

17733/ *M. 63.*

97

A MÉRNÖKI TOVÁBBKÉPZŐ INTÉZET KIADVÁNYAI

M. 63. FÜZET.

OLTAY KÁROLY

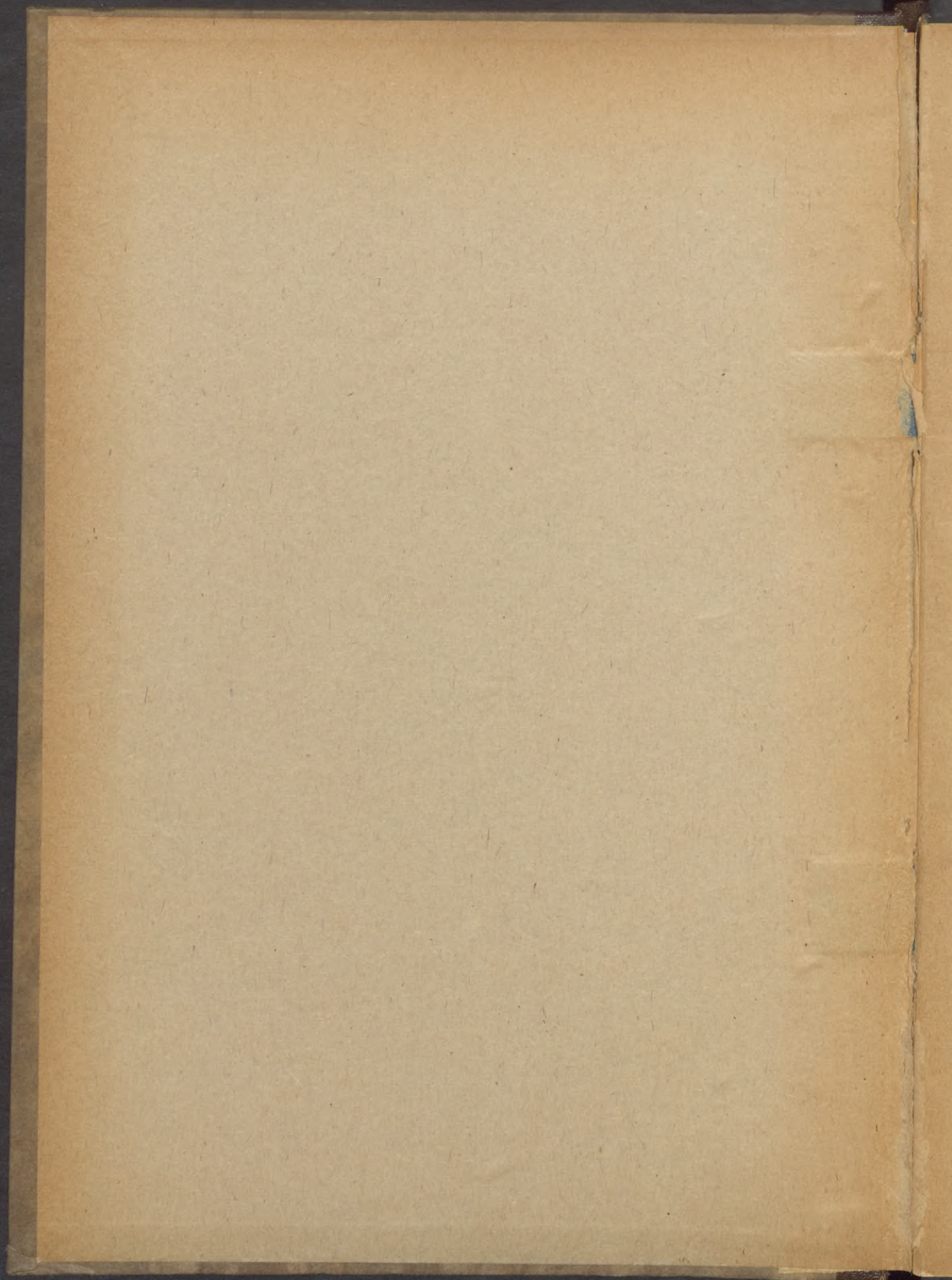
A SZINTEZÉS MŰSZEREINEK ÉS MÓDSZEREINEK FEJLŐDÉSE ÉS MAI ÁLLÁSA

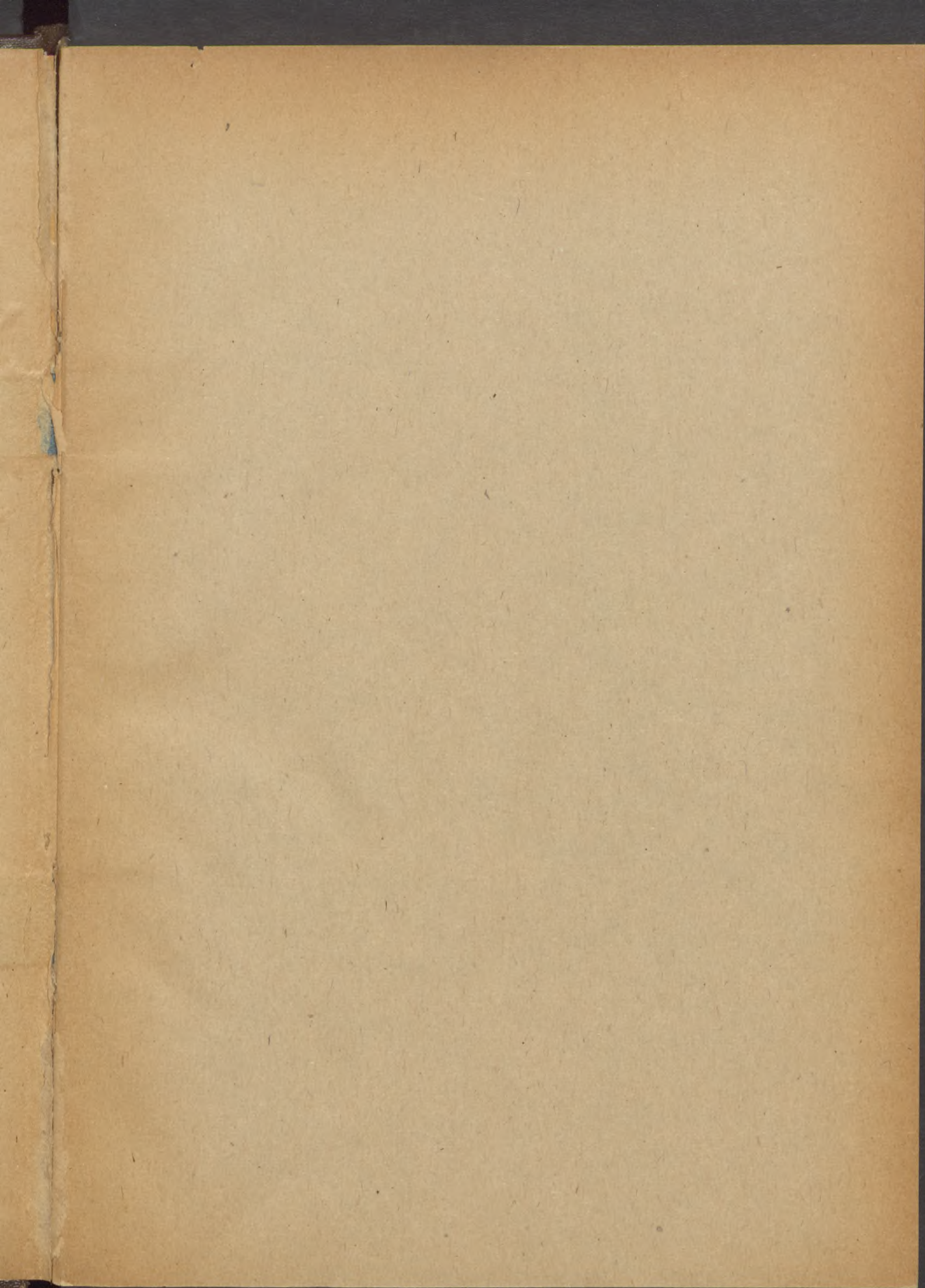
A MÉRNÖKI TOVÁBBKÉPZŐ INTÉZET
1944. ÉVI TANFOLYAMAINAK ANYAGA

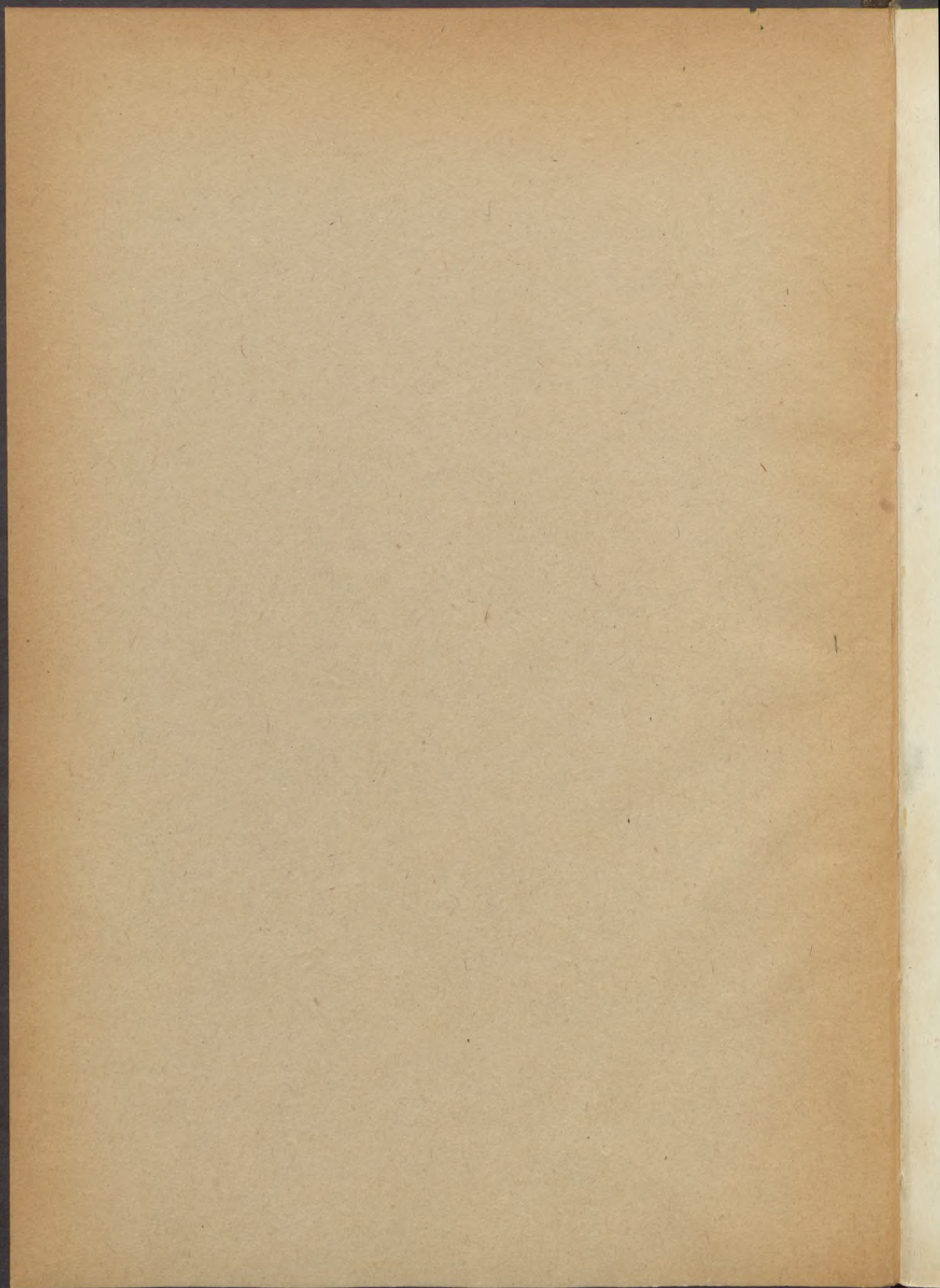
=====
M. 63. FÜZET
=====

1946

EGYETEMI NYOMDA, BUDAPEST







Oltay Károly:

A szintezés műszereinek és módszereinek fejlődése és mai állása.

I. RÉSZ.

A SZINTEZÉS VÁZLATOS TÖRTÉNETE A LEGRÉGIBB IDŐKTŐL A MULT SZÁZAD ELEJÉIG.

A szintezés módszereinek és műszereinek története az emberiség történetének legősibb idejébe nyúlik vissza. Amint egy nép, abbahagyva nomád életét, letelepedett valahol s belekezdett épületek létesítésébe, hozzáfogott a föld műveléséhez, amint utakat épített és vízfolyásokat szabályozott, már szinteznie kellett. Csak így készülhettek nagyobb épületei, csak így tervezhette ivóvíz- és öntözőcsatornáit, esésben és emelkedésben haladó utait.

Ezért a letelepedett ember hamar rájött arra, hogy miként lehet egyszerű függővel, vagy a nyugvó folyadék felszínével vízszintes irányokat kitűzni s ezzel magasságkülönbségeket megállapítani és mérni.

Hogy ezek a műszerek és vele a szintezés módszere is ősrégi, azt bizonyítják a *függős háromszögnek* a legrégibb korokból fennmaradt egyiptomi, babiloni és kínai példányai. Az egyiptomiaknál annyira közismert volt, hogy alakját a hieroglifák közé is felvették.

A legrégibb írásbeli mű, alexandriai Heronnak a röviden *Dioptrának* nevezett és Kr. e. mintegy 100 évvel írt műve már a szintezésnek és a szintező műszernek olyan alakjait írja le, amelyek *lényegileg* a most használatos műszerekkel és módszerrel majdnem teljesen megegyeznek és amelyek kétségtávol egy megelőző hosszú fejlődésnek eredményei.

Heron idejében már ismeretes volt a vízszintessé tett léccel végzett szintezés (1/a. és 1/b. ábra) — a mai *lépcsőmérés* —, de leírja a *közlekedő csöves dioptrával* és *kötőpontokkal* végzett szintezést is (2. ábra).

Az előbbinél a léccel vízszintessé tételére a *függős háromszöget*, vagy az alzatot, rövidebb *közlekedő csövet*, vagy vízzel telt edényt használták (1. ábra). Az utóbbi részére ő külön műszert készített, a *dioptrát* (3. és 4. ábra) s hozzá a beosztással ellátott *tárcsásléce*t (5. ábra).

Heron műszerét *dioptrának* nevezi. Az elnevezés igazi „pars pro toto“, mert a műszernek a dioptra csupán egy része.

Heron dioptrája tulajdonképpen két műszer volt, az egyiket szögmérésre és szögkitűzésre, a másikat szintezésre lehetett használni. Voltaképpen egy *szögmérő* dioptráról és egy *szintező* dioptráról kell beszélni. A dioptra alkalmazásainak felsorolásakor és tárgyalásakor Heron így is

Oltay: A szintezés fejlődése stb.

ORSZ. SZÉCHENYI-KÖNYVTÁR

Növekedéstudomány

1946

3504

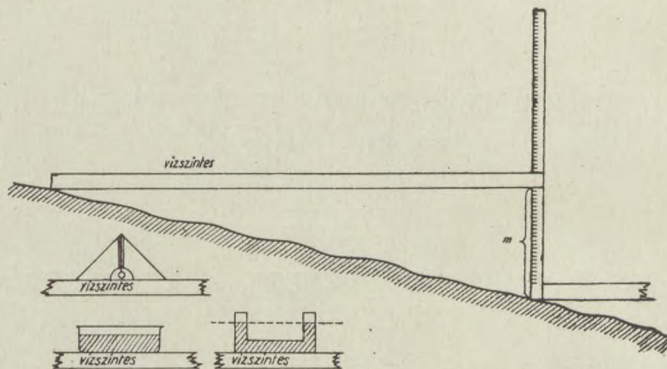
17.733/M.63

R
2

R
1965

különbözteti meg őket (... vesszük azt a dioptrát, amellyel derékszöget tűzünk ki; vagy ... az a dioptra, amellyel szintezni lehet ...).

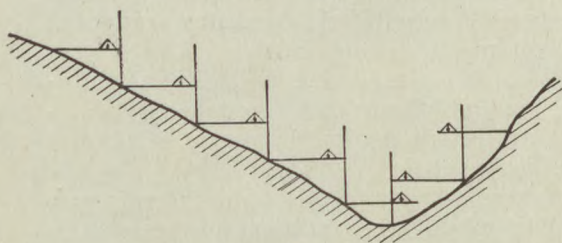
Sajnos, a műszerekből nemcsak hogy egy példány sem maradt meg, de Heron rajzai is elvesztek úgy, hogy csak a szövegben levő leírásból és használatának ismertetéséből lehet a műszert rekonstruálni. *Heron* leírása bámulatosan szabatos és nagyon részletes, de a szövegből egy kis rész



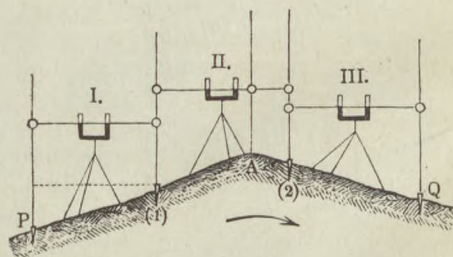
1/a. ábra. Lépcsőmérés vízszintes léccel.

elveszett s azért csak némi, bár nagyon valószínű feltevéssel lehet a kétféle dioptrát visszaállítani.

A szöveg gondos tanulmányozása alapján *Schöne* és *Neumann* rekonstruálták a műszert s ezt mutatja a 3. és a 4. ábra.



1/b. ábra. Szintezés lépcsőméréssel.



2. ábra. Szintézés kötőpontokkal közlekedő csöves műszer és függőleges tárcsás lécs segítségével.

Mind a két dioptrának közös része a mérés alatt három ponton fekvő műszerállvány.

Ez a *műszerállvány* áll egy függőleges oszlopból, amelyen felül, egy álló tengely körül forgatható rész van (H). Az oszlopot felfoghatjuk mint *műszertalpat*, a forgatható részt pedig mint *alhidádét*. Az alhidádé forgatása a forgó rész alsó korongján levő r fogaskerekbe kapaszkodó z végtelen csavarral történik.

A végtelen csavaron hosszanti irányban lecsiszolással előállított olyan sáv szakítja meg a meneteket, amelynek szélessége a végtelen csavar menetmélységével egyenlő.

Ha ez a rész fordul a fogaskerék felé, akkor azt szabadkézzel el lehet forgatni, ha ellenben a végtelen csavart tovább forgatjuk, akkor az bele-

kap a fogakba, tehát lehetővé vált a parányállítás, de úgy, hogy utána a fogaskerék is rögzítődött.

Ez a berendezés azért érdekes, mert ez az őse a kötő és irányító csavar berendezésnek, olyan ős, amelyik kissé szabatosabb formában (a végtelen csavar nincs felmetszve) még most is alkalmazásban van olyan műszereken, amelyeken a fogaskerékkel való forgatás elegendő pontosságot nyújt (heliotrop, katonai műszerek, egyszerű szintező műszerek, kis teodolitok stb.). Mikor a mérnök, vagy a katona ilyenekkel dolgozik, bizonyára nem gondol arra, hogy ezeket Egyiptomban már több mint 2000 évvel előbb ismerték és használták.

A forgatható részt mint dór oszlopocskát (K) képezték ki, amelyen tehát felül egy lemezke, a plintus volt.

Erre a plintusra lehetett szerelni a szögmérő részt, illetve a szintező részt.

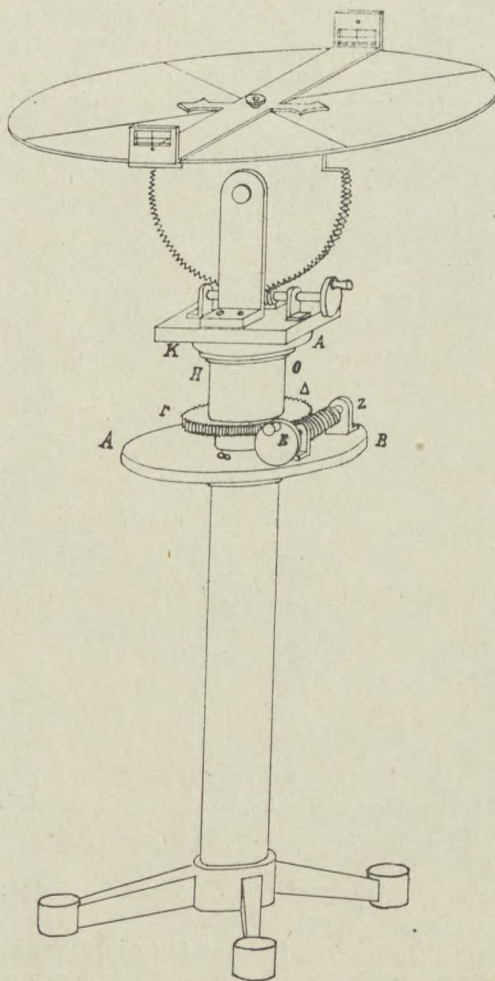
A szögmérő részt, az állványra helyezve a 3. ábra mutatja.

A szögmérő rész állott egy, a függőleges forgási tengellyel párhuzamos félkorongból, melynek szélén fogazás volt. Ezt az álló korongot egy fekvő tengely (csukló) körül lehetett forgatni ugyancsak végtelen csavar segítségével, tehát durván is, parányi módon is.

Ez a tengely egyúttal az álló tengely körül is forgatható volt, tehát avval együtt kardanikus tengelyrendszert alkotott.

A fogazott koronghoz mereven egy fekvő korong volt erősítve s rajta egy kettős (mind a két oldalról használható), ú. n. *amfidioptrát* lehetett forgatni. Ezen a korongon — a műszer limbuszán — két egymásra merőleges irány is ki volt jelölve, a dioptra vonalzója pedig el volt látva két index csúccsal, amelyeket e derékszög száraitra lehetett állítani.

Evvel a szögmérő dioptrával lehet 1. derékszöget kitézni, 2. vízszintes szögeket mérni olyan irányok közt, amelyeknek hajlása a vízszinteshez nem nagy, 3. magassági szögeket mérni (a limbusz korong síkjának függőlegesre állítása után), 4. szöget mérni tetszőleges ferdeségű síkban.

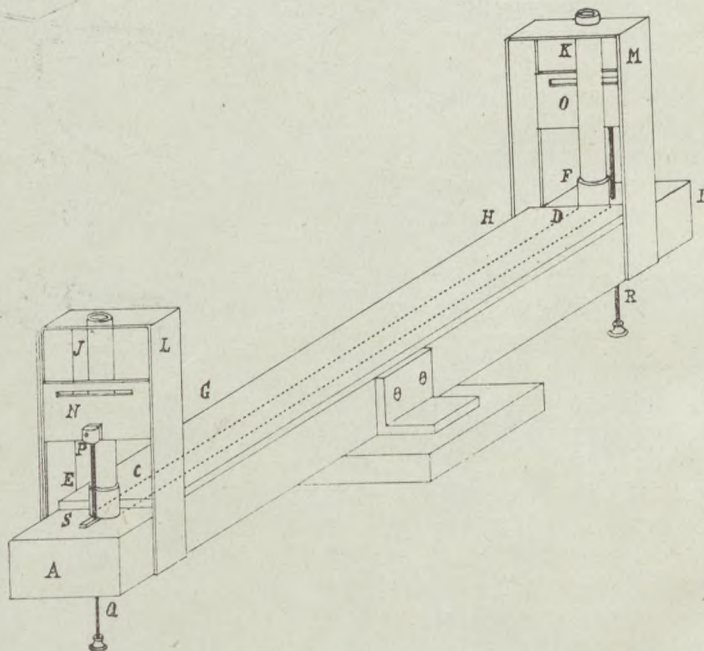


3. ábra. Heron szögmérő dioptrája
(Heron leírása után rekonstruálva).

Heron valószínűleg csupán geodéziai mérésekre és kitűzésekre szánta és használta ezt a műszert. Csillagászati mérésekre — például csillag-irányok közti, ferdesíktű szögek méréseire — kétségtelenül kényelmetlen. Ilyen irányú alkalmazást is közöl a szövegben.

Kétségtelen, hogy vele derékszög kitűzéseket nagyon szabatosan lehet végezni.

E műszernek nagy jelentősége van annak a ténynek bemutatásában, hogy milyen magas fokon állott az ő idejében a műszerszerkesztés s ez igazolja azt is, hogy előtte az egyiptomiak már sokat és eredményesen fog-



4. ábra. Heron dioptrájának közlekedő csöves szintező műszere (Heron leírása után rekonstruálva).

lalkozhattak gyakorlati mérésekkel és azokhoz való műszerek kieszelésével és elkészítésével.

A *szintező dioptra* áll egy közlekedő csöves szintező vonalzóból, melyet az előbb leírt műszerállvány plintusára kell szerelni.

Ezt a közlekedő csöves szintező részt szintén részletesen és szabatosan írja le úgy, hogy az eléggé biztosan rekonstruálható.

