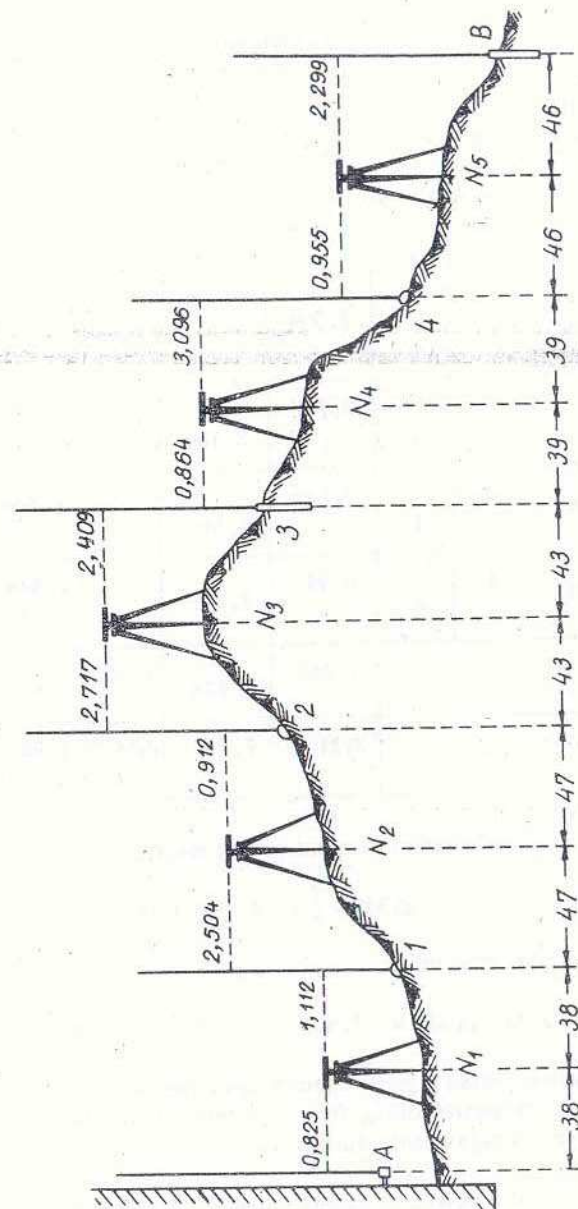
A 163. ábrával kapcsolatos konkrét számpélda mérési és számítási adatait - hibaelosztással együtt - a 9. táblázat tartalmazza (lásd 234. old.).

A feladat az, hogy az  $M_A = 152,251$  m ismert tengerszint feletti magasságu, A szintezési falitárcsából kiindulva, meghatározandó a 3-as sorszámú betonoszlop tengerszint feletti magassága. A szintezési vonal ellenőrzésül csatlakozik az  $M_B = 150,285$  m magasságu B alapponthoz. A táblázat szerint a vonal teljes hossza  $[s] = 426$  méter.

A táblázatbeli "lécleolvasás"-oszlop  $[h] - [e] = -1,963$  m összege meg kell egyezzen a "magasságkülönbség"-oszlop  $[h - e] = -1,963$  összegével, ami számítási ellenőrzést jelent.

A táblázat szerint  $\underline{A}$  és  $\underline{B}$  pontok megadott végleges magasságkülönbsége:

$$\Delta M = (M_B - M_A)_{\text{adott}} = 150,285 - 152,251 = -1,966 \text{ m.}$$



163. ábra  
A mindkét végén csatlakozó vonalszintezés számpéldája