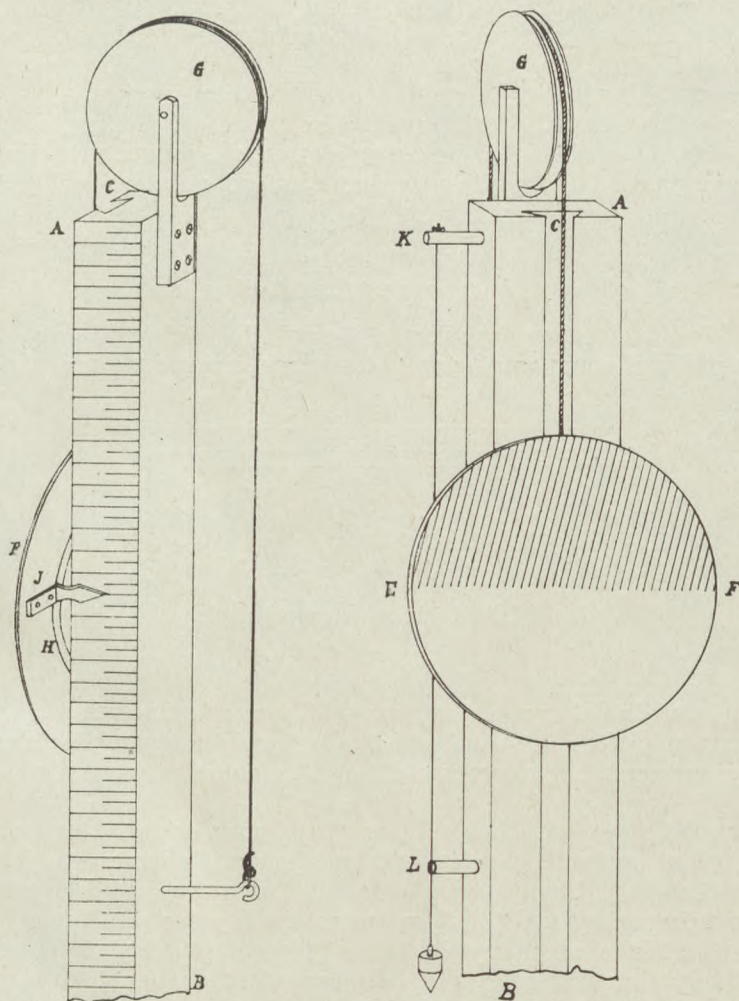
A 4. ábra mutatja a *Heron-féle* szintező vonalzónak *Schöne* és *Neumann-féle* visszaállítását.

Áll egy mintegy 2 m hosszú, fából készített alzatból (vonalzóból) s egy ennek kivágásába helyezett bronzcsőből, amely mintegy 24 cm-rel rövidebb, mint a faalzat. A bronzcső két végén egy-egy felálló, 4—4 cm hosszú bronzcső van, amelyekbe viszont kellő tömítéssel egy-egy üvegcső van behelyezve.

Ezek magassága mintegy 24 cm.

A bronzcsövek és az üvegcövek együttesen *közlekedő csövet* alkotnak, amelyet mérés előtt vízzel töltenek meg. A vízszínek teszik lehetővé a víz-

szintes irány előállítását. A felnyúló üvegcsöveket egy-egy ráma veszi körül, amelyekben, függőleges bronzsavarral fel és le mozgatható, vízszintes réssel ellátott és az üvegcsövet érintő lemezek vannak. A vízszintes



5. ábra. Heron tárcsás szintező léce (Heron leírása után rekonstruálva).

rések a vízszín magasságába állíthatók s ekkor a vízszintes irányzást teszik lehetővé.

A méréshez *tárcsás lécet* (5. ábra) használ s ennek részletes leírását is megadja.

A léce hossza mintegy 5 m, szélessége 10 cm, vastagsága 6 cm.

A léce közepén fecskefark alakú kivágás van, amelyben ugyanolyan metszetű, de kisebb méretű *szánkó* mozoghat. A szánkóra mintegy 20—24 cm méretű korong van erősítve, amelynek a műszer felé néző része feketére és fehérre van festve, a léce merőleges választó vonallal. A szánkó

kön felül, egy korongon átvetett zsinórt találunk, amellyel a számkót és vele a tárcsát emelni, illetve süllyeszteni lehet.

A lécs hátán beosztás van, a *legkisebb beosztás rész egy dactylus* (mint egy 2 cm). A beosztás előtt mozog a tárcsához erősített index.

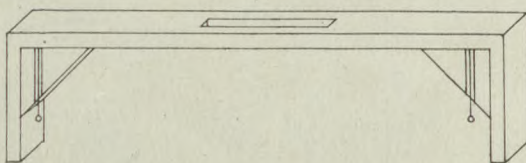
A lécs függőlegessé tételére függő szolgál.

Amint látható, a lécs teljesen méltó a szabatos műszerhez és ismét csak bámulnunk kell azon, hogy Egyiptomban több mint 2000 évvel ezelőtt már ilyen szabatos berendezést használtak a magasságmérésekre.

A másik ókori író, aki foglalkozott a szintezéssel és műszereivel, *Pollio Vitruvius* volt. Ő a Kr. e. 15-ben megjelent *De Architectura libri decem* című munkájának 8. könyvében három szintező műszert említ és pedig:

1. a dioptrát,
2. a libra aquariát,
3. a chorobatest.

Ezek közül az első valószínűleg a Heron-féle közlekedő csöves dioptra volt, a másodikról sokat vitatkoztak, szerintem *vízen úszó test* segítségével



6. ábra. A chorobates perspektív képe.

állítottak elő vele vízszintes irányzást. Ezt a kettőt *Vitruvius* nem írja le részletesen, csupán felsorolja őket, mint jól ismert műszereket.

A harmadikkal, a híres *chorobates*-szel már nagyon részletesen foglalkozik, mert ezt tartja gyakorlatilag legjobbnak és főleg legpontosabbnak.

A *chorobates*-nek (6. ábra) Herontól származó neve „*terepen tovább haladó*“-t jelent, amivel használatának módja van jellemezve. Áll egy 6 m hosszú deszkalapból (*regula*), melynek felső síma lapjával irányozni lehet.

A lap közepén $150 \times 2 \times 3$ cm méretű mélyedés van, amelyet *vízzel* töltenek meg. Ha a víz a nyílásban a deszkalap felszínétől mindenütt egyenlő távolságban van, akkor a felső lap vízszintesnek tekinthető.

A deszkalap két végén egy-egy lenyúló láb van s mind a kettő mellett egy-egy *függő*, amelyek zsinórjának a felső lapra *merőleges* helyzete bevágással van kijelölve.

A felső lap vízszintesességét tehát ezekkel ellenőrizni lehet s valószínűleg ezért tartja *Vitruvius* a *chorobatest* jobbnak, mint a másik két szintezőit.

Nagyon jellemző, hogy *Heron*-nak a sokkal tökéletesebb dioptrája kevésbé terjedt el, a latinok inkább *Vitruvius* műszerét használták, pedig ez szerkezetileg sokkal primitívebb volt.

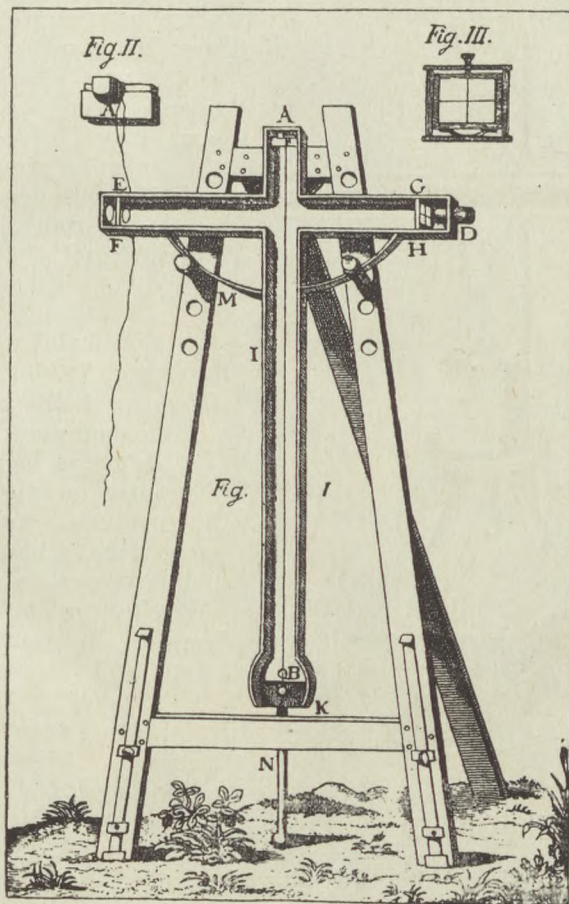
Heron műszerét csak mintegy 1000 évvel később említik és írják le újra. Addig és azután is sokáig inkább visszafejlődést találunk, ami a műszerek külső kiképzésében is megnyilvánult.

A távcsőnek és a libellának feltalálása új irányt adott a szintező műszerek fejlődésének.

A két, nagyjából egyidejű találmány közül a szintező műszeren először a távcső és pedig az *irányszálas, geodéziai távcső* került alkalmazásra.

Picard 1674-ben készített először szintező műszert távcsővel.

Műszere azért is eredeti volt, mert az irányvonal vízszinteségét *függővel* érte el. Ő tehát elhagyta a közlekedő csöves rendszert, mellőzte a



7. ábra. Picard távcsöves és függős szintező műszere.

vízen úszó testtel elérhető vízszintesé tételt, ellenben visszatért az *ősi* berendezéshez, a függőhöz.

Műszerét egy korabeli metszet után a 7. ábrán láthatjuk.

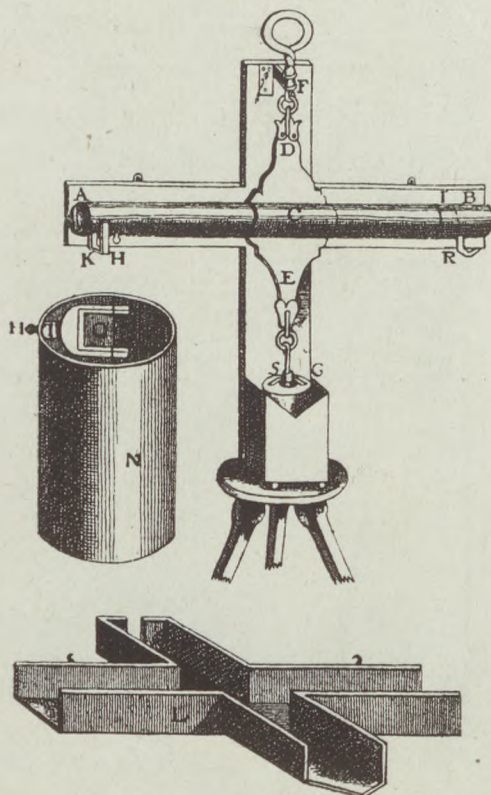
Fő része a középen látható keresztalakú, belül üres, négyszögletes keresztmetszetű csőrendszer, melynek homloklapja a rajzon el van távolítva, hogy a belső szerkezet világosan látható legyen.

A fekvő cső tartalmazza a távcső objektívjét, a szátkeresztet és a mozgatható okulárist. Ezek együtt alkotják a távcsövet.

A függőleges csőben van a függő, mely egy *hajszára* erősített kis ólomnehezékből áll. A hajsza mellett alul rövid körszála van, melynek középső vonása, egyúttal a beosztás kezdőpontja, jelöli ki a csőrendszer ama helyzetét, amely mellett a távcső irányvonala vízszintes.

A méretekre jellemző, hogy a függő hossza mintegy 130 cm.

A csőrendszer az ábrán látható állványra úgy van helyezve, hogy az M-el jelölt, két pecken nyugvó köríves karokkal elforgatható.



8. ábra. Huygens távcsöves és ingás szintező műszere.

Az elforgatás úgy végzendő el, hogy a függő szálának alsó része a kijelölt indexre mutasson. Ha a műszer helyesen van kiigazítva, akkor e helyzetben a távcső irányvonala vízszintes lesz.

A műszerhez tartozó *távcsás* lécs négy, egyenkint 1 toise hosszú részből áll, tehát összes hossza közel 8 méter volt.

*

Körülbelül ugyanabban az időben (1680-ban) a hollandiai *Huygens* is készített távcsöves szintező műszert.

Huygens a vízszintessé tételre még mindig nem a libellát használta, hanem az *ingát*. Műszere tehát ebből a szempontból is újszerű volt.

Huygens műszerét, szintén korabeli metszeteken a 8. ábra tünteti fel.

A távcső, a hozzá mereven erősített *D* rész segítségével az *F* helyre felfüggeszthető. A távcsőhöz alul az *E* rész közvetítésével egy folyadékba helyezhető nehezék tartozik.

A szél hatásának csökkentésére az alul látható testtel lehet lefedni a távcsövet és az ingát.

A távcsövet a nehezékekkel együtt át lehet fektetni, tehát két távcsőállásból lehet szintezni s ezzel a műszer igazítását egy állásból gyorsan el lehet végezni.

Huygens a műszert *háromlábú állványra* helyezve használta, tehát a szintezést eléggé gyorsan végezhette el.

*

Ebből az időszakból egy harmadik, szintén *ingás* szintező műszer is ismeretes, amelyet a dán *Römer* készített.

Römer távcsöves ingás készülékét a 9. ábra tünteti fel.

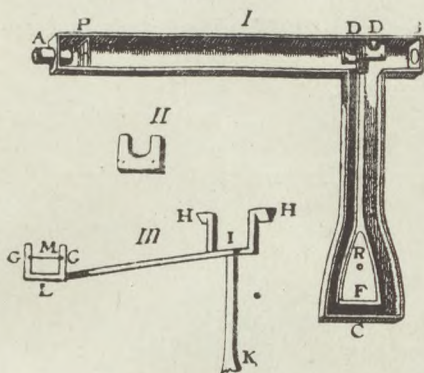
Amint látható, itt az inga a mozdulatlan szátkereszt előtt mozgó vízszintes szállal van kapcsolva (9. ábrán: III) s így az irányvonalnak akkor kell vízszintesnek lennie, ha a nyugalomba hozott inga vízszintes szála fedi a távcső vízszintes szálát.

Römer ezt a szintező műszert állvány nélküli használatra szánta, tehát ú. n. kézi szintező műszer volt.

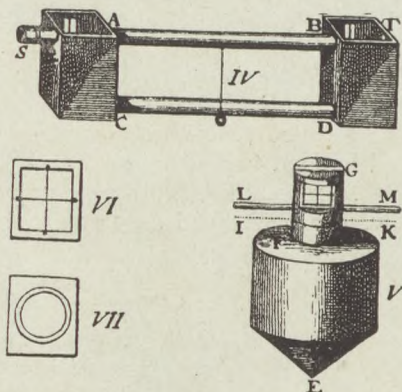
*

A teljesség kedvéért meg kell említenem, hogy ugyancsak abban az időben La Hire olyan szintező műszert hozott javaslatba, amelyen a távcső objektívje és szátkeresztje — külön-külön — egy-egy vízben úszó testre volt szerelve.

A műszer szerkezetét a 10. ábra mutatja.



9. ábra. Römer távcsöves és ingás szintező műszere.



10. ábra. La Hire szintező műszere vízen úszó távcsővel.

Kivitelre valószínűleg nem került, mert az objektív és a szátkereszt külön-külön usztatása szerkezetileg alig vihető keresztül.

Később 1780 körül az angol Keith készített hasonló elven egy dioptrás szintező műszert, amelyen higanyban úsztatta a szemrés és a tárgyrés lemezét.

Ez már kivitelre került s a gyakorlatban is használták, de nem terjedt el.

*

Feltűnő, hogy bár ezeit már a libella is ismeretes volt, azt nem használták fel az irányzás vízszintesé tételére.

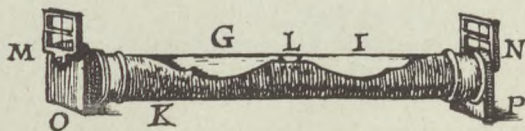
Ennek magyarázata abban az érdekes tényben található meg, hogy a libella formailag előbb volt ismeretes, mint lényegileg. A libella formája a francia Thevenottól származik, de ő a libella lényegét nem ismerte, mert szerinte a libella-cső belső részének hengeresre csiszoltnak kell lennie. Ez a téves hit nagyon elterjedt volt, Lambert is ezt vallotta, Németországban pedig Johann Tobias Mayer (der Jüngere, 1752—1830) a Praktische Geometriájának még az 1816-ban megjelent kiadásában is a libellát belül hengeresnek írja le.

Az eddigi kutatások szerint a tankönyvek közül először a dán *Thomas Bugge* (1798) írja le helyesen a libella szerkezetét.

*

Természetesen a régi felfogás szerint készített libellák valószínűleg túl érzékenyek voltak s ezért a gyakorlat nem boldogult velük.

Libellás és távcsöves szintező műszer leírását először *Allain-Manesson*



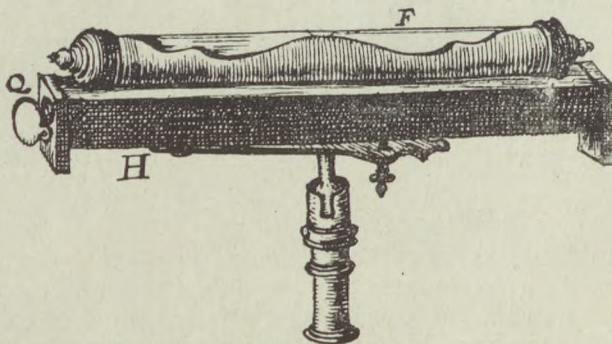
11. ábra. Mallet dioptrás és libellás szintező műszere.

Mallet (1630—1706) munkájában, a Párizsban, 1702-ben megjelent *Geométrie Pratique*-ban találjuk.

Itt *Mallet* három libellás szintező műszert ír le.

Az első (11. ábra) dioptrával felszerelt libellából áll, valószínűleg szabad kézben tartva használták.

A második (12. ábra) már távcsöves, libellás műszer. Gömbesuklós állványon, szintező csavarral használták.



12. ábra. Mallet távcsöves és libellás szintező műszere.

A legkiválóbb figyelmet a harmadik típus érdemli meg (13. ábra).

Ezen, a négyszög metszetű csőben lévő távcső és a libella egymás mellett foglalnak helyet s a kettő együtt a szintező csavarral forgatható. A szintező libella igazító csavarokkal van ellátva.

A távcső és a libella háromlábú állványra helyezhető s avval gömbcsuklós kapcsolatban van.

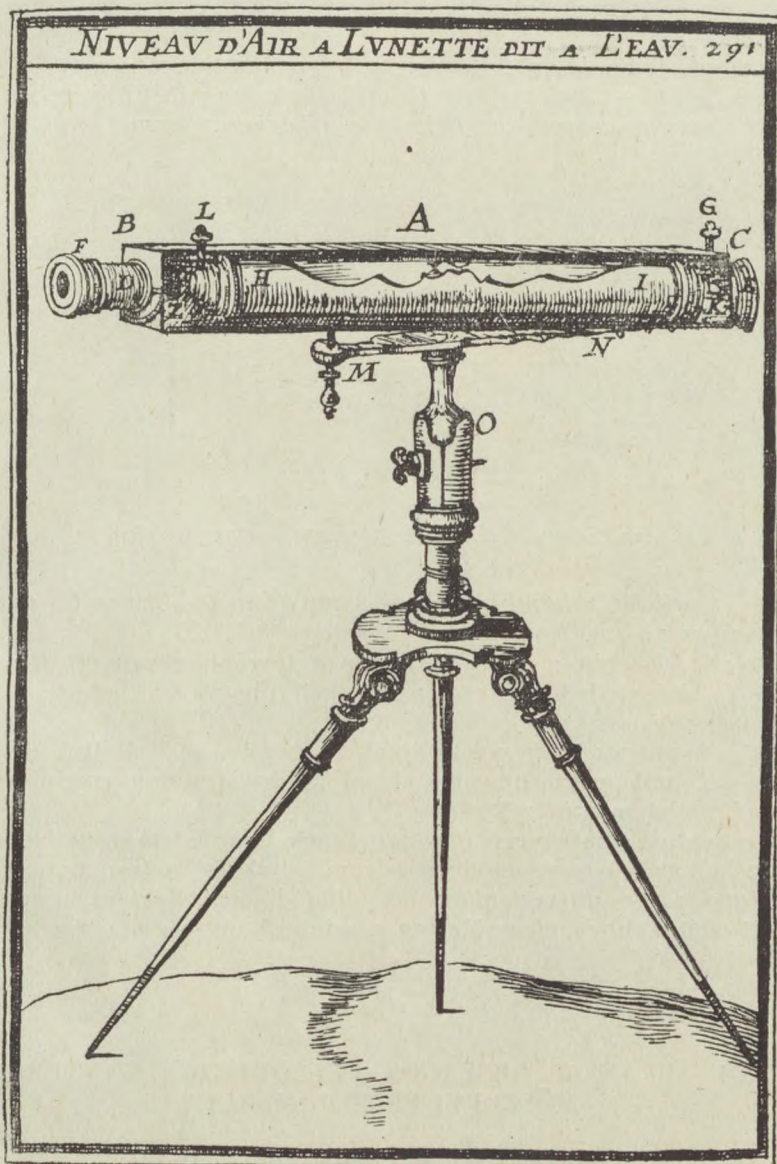
A gömbcsukló körüli forgatás kötőcsavarral rögzíthető.

Úgy látszik, hogy *Mallet* műszere tekinthető a modern szintező műszer őséneke.

*

Libellás és távcsöves szintező műszereket ír le *Nicolas Bion* az 1720-ban „*Construction et Usage des Instruments de Mathématique*” címmel Párizsban megjelent munkájában.

Nicolas Bion, XV. Lajos mérnöke (ingenieur du roi), valószínűleg egy párizsi mechanikai intézet vezetője volt. Fenti művében számos szintező műszert ír le, köztük távcsövet és libellást, de dioptrás-libellást, közlekedő csövet, Picard-félét és Huygens-félét is.



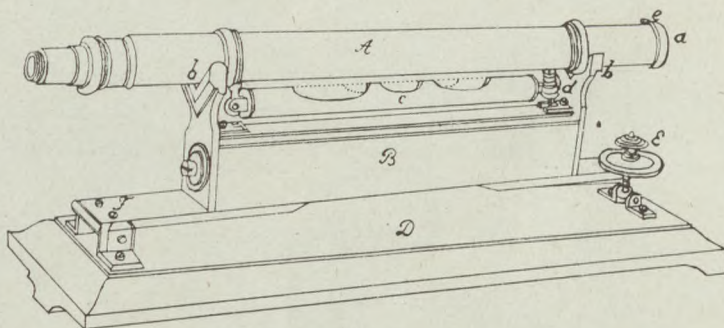
13. ábra. Mallett távcsöves és libellás szintező műszere háromlábú állvánnyal.

Bion távcsöves szintező műszerén a libella és a távcső egymás mellé volt helyezve. A libella két ékszerűen kivágott lemez nyílásában feküdt, a lemezek közül az egyik függőleges irányban elmozdítható volt. A mű-

szeren volt szintező csavar is. Általában a műszer a *Mallet-féle*nek volt egy változata.

A libella lényegét azonban *Bion* sem ismerte, mert szerinte „a libella egy egészen egyenes üvegcső, mindenütt egyenlő átmérővel és falvastagsággal. Megtöltik — néhány csepp kihagyásával — borszesszel, vagy egyéb nem könnyen megfagyó folyadékkal. A cső végeit csúcsosan kihúzzák és leforrasztják.”

Ugyancsak ilyen téves felfogása volt az augsburgi *Georg Friedrich Brander*nek (1713—1783) is, bár ő a libella csövét belül is csiszolta, de csak azért, hogy az *nagyon megközelítse a hengeres formát*.



14. ábra. Brander libellás és távcsöves szintező műszere.

Brander műszerét *Lambert* írja le s művében ő közli a 14. ábrán bemutatott műszerrajzot.

Brander műszerén a szintező libella a távcsőhöz van erősítve; a kiemelhető és átfektethető távcső pedig két függőleges lemez ékszerűen kivágott nyílásában fekszik.

Ezek a lemezek mereven vannak kapcsolva a *B* testtel, amelyet a lemezrúgós *E* mikrométercsavarral lehet parányi módon emelni és süllyeszteni. Ez tehát a *szintező csavar*.

Talpcsavarok a műszeren még nincsenek, a műszert asztallapra, vagy köpillérre kellett helyezni, amelyen *három* felfekvési helyen nyugodott.

A *Brander-féle* műszert már csak alhidádé tengellyel és talpcsavarokkal kellett ellátni, hogy megszülessen a szintező műszer mai formája.

II. RÉSZ.

KÜLFÖLDI ÁLLAMOK ORSZÁGOS FELSORENDÚ SZINTEZÉSÉNEK MŰSZEREI ÉS MÓDSZEREI.

1. Hollandia országos felsőrendű szintezése.

a) A szintező műszer.

A szintező műszer távcsöve és a szintező libella egymással mereven van kapcsolva, de együttesen a műszertalpról levehető. A műszeren nincs szintező csavar és nincs külön alhidádé libella sem.

A műszer tehát a mi jelölésünk szerint:

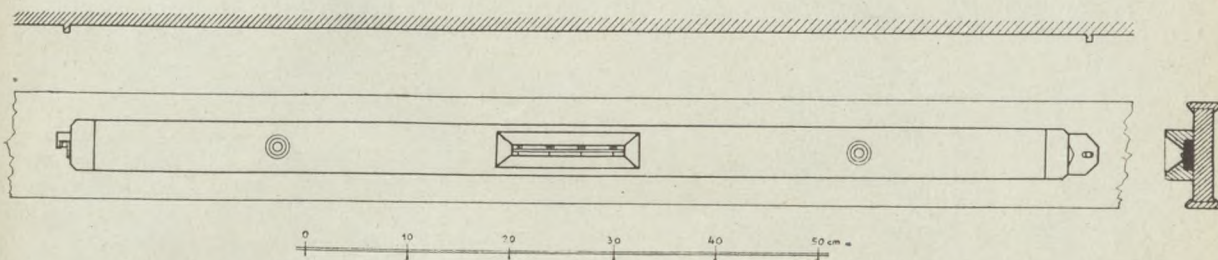
V. minta, σ -nélkül, L' -nélkül.

A távcső optikai adatai a következők:

Objektív-nyílás: 36 mm
Gyújtó távolság: 350 mm
Nagyítás: 40-szeres.

A távcsőben két függőleges és három vízszintes szál van, az utóbbiak közül a két szélső csupán távmérésre szolgált.

A szintező libella légtartállyal ellátott; állandója 6,2" pro párizsi vonal. A libella csövet üveghenger burkolja, amelyen ugyancsak párizsi vonalas beosztás van. Az üvegcsővel való burkolás nagyon előnyös a hőszigetelés



1. ábra. A holland országos szintezés normálméterének felülnézete és keresztmetszete.

szempontjából, a rajta lévő beosztás pedig a leolvasáskor fellépő parallaxis kiküszöbölésére szolgál.

A szintező libella felett egyszerű, 45° alatt hajló síktükör van, tehát a buborékvégék leolvasását *felülről* nézve végezték.

b) Szintező lécz.

A szintező lécz \perp keresztmetszetű, alsó saruja a hossz tengelyre merőleges síkban végződik. Ennek megfelelően a kötőpontokon felülről domború pontjelzést alkalmaztak.

A lécz hossza 3 m. Beosztása *vonásos*. A vonások vastagsága 2 mm. A legkisebb beosztásrész 10 mm. Az egyes dm vonások számozva vannak. A lécz függőlegessé tétele, állandóan rászerezelt szelencés libellával történt.

Mérés alatt úgy a léctartó, mint az észlelő nem a földön állott, hanem külön szállítható, három ponton nyugvó deszkaalazaton.

A lécz és a műszer közti távolság átlagosan 60 m, maximuma 100 m. A léctávolság egyenlőségének betartása mérőszinórral történt.

A léczhossz mérés alatti változásainak megállapítására (komparálására) acél normálméter (1. ábra) szolgált. Szerkezete és használatának elve Cohen Stuarttól és Stamkarttól származik.

Cohen Stuart és Stamkart a delfti politechnikának voltak tanárai. Az előbbi ott a direktori tisztet töltötte be.

A lécen egy-egy méter távolságban kissé kiálló pecek voltak elhelyezve. A normálméteren az egyik vég (alsó) sík végződésű volt, a másik

(felső) végén pedig kis bevágást találunk, amely a pecekkel érintkezésbe volt hozható. E helyzetben az alsó végződés és a következő pecek között kis köz maradt, amelynek nagyságát acélból készült normál *ékekkel* lehetett megmérni (2. ábra).

A komparálást minden mérési napon a mérés megkezdése előtt végezték el.

c) A mérés módszere.

A mérés módszere *Cohen Stuart* tanártól származik, aki azt 1877-ben publikálta. A módszert róla *Cohen Stuart*-féle eljárásnak, vagy *hollandiai* eljárásnak nevezik.

A módszer lényege abból áll, hogy lécleolvasás helyett a szintező szálat valamelyik *cm* mező közepére állítják s utána a buborék állását leolvasásák. A nyert buborék-állásból a szálbeállításnak megfelelő lécleolvasást redukálják a *középen* álló buboréokra. A redukáláshoz ismerni

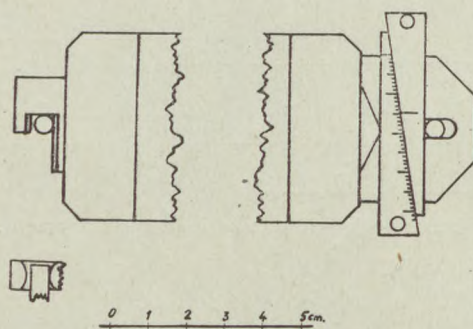
kell a léccs és a műszer egymástól való távolságát, továbbá a szintező libella állandóját.

A mérést *két* észlelő és *egy* jegyzőkönyvvezető végezte.

A méréshez *két* léccet használtak.

Minden állásban, észlelő váltással egy-egy *hátra* és egy-egy *előre* irányzást végeztek. A következő állásban aztán előbb az *előre* s utána a *hátra* irányzást végezték el.

A mérés részletezése a következő:



2. ábra. A holland normálméter végződéseinek felülnézete.

I. Irányzás hátra.

Az egyik észlelő a távcsőbe belenézve ráirányított a lécre, a másik észlelő ezalatt a szintező libella buborékját megközelítően középre állította. Ezután a távcsőbe néző a megfelelő talpcsavarral a szintező szálat annak a *cm* mezőnek közepére állította, amelybe az behelyezkedett és leolvasta a két távmérő szál állását. A beállítás elvégzése után a másik észlelő a buborék két végét leolvasta.

Most a távcsőbe néző beállította a szintező szálat a felette lévő *cm* mezőbe, a másik leolvasta a buborék két végét.

Végül beállította az alatta lévő *cm* mezőbe s a másik leolvasta a buborék két végét.

Ezután észlelő-váltás következett s utána az előbbi műveletek teljes megismétlése.

II. Irányzás előre.

Az elvégzendő műveletek ugyanazok, mint előbb.

A jegyzőkönyvvezető rögtön számított is és a műszerállást csak akkor hagyták el, ha a két észlelő által nyert magasságkülönbségek egymással egyeztek.

*

A *Cohen—Stuart*-féle eljárás előnye az, hogy a lécleolvasás helyett a cm mező felére való beállítást kívánja meg, ami mindig pontosabb, mint a leolvasás, mert a szem nagyon érzékeny a szimmetriás helyzet megállapítására.

Hátránya azonban az, hogy a mérés időtartamát a beállítással megmozgatott libella buborékjának megnyugvása nagyon megnyújtja s így az eljárásban a két észlelőre előírt három-három felezés, érzékeny szintező libella esetén, nagyon hosszúvá teszi az egyes műszerállások időtartamát. Ez pedig az időközben bekövetkező refrakció-változások, de különösen a lécsüllyedések miatt nem előnyös.

A deszkapódiumon való észlelés is azt mutatja, hogy a libella buborékját nem könnyű teljes nyugalomba hozni.

A hollandiai szintezésben ezzel az eljárással mégis nagyon jó eredményeket értek el, de ez fő részben nem a fenti eljárásnak volt köszönhető, hanem annak, hogy a kötőpontok nagyon szilárdak voltak s így lécsüllyedések nem következtek be. Ugyanis kötőpontokul a csatornák szádfal-cölöpeibe bevert gömbölyű fejű szögeket használtak.

Érdekes, hogy ebben az eljárásban találjuk az első nyomát az egyes műszerállásokban végzendő oda-vissza szintezésnek.

Ámde ezt az eljárást még tökéletlenül alkalmazták, mert csak az egy-mást követő műszerállásokban váltogatták az irányzások sorrendjét. Ez az eljárás némileg kiküszöböli az előre és a hátra irányzásokban fellépő refrakció-különbségeket, de a műsersüllyedéseket nem eliminálja.

2. Svájce országos felsőrendű szintezése.

a) A szintező műszer.

Az *E. Kern* műhelyéből származó műszer (3. és 4. ábra) szabad távcsővel és szabad libellával bír. Van szintező csavarja és alhidádé libellája.

A mi osztályozásunk szerint tehát a műszer

III. minta, σ -val és L' -vel.

A távcső objektívnyílása: 34 mm,
 „ „ „ gyújtótávolsága: 40 cm,
 „ „ nagyítása: 42-szeres.

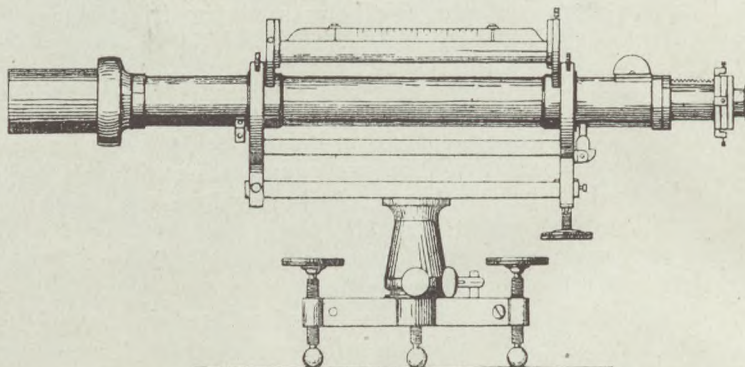
A szintező libella állandója pro párizsi vonal 3" (hatvanas másodperc).

A műszer az állványon három, alul gömbfelületben végződő csavaron állott. Összekötő csavar nincs, a lefogás a talpcsavarok végein, azok kivágásába akasztható kampókkal történt (ez az ú. n. *Wild*-féle rendszer).

A távcsőben a szintező szálon kívül még egy vízszintes szál van, amelyet mikrométercsavarral lehet függőleges értelemben elmozdítani. Ez a berendezés a leolvasás pontosságának fokozását célozta, mert a leolvasás második részét a mozgószál ráállításával és a mikrométer leolvasásával

szabatosan lehetett megállapítani. Ámde a pontosság fokozása nem következett be s egyébként sem bizonyult előnyösnek (elhúzta a mérést), ezért később mellőzték, ellenben még két vízszintes szálát helyezték el szimmetriásan a középsőhöz, a szintező szálhoz.

A több vízszintes szál alkalmazása először itt történt.



3. ábra. A Kern-féle szintező műszer oldalnézete.

b) A szintező lécz.

A lécz (5. ábra) száraz fenyőfából készült. Hossza 3 m, szélessége 8 cm, vastagsága 2,2 cm. Hátsó részének közepén $4,8 \text{ cm} \times 2,0 \text{ cm}$ keresztmetszetű léccel volt merevítve.

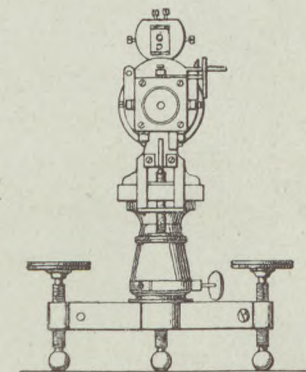
A lécz kettős sávos osztású volt; a legkisebb osztásrész 1 cm.

Minden cm meg volt számozva (a páratlanok a jobboldalon, a párosak a baloldalon). A beosztást a Kern-műhely osztógéppel készítette. A bevésett vonások mélyedését kézfestéssel töltötték ki.

A nagy magasságkülönbségek miatt gyakoriak voltak a kis léctávolságok s ezért később a fehér centiméter mezőben mm-es, vonásos beosztást létesítettek.

A lécz alul vassarúval volt felszerelve, amely gömmbel lezárt hengeres pecékben végződött.

A léczet mérés közben vassarúra helyezték, melynek közepén felülről homorú, félgömb alakú bemélyedés volt. A lécz végződését ebbe a nyílásba helyezték.



4. ábra. A Kern-féle szintező műszer homloknézete.

Megjegyzem, ez nem előnyös megoldás, mert a homorú mélyedés könnyen eltömődhet.

A léczet 1 m magasságban, két ferdén elhelyezett állványlábbal támaszthatták meg (5. és 6. ábra), de ezt csak akkor használták, ha széles idő volt. Különben a léczet a figuráns csak a fogantyúnál fogva tartotta úgy, hogy a kiigazított szelencés libella buborékja közepén legyen.

A lécc függőlegessé tételére szelencés libella és függő szolgált. Az utóbbit a szabadban dolgozva csupán a szelencés libella igazított voltának ellenőrzésére használták.

c) A mérés végrehajtása

A svájci szintezésben alapelv volt a mérés és a számítás teljes szétválasztása, azaz a mérés alatt (a terepen) nem számítottak, a számítás csupán a mérés végrehajtása után, az észlelő mérnök részéről beküldött jegyzőkönyvek alapján az irodában történt.

A mérési pontosság megállapítására és egyúttal a durva hibák felfedezésére a zárt vonalak (poligon) mentén való szintezést vezették be, mert a szakaszok szintezésének megismétlését a gazdaságosság szempontjából nem tartották előnyösnek. Persze ezzel lemondtak az oda-vissza szintezések amaz előnyéről, amely a lécc és műszer-süllyedések kiküszöbölésében, illetve hatásuk kisebbitésében áll.

A poligonok záróhibájának legnagyobb megengedett értéke:

$$3\sqrt{L}$$

ahol L a poligon hossza kilométerben; a számított érték milliméterben értendő.

A mérés végrehajtásának fontosabb szabályai az alábbiak voltak:

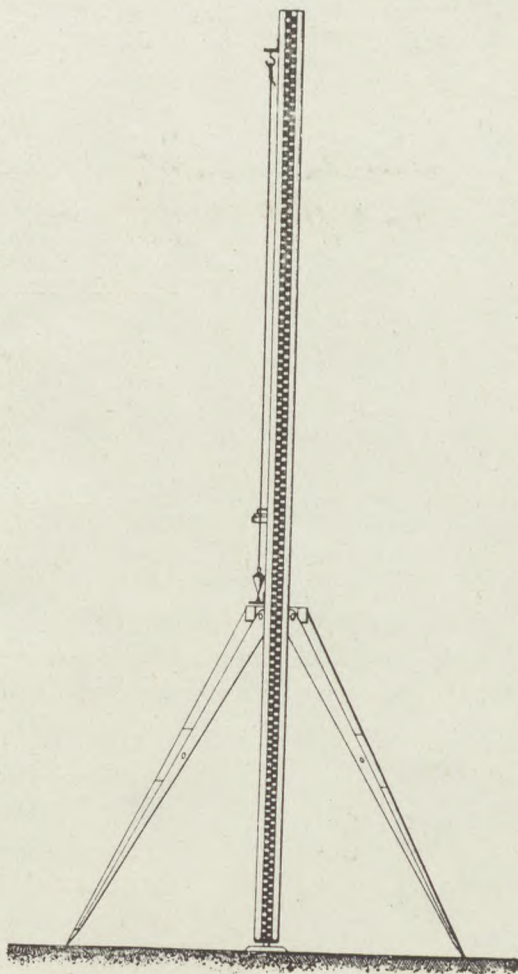
1. Az előre- és a hátrairányzás távolságai egyenlők legyenek. A két távolság megengedett legnagyobb eltérése 10 m (elég nagy érték!).

2. A lécc és a műszer egymástól való távolsága:

a) vasúti töltésen 1% emelkedésig:	100 m,
b) vasúti töltésen 1%-nál nagyobb emelkedésen:	50—100 m,
c) síkvidéki utakon:	30—60 m,
d) hegyvidéki utakon:	10—25 m.

3. A kötőpontokon a léccet vassarura helyezték. A függőlegessé tétel szelencés libellával végzendő, melyet időnként a függővel kell vizsgálni és

Oltay: A szintezés fejlődése stb.

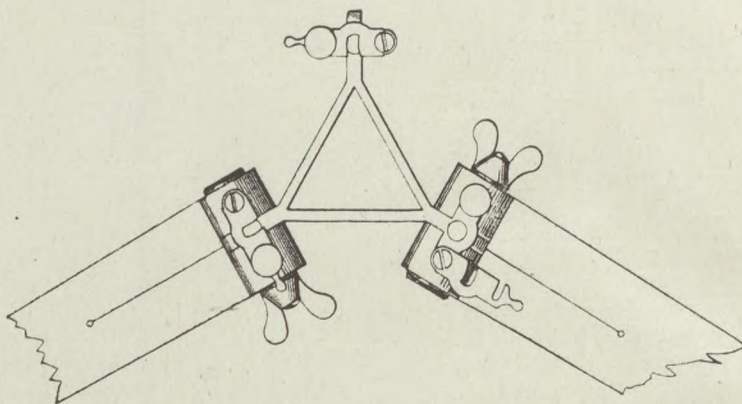


5. ábra. A svájci szintező léccé nézete a kétlábú kitámasztó állvánnyal.

igazítani. Szeles időben a lécz külön, kétlábú s a léchez csavarható statívval támasztandó meg (6. ábra).

4. A műszer fölé a mérés alatt mindig ernyő tartandó.

5. A műszer állandók havonként legalább egyszer állapítandók meg.



6. ábra. A léchez kitámasztó állvány felülnézete.

A vizsgálat elvégzendő:

- az irányvonal központosítására,
- a csapgyűrűk átmérőjének egyenlő voltára,
- a szintező libella és az irányvonal párhuzamosságára.

6. Az egyes műszerállásokban a mérés a következő módon végzendő:

Irányzás *hátra*, utána buborék-leolvasás,
léc-leolvasás három szálon és
ismét buborék-leolvasás.

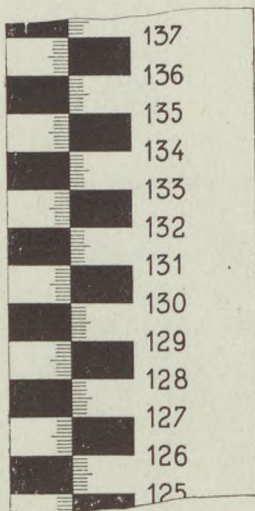
Irányzás *előre*, utána az előbbi műveletek.

E szerint minden műszerállásban csak *egy* mérést végeztek.

A mérést *egy* léccel hajtották végre.

A lécz komparálását a mérési szezon előtt és után a Wild professzor által tervezett léczkomparátoron végezték el Bernben, a Bureau des Poids et Mesures helyiségeiben.

Amint látható a Hirsch és Plantamour által vezetett svájci szintezésben alkalmazták először a több, szimmetriás szálon végzett leolvasást és azt, hogy a szintező libellát nem állították középre, hanem leolvasták a buborék állását.



5/a ábra. A szintező lécz újabb beosztása (a cm-n belül vonásos mm osztás).

*

A vázolt eljárástól később kisebb részletekben eltértek és pedig:

1. A lécen a fehér *cm* sávokat *mm*-es beosztással látták el (5. a. ábra) s ezért a lécs- és a műszertávolságot lecsökkentették mintegy 25 *m*-re.

2. 1898-tól kezdve a Goulier-féle szintező léceket alkalmazták.

3. A léceket mérés közben is komparálták acélnormálméterrel.

Minden műszerállásban két léceket alkalmaztak (1895-től) és pedig minden műszerállásban először az egyik, azután a másik léccel mérték a kötőpontok magasságkülönbségét.

Tehát a mérést már megismételték, de nem oda-vissza méréssel (azaz a két léccel egyszerre) s így a műszersüllyedés hatását nem küszöbölték ki.

*

Svájcban 1902-ben határozták el egy új magas szabatoságú szintezési hálózat fejlesztését, melyből a főhálózatot 1927-ben fejezték be.

A szintezett vonalak hossza ebben a főhálózatban 2933 *km* volt.

A hozzá csatlakozó másodrendű hálózatból, mely ugyancsak magas szabatoságú volt, 1932-ig 886 *km* készült el. Összesen tehát 3819 *km* van készen 13406 alapponttal. Az egyes alappontok átlagos távolsága 300 *m*.

Ebben a hálózatban középen álló buborékkal szinteztek, egyszerre két léceket használva, tehát minden műszerállásban oda-vissza mérést végeztek.

Minden vonal mérését ugyancsak oda-vissza végezték el.

3. Németbirodalmi országos felsőrendű szintezések.

Németországban több állam végzett és végez országos jellegű szintezést s ezek közül részletesen a két legnagyobb terjedelmű felsőrendű szintezésről emlékezünk meg. E fejezetben még a Vogler-féle és a Zeiss-féle műszerfelszereléseket is ismertetni fogjuk.

3/a. A Reichsamt für Landesaufnahme országos szintezése.

A Reichsamt für Landesaufnahme első országos szintezése 1868-tól 1894-ig tartott. Ez idő alatt 16.000 *km*-t szinteztek. Az elhelyezett pontjелеk száma 12.800 volt, azaz kilométerenként 0,8 volt a pontok száma.

Ebben az első periódusban az alább ismertetendő műszert és léceket alkalmazták, de a műszer távcsővében kettős szál még nem volt. A mérést a svájci módszerrel, azaz lécleolvasással és buborékleolvasással végezték és pedig minden műszerállásban oda-vissza méréssel.

1895—1909 közt a tengerparton végeztek szintezéseket főleg a mareográfok 0 pontjai közti magasságkülönbségek meghatározására (második periódus).

1909 és 1912 közt pedig kiegészítő méréseket végeztek (harmadik periódus).

1912-ben határozták el egy újabb magas szabatosági szintezés elvégzését (negyedik periódus) s ebben, a háború miatt csak 1919-ben megkezdett mérésben alkalmazták az újabb módszert, nevezetesen lécleolvasás helyett a kettős szállal való ráállítást (közrefogást) vezették be. Ezt a módszert különben már 1898 óta a tengerparti szintezésekben kezdték alkalmazni.

A mérési eljárások fejlődését igen jól mutatja az alábbi táblázat, melyben az egyes periódusok kilométeres középhibái vannak egybefoglalva. Az első két oszlop az oda-vissza mérések eltéréseiből számított *km-es középhiba* értékeket tartalmazza és pedig rövid (1—2 km) távolságú és hosszú (50—80 km) távolságú szintezésekből levezetve, a harmadik oszlop pedig a kiegyenlítés utáni középhibát adja meg.

A 4. periódus szintezését nagyon előnyösen jellemzi az, hogy a középhibák bámulatosan kicsinyek, továbbá, hogy a középhiba szabályos része nagyon kicsi.

Folyószám	A szintezés időpontja		Km-es középhiba		Kiegyen- lítésből
			kis távolságok	nagy távolságok	
			eltéréseiből		
1.	1. periódus	(1868—1894)	± 1·33 mm	± 2·46 mm	± 2·04 mm
2.	2. „	(1894—1909)	0·68	0·89	2·68
3.	3. „	(1909—1912)	0·59	1·07	1·00
4.	4. „	(1918—1927)	0·33	0·28	0·46

Az 1. és a 4. periódus adatai — *Jordan, Vermessungskunde* II. 2. kötetből valók,

a 2. és 3. periódus adatai *Lallemand* 1912. évi hamburgi jelentéséből valók.

Az alábbiakban a *Reichsamt für Landesaufnahme*-nak a negyedik periódusban végzett *magas szabatosságú országos szintezését fogom ismertetni.*

a) A szintező műszer.

A szintezésben használt műszert *C. Bamberg* fridenauai mechanikus cég készítette.

A műszeren a libella a távcsőhöz van erősítve, de együttesen levehető a műszerről.

A műszeren van szintező csavar és van alhidádé libella.

A mi jelölésünk szerint a műszer:

V. mintájú, σ -val, L'-vel.

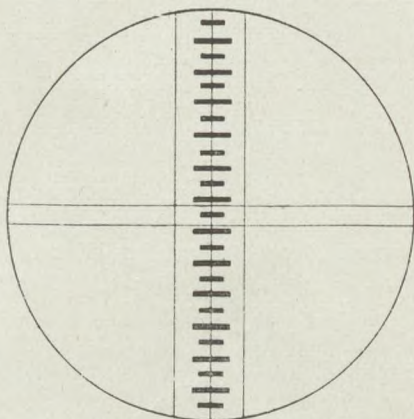
A műszer távcsővének adatai az alábbiak:

objektívnyílás: 40 mm,
gyújtótávolság: 440 mm,
nagyítás: 40-szeres.

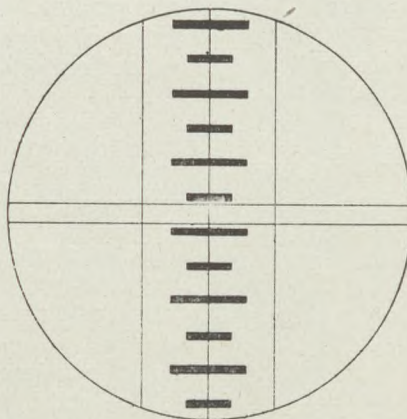
A távcsőben két közfekvő vízszintes szál van. Ezek távolsága valamivel nagyobb, mint a lécen levő beosztás vonásképeinek ama látszólagos vastagsága, amely a lécnél a műszertől való 12·5 m-es távolságában áll elő. Az ilyen távolságú kettős szál 25 m távolságban valamivel szélesebb, mint a legkisebb lécbelosztás rész (5 mm), illetve 50 m távolságban valamivel keskenyebb, mint két beosztásrész (10 mm).

A mérés végrehajtásakor a kettős szálát beállították szimmetriás helyzetbe és pedig 50 m-es léctávolságnál valamelyik cm-mezőbe (7. ábra), 25 m körül valamelyik fél cm mezőbe (8. ábra), 12 m körül pedig azokkal egy beosztásvonást fogtak közre (9. ábra).

Az 5" állandójú szintező libella légtartályos (kamarás) volt.



7. ábra. Szálbeállítás 50 m körüli léctávolságok esetén.



8. ábra. Szálbeállítás 25 m körüli léctávolságok esetén.

b) A szintező lécz.

A Bamberg műhelyéből származó szintező lécz (10. ábra) csöves keresztmetszetű, fenyőfából készült, hossza 3 m.

A lécen vonásos osztást találunk, a vonás vastagsága 1 mm.

A vonásokat osztógéppel vésték a lécre s a keletkező mélyedést fekete festékekkel töltötték ki.

A legkisebb beosztásrész 5 mm.

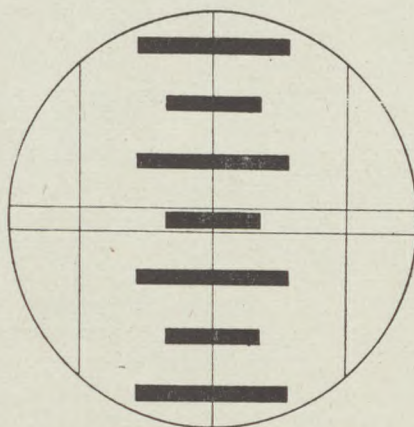
A lécen minden ötödik cm (fél dm) van számmal ellátva.

A számozás kettős.

Alulról-felfelé 0-tól 60-ig terjed, felülről-lefelé pedig a dekadikus kiegészítést találjuk 40-től 100-ig. Az utóbbi számok mellé a dekadikus kiegészítés jelét (X) írták fel.

A lécz acélsaruja sík végződésű s ezért a mérésben használt szintező sarun felülről domború felület van.

Megjegyzem, hogy a sarun (11. ábra) két különböző magasságú pontjelölés van. Ennek a másodrendű szintezésben vették hasznát, amelyben nem végeztek kettős (oda-vissza) szintezést s ezért a leolvasás esetleges durva hibájának felfedezésére ilyenkor kettős kötőponttal szinteztek.



9. ábra. Szálbeállítás 12 m körüli léctávolságok esetén.

A lécméter változásainak megállapítására, a lécméter közepén két, egymástól 1 m-re elhelyezett keresztvonalas index van.

Ezek távolságát acél normálméterrel mérték.

A normálméter két végén *egy-egy mm* hosszúságban *kéttizedmilliméteres* beosztás van, ennél fogva a lécméter hossza 0.02 mm-re pontosan állapítható meg.

A normálméter keresztmetszete 2×2 cm; külön higanyhőmérővel van felszerelve, mely bele van mélyesztve a normálméter testébe.

c) A mérés leírása.

A mérésben a kötőpontok szintező saruval voltak megjelölve.

A lécméter és a műszer egymástól való távolsága 50 m.

Ennél nagyobb távolságot csak a folyón át való szintezésekben engedtek meg. A lécméter távolságokat és a műszer

Minden műszerállásban kettős, *oda-vissza* mérést helyét mérőszinórral jelölték ki. végeztek az alábbi séma szerint.

I. Odamérés.

1. Irányzás *hátra*, a buborék közelítő középre állítása.
2. Egy beosztásvonal közrefogása a szintezőcsavarral való forgatás útján.
3. A buborékvégek leolvasása.
4. Irányzás *előre*, a buborék közelítő középre állítása.
5. Egy beosztásrész közrefogása.
6. A buborékvégek leolvasása.

II. Visszamérés.

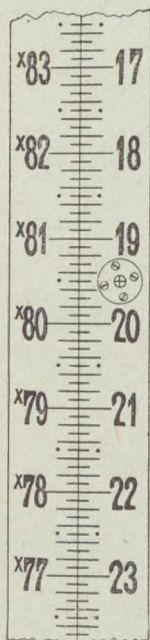
1. Irányzás *előre*, a buborék közelítő középre állítása.
2. Egy beosztásrész közrefogása.
3. A buborékvégek leolvasása.
4. Irányzás *hátra*, a buborék közelítő középre állítása.
5. Egy beosztásrész közrefogása.
6. A buborékvégek leolvasása.

A közrefogott beosztásrészről mind a két számozásban le kell olvasni.

Az így nyert két leolvasás összege mindig 100 kell, hogy legyen.

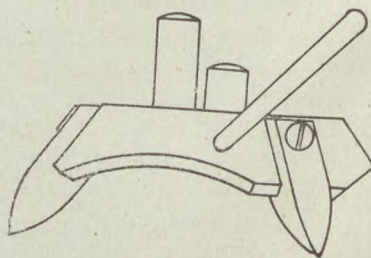
A szintezést minden vonalon *kétszer*, ellenkező értelmű haladással, tehát *oda és vissza* végezték el.

A buborék-leolvasásban fellépő parallaxis-hiba kiküszöbölésére a libellát leolvasó az egyik műszerállásban a műszertől *jobbra*, a következőkben pedig attól *balra állva* végzi a leolvasásokat.



10. ábra.

A Reichsamt der Landesaufnahme szintező lécméter beosztása és számozása.



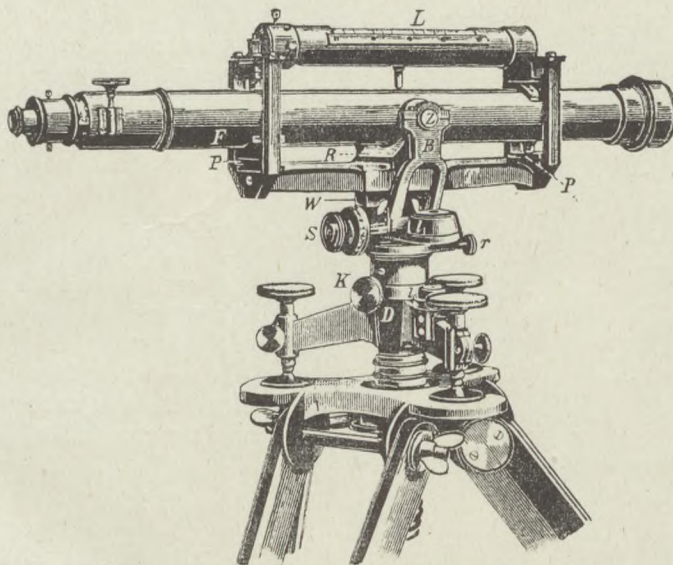
11. ábra. Szintező saru kettős kötőponttal.

A *Landesaufnahme* mérésében alkalmazták először a kettős szintező szálát és a leolvasás helyett a beosztásvonás közrefogását buborék-leolvasással.

Itt jöttek rá először arra, hogy a buborék-leolvasás a parallaxis miatt egyoldalú hibát okozhat. Ezért a libellát leolvasó felváltva az iránytól jobbra, illetve balra állt fel.

3/b. A porosz közmunkaügyi minisztérium szabatos szintezése.

Ezek a mérések azért érdekesek, mert ebben kissé átalakított módon a hollandiai szintezést, a Cohen Stuart-féle eljárást alkalmazták.



12. ábra. A Breithaupt—Seibt-féle szintező műszer.

A mérési eljárást Seibt vezette be, ő szerkesztette a mérésben használt különleges lécet. Az alább vázolt eljárást a németek Seibt-féle módszernek nevezik.

a) A szintező műszer.

Breithaupt mechanikus cég készítette a műszert, amelyen úgy a szintező libella, mint a távcső szabad volt. A műszer fel volt szerelve szintező csavarral és alhidádé libellával (12. ábra).

A műszer tehát a mi jelölésünk szerint:

III. mintájú, σ -val, L' -vel.

A távcső adatai a következők:

objektívnyílás:	40 mm,
a gyújtótávolság:	400 mm,
a nagyítás (két okulárral):	30 és 40-szeres.

A szintező libella állandója 5" (pro párizsi vonal).

b) A szintező lécz.

A mérésben csöves keresztmetszetű reverziós lécelt használtak, tehát rajta a két oldalán két beosztás van (13. ábra).

A lécz hossza 3 méter.

A számozás kettős deciméterek szerint halad az egyik oldalon 20-tól 35-ig (felfelé), a másikon 20-tól 5-ig (lefelé).

A lécz sávok osztású, a sáv szélesség 2 mm, illetve 4 mm.

A lécz beosztását a 13. ábra mutatja.

A rendestől eltérő számozásnak az a célja, hogy a leolvasásbeli durva hibák felfedezésére ellenőrzést kapjunk.

Ugyanis az ilyen számozás esetén:

1. változatlan magasságú irányvonal mellett a két leolvasás összege mindig 40,
2. a két leolvasás különbsége a lécz alsó pontjából számított leolvasást rögtön méterben adja meg.

c) A mérés leírása.

A mérésben, annak gyorsítása céljából nagy lécz- és műszertávolságot alkalmaztak.

Az átlagos távolság 80 m volt, de gyakran fordultak elő 150 m-es és 200 m-es távolságok is.

Minden műszerállásban kettős mérést végeztek (oda és vissza) az alábbi séma szerint.

I. Odamérés.

1. Irányzás hátra, a buborék közelítő középre állítása,
2. szálbeállítás az elöl levő osztáson,
3. buborék-leolvasás,
4. szálbeállítás a hátul levő beosztáson,
5. buborék-leolvasás,
6. irányzás előre és utána az előbbi műveletek 2-től 5-ig.

II. Visszamérés.

11. Irányzás előre s utána az előbbi műveletek 2-től 5-ig.
17. Irányzás hátra s utána az előbbi műveletek 2-től 5-ig.

A mérés nagyon hosszadalmas, mert a szál szabatos beállítása csak lassan végezhető el. Az itt előálló nehézségekre mutat Seibt-nek az a sajátos előírása, hogy a pontos beállítást a műszernek, vagy esetleg a lécz állványának kis kéznyomással való mozgatásával kell elérni.

A mérés lassúsága refrakcióváltozásoknak, de különösen a lécsüllyedéseknek keletkezésére adhat alkalmat.



13. ábra. A Seibt-féle szintező lécz beosztása és számozása.

A lassúság kompenzálására nagyobb léctávolságok alkalmazását írják elő, ez azonban nagyon hátrányos, mert így az előre- és a hátraírányzásokban a refrakcióviszonyok lényegesen mások lehetnek, amit pedig feltétlenül el kell kerülni.

3/c. A Vogler-féle szintező műszer és felszerelése.

A régebbi műszerfelszerelések közül kiváló figyelmet érdemel a Vogler-féle szintező műszer és szintező lécek, amelyeket a bajor országos felsőrendű szintezésekben próbáltak ki.

a) A szintező műszer.

A szintező műszer (14. ábra) lényegében a Brander-féleivel azonos, illetve abból fejlődött ki.

A szintező libella és a távcső kötött s együttesen levezethetők az alhidádéról; a műszeren van szintező csavar és van alhidádé libella.

A mi jelölésünk szerint a műszer:

V. mintájú, σ -val és L' -vel.

A műszer igazítására még egy külön, levezethető libella szolgál.

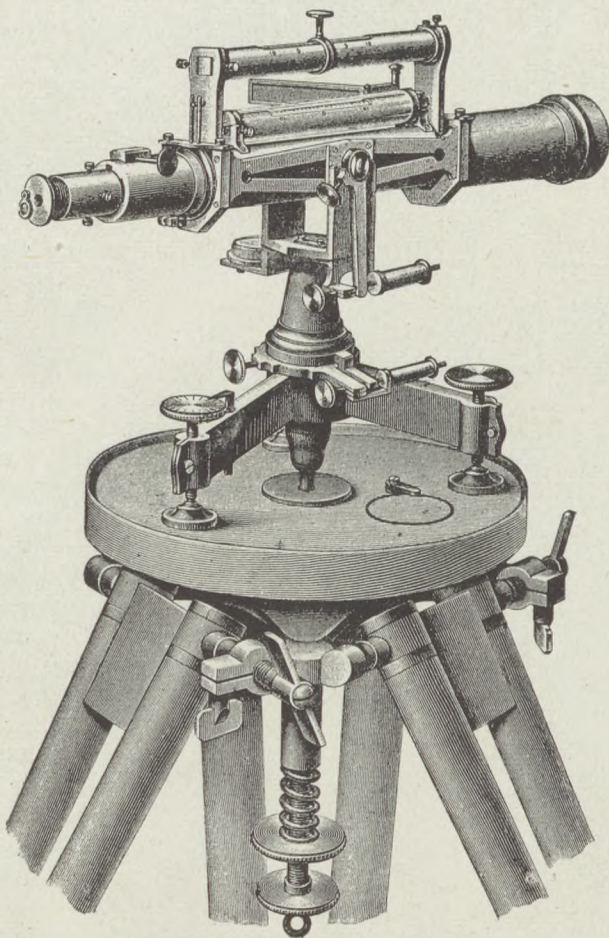
Evvel az igazítást, éppen úgy, mint a III. mintájú műszerét, egy állásból lehet elvégezni. Szerintem ez felesleges, mert a kötött szintező libellával ugyancsak egy állásból lehet az igazítást végrehajtani.

Ez a külön libella különben Reichenbachtól származik, ő a mérésben is használta, Vogler azonban csupán igazításra veszi igénybe.

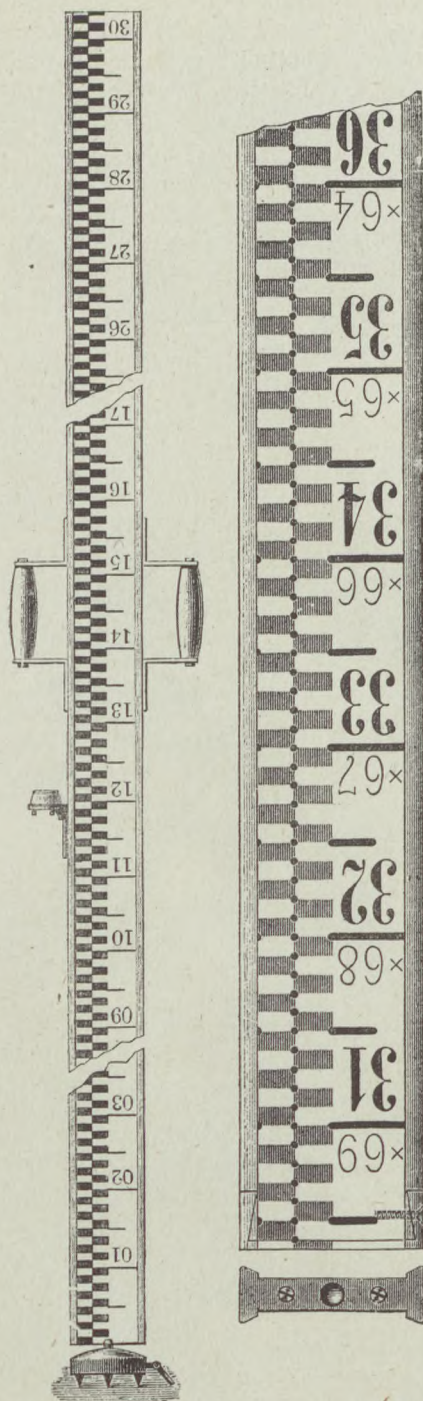
A műszer fontosabb adatai a következők:

A távcső objektívnyílása:	37 mm,
„ „ „ gyújtótávolsága:	32 cm,
„ „ nagyítása:	36-szoros.

A szintező libella állandója $6''$ pro párizsi vonal.



14. ábra. A Vogler-féle szintező műszer.



15. ábra. A Vogler-féle szintező lécz (aacheni típus).

A távcsőben három vízszintes szál van. A távmérő szálak szorzó állandója:

$$k = \frac{7.11}{4} = 175$$

b) A szintező lécz.

A Vogler-féle szintező léczet (15. ábra) az aacheni Műegyetem mechanikusa, E. Feldhausen készítette.

A lécz keresztmetszete derékszögű négyszög, a széleken védőperemekkel. Mérete 10×2 cm. Fenyőfából készült, előzetesen olajjal itatva.

A lécz reverziós, 3.035 m hosszú, a túloldali beosztás számozása a másik oldalon lévőnek folytatása, tehát ott 3.035 -el kezdődik és 6.070 -el végződik. A két léczen tett leolvasás különbsége mindig 3.035 . A *dm* számok abban a mezőben vannak, amelyben azt le kell olvasni; ezért mindig az a *dm* szám olvasandó le, amelyet a szintező szál átmetsz.

A leolvasásbeli durva hibák felfedezésére és kiejtésére a *dekadikus* kiegészítéseket is megtaláljuk a megfelelő *dm* számok alatt.

A beosztás legkisebb része *cm*, a beosztás *kettős sáv*os (piros és fehér sávok vannak egymás mellett). A *cm* mezők határán 4 mm átmérőjű fekete körfelületek vannak, amelyek a 0 körüli tizedek megbecsülését teszik pontosabbá.

A léczen alul síkban végződő saru van, középen félgömbös bemélyedéssel.

A felszereléshez két lécz tartozik. Mindegyik fogantyúval és szelencés libellával van ellátva.

A lécz mérés alatti komparálására a *Stamkart* és *Cohen Stuart*tól származó berendezés szolgál (lásd hollandiai szintezés 1. és 2. ábra). A léczbe 1 méteres távolságban négy, kissé kiálló pecek van erősítve, ezek távolságát méri a normálméter és a hozzátartozó ék. A különleges alakú normálméter egyik végével beakasztható a pecekbe, a másik végének és a peceknek távolát a normálékkel kell megmérni.

A normálméter nem használt részei faburokba vannak helyezve. Ez a berendezés nagyon előnyös, mert változó hőmérséklet esetén azt a normálméter lassan veszi át.

Minden léchez egy tolóka is tartozik, amellyel — a rajta levő dioptra felhasználásával — csatlakozni lehet a *furatos* pontjelekhez.

c) *A mérés végrehajtása.*

A mérés két léccel ment végbe.

Minden műszerállásban oda- és visszamérést végeztek és minden irányzás alkalmával leolvasták a buborék két végét, azután a lécen a három szálat s utána újra a buborék két végét.

A mérés sémája a következő:

I. *Odamérés.*

1. Irányzás *hátra*.
2. Buborékleolvasás.
3. Lécleolvasás 3 szálon.
4. Buborékleolvasás.
5. Irányzás *előre*.
6. Buborékleolvasás.
7. Lécleolvasás 3 szálon.
8. Buborékleolvasás.

II. *Visszamérés.*

9. Irányzás *előre*.
10. Buborékleolvasás.
11. Lécleolvasás 3 szálon.
12. Buborékleolvasás.
13. Irányzás *hátra*.
14. Buborékleolvasás.
15. Lécleolvasás 3 szálon.
16. Buborékleolvasás.

Vogler adatai szerint egy műszerállás időszükséglete átlagban:

9 perc

volt, ebből

- 1·5 perc esik a helyváltozásra,
- 2·5 perc a műszer felállítására,
- 5·0 perc a mérésre.

A napi teljesítmény átlag 4·2 km.

A mérési személyzet állott egy észlelőből, egy jegyzőkönyvvezetőből, két léctartóból és egy kőmetszőből. Az utóbbi helyezte el a szintezési tárcsákat, illetve gombokat, ő készítette elő a műszerállásokat és kijelölte lelépéssel a kötőpontokat.

A kötőpontokat szintező sarukkal jelölték meg.

A léccel komparálását naponta végezték el.

3/d. A Zeiss-féle szintező műszerek és felszerelésük.

A Zeiss-féle optikai és szabatos mechanikai intézet a jelen század elején készítette a II és III-al jelölt, szabatos szintezések végrehajtására szolgáló szintező műszereket és a hozzátartozó invárszalagos szintező léceket. A műszereket később tökéletesítette és ezeket B és A jelzéssel hozta forgalomba.

Ezek a műszerek kiváló figyelmet érdemelnek nemcsak újszerűségük miatt, de azért is, mert sok olyan részletet tartalmaznak, amelyekkel való-

sággal új irányba vitték a szintező műszerek szerkesztését. Ilyen újítások:

1. a belső képállító lencse alkalmazása,

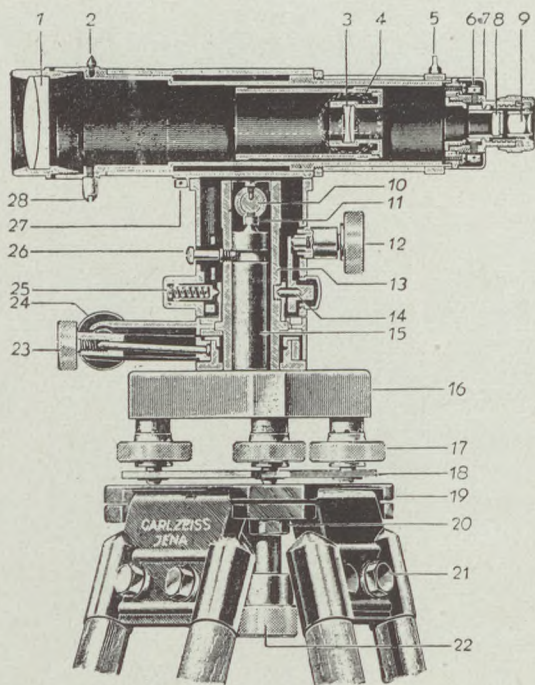
2. a kettős tengelyű (bi-axiális) távcső használata,

3. a buborékvégek koincidenziába állítása az eddigi középre állítás helyett,

4. optikai mikrométer alkalmazása a leolvasás pontosságának fokozására,

5. ékszerűen készített vízszintes szál alkalmazása,

6. a lécosztásnak invárszalagon való készítése.



16. ábra. A Zeiss-féle III. számú szintező műszer metszete.

a) Szintező műszerek.

A szabatos szintezésre szolgáló első típusokon (gyári jelzés II és III) került először alkalmazásra a belső képállító lencse, a buborékvégek koincidenziás beállítása és a kettős tengelyű távcső.

E műszerek metszetét a 16. ábra, perspektivikus képeit pedig a 17. és 23. ábrák mutatják.

A műszerek fontosabb adatai a következők:

	II. típuson	III. típuson
A távcső objektív átmérője:	35 mm	45 mm
A távcső hossza:	25 cm	40 cm
A távcső nagyítása:	31	36
A szintező libella állandója pro párizsi vonal:	22'6"	11'3"
Az alhidádé libella állandója:	11'	11'
A műszer súlya:	2'7 kg	4'5 kg
A műszertok súlya:	2'2 kg	3'2 kg
A műszertok mérete cm-ben:	14 × 21 × 24	12 × 22 × 40

Az adatok között feltűnő a nagyításnak és az állandónak *kis* értéke, valamint a műsersúly csekély volta. A szabatos szintezésre szolgáló műszereken erősebb nagyítást s a kellő stabilitás miatt nagyobb súlyt kívánunk meg.

A *II.* és *III.* jelzésű műszereken, éppen úgy, mint a későbbi szabatos műszereken is, a távcső és a libella egymáshoz és bizonyos tekintetben az alhidádéhoz kötött és *együttesen átforgatható* a távcső mértani tengelye körül.

A *szintező libella reverziós* (Amsler-rendszerű), tehát *átforgatott* helyzetében is használható.

A távcső *kettős* tengelyű (bi-axiális), nevezetesen az objektíven is van szátkereszt és az okuláris, lecsavarva, az objektív elő helyezhető.

A műszer tehát különleges szerkezetű *V. mintájú* műszernek tekinthető.

*

A műszeren fontos újítás az, hogy a buborék középre állítása helyett a buborékvégék félrészeit *prizmás berendezés* segítségével *koincidenzába* lehet hozni. A koincidenzának a prizmarendszer helyzetétől függő, de *mozdulatlan* prizmarendszer esetén *állandó* jellegű buborékállás felel meg, tehát pótolja a középre állítást. A prizmarendszer megfelelő eltolásával a szintező libellának a távcső irányvonalához való igazítása egyszerű módon végezhető el.

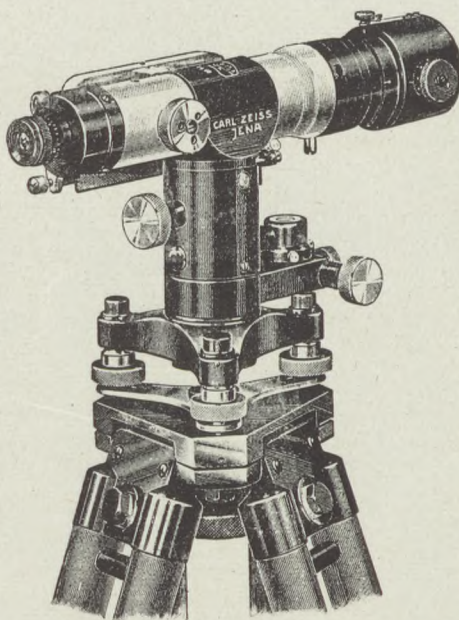
A prizmarendszer szerkezetét nézetekben a *18. ábra*, perspektívikusan pedig a *19.* és a *20. ábra* mutatja.

A prizmarendszer két prizmából áll.

A *nagyobbik* (*A, B*) prizma közvetlenül a libella fölé van helyezve és két szimmetriás részből (*A* és *B*) áll. Ennek felső és alsó lapja egymással párhuzamos, ezek a mérés alatt vízszintesek. A jobboldali és baloldali határlap ezüstözött, ezek a mérés alatt függőlegesek, de a libellatengelyhez 45° alatt hajlanak. Az ábrán előlévő határlap szintén ezüstözött s ez a mérés alatt a vízszinteshez 45° alatt hajlik. Az (*A, B*) prizma közepén egyegy, a vízszinteshez 45° alatt hajló *ezüstözött* oldal van.

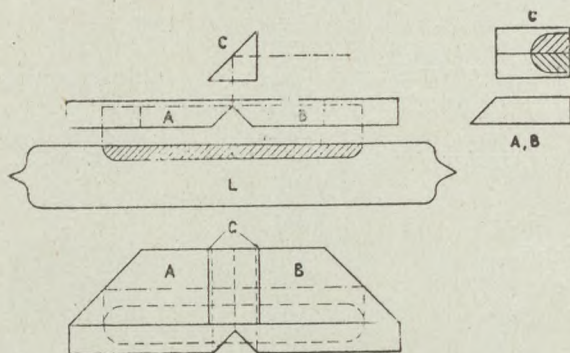
Az (*A, B*) prizma a libella fölött olyan elhelyezésű, hogy a prizmalap felül lévő homlokéle a buborékot hosszanti irányban felezi.

A *második*, *C*-vel jelölt kisebb prizma az (*A, B*) prizma felső elválasztó éle fölött van. Átfogó lapja ezüstözött s ez a lap a vízszintessel 45° -ot zár be.



17. ábra. A Zeiss-féle *III.* számú szintező műszer perspektív képe.

A *C* prizmába nézve a libella hosszanti tengelye irányából a buborék két félvégének képét látjuk. Ha a buborék elmozdul, akkor ezek a képek egymáshoz képest eltolódnak. A buboréknak mindig van egy olyan helyzete, amelynél a két vég képe egymás mellé jut úgy, hogy a buborékvég teljes képének látszik.



18. ábra. A Zeiss-féle koincidiációs prizmarendszer nézetei.

Ez az ú. n. *koincidiációs helyzet*, s ezt veszszük a *buborék középén állásának*.

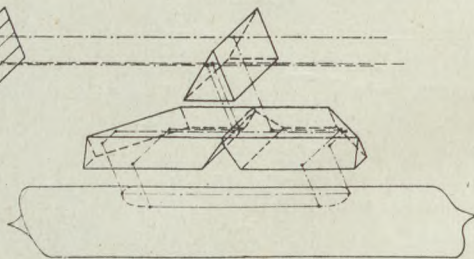
A koincidiációs beállításnak kétségtől nagy előnyei vannak a középbe állítással szemben és pedig:

1. a libella csövén nem keli beosztást létesíteni,
2. a libellatengely igazítása a távcső irányvonalához képest egyszerű módon, a prizmarendszer vízszintes eltolásával végezhető el,
3. a buborékvégek eltérése mindig a buborék kitérésének *kétszeres* mértékével egyenlő, tehát a kitérést nagyon érzékenyen mutatja,
4. a koincidenencia megítélése szabatosan végezhető, mert a szem nagyon érzékeny a szimmetria megítélésében,
5. a koincidenencia előállítása, helyzetváltoztatás nélküli, az okuláris meőlől végezhető el.

E szerint tehát ugyanazt a beállítási pontosságot kevésbé érzékeny libellával is el lehet érni.

A koincidenencia pontosságát fokozandó a buborékvégeket *nagyító üvegen* át lehet szemlélteni. A Zeiss-intézet kísérletei szerint ilyen módon a beállítás pontossága $\frac{1}{40}$ -ed része a libella állandójának (a II. típuson ez $\frac{1}{2}$ "-et, a III. típuson ez $\frac{1}{4}$ "-et jelent).

A libellának és a prizmarendszernek részletes metszetét látjuk a 21. ábrán. Ezen a libellacső befoglalása és az igazító csavarok is fel vannak tüntetve.



19. ábra. A Zeiss-féle koincidiációs prizmarendszer perspektív képe.

*

A másik fontos újítás az, hogy a parallaxis eltüntetése egy belső, ú. n. *képállító lencsével* végezhető el.

E rendszer előnyei a következők:

1. A távcső hossza állandó.
2. A távcső belsejébe, gondos tömitést feltételezve, tisztátalanságok nem juthatnak.

3. A beállító lencse vezetésbeli hibái (az irányvonal ingadozásai) kisebb hatásúak, mint a rendes távcső szálcsovének ugyanolyan méretű vezetési hibái.

4. A képállító lencse és az objektív *teleobjektíves* rendszert adnak s ezért *kis távcsőméretekkel erős nagyítást* lehet elérni.

Természetesen e rendszernek vannak hátrányai is. Az egyik az, hogy a távcső fényerősségét a képállító lencse csökkenti, a másik pedig az, hogy az ú. n. secundár spektrum e rendszernél nagyobb eltéréseket adhat, mint az egyszerű távcsőnél. Az első hátrányt könnyen ki lehet küszöbölni nagyobb nyílású objektív alkalmazásával, a másikkal azonban ilyen rendszer alkalmazásánál mindig számolni kell.

*

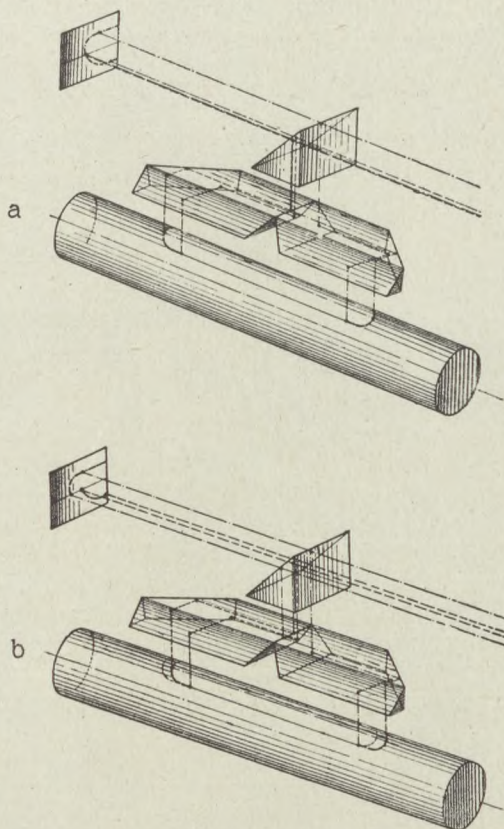
További újítás az, hogy a távcső *kettős tengelyű*, azaz *bi-axiális* (22. ábra). Nevezetesen az objektíven is készítenek szálcskeresztet, az okulárist pedig, lecsavarva eredeti helyéről, át lehet tenni az objektív elé. Ezt úgy érték el, hogy az objektívrá helyezik a védőkupakját s ebbe csavarható bele központosan az okuláris.

Természetesen a távcsövet úgy kell készíteni, hogy a távcső két irányvonala egymással és a távcső mértani tengelyével egybeessen.

A távcsőnek biaxiális volta a libella és távcső igazítása ($J \parallel L$) alkalmazásával kerül alkalmazásra. A mérés, a szintezés szempontjából jelentősége nincs, *a mérés mindig az okuláris ugyanazon helyzetével, tehát ugyanazon irányvonallal végzendő el.* Az okuláris mérés alatti áthelyezése nem kívánatos először is azért, mert az áthelyezés műveleteivel (védőkupak ráhelyezése az objektívre, az okuláris kicsavarása és utána a védőkupakba való becsavarás) a műszert megrázkodtathatjuk s műszersüllyedést idézhetünk elő, másodszor azért, mert evvel a mérés idejét elnyújtjuk s így alkalmat adunk lécsüllyedések és refrakcióváltozások létrejöveteléhez.

*

A távcsövet a libellával együtt, a mozdulatlan csapgyűrűkben át lehet forgatni 180°-ra a távcső mértani tengelye körül.



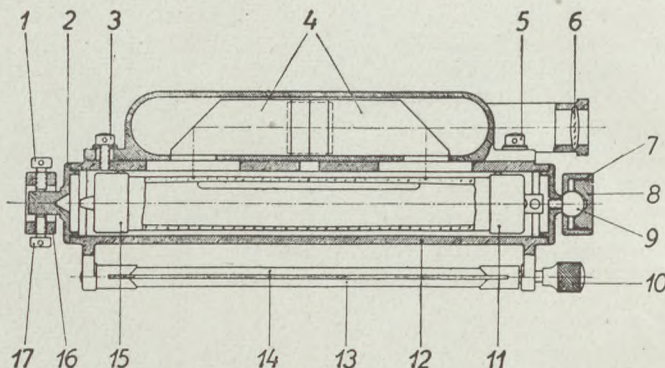
20. ábra. A Zeiss-féle koincideniás prizmarendszer perspektív képe koincidáló és nem-koincidáló buborékhelyzettel.

A lécre való irányzás tehát *négy* helyzetben végezhető el és pedig:

I. Szintező libella *balról, okuláris a rendes helyzetben.*

II. Szintező libella *jobbról* (a táveső mértani tengelye körül 180° -kal való átforgatás után), *okuláris a rendes helyzetben.*

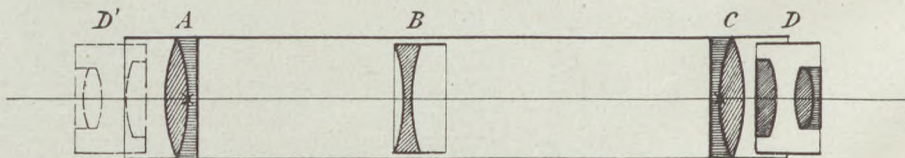
III. Szintező libella *balról, a függőleges tengely körüli 180° -ra való átforgatás után, okuláris az objektív oldalon.*



21. ábra. A Zeiss-féle libella és a koincidenciásprizmarendszer vízszintes metszete.

IV. Szintező libella *jobbról* (a táveső mértani tengelye körül 180° -ra való átforgatás után), *okuláris az objektív oldalon.*

Ha az egy helyben álló szintező lécre mind a négy helyzetben végzünk irányzást, buborék középre állítást és leolvasást, akkor a *négy leolvasás számtani közepe* a *vízszintes* irányzásnak megfelelő leolvasást adja, feltéve, hogy a táveső két irányvonala egymással párhuzamos ($J_1 \parallel J_2$) és hogy



22. ábra. A biaxiális táveső vázlatos metszete.

a libella két tengelye (tengely alatt értve a koincidenciás helyzetnek megfelelő buborékközéppont érintőjét) is egymással párhuzamos ($L_1 \parallel L_2$).

A táveső biaxiális kiképzése, továbbá a mértani tengely körüli átforgatás lehetősége tehát csupán a műszer igazítása szempontjából előnyös.

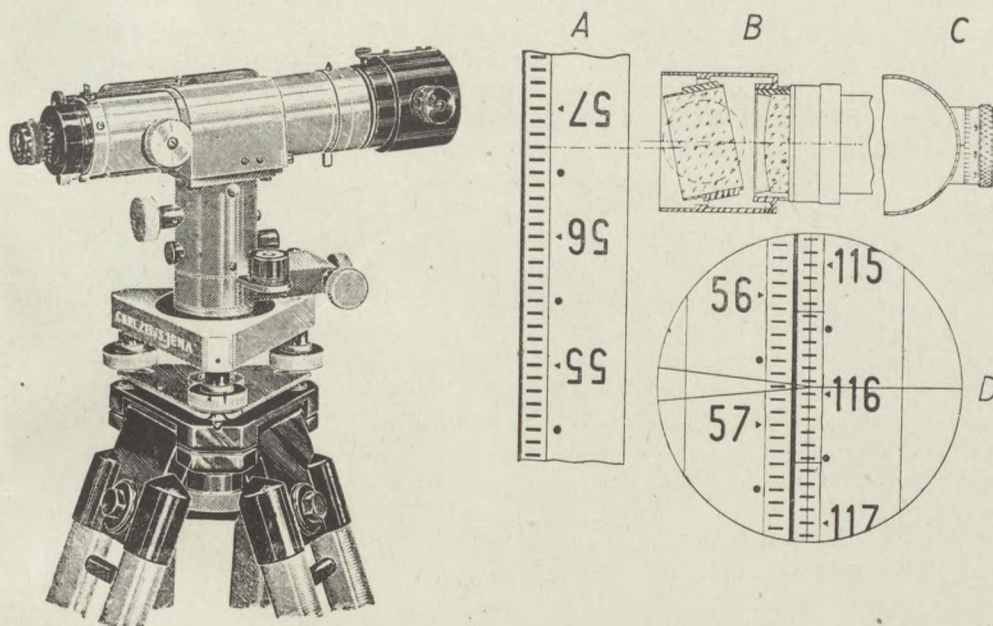
A mérés szempontjából e műveletek közül csupán a mértani tengely körüli átforgatás fontos, amit a leolvasás pontosságának fokozására lehet felhasználni.

A mértani tengely körül való átforgatás még a régebbi szintezési eljárások maradványa.

Ezekben ugyanis minden egyes műszerállásban arra törekedtek, hogy a műszer nem igazított voltából származó hibákat kiküszöböljék s ezért minden műszerállásban két távesőállásból végezték el a mérést.

Ez azonban nem előnyös, mert az elvégzendő átforgatások és átfeketések egyrészt a műszer megrázkódtatásával s így a távcső és a szintező libella relatív helyzetének megváltozásával járnak, másrészt elnyújtják a mérés időtartamát, tehát alkalmat adnak műszer- és lécsüllyedések bekövetkezésére, továbbá a légkör állapotának s vele a refrakciónak a megváltozására.

Jelentősége az ilyen berendezésnek csupán a műszer vizsgálata és igazítása szempontjából van, de ez viszont az ilyen berendezés nélkül is jól és eléggé gyorsan végezhető el.



23. ábra. A Zeiss-féle III. számú szintező műszer perspektív képe és a planparallel lemezzel való leolvasás sémája.

Ezért a legújabb elsőrendű szintezésre szolgáló műszeren (A típus) a Zeiss-intézet is eltért ettől s ezt a műszert már teljesen kötöttnek, azaz I. mintájúnak készítette.

*

Érdekes újítás a műszeren az objektív elé helyezhető *planparallel* üveglemez, amelynek forgatásával optikai mikrométer módjára a leolvasás pontosságát lehet fokozni (23. ábra).

Ugyanis, ha az objektív elé egy vízszintes és a távcső irányvonalára merőleges tengely körül forgatható planparallel üveglemezt helyezünk, akkor ennek forgatásával a szintező szál önmagával párhuzamos, látszólagos eltolását érhetjük el. Az eltolódás nagysága az elfordítási szög nagyságából nagyon élesen állapítható meg s ezért, ha a szintező szálát koincidenciába hozzuk a legkisebb léceosztás határvonalával (23. ábra), akkor az elforgatási szögből a leolvasásnak eddig becsléssel megállapított részét egy-két századmilliméterre pontosan kaphatjuk meg.

Oltay: A szintezés fejlődése stb.

Az elforgatási szögből való mérést megkönnyíti az a körülmény, hogy *kis elfordítási szögek esetén lineáris arány van az elfordítási szög és az eltolódás mértéke között.*

A Zeiss-féle lécen a félcentiméter a legkisebb beosztás rész s ezért a planparallel lemez vastagsága olyan, hogy avval 5 mm-t lehet mérni.

A planparallel lemezt forgató tárcsán tíz megszámozott főbeosztás rész van, ezek mindegyike $\frac{1}{2}$ mm-nek felel meg; ezeken belül pedig 5 további beosztás részt találunk, ezek tehát $\frac{1}{10}$ mm-t jelentenek. Becsléssel még ennek tizedrészét (0.01 mm-t) is megkaphatjuk.

E művelet végrehajtásakor fontos, hogy a szál koincidenciáját pontosan végezzük el. E célból a vízszintes szál folytatásába *ékszerűen készített kettős szálat* találunk a vízszintes szárhoz szimmetriásan elhelyezve. Az *ékszálakkal* a koincidencia nagyon élesen érhető el.

A planparallel lemezzel tehát a leolvasás pontossága nagyon fokozható, de ez a pontosság reálisnak nem tekinthető, mert nincs összhangban avval a pontossággal, amellyel az irányvonal helyzetének beállítását végeztük el. Hátránya az, hogy a mérést elnyújtja, továbbá, hogy a leolvasás előtt beállítást kell végezni, ami elronthatja a buborék beállítását.

*

A II és III jelzésű műszerek gyakorlati kipróbálásának eredményei alapján készültek az A és B jelzésű, *szabatos szintezésre* szolgáló műszerek.

Ezek közül a B jelzésű lényegileg ugyanaz, mint a II és a III jelzésű, tehát szintén V mintájú, *reverziós libellával, szintező csavarral és alhidádé libellával.*

Adatai a következők:

A távcső objektív nyílása:	35 mm
A távcső nagyítása:	31-szeres
A szintező libella állandója	
pro párizsi vonal:	22.6"
A műszer súlya:	3.2 kg
A műszertok súlya:	2.1 kg

A műszer ugyancsak koincidenciás buborékállítást tesz lehetővé s fel van szerelve planparallel-lemezes optikai mikrométerrel.

*

Nagyobb figyelmet igényel az A jelzésű műszer, amelyet a *legsabatosabb szintezések* végrehajtására készített a Zeiss-féle intézet.

Ez a műszer (24. ábra) már I. mintájú, vagyis a távcső is, a szintező libella is mereven van kötve az alhidádéhoz. E műszertípuson tehát a Zeiss-intézet már felhagyott a régi időből átvett, reverziós libellával felszerelt V. mintával.

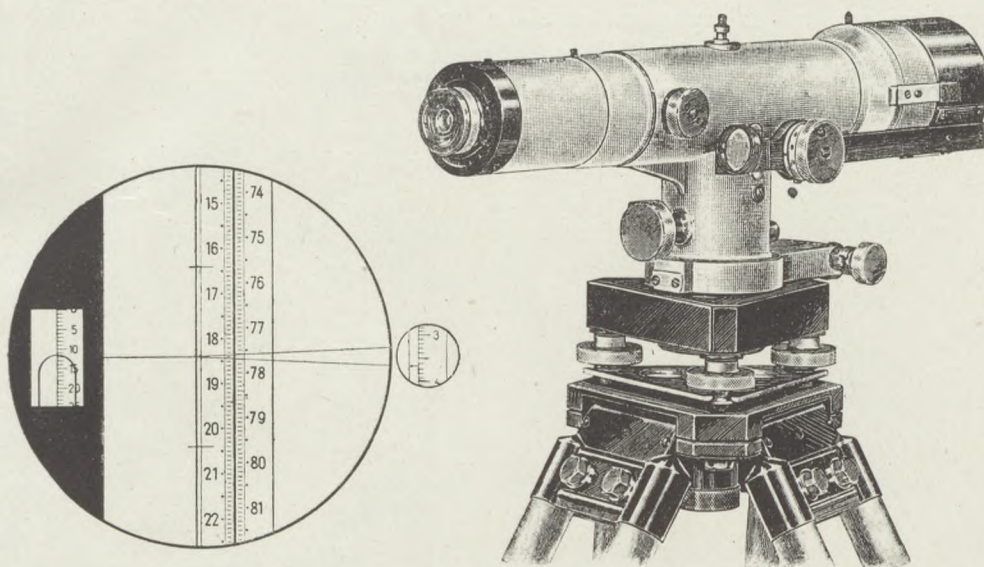
A műszer fontosabb adatai a következők:

A távcső objektív nyílása:	55 mm
A távcső nagyítása:	44-szeres
A távcső hossza:	40 cm
A szintező libella állandója	
pro párizsi vonal:	11.3"

A műszer súlya:
A műszertok súlya:

5.8 kg
4.0 kg

Amint látható, a távcső már sokkal erősebb nagyítású és a műszer súlya is lényegesen nagyobb, az utóbbi a műszerállás stabilitását fokozza



24. ábra. A Zeiss-féle A jelű legszabatosabb szintezésre szolgáló műszer perspektív képe és távcsővének látómezeje.

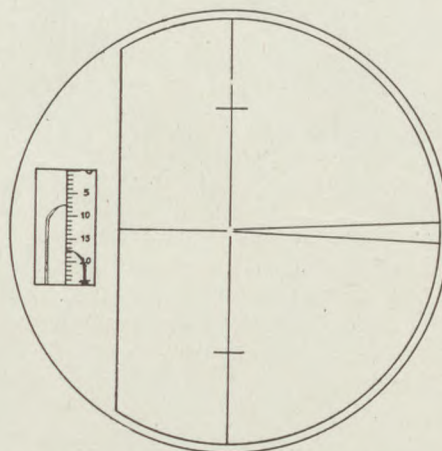
s ezért a szélnyomás hatására így kisebb műszermozgások következhetnek be.

A műszeren, a leolvasás pontosságának fokozására szolgáló *plan-parallel üveglemezes optikai mikrométer* s az *ékszál* megmaradt. A szintező csavar beosztását mellőzték, mert erre a szintezés végrehajtásakor szükség nincs.

Érdekes és fontos újítás az, hogy a buborékvégeket a távcső okulárisán át a távcső látómezejében szemlélhetjük (24. ábra, baloldal).

Ez a berendezés a mérést nagyon meggyorsítja s ezért nagy előnyt jelent a pontosság fokozása szempontjából.

A libellacső egy része ezen a műszeren *beosztással* van ellátva s azért a mérést nemcsak *koincidáló* buborékvégekkel (24. ábra) végezhetjük el, de *kitérő* végekkel is (24. a. ábra).



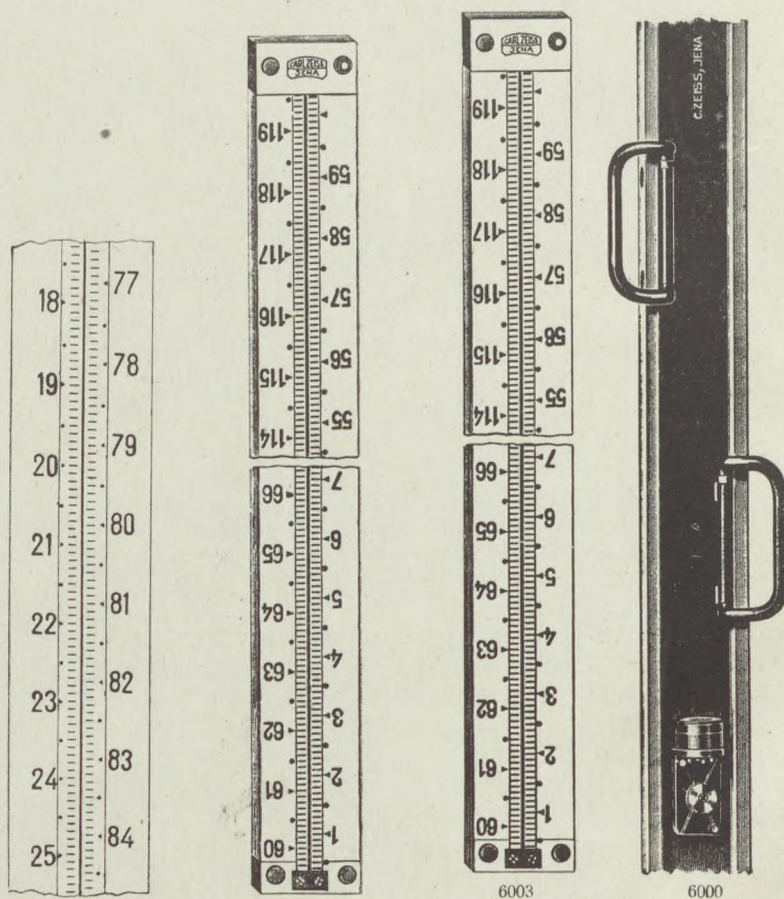
24/a ábra. A távcső látómezeje nem *koincidáló* buborékkal.

b) A szintező lécz.

A fenyőfából készült és 3 m hosszú szintező lécen (25. ábra) a beosztás *invar*acél szalagon van.

A lécz keresztmetszete U-alakú.

A 25 mm széles és 0.7 mm vastag *invar*acél szalag a lécz alsó sarújához van erősítve és szabadon fekszik a lécz homloklapján levő kivágásban.



25. ábra. A Zeiss-féle invarszalagos szintező lécz.

A szalag felül egy emelőszervezet egyik karjához van erősítve. Az emelőkar egy, a lécz farészébe erősített *ék* élén nyugszik és körülé elforoghat. A kar másik részét egy erős *rúgó* 20 kg-os erővel feszíti.

A farésznek a nedvesség és a hőmérsékletváltozás hatására bekövetkező változásai, továbbá a rúgófeszültség esetleges megváltozásai a végzett kísérletek szerint nem változtatják meg észrevehető módon a szalag hosszát.

A Zeiss-intézet adatai szerint, ha a falécz hosszváltozása a 3 m hosszön 1 mm, akkor a szalag hosszváltozása 0.017 mm. Ha a rúgófeszültség 10%-kal változik, akkor a szalag hosszváltozása 0.024 mm.

A kivitelre kerülő lécek invárszalagainak átlagos tágulási együtthatója Celsius-fokonként

$$0.000\,000\,8\,m,$$

ami méterenként és 10° -onként nem éri el a századmillimétert.

Az invárszalag alkalmazásának tehát nagy előnye, hogy a mérés alatti komparálásokat a minimumra redukálja, ami nagy idő- és pénzmegtakarítást jelent a mérésben és a számításban.

Az inváracél szalagon vonásos, kettős beosztást találunk. A két beosztás egymáshoz képest mintegy 2.5 mm-rel van eltolva (25. ábra, baloldal).

A legkisebb lécbesztás rész $\frac{1}{2}$ cm.

Számozva a féldeciméterek vannak és pedig az egyik beosztáson 0-tól 59-ig, a mellette levő másik beosztáson pedig 60-tól 119-ig.

Két leolvasás közötti különbség állandó és pedig 59.250 féldeciméter.

A lécbesztás kettős, de mind a két beosztás a lécbesztás homloklapján van, azaz a lécbesztást nem kell átforgatni a kötőponton, mint a reverziós lécbesztást. Ez kétségtelenül előnyt jelent, mert a kötőpontokat kíméljük s nem idézzük elő a súlyos lécbesztás átforgatásával lécsüllyedéseket.

Viszont evvel szemben áll az, hogy a leolvasásbeli durva hibákat könnyebben felfedezhetjük a reverziós lécbesztáson, ahol nem zavar az, hogy egyszerre két beosztást látunk a távcső látómezőjében.

Az utóbbi hátrányon némileg avval lehet segíteni, hogy hátra csupán a baloldali beosztáson, előre mind a két beosztáson s hátra csak a jobboldalin olvasunk le (finn módszer).

A vonásos beosztás feltételezi, hogy a mérést optikai mikrométerrel, illetve szálráállítással és buborékleolvasással végzik el.

Ha buborék középreállítással és a szintező szálnak leolvasásával mérünk, akkor a kettős sávú beosztás sokkal előnyösebb és ez is alkalmazandó.

A lécbesztás fel van szerelve szelencés libellával és két kézi fogantyúval (25. ábra, jobboldal), melyekhez botok szoríthatók.

E berendezéssel eléggé lehet biztosítani a lécbesztásnak a mérés alatti függőlegességét és mozdulatlanságát.

4. A francia országos felsőrendű szintezés.

a) Történeti adatok.

A francia elsőrendű szintezés, mint az európai kontinens első ilyen tevékenysége, úttörő jellegű volt. A francia Közmunkaügyi Minisztérium (Ministère des Travaux Publics) 1855-ben rendelte el s a vezetéssel megbízott Paul-Adrien Bourdaloué¹ 1857-től 1864-ig 15.000 km hosszon végzett szabatos szintezést.

Ez volt a franciaországi első szabatos országos szintezés.

¹ Bourdaloué 1847-ben újra szintezte a szuezi istmuson tervezett csatorna vonalát s megállapította J. B. Lepère földmérő szintezésének hibás voltát. Igazolta, hogy a Vörös-tenger és a Földközi-tenger közép-vízzsíkja közel ugyanaz, tehát nincs köztük az a 10 m magasságkülönbség, amit Lepère (Napoleon földmérője) a XIX. század elején talált.

Ámde ennek sem a pontossága, sem a terjedelme nem volt kielégítő s ezért 1878-ban egy miniszterközi bizottságot létesítettek, amely kiváló tudósok (*Goulier, d'Ocagne, Prévot*) bevonásával megállapította az új szintezés végrehajtásának részleteit, továbbá terjedelmét.

1884-ben alapították meg a *Service du Nivellement Général de la France*-t s a vezetésével *Charles Lallemant*-t bízták meg.

Lallemant 1884-től 1927-ig, azaz 43 éven át vezette ezt az intézményt.

Az országos szintezést Franciaországban négy rendben végezték a „nagyból a kicsi felé haladás” elvének megfelelően.

Az elsőrendű hálózat észlelése 1884-ben kezdődött és 1892-ben fejezték be.

Ebben azonban még nincs benne *Elzász Lotharingia*, ahol 1920-tól 1922-ig, és *Korzika* szigete, ahol 1926-tól 1928-ig tartott a mérés.

Az elsőrendű hálózat teljes hossza 12.700 km-t tett ki.

A másodrendű hálózat 1891-től 1932-ig készült, hossza 18.000 km.

A harmadrendű hálózatot 1891-től 1917-ig mérték, hossza 50.000 km.

A legvégső pontsűrítés, a negyedrendű 1892-ben indult meg s jelenleg is tart; terjedelme igen nagy, mert 38.000 község részére kell alappontokat szolgáltatni. A szintezendő vonalak hosszát körülbelül 300.000 km-re becsülik.

Ez a néhány számadat jól mutatja a *Service du Nivellement* munkájának rendkívüli terjedelmét.

b) A szintező műszer.

A nagyon átgondolva és minden részletében gondosan megtervezett műszer első példányait *Ponthus et Therrode*, párizsi műszerész cég készítette. A későbbi példányok *Berthélemy*, ugyancsak párizsi műszerész műhelyéből valók, de ezeken az eredetihez képest lényeges változás nincs.

Újabban 1929-ben a *Société des Lunetiers* konstruálta át a műszert, de lényegén szintén nem változtatott.

A műszer megtervezésében *Lallemant*nak és *Klein*nek vannak kiváló érdemei.

A műszer (26. ábra) III. mintájú (*niveau à fiole indépendante*), σ -val, L'-vel (szelencés libella).

A szintező csavar külpontos, fekvő tengely körül forog.

A távcső objektív átmérője:	36 mm,
A távcső gyújtótávolsága:	360 mm,
A távcső nagyítása:	25-szörös.
A műszer súlya az állvánnyal együtt:	12 kg.

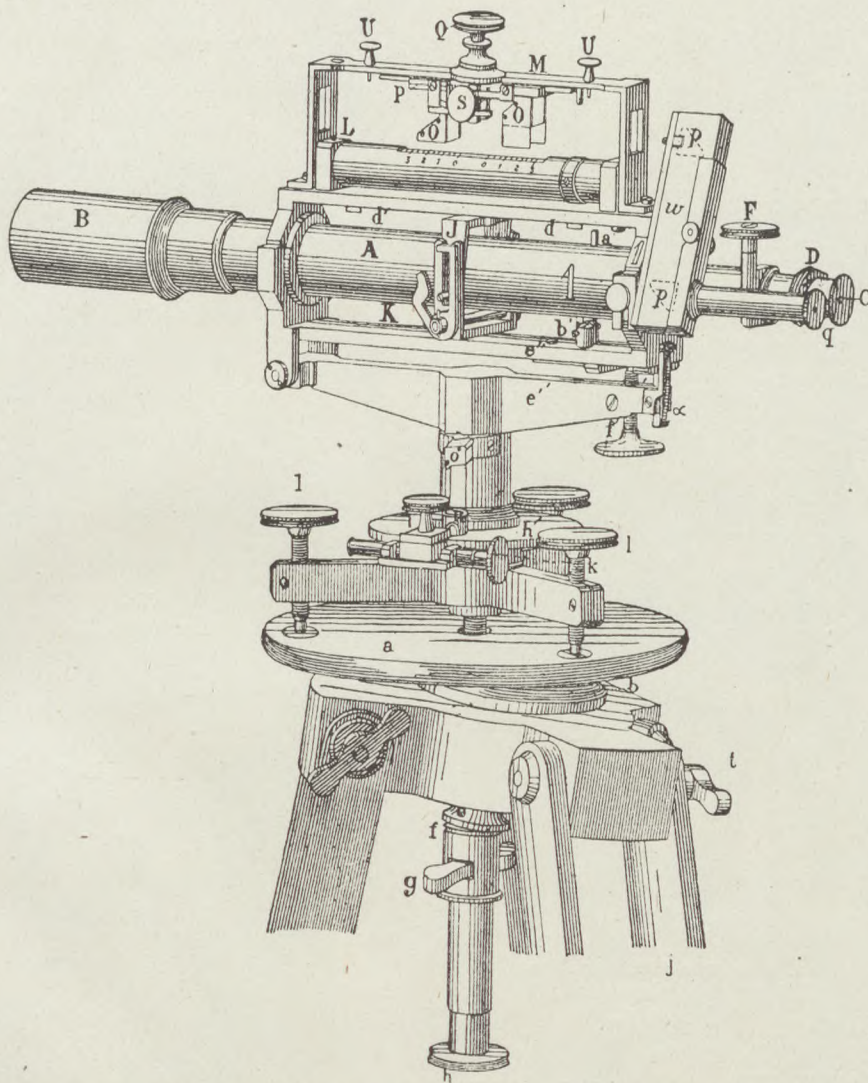
A távmérőszálak (200-as állandó) és a szintező szál pókfonalakból készültek.

Az okuláris *Huygens*-rendszerű (ú. n. negatív okuláris).

Érdekes, hogy az okulárison két beállítható ütköző csavar van, amelyekkel az okuláris beállítását rögzíteni lehet külön az észlelő és külön a segéd kényelmes látásának távolságára.

A szintező libella 10" érzékenységgű (50 m a körív sugara).

A levehető szintező libella alsó lemezén két csavarfej áll ki. Ezek arra szolgálnak, hogy a távcső átforgatása után a szintező libella átfektetését is el kelljen végezni.



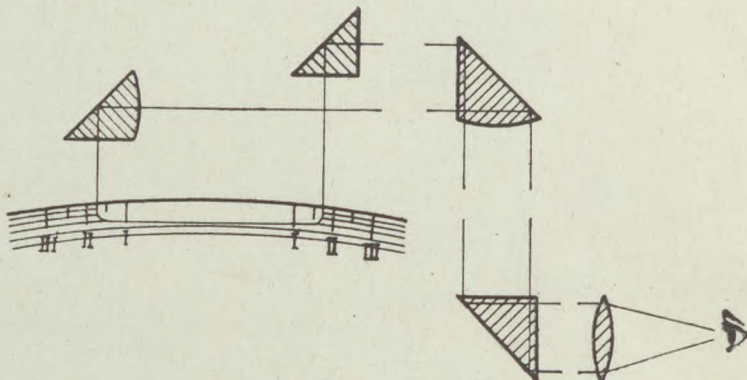
26. ábra. A francia elsőrendű szintezés Klein—Lallemand—Berthélemy-féle szintező műszere.

A libellán Klein és Lallemandtól származó prizmás berendezés van (27. ábra), mely a buboréknak a távcső mellől való megfigyelését teszi lehetővé (28. ábra).

Prizmát találunk a szelencés libella (L') felett is, tehát buborékja beállítását a távcső okulárisa mellől nézve lehet elvégezni.

A szintező libella prizmai közül kettő gömbfelülettel határolt, hogy a fényút egyenlőtlensége kompenzálva legyen.

A felállításra szolgáló szelencés libella állandója $12'$ pro párizsi vonal. Az állvány *gömbcsuklós*, tehát a fejezet, amelyre a műszer helyezendő, vízszintessé tehető.

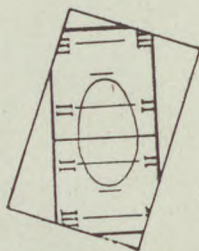


27. ábra. A libella buborékját az okuláris irányából láthatóvá tevő prizmarendszer.

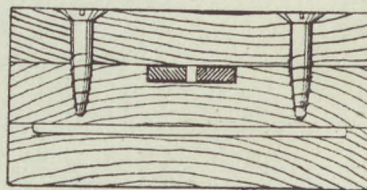
c) A szintező lécz.

A szintező lécezt Goulier tervezte s Goulier-féle kompenzációs léznek nevezik.

A lécz háromrétű; a rétegek száraz, göcsmentes fenyőfából valók; a beosztás rétege és a középső réteg között (29. ábra) egy *sárgarézpálca* és egy *vaspálca* van, melyek alul egymáshoz és a fához mereven vannak erősítve,



28. ábra. A prizma-rendszer távesövének látómezeje középen álló buborékkal.



29. ábra. A Goulier-féle kompenzációs szintező lécz metszete.

felül azonban szabadon dilatálhatnak. Itt két skálát találunk, az egyik a lécz fájához, a másik a rézpálcához erősített; a vaspálcán pedig egy-egy index van. Ha a lécz a nedvesség és a hőmérséklet hatására megváltoztatja hosszát, vagyis ha megváltozik a léczméter hossza, akkor a skálák és az index eltolódnak, amiből viszont a relatív hosszváltozás teljesen kiadódik.

Innen a „kompenzációs” elnevezés, amely azonban nem helyes, mert kompenzáció voltaképpen nincs, a berendezés csupán a hosszváltozást mutatja.

A lécz hossza $2\cdot90$, illetve $3\cdot10$ m.

A léczen *vonásos* osztás (30. ábra) van; vastagabb vonásokkal a *fél cm*, vékonyabb vonásokkal a *kettős mm* van kijelölve.

A táveső nagyítása aránylag gyenge s ezért a *cm* beosztás maximálisan 170 *m*-ig, a *fél cm* beosztás 80 *m*-ig, a *kettős mm* beosztás 35 *m*-ig használható.

A *léc beosztása szándékosan nem szabatos.*

A lécméter mintegy *mm*-re, az egyes *dm* vonások pedig *szabálytalanul* néhány tizedmilliméterre *hibásak*.

A szándékosan hibás beosztást osztógépen *cinklemezre* készítik, s ebből nyomással sokszorosítják *papírra*. Az esetleg megsérült lécosztást tehát ki lehet cserélni.

Gondos komparálással utólag a hibákat minden *dm* vonásra megállapítják s azután táblázattal, illetve nomogrammal tekintetbe veszik.

Ez az eljárás (hibás beosztás készítése) tudományos mérésekben egészen szokatlan, mert bizalmatlanságot jelent az észlelővel szemben. Célja megakadályozni a mérési eredmények rosszindulatú megjavítását (ugyanis a *gyors* munkára, ha azt az előírt pontossággal végezték el, prémiumok voltak kifizetve).

Bár a megjavítások elvégzésére *d'Ocagne*-tól származó szellemes nomogramok szolgálnak, ez az eljárás nehézkes és hosszadalmas. Hátránya az



30. ábra. A Goulier-féle színtező lécbesztása.

is, hogy a mérésben elkövetett esetleges nagyobb hibákat csak utólag lehet megállapítani, tehát a helyszínen újra ki kell menni azok felfedezése és kijavítása céljából.

d) A mérés leírása.

A kötőpontokat keményfából készített *cövekkel* (piquet) jelölik meg. Ezek 3 *cm* átmérőjűek és 30 *cm* hosszúak; felül gömbölyű fejű szög van bennük.

Ezeket *előre* leverik s az oda-vissza színtezést egy-egy szakaszon belül *ugyanazon* pontokon végzik (durva hibák felfedezhetők és elkerülhetők). Odafelé lehetőleg *reggel*, visszafelé lehetőleg *késő délután* mérnek.

A mérési személyzet (brigade) áll:

- 1 észlelőből (opérateur),
- 1 jegyzőkönyvvezetőből (lecteur),
- 2 léchordozóból.

A műszerállvány felállítását minden alkalommal úgy végezték el, hogy két láb a haladás irányától jobbra állt.

A lécek távolsága átlagban 120 *m*; a maximum 140 *m*.

Minden műszerállásban *két* mérést kell végezni.

I. mérés.

1. hátraírányzás,
2. a buborék közére állítása,
3. leolvasás 3 szálon,
4. előreírányzás,
5. a buborék közére állítása,
6. leolvasás 3 szálon.

II. mérés.

Libellaátfektetés és távcsőátforgatás a mértani tengely körül.

1. előreírányzás,
2. a buborék közére állítása,
3. a középső szál leolvasása,
4. hátraírányzás,
5. a buborék közére állítása,
6. a középső szál leolvasása.

Az első mérést az *észlelő*, a másodikat a *segéd* végezte el.

A francia országos szintezésekben tehát már minden műszerállásban *oda-vissza* mérést végeztek.

A mérés végrehajtására jellemző a két távcsőállásban való mérés, amelyet még a régi szabatos mérésekben alkalmazott eljárásból vettek át.

A szélső szálak leolvasása csupán az egyenlő léctávolság betartásának ellenőrzésére való.

A kötőpontok *cövekkel* való előzetes megjelölése, továbbá a szakasz visszamérésének ugyanazon kötőpontokon végzése nagyon előnyös, mert az első csökkenti a lécsüllyedés veszélyét, a második pedig az esetleges durva hiba gyors felfedezését teszi lehetővé.

5. Anglia országos felsőrendű szintezése.

Anglia, a szigetország, az újkori geodéziai műszerek szerkesztésében úttörő tevékenységet fejtett ki; szabatos szintezéssel itt már a múlt század eleje óta foglalkoztak. Már 1830-ban *J. A. Lloyd* olyan szintező műszerrel mért, amelyen a libella fölött tükör volt s így a távcső okulárisa mellől nézhetett a libellára, *Bunt* pedig 1837—38-ban a Bristol-i öböl és La Manche-csatorna között egyenlő léctávolságokkal szintezett.

Az első országos szintezést 1840 és 1860 között ugyancsak Angliában végezték s ezzel megelőzték *Bordaloué* szintezését Franciaországban (1857—1864).

Ezt a szintezést az *Ordnance Survey* végezte s a terjedelme a mostani fogalmak szerint is tekintélyes volt, t. i. ez alatt a húsz év alatt 10.000 km hosszon végeztek gondos szintezést. A hálózat minden vonalát kétszer mérték s utána a legkisebb négyzetek módszerével egyenlítették ki.

Az eredményeket 1861-ben a *His Majestys Stationery Office* tette közzé.

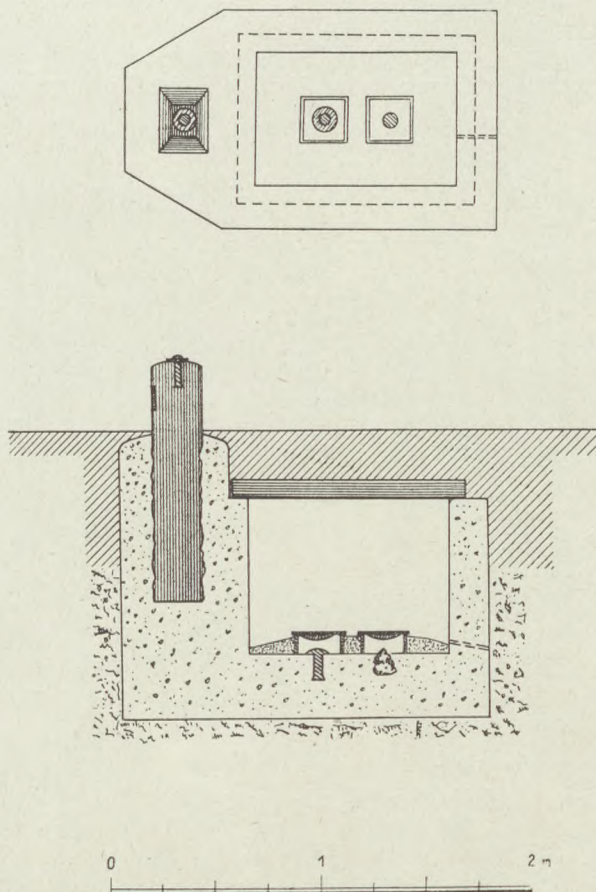
Ez az országos szintezés, amelyet később még új vonalakkal egészítettek ki, az akkori primitívebb műszerek és módszerek miatt nem tartozott a mai értelemben vett szabatos szintezések közé.

A kilométeres középhiba értéke mintegy $\pm 7.5 \text{ mm}$ volt.

Ezért a jelen század elején új, *magas szabatosságú* szintezést rendeltek el s azt 1912 és 1921 között végre is hajtották.

Ebben a szintezett vonalak hossza 4843 km , az elhelyezett alappontok száma pedig 3107 volt.

Az alábbiakban ezt a magas szabatosságú szintezést fogom ismertetni.



31. ábra. Az angliai szintezési főalappont felülnézete és metszete.

Különös érdekessége ennek a szintezésnek az, hogy benne a mérést a Zeiss-féle felsőrendű szintezésre szolgáló szintező műszerrel (a II. és III. jelzésűvel) végezték el.

a) Alappontjelölések.

Két típust alkalmaztak.

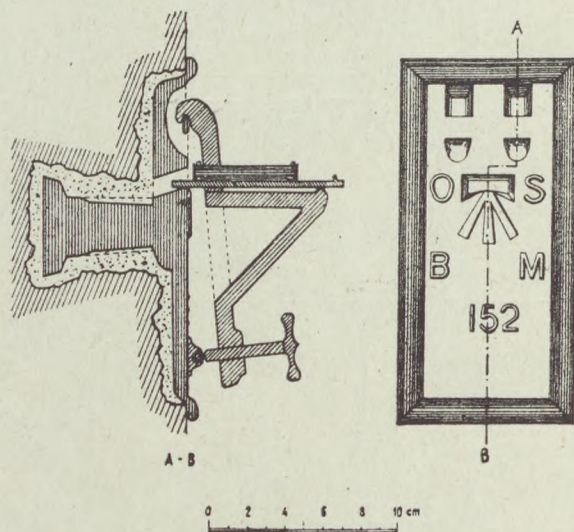
Az első volt az ú. n. *főalappont*.

Ilyet körülbelül 150 -et helyeztek el olyan helyeken, amelyek a geológusok véleménye szerint a legkevésbé voltak kitéve magasságváltozásoknak.

A főalappontok (31. ábra) leglényegesebb része egy betonba ágyazott 25×30 cm méretű gránitoszlop, melyen felül bronzszögecs volt, oldalt pedig a másodrendű alappontok jelzésére szolgáló ú. n. magassági tábla. A gránitoszlop a földből 30 cm-re állt ki.

A pont biztosítására két földalatti jel szolgált, az egyik betonba elhelyezett *bronzszögecs*, a másik pedig ugyancsak betonba ágyazott, felül gömbölyűre csiszolt *kovakő* volt. Ezeket vas fedőlemezek védték, együttesen pedig kőlemezzel voltak lefedve.

Az egyébként nagyon gondosan megtervezett pontjelölésnek hátránya az, hogy a biztosító jelölések és a földfeletti jelölés ugyanazon a beton-



32. ábra. Az angliai falitáblás pontjelzés metszete és nézete.

alapon nyugodott s ezért a földfeletti jelölés esetleges erőszakos megrogdálódása a biztosító jelölésekre is kihathatott.

A másodrendű jelölés falakba, vagy kövekbe cementezett *bronzlapokból* állott (32. ábra).

Ezek felső részében ferde nyílást találunk s ennek középső legmagasabb pontja volt az, amelynek magasságát a szintezéssel meghatározták.

Ez a pont a lemez síkjába esett, tehát szintező léccel megközelíthető nem volt.

A megközelítés céljából egy levehető, tehát szállítható *léc-alátétet* használtak. Ezt felső, kiálló részével bele lehetett helyezni a lemez fekvő nyílásaiba s azután egy libellás lemezkét kellett helyezni a lemez pontjelölésére és a lécalátétül szolgáló bütyökre. Ezután a lécalátét alsó csavarjával a buborékot középre kellett állítani; ezzel a bütyök az alapponttal egyenlő magasságba került. A lécet mérés alatt a bütyökre állították.

A berendezés kétségkívül szellemes, de feleslegesen komplikált, különösen a későbbi csatlakozó mérések alkalmával, amikor nem rendelkezünk a hozzá szükséges szállítható lécalátéttel.

A fali tárcsák és a fali gombok sokkal egyszerűbbek s minden külön szállítható segédeszköz nélkül lehetővé teszik azt, hogy a lécs magára a magassági alappontra kerüljön.

b) A szintező műszer.

Kísérleteket végeztek a francia elsőrendű szintezés *Berthélemy*-cég műhelyéből származó műszerével, az *Északamerikai Egyesült Államok* műszerével és a *Zeiss*-féle szabatos szintezésre szolgáló II. és III. jelzésű műszerekkel (16., 17. és 23. ábra).

A méréseket ezekkel a jelen század elejéről (1909) származó *Zeiss*-féle műszerekkel végezték.

E műszereken a szintező libella a távcsőhöz kötött s avval együtt az alhidádéhoz erősített fekvő henger belsejében 180° -ra átforgatható.

A műszer tehát a mi jelölésünk szerint V. mintájának vehető, *reverziós* szintező libellával, szintező csavarral és alhidádé libellával, azaz V. minta, *σ*-val, *reverziós L-el és L'-el*.

A szintező libella *reverziós*, állandója a III. jelzésű műszeren $11'3''$ pro párizsi vonal, a II. jelzésűn pedig $22'6''$.

A II. típus távcsővén az objektívnyílás	35 mm,
„ a nagyítás	26-szoros,
a III. típus távcsővén az objektívnyílás	42 mm,
„ a nagyítás	30-szoros.

A távcső *biaxiális* rendszerű volt, tehát az okuláris áthelyezése után, az előbbi objektív oldalról is lehetett irányzást végezni.

A lécre való irányzás tehát *négy* helyzetben volt elvégezhető.

I. Szintező libella *balról*, okuláris a rendes helyzetben.

II. Szintező libella *jobbról* (180° -kal való elforgatás után), okuláris a rendes helyzetben.

III. Szintező libella *balról*, okuláris az objektív oldalon.

IV. Szintező libella *jobbról* (180° -kal való elforgatás után), okuláris az objektív oldalon.

Ha mind a négy helyzetben végzünk irányzást, buborék középre állítást és leolvasást, akkor a *négy* leolvasás számtani közepe a vízszintes irányzásnak megfelelő leolvasást adja, feltéve, hogy a távcső két irányvonala egymással párhuzamos ($I_1 \parallel I_2$) és hogy a libella két tengelye (a koincidenziás helyzetnek megfelelő pont érintője a felső, illetve az alsó csiszolt felület körívén) egymással párhuzamos ($L_1 \parallel L_2$).

A fenti négy irányzás, középre állítás és leolvasás elvégzése csupán a libella igazítása céljából végzendő el.

Mérés közben az okuláris áttételét nem célszerű elvégezni s ezért *csupán távcsőátforgatást végeztek, azaz az I. és a II. helyzetben szinteztek*.

Ezen a műsbertípuson alkalmazta a *Zeiss*-cég először a szintező libella buborékjának *Wildtől* származó koincidenziás beállítását a középre állítás helyett.

Ugyanis a szintező libellán beosztás nincs, de a fölé helyezett prizma-rendszerrel (18. és 19. ábra) a buborék két végének képeit koincidenziába lehet hozni s a buborék ennek megfelelő állása felel meg a középén állásnak.

E berendezést most már általánosan használják.

c) *A szintező léce.*

Eleinte a francia elsőrendű szintezésekben alkalmazott *Goulier*-féle léceket alkalmazták, de aztán a *Zeiss*-féle szabatos szintező léce mintájára készült külön léceket használtak.

Ez a léce az *Ordnance Survey* tervei szerint a *Cambridge Scientific Instrument Company, Ltd* cég készítette és általában csak *Cambridge-i* léce-nek nevezik.

A léce 3 m hosszú, a vonásos beosztás rajta 13 mm széles *inváracél* szalagon készül. A szalag alul a lécsaruhoz mereven van erősítve, felül pedig a léce végéhez rúgó kapcsolja.

A legkisebb beosztás rész rajta 0.02 láb, azaz 6 mm. A léce farészén levő számozás 0.1 lábakat (3 cm) jelent.

A léce el van látva szelencés libellával, függővel és kitámasztó botokkal.

A léceosztás igen gondosan készült, a beosztáshibák legfeljebb 0.03 mm értékűek.

A léceket, a mérés alatt földbe vert, felül gömbölyű felülettel bíró, alul meghegyezett *acélrudacsákákra* helyezték. Kemény talajon szögeceket használtak.

Ezeket a kötőpontjelzéseket a műszerállás elhagyása után kiszedték és a visszaszintezéskor újra elhelyezték, lehetőleg az előbbi helyére.

d) *A mérés végrehajtása.*

Minden szakaszt kétszer szinteztek „oda és vissza” értelemben.

A szakasz végpontokul lehetőleg alappontokat vettek, esetleg külön szögeceket helyeztek el.

Amint az odamérést befejezték, azonnal megkezdték a szakasz visszamérését.

A léce és műszer közti távolság maximuma 45 m volt. A léce távolságok egyenlőségében 1 m eltérést engedtek meg.

A legkisebb még megengedett léceolvasás 30 cm volt.

A mérés két léccel történt.

Minden műszerállás észlelése után az elől álló léceket megfordították s az helyben maradt, a hátul álló léceket pedig előre vitték. Vagyis az egymást követő műszerállásokban a lécek indexhibáinak (a lécsaru alsó lapja és a beosztás 0 vonásának távolsága) különbsége ugyanaz maradt, de előjele megváltozott.

Az indexhibák különbségét mint redukciót csak a szakasz utolsó műszerállásában kellett tekintetbe venni, ha az *páratlan* számú volt.

A szintező műszert mérés alatt műszerernyővel védtek a napsugár közvetlen hatásától.

A szintező műszert minden héten megvizsgálták és igazították. Ugyanakkor a léceket is komparálták és pedig *inváracél* normálméterrel megmérték a léceméter hosszát.

Az egyes műszerállásokban a kötőpontok magasságkülönbségét *oda-vissza* méréssel, tehát *kétszer* határozták meg.

Ezt a mérést buborék középre állítással (koincidáló buborékvégekkel) végezték s a táveső átforgatása után megismételték.

Az egyes műszerállásokban a mérés sémája a következő volt:

I. Odamérés.

1. Irányzás a *hátsó* álló lécre.
2. A buborék középre állítása.
3. Leolvasás a távmérő szálaikon és buborék újra való beállítása után a középső (szintező) szálon.
4. Irányzás az *elől* álló lécre.
5. A buborék középre állítása.
6. Leolvasás a középső szálon s utána a távmérő szálaikon.

II. Visszamérés.

1. A táveső átforgatása 180° -kal úgy, hogy a libella a jobboldalra kerüljön.
2. Irányzás az *elől* álló lécre.
3. A buborék középre állítása.
4. Leolvasás a szintező szálon.
5. Irányzás a *hátsó* álló lécre.
6. A buborék középre állítása.
7. Leolvasás a szintező szálon.

A távmérő szálaikon tett leolvasásokat csupán az egyenlő léctávolság ellenőrzésére használták fel s azért csak az odamérésben olvasták le a távmérő szálaikat.

6. Az Északamerikai Egyesült Államok (U. S. A.) országos felsőrendű szintezése.

Az Északamerikai Egyesült Államokban a *Coast and Geodetic Survey* 1933. január 1-ig 34788 elsőrendű magassági alappontot helyezett és mért be és pedig 115740 km-en végzett oda-vissza szintezéssel. Ez a felsőrendű szintezés kiváló figyelmet érdemel nemcsak terjedelmének nagyarányú volta miatt, de azért is, mert a műszerfelszerelést és a mérés módszerét nagyon gondosan állapították meg.

a) A szintező műszer.

A szintező műszer (33. ábra) a *Coast and Geodetic Survey* mechanikai műhelyében készült.

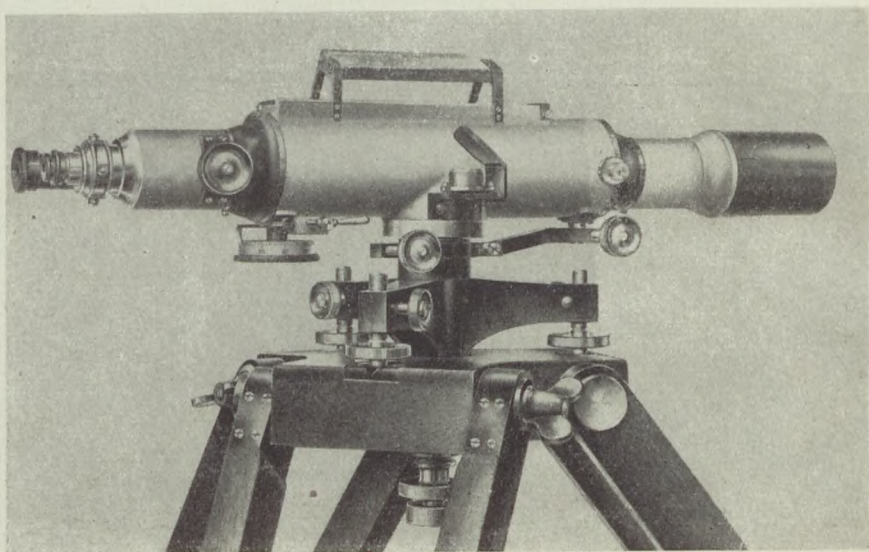
A műszeren a táveső az alhidádéhoz mereven van erősítve, hosszanti tengelye körül nem forgatható, a libella pedig a távesőhöz van kötve. A műszer tehát a mi jelölésünk szerint:

I. mintájú, σ -val, L' -vel.

A készítéskor arra törekedtek, hogy a libella a lehetőségig közel legyen a táveső irányvonalához, miért is a libellát a tartócsővével együtt bemélyesztették a távesőbe úgy, hogy a legalsó benyúló rész éppen érinti azt a csónakúpot, melyet az objektív szabad nyílása és a szála diafragma-nyílása alkot.

A libella hőmérsékleti szigetelése céljából, továbbá azért is, hogy a bemélyesztéshez szükséges nyíláson légáramlat, nedvesség, tisztátalanság a távcső belsejébe ne juthasson, a távcső főcsövét a libellával együtt külön *burkoló cső* veszi körül, amelynek felső részén üveggel fedett nyílás van a libellaosztás és libellabuborék láthatóvá tételére.

A hőmérsékletváltozás káros hatásának csökkentésére a libella és a távcső összeköttetésére szolgáló szerkezeti részek — a távcső csövei, az objektív foglalata, a szátkereszt diafragmája, a libella burkoló csöve, a távcsövet és a libellát burkoló cső *nikkel-vas* öntvényből készült. Ez az önt-



33. ábra. Az Északamerikai Egyesült Államok felsőrendű szintező műszerének perspektív képe.

vény, melyet $33\frac{1}{3}\%$ nikkelből és $66\frac{2}{3}\%$ apró szemcséjű öntöttvasból állítottak elő, a hő hatására keveset változik.

A kísérletek szerint a tágulás együtthatója: $0,000\ 003\ m\ pro\ Celsius\ fok$.

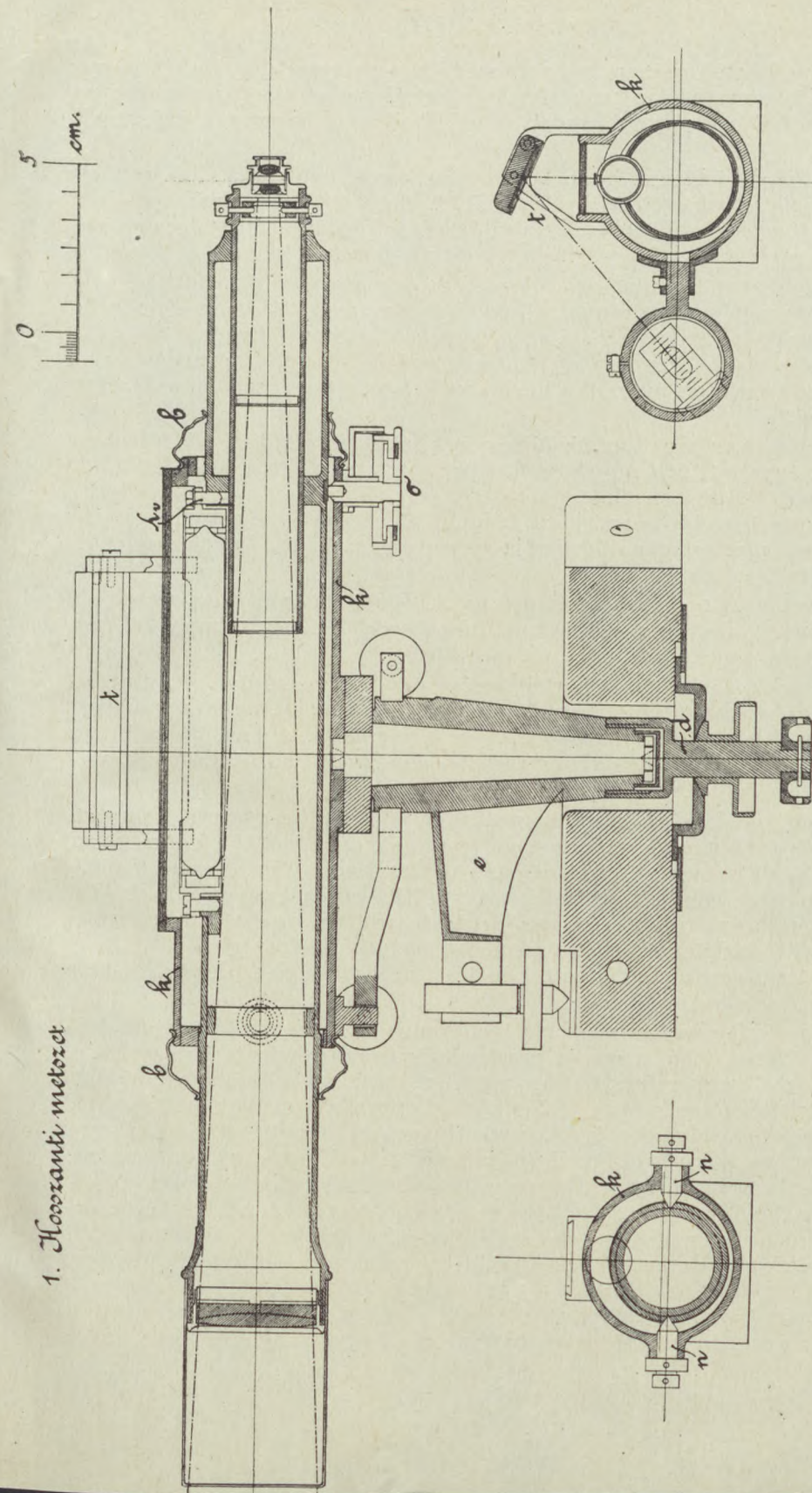
A libella, a szátkereszt és a tárgylencse tartó és igazító csavarjai pedig *nikkel-acélból* (36% nikkel és 64% acél) készültek, amelynek tágulás-együtthatója még kisebb, t. i.: $0,000\ 001\ m\ pro\ Celsius\ fok$.

Az Egyesült Államok szintező műszerének szerkezeti részleteit a 34. ábra mutatja és pedig az 1. ábra hosszanti-, a 2. és 3. ábra pedig kereszt-szelvényeit tünteti fel.¹

A *műszertalp* (34. ábra: e), vagyis a műszer ama része, mely az állványon való elhelyezés után mozdulatlan, finom szemcséjű öntöttvasból készül. A talp középső része kívülről hengeres, belülről *kúpos* test; a belső,

¹ E rajzok a méréseket végző testület egyik kiadványában közölt rajz után készültek. Coast and Geodetic Survey, Precise Leveling in the United States, Report for 1903., Appendix Nr. 3. (lásd: Forrásmunkák).

1. Horizontális metózet



2. Keresztorelőény a támaszövön át

3. A libella buborékját a támasz "irányából láthatóvá tevő" berendezés

34. ábra. Az Északamerikai Egyesült Államok felsőrendű szintező műszerének hossz- és keresztmetszetei.

gondosan csiszolt kúp csapágya a műszer álló tengelyének. A talp e középső része az állvány fedőlapjának síkja alá hatol, amivel a műszer *szerkezeti magasságának*, a nagyobb stabilitás céljából igen hasznos *csökkentését* érjük el.

A középső hengeres testből bordázott karok nyúlnak ki, melyeknek középvonalai egymástól 120° -ra vannak. Ezeken az ágakon haladnak át a tengely függőlegessé tételére szolgáló, *gépacélból* készült talpcsavarok. Középvonaluk a függőleges tengelytől 90 mm-re van.

A talpcsavarok vastagsága 9,5 mm, menetmagassága 0,6 mm.

A műszertalp az állványhoz összekötő csavarral (34. ábra: d) rögzíthető; ennek szerkezeti részletei az 1. ábrából világosan láthatók.

A talp felső részén van az alhidádé kötő és irányító csavarrendszere, amelynek a szokásos megoldást hűen követő berendezését szintén a 35. ábra tünteti fel.

A szintező műszer forgatható részének, az ú. n. *alhidádénak* forgatása a talpba ágyazott, 100 mm hosszú, edzett *szerszámacélból* készült *kúpos álló tengely* körül történik.

Az álló tengely hossza jóval felülmúlja a szokásos méretet, amely körülmény megbízhatóan biztosítja a tengely szabatos, ingadozásmentes mozgását.

Az alhidádé-tengelyre felül gyűrűalakú öntöttvas van rászögecselve s ehhez erősítik az 59 mm külső átmérőjű csövet (34. ábra: k), mely 216 mm hosszúságban burkolja a távcsövet és a libellát.

A távcső maga ebbe a burkoló csőbe úgy van beerősítve, hogy a távcsövet a libellával együtt mikrométer-csavar (az ú. n. *szintező csavar*) segítségével lehet parányi módon fel és le mozgatni. A burkoló csőnek a szemlencse felé eső végén két csavar (34. ábra: n) halad át. Csúcsaik, vízszintes tengelyt létesítve, közrefogják a távcsövet.

A burkoló cső másik végébe pedig függőlegesen beágyazott, 6 mm átmérőjű és 0,23 mm menetmagasságú *mikrométer-csavar* (34. ábra: o) van s a távcső itt e csavar csúcsára támaszkodik. Mivel a távcső ezen az oldalon, az oldalmozgások megakadályozása céljából függőleges vezetékek közt van, azért a mikrométer-csavar kijebbeljebb csavarása a távcsövet és vele együtt a szintező libellát vízszintes tengely körül forgatja.

Holt mozgások elkerülése céljából a távcsövet rúgó szorítja állandóan a csavar csúcsához.

A szintező csavarként szolgáló mikrométer-csavar alul beosztott dobbal van ellátva, tehát a csavar minden állása leolvasható és feljegyezhető.

A vázolt szerkezetnek hátránya az, hogy a távcsőnek a burkoló csőben bizonyos játéka van s így szállítás közben éppen a legkényesebb részeknél igen káros hatású zökkenések következhetnek be. Ezért ennél a szerkezeti résznél még egy kívülről kezelhető *excentert* is találunk, amely a rúgó ellenében a távcsövet mereven hozzászorítja a burkoló cső felső részéhez.

A burkoló cső a távcsőnél jóval szélesebb, s ezért a cső két végén nagyobb nyílások vannak; ezeket a nyílásokat a burkoló csőhöz és a távcsőhöz acéllemezekkel és csavarokkal erősített és a szükséges játékot lehetővé tevő redőzött bőrdarabok (34. ábra: b) zárják le.

A távcső 3,2 mm vastag *nikkelvas*-főcsövében az objektív megerősítése az ugyancsak *nikkelvas*-foglatban olyan, hogy a hőmérséklet-változás



miatt kitágulások és összehúzódások következhetnek be a nélkül, hogy belőle káros deformálódás állhasson elő.

Az objektívet ugyanis rugalmas lemez szorítja a foglalat külső pereméhez, a rugalmas lemezt pedig három csavar tartja.

A gondosan készített objektív átmérője 42 mm, gyújtótávolsága 410 mm.

A *szálak*, az ugyancsak nikkelas-szemcsőben, *nikkelvas-diafragmára* vannak feszítve. A diafragmát gondosan ágyazott nikkelas-csavarok fogják közre. E csavarokkal központosítják a szálkereszt metszéspontját úgy, hogy az a szemcső minden helyzetében az optikai tengelyen legyen. Ezért ezekhez a csavarokhoz a műszer mezei igazítása alkalmából sohasem szabad nyúlni; az *irányvonal és a szintező libella tengelyének párhuzamosságát mindig a libella igazító csavarjaival kell elérni*.

A diafragma-gyűrűre három vízszintes és egy függőleges *pókfonal* van erősítve. A szélső vízszintes szálak rendeltetése egyrészt a mérés pontosságának fokozása, másrészt pedig optikai távolságmérés. A szélső szálak egymástól való távolsága nem nagy, 100 m távolságban álló lécen 30 cm-t fognak közre, ami megfelel $k = 333$ szorzó állandónak.

A távcső két, *Steinheil*-től származó *Ramsden*-rendszerű *szemlencsével* van ellátva, az egyikkel 32-szeres, a másikkal 43-szoros nagyítás érhető el. Kedvező légköri viszonyok között az erősebb nagyítású, kedvezőtlenebb viszonyok esetén pedig a kisebb nagyítású alkalmazandó.

A szintező libella, állandó buborék-hossz elérése céljából *légtartóval* van ellátva.

A 15 mm átmérőjű libellán 80 mm hosszúságban 2 mm-es beosztás van; egy ilyen kis részhez tartozó középponti szög $1,94''$ (egy párizsi vonalra $2,3''$), vagyis a libella belső csiszolt felszínének sugara mintegy 200 m.

A libella üvegsőve *nikkelvas* burkoló csőbe van helyezve és pedig a két végén két-két csavaron nyugszik, amelyekre felülről lemeztűgók szorítják.

Ez a megfogás lehetővé teszi a libellacsőnek a változó hőmérséklet hatására bekövetkező kiterjedését és összehúzódását, továbbá igen jól megakadályoz minden olyan elmozdulást, mely az irányvonal és a szintező libella tengelyének relatív helyzetét változtatná meg.

A burkoló cső tartó és igazító csavarjai *nikkelacélból* valók s ágyazásuk nagy gonddal történt.

A L_v -vel jelölt csavar a libella függőleges *igazító* csavarja, evvel kell a távcső irányvonalának és a libella tengelyének párhuzamossá tételét ($J \parallel L$) elvégezni. Feje négyszögletes s órakuleshoz hasonló pecekkel kezelhető.

A libellát és a távcsövet burkoló csőnek a libella felett megfelelő nagyságú kivágása van, amelyet jól záró üveglemez főd le. Fölötte hosszanti irányú, a vízszinteshez 45° alatt hajló *síktükör* (34. ábra: t) van, amely a buborék képét két prizma vetíti úgy, hogy a szemlencse mellől a távcső irányában nézve, a felső prizmaiban a buboréknek a tárgylencse felé eső végét látjuk, az alsóban pedig a szemlencse felé eső végét. A két prizma, csavar segítségével egymáshoz közelíthető és egymástól távolítható, ami által a prizmákban a libella-beosztás kezdőpontjától különböző távolságban lévő beosztásrészeket láthatjuk, tehát megállapíthatjuk a buborék közepén állását *változó* hosszúságú buborék esetén is.

A prizmák a távcsővel párhuzamos csőbe vannak ágyazva; a cső tengelye beállítható a szemtávolságra, vagyis az egyik szemmel a távcsőbe nézve, a másikkal a libellavégeket figyelhetjük meg.

A műszert a maga egészében, — perspektív ábrázolásban — a 33. ábra mutatja.

b) Szintező lécz.

A szintező lécz a kellő merevség elérése céljából *keresztalakú* keresztmetszettel készült.

A lécz anyaga száraz, göcsmentes és a farostok irányában vágott fenyőfa, melyet a nedvesség okozta hosszanti változásnak a lehetőségig való megakadályozása céljából paraffinnal itattak úgy, hogy a felvett paraffin a lécz súlyának 20%-a.

Az ilymódon előkészített lécz aztán *négyszeres* olajfesték-réteggel van bevonva.

A lécz 3,0 m hosszú, a legkisebb beosztás rajta a cm; a cm-mezők „kettős sávok” (fehér-fekete) osztással vannak feltüntetve, ami által a szál mindig belemutat egy fehér mezőbe is és a leolvasása ott végzendő. A lécz számozása folytatódagos dm-számozás.

A lécz hossza a végzett kísérletek szerint csak a hőmérséklet hatására változik érezhető módon (ezt a túl sok paraffin okozza, 10% teljesen elég volna); a változás tekintetbe vételére a lécen hőmérő van s ennek higanytartója a lécz fájába van besüllyesztve. A mérésakor aztán minden lécz-állásban le kell olvasni a hőmérő állását.

A lécz *komparálás*át a *beosztásra* nézve egyszerűsmindenkorra végzik el, *egységre* nézve pedig — vagyis azt, hogy a lécen kijelölt méter nemzetközi méterben kifejezve mekkora — minden mérés-időszak előtt és után a *Survey* e célra készült stabil léczkomparátorain állapítják meg. Mérés alatt acél-

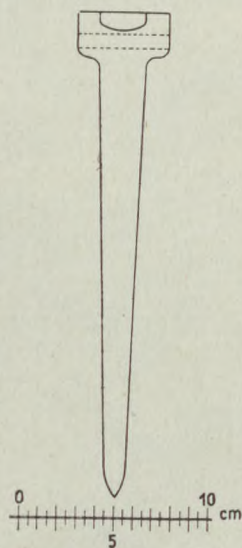
szalagon kijelölt méterrel mérték végig a léczet a relatív változások megállapítása céljából.

A lécz alul kovácsoltvas saruban végződik, melyből gömbbel lezárt hengeres csap nyúlik ki. Ezt a csapot kell a mérés alatt a szintező sarú szerepét játszó erős acélrúd felső, homorú, gömbszerűen alakított felszínére helyezni.

Az acélrúd alakja és mérete a 35. ábrán látható. A homorú bemélyedés alatti pontozott vonalak azt a nyílást jelzik, melybe a szállításra szolgáló vastag zsinór fűzendő.

Az acélrúd *szerszámacélból* készül, az alsó része keményre van edzve; használatkor beverik a földbe egész a felső kiszélesedő részig.

A léczet a mérés alatt négy kötéllel kötik ki; függőlegessé tételére *sze-lencés libella* szolgál.



35. ábra. A kötőpontok megjelölésére használt acéltest.

c) A mérés végrehajtása.

Miként a műszer szerkezetében, úgy a mérés módszerében is a legnagyobb egyszerűsége törekedtek.

Irányadó elv, hogy a mérés egy műszerálláson belül a lehetőségig gyors legyen.

Régebben egy műszerálláson belül a mérés igen bonyolódott, sok leolvasást és irányzást kívánó volt,¹ az új módszer, amelyet a *buborék középre állítása és három vízszintes szálon való leolvasás* jellemez, igen egyszerű, gyorsan elvégezhető, s ezért nem nyújt alkalmat a szintezés legveszedelmesebb hibáinak, a lécsüllyedésnek káros mértékben való érvényesülésére.

A műszert a kötőpontokon egyszerre felállított két léctől egyenlő távolságban helyezik el.

A tengely függőlegessé tétele magával a szintező libellával történik, a szintező csavarának egyszersmindenkorra meghatározott normális állásának (modulusának) felhasználásával.

A tengely függőlegessé tétele után beirányítják a *hátsó* álló lécet, s azután a buborékot folyton középen tartva leolvassák a *három* vízszintes szál állását.

Ezután beirányítják az *elől* álló lécet s ismét a buborék középre állítása után leolvassák a *három* szál állását.

A következő műszerállásban az irányzások *fordított* sorrendben végzendők, először az *elől* álló lécsüllyedés kerül sorra, aztán a *hátsó* álló.

¹ A régebbi eljárás nagyon bonyolult és hosszadalmas volt.

Olyan műszert használtak, melyen a távcső is, a libella is a műszerről levehető, vagyis szabad volt.

A lécsüllyedés pedig ú. n. *tárcsás* lécsüllyedés volt, t. i. a lécsüllyedés láncokkal tárcsa volt mozgatható s a tárcsa állásának leolvasását a lécsüllyedés mellett kellett elvégezni.

Minden egyes műszerállásban a következő műveleteket kellett elvégezni:

1. A műszer és vele egyidőben a lécsüllyedés felállítása.
2. A lécsüllyedés beirányítása és a lécsüllyedés tárcsa leeresztése mindaddig, amíg a vízszintes szál közelében látszott a távcsőben.
3. A tárcsa felezése a vízszintes szállal, leolvasás a szintező csavarán, leolvasás a lécsüllyedésen.
4. A libella középre állítása és leolvasás a szintező csavarán.
5. A libella átfektetése, a tárcsa felezése, leolvasás a szintező csavarán, leolvasás a lécsüllyedésen.
6. A libella középre állítása és leolvasása a szintező csavarán.
7. A távcső átforgatása a mértani tengelye körül.
8. A tárcsa felezése, leolvasása a vízszintes szálon, leolvasás a lécsüllyedésen.
9. A buborék középre állítása, leolvasás a szintező csavarán.
10. A libella átfektetése, a tárcsa felezése, leolvasás a szintező csavarán, leolvasás a lécsüllyedésen.
11. A libella középre állítása, leolvasás a szintező csavarán.

Ezután az *elől* álló lécsüllyedésre kell elvégezni az előbb felsorolt műveleteket 2-től 11-ig. Vagyis minden műszerállásban 8 irányzás, 16 mikrométercsavarleolvasás, 8 tárcsa-beállítás és lécsüllyedésleolvasás és 2 termométerleolvasás (a lécsüllyedéseken) végzendő.

Az amerikaiak hamar rájöttek, hogy ezzel az eljárással nemcsak hogy a mérés nem lesz gazdaságos, de a pontosság sem fokozódik, mert ha a műszerhibák ilyen módon ki is esnek, de a mérés hosszadalmassága miatt igen nagy mértékű öltethetnek a lécsüllyedés- és a műszersüllyedésből származó egyoldalú hibák.

Az új eljárás csak két irányzástól és a termométerleolvasásokkal együtt 8 leolvasásból áll, tehát igen gyors.

Tehát nem végeznek minden műszerállásban *oda-vissza* mérést, hanem úgy mint *Hollandiában*, egymás utáni műszerállásokban mérnek *oda* s aztán *vissza* sorrendben.

Ami az egész szintezés berendezését illeti, az elsőrendű hálózatban a szilárdan megjelölt alappontok átlag 15 km-re vannak egymástól.

Az alappontok közötti részeket 1—2 km hosszú szakaszokra osztják úgy, hogy minden szakasz egy napon belül oda és vissza szintezhető legyen.

A két szintezést *ellenkező* irányban kell elvégezni és pedig az egyiket a *reggeli*, a másikat a *délutáni* órákban, amiáltal ki lehet kerülni egyoldalúan ható fénytörési, megvilágítottsági stb. hibák káros hatását.

Az oda és vissza szintezés eredményei közötti különbség maximuma milliméterben

$$4\sqrt{k}$$

lehet, ahol k jelenti a szakaszhosszúságot km-ben.

Ennél nagyobb különbség esetén a mérés megismétlendő.

A méréskor a léctávolságok egyenlősége betartandó annyira, hogy az előre és hátra irányzások hosszai közötti különbség legfeljebb 10 m legyen.

A léccs és műszer közötti távolság maximuma 150 m-ben van megállapítva, de ez a távolság csak a legkedvezőbb világítási és légköri viszonyok mellett alkalmazható. Egyébként a távolság alkalmas megválasztása az észlelő mérnökre van bízva.

Számításkor a leolvasásokat megjavítják és pedig a nívófelület görbültsége és a refrakció miatt, továbbá az irányvonal és a szintező libella tengelye közötti kis szögnek megfelelően.

Az utóbbi javítás:

$$d\alpha$$

ahol d jelenti a léccs és a műszer állótengelye közötti távolságot, α pedig — abszolút szögegységben — az irányvonal és libella tengelyének egymással bezárt szögét.

A libella kiigazítását a távcső irányvonalához képest úgy, hogy azok egymással teljesen párhuzamosak legyenek, sohasem lehet elérni; az amerikaiak abból a helyes elvből indulnak ki, hogy ezt nem is erőltetik, hanem igazítással a szögeltérést egy bizonyos határon alul tartják, de meghatározák számszerű értékét s aztán megfelelő redukcióval kiküszöbölik a hatását. E kiküszöbölési mód igen tökéletes, ha tekintetbe vesszük, hogy már a léctávolságok egyenlősége maga is kiküszöböli a hiba hatását.

A libellatengely hajlását az irányvonalhoz a következő módszerrel lehet meghatározni (36. ábra).

Az egyik léccet a műszertől 10 m-re állítjuk, a másikat pedig a rendes léctávolságra: 50 m-re. Gondosan középre állított buborékkal leolvasást végzünk mind a két léccen (l_1 és l_2). Most a műszerrel felállunk a másik léccs-től 10 m-re és ismét, a buborékok minden leolvasás előtt gondosan középre hozva, leolvasunk mind a két léccen (l_3 és l_4). Ha a két pont magasságkülönbsége m , akkor

$$l_2 - d_2 \operatorname{tg} \alpha - (l_1 - d_1 \operatorname{tg} \alpha) = m$$

és

$$l_4 - d_1 \operatorname{tg} \alpha - (l_3 - d_2 \operatorname{tg} \alpha) = m$$

ahol α pozitív, ha vízszintes libellatengely mellett az irányvonal *felfelé* mutat.

Mivel az α kicsi szög, azért a $\operatorname{tg} \alpha$ felcserélhető magával az α -val s így a fenti két egyenletből

$$\alpha = \frac{1}{2} \frac{l_4 - l_3 - (l_2 - l_1)}{d_1 - d_2}$$

Mivel a távesőben három vízszintes szál van, minden alkalommal mind a hármat leolvassuk s akkor a fenti képletben szereplő l -ek mindig három leolvasás közepei.

A két szélső szálon tett leolvasások különbségéből az ismeretes szorzó állandó segítségével levezethetők a d_1 és d_2 léctávolságok, tehát azokat külön nem is kell lemérni.

d) A szintezés pontossága.

A szintezés pontosságát jellemezni lehet 1. avval a középhibával, amit az egyes szakaszok oda-vissza szintezései eredményeinek egymástól való eltéréseiből lehet levezetni, 2. avval a középhibával, amit zárt vonalak (poligonok) záróhibáiból vezethetünk le.

Az első középhibában kifejezésre jutnak a mérés módszerével kapcsolatos hibákon kívül a lécsüllyedésekből, a műszer-süllyedésekből, a refrakció-változásokból és a léckomparálásból származó hibák; a második pedig az előbbi hibákon kívül jellemző a magassági alappontok mozdulatlanságára is, mert benne az azokban előfordulható magasságváltozások (leginkább süllyedések) is kifejezésre jutnak. Minél közelebb van az utóbbi értéke az előbbiéhez, annál tökéletesebb az alappontok magasságát meghatározó teljes művelet.

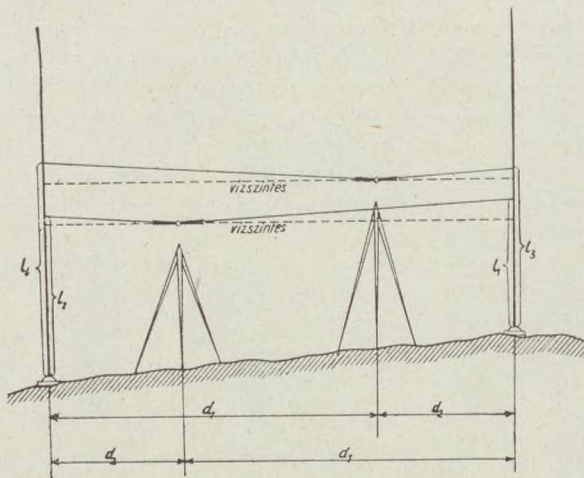
Az Egyesült Államok szintezéseiben a km -es középhiha értéke az oda-vissza szintezésekből levezetve:

$$\mu_{(\text{km})} = \pm 0,9 \text{ mm.}$$

A szintezési poligonok kiegyenlítése pedig a következő értéket adta:

$$\mu_{(\text{km})} = \pm 0,9 \text{ mm.}$$

A két érték kicsisége, továbbá egymással való teljes megegyezése élénk bizonyosságot nyújt az északamerikai elsőrendű szintezések nagy pontosságáról s így az U. S. A. méréseit joggal lehet magas szabatosságú szintezésnek nevezni.



36. ábra. A táveső-irányvonal és a szintező libella-tengely közti szögeltérés meghatározása.

III. RÉSZ.

AZ OSZTRÁK-MAGYAR MONARCHIA ORSZÁGOS FELSŐRENDŰ SZINTEZÉSE.

1. Általános megjegyzések. Alapfelület.

A volt osztrák-magyar monarchiának közös *Katonai Földrajzi Intézete* által végzett elsőrendű szintezésben két időszakot kell megkülönböztetni.

Az első időszak 1873-tól 1899-ig, azaz 26 évig tartott s ez idő alatt az osztrák tartományok közül *Isztriának, Tirolnak, Krajnának, Karinthiának, Alsó- és Felső-Ausztriának, Morvaországnak, Csehországnak, Sziléziának, Galiciának, Bukovinának*, a magyar szent korona országai közül pedig *Magyarországnak és Horvátországnak* elsőrendű szintezését végezték el a felsorolásnak megfelelő időrendben.

A második időszak 1899-től 1914-ig, azaz 15 évig tartott s *Dalmáciára, Boszniára és Hercegovinára* terjedt ki.

Az első időszakban 69 zárt poligonban, 18.280 km hosszúságban mintegy 12.400 megjelölt pontnak állapították meg a magasságát; a második időszakban 12 poligont mértek.

A mérések alapelveit, további eredményeit az „*Astr.-geod. Arbeiten des k. u. k. Mil. Geogr. Institut*“ VII., VIII. és X. kötetében tették közzé; a mérésről kisebb ismertetéseket a „*Mitteilungen des k. u. k. Mil. Geogr. Institut*“ egyes kötetiben találhatunk.

Megjegyzem, hogy a számítás még nincs teljesen kész; az eddig végzett kiegyenlítések csak közelítőek, ennek megfelelően a közzétett magasságértékek még nem definitívek.

Alapfelületül az első időszak méréseiben az *Adriának* az 1875. évben *Trieszt*-nél észlelt középvízszíneének megfelelő szintfelületet vették. E meghatározáshoz a trieszti *Molo Sartorio* belső oldalán állították fel az automatikus vízszínjelző készüléket (*mareográfot*) s ennek az 1875. évben feljegyzett adatai alapján 609 dagály- és 614 apályértékből vezette le dr. Farolfi az *Adria* trieszti középvízszínét. Az így megállapított magasságnak megfelelő szintfelület, melyet helytelenül az *Adria* középvízszíneének szoktak nevezni, lett a *Katonai Földrajzi Intézet* első időszakbeli szintezésének alapfelülete.

A *Katonai Földrajzi Intézet* által megadott magasságértékek erre az alapfelületre vonatkoznak.

Hangsúlyoznom kell, hogy valamely tenger középvízszíneének megbízható értékét egy évi észlelésből nem lehet levezetni. A tengerszín magassága ugyanis nagyon sok, ismert és ismeretlen fizikai, kozmikus, meteorológiai tényezőtől függ, amelyek között olyanok is vannak, melyeknek periódusa több év. A középvízszint megbízhatóan csak hosszú évek során át végzett folytonos megfigyelések eredményeiből lehet jól megállapítani.

Kitűnő példa erre éppen a monarchia elsőrendű szintezésének esete is.

Ugyanis a trieszti mareográfot tovább is működésben tartották s ekkor kiderült, hogy az 1875. évben az *Adria* középvízszíne mintegy 9 cm-rel volt *alacsonyabb*, mint a további 8 évből levezetett középvízszín. Vagyis véletlenül éppen egy évi apálynak megfelelő vízszint választották alapfelületül.

Az első időszak méréseinek publikált magasságai tehát csak közelítő értékei annak, amit tengerszínfeletti magasságnak nevezünk.

Tekintettel a 9 cm-rel mélyebben választott alapfelületre, a *Katonai Földrajzi Intézet* magasságai 9 cm-rel kisebbitendők, ha tengerszínfeletti magasságokat akarnak kapni.

A második időszakban már az újabban és helyesebben megállapított középvízszint vették alapfelületül, vagyis a *Katonai Földrajzi Intézet* eredményei voltaképpen két, egymástól 9 cm-ben eltérő szintfelületre vonatkoznak.

Magyarországot az első időszakban mérték, tehát az elsőnek említett szintfelületre, mint alapfelületre vonatkoznak a publikációkból kivethető magasságok.

2. Pontjelölések.

A felsőrendű hálózatokban alapvető fontosságú a pontok gondos, stabil, hosszú időre való megjelölése. Amint látni fogjuk, a *Katonai Földrajzi Intézet* méréseiben ez a szempont nem talált kellő méltánylást.

A katonai szintezésben az alappont-megjelölések (állandósítások) háromfélék, t. i.:

1. fő-alappontok,
2. elsőrendű alappontok,
3. másodrendű alappontok.

a) Fő-alappontok.

Ezek rendeltetése az, hogy a szintezés eredményeit hosszú időre megőrizték. Olyan, többnyire ösközetből (gneiszből) álló helyekre tették őket, amelyek a geológusok véleménye szerint a legnyugodtabbak, vagyis ahol nagyobb földmozgások nem valószínűek.

A pontot magán a kőzeten jelölték meg dm^2 nagyságú, vízszintes lecsiszolással.

A főalappont magassága erre a vízszintes síkra vonatkozik. A pont védelmére s könnyen való felfedezésére a pont fölé, középen kivágott négyszögletes kőhasábokat helyeztek (az 1. ábrán E-nél). Az ezeken levő 30×30 cm-es kivágás bőven elég arra, hogy ezen keresztül a szintező lécz a pontra helyezhető legyen.

A kőhasábot magas kőgúla fedi úgy, hogy a ponthoz csak a kőgúla lebontása után lehet hozzájutni.

A pontjelzésnek ez a módja nem egészen kifogástalan. Egyrészt ugyanis a csiszolás vízszinteségében lehet hiba, másrészt pedig a levegőnek és főleg víztartalmának korrodáló hatása idővel a pontot tönkre teheti.

Fő-alappont a monarchia területén hét van, és pedig három Ausztriában, négy Magyarországon. Az egyes alappontok a következő helyeken vannak:

1. Vöröstoronyi-szoros. (Nagyszebentől délre) a román határ közvetlen közelében.
2. Trebusánál a Tisza felső völgyében Máramarossziget közelében.
3. Ruttka mellett a Vág völgyében.
4. Nadap mellett Székesfehérvár közelében.

5. *Maria-Rastnál a Dráva völgyében.*

6. *Franzensfestenél Tirolban.*

7. *Lischaunál Budweis közelében.*

A fő-alappontok közül a tengerhez legközelebb a *mariarasti* pont van, Budapesthez pedig a *nadapi* pont.

Megemlítem, hogy minden fő-alappont közvetlen közelében van egy elsőrendű alappont is. Ezért a kisebb jelentőségű csatlakozó mérések miatt a fő-alappontokat nem kell megbolygatni.

b) Elsőrendű alappontok.

Az elsőrendű alappontok megjelölésére *furatos vascsapokat* használtak, melyeket lábazati falakba, vagy ilyenek híjában külön elhelyezett kövekben úgy cementeztek be, hogy a furat pontosan vízszintes helyzetű legyen (az 1. ábrán balra, alul). A vascsap elé vastáblát helyeztek; a táblán alul nyílás van, mely színel a csap furatával, felül pedig a hazai pontjelöléseken „*Magassági jegy*“ felírást találunk. Ausztriában *Höhen-Marke*, Horvátországban *Biljeg Visine* a felírat.

A pont magassága a furat közepére vonatkozik. Értéke a vastáblára nincsen feljegyezve.

E pontjelölés hátránya egyrészt az, hogy az elhelyezése nehézkes és ha nem sikerült vízszintesre, akkor a csatlakozás hozzá bizonytalan, mert a furatba helyezett hengeres pálca a különböző részein különböző magasságú lesz. Hátránya továbbá, hogy a csatlakozás hozzá csupán külön léccel, vagy hosszadalmas libella-átvetítéssel történhet (1. ábrán, felül, jobbról).

Megjegyzem, hogy újabban a csatlakozások könnyebb keresztülvitele céljából a 2. ábrán látható pontjelöléseket használják, mely az előbbitől abban tér el, hogy a szilárdabban készült táblának a pont magasságában kiemelkedő vízszintes pereme (konzolja) van, amelyre a szintező léccel a csatlakozáskor ráállítható.

E pontjelzéseket csak a második időszak méréseiben, azaz *Dalmáciában*, *Boszniában* és *Hercegovinában* használták.

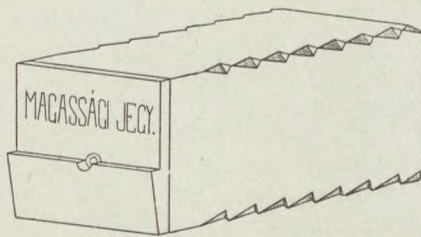
c) Másodrendű alappontok.

Ezek egészen primitív megjelölésűek. Vízszintes felületen *lecsiszolt sík*, függőleges felületen vízszintes, *véssett vonás* a jelölés.

A vízszintesre csiszolt felületrészt olajfestékkel körülkeretették és *M. J.* (illetve *H. M.*, vagy *B. V.*) jelöléssel látják el.

A 10 cm hosszú vízszintes vonás két vége mellett ugyancsak ezt a két betűt találjuk.

A másodrendű alappontokat meglévő s erre alkalmas köveken és épületrészekben helyezik el. Ilyenekül kilométerkövek, kőkorlátok, lépcsők, hídpillérek, lábazati kövek stb. szolgáltak.



2. ábra. Újabb elsőrendű pontjelzés (fúráttal és konzollal).

Ez a jelölés egészen tökéletlen s hamar tönkremegy. Ha meggondoljuk, hogy a monarchia alappontjainak túlnyomó nagy része (t. i. a 12389 pont közül 9077) ilyen jelölésű, megérthetjük, hogy miért kellett az egész mérést megismételni.

3. Szintező műszer.

A szintezésben *Starke—Kammerer* műhelyéből származó olyan műszereket használtak, melyekről a távcső is, a szintező libella is levehető.

A mi osztályozásunk szerint a műszer

III. mintájú, szintező csavarral és alhidádé libellával.

A távcső objektívjének nyílása	34 mm,
„ „ gyújtótávolsága	340 mm,
„ „ nagyítása	27—33-szoros.

A szintező libella érzékenysége 3,5"—7,7".

Még egy külön kötött szintező libella is van a műszeren, de ezt később felesleges volta miatt elhagyták.

A műszer perspektív rajzát az 1. ábrán láthatjuk (A). A távcsőben három vízszintes szál van, melyek közül a szélsők részint a leolvasás pontosságának fokozására, részint távmérésre szolgáltak.

Az állvány csapos állvány, melynek lábait a hőszugárzásból származható káros műszermozgások elkerülésére vászonnal vonták be.

Ilyen típusú műszerekkel (számszerint 8 darabbal) végezték el az első időszak méréseit, vagyis ezekkel dolgoztak a *magyarországi hálózaton* is.

Megjegyzem, hogy e műszertípus nem felel meg azoknak a követelményeknek, melyeket elsőrendű szintező műszerrel szemben a modern tapasztalatok alapján támaszthatunk, mert:

1. sem az állvány, sem a műszer nem eléggé stabil,
2. a távcső nagyítása csekély,
3. a III. mintájú műszeren nincs eléggé biztosítva az irányvonal és a szintező libella relatív helyzetének a mérés alatt megkívánt változatlansága.

Újabban az elsőrendű szintezésekben csak olyan műszert használnak, melyen a távcső és a libella kötött, vagyis *I. mintájút*, vagy *V. mintájút*.

A *Katonai Földrajzi Intézet* maga is rájött erre a tapasztalatra s a második időszak szintezését már *V. mintájú* műszerekkel végezte, amelyek azonban a stabilitás és a kellő nagyítás követelményeinek még mindig nem felelnek meg teljesen.

Az új műszer fontosabb adatai ugyanis a következők:

A távcső objektívjének nyílása:	41 mm.
A távcső objektívjének gyújtótávolsága:	320 mm.
A távcső nagyítása:	24—36-szoros.

4. Szintező léc. Léckomparálás.

A mérésben használt szintező lécek (az 1. ábrán, oldalt, jobbról) teljesen száraz fenyőfából készültek; hosszuk 3 m; keresztmetszetük 1 alakú. A léc alsó részén acélsaru van, alul gömbalakú bemélyedéssel.

A lécek *mindkét* homloklapján szabadkézzel készült, kettős sávos *cm* osztást találunk, folytatólagos *dm* számozással. A két osztást egymástól könnyen megkülönböztetendő, a számozás a lécek egyik oldalán 0-tól 29-ig, a másikon 30-tól 59-ig terjed.

A mérésben használt lécek tehát *megfordítható (reverziós)* lécek.

A lécek komparálása gondosan történt. Használat előtt a léceket megvizsgálták először is a beosztás helyességére nézve, azután megállapították a „*lécméter*“ valódi hosszát egy bizonyos hőmérsékletnél.

E komparálásokra külön lécekomparátort használtak, melynek szerkezetét az 1. ábrán (C) láthatjuk.

A vályuba helyezett lécekre ráhelyezték a *mm*-ekre osztott *normálmétert* s az ezen visszatükröződő léceosztásnak a normálméter osztásától való elérését mikroszkóppal állapították meg.

A lécméter hossza nem állandó, a mérés alatt a hőmérséklet és a nedvesség hatására megváltozik. E megváltozás megállapítására, a Goulier-féle francia lécek mintájára, a lécek két oldalán, mintegy 2,90 m hosszú, vékony vaslemezeket helyeztek el úgy, hogy azok alul a léccel mereven voltak kapcsolva, felül pedig szabadon dilatálhattak. Mérés közben figyelték a vaslemez végén mutatkozó eltolódásokat és a vas előre megállapított távulási együtthatójával határozták meg a lécméter mérés alatti megváltozását.

A szintező saru szerkezetét az 1. ábrán (alul, jobbról) láthatjuk.

5. A mérés módszere.

A kötőpontokat egymástól átlag 120 méterre, legfeljebb 160 méterre választották s azokon a léceket szintező sarura állították. A léctávolságok egyenlőségét mérőszalaggal biztosították és a műszer felállítása után optikai úton ellenőrizték.

A méréshez egy léceket használtak.

Az egyes műszerállásokban a két távcső állással való mérést alkalmazták, azaz a következő műveleteket végezték el:

I. Irányzás hátra.

- a) A szintező libella buborékját leolvasták és a szintező libellát talponalán átfektették.
- b) A távcsőbe nézve, leolvassák a három vízszintes szálat.
- c) Leolvasták a szintező libella buborékját.
- d) A léceket a sarun átfordították.
- e) A távcsövet a mértani tengelye körül átforgatták.
- f) Leolvasták a szintező libella buborékját s a libellát átfektették.
- g) Leolvasták a három vízszintes szálat.
- h) Leolvasták a szintező libella buborékját.

II. Irányzás előre.

Az előbbi műveletek megismétlése *a-tól h-ig*.

A két távcsőállásból való szintezést a francia elsőrendű szintezésből vették át azzal a változtatással, 1. hogy a libellát nem állították középre,

hanem állását leolvasták s a nyert értékből a libella állásának és léctávolságnak felhasználásával vezették le a középen álló buboréknak megfelelő lécleolvasást, 2. hogy a mérésben csak egy lécet alkalmaztak, miáltal a francia módszer jellegzetes, szimmetriás elrendezését mellőzve, az előre- és a hátrairányzás közt a *libella átfektetésével és a táveső átforgatásával bizonytalanná tették a táveső irányvonala és a szintező libella tengelye közti relatív helyzet megkívánt változatlanóságát.*

A két távesőállással való szintezést ma már az elsőrendű mérésekben nem használják, mert evvel a főcélt, melynek elérésére használható volna, t. i. az irányvonal és a libellatengely nem párhuzamos voltának kiküszöbölését nem érjük el, különösen, ha a mérést a fent vázolt módon hajtják végre.

Ugyanis a fenti módon végzett két távesőállásból való szintezéssel a műszerhibák közül kiküszöbölődik:

1. az a hiba, amit a táveső irányvonalának (J -nek) a táveső mértani tengelyével (M -el) való nem párhuzamossága okoz,

2. az a hiba, ami a szintező libella tengelyének (L) a csapgyűrűk alkotóival (T -vel) való nem párhuzamos voltából származik.

Ámde ezáltal az irányvonalnak és a libella tengelyének nem párhuzamos voltából származó hiba csak akkor esik ki, ha a táveső mértani tengelye és a csapgyűrűk alkotói egymással párhuzamosak.

Tehát a két távesőállással való mérés a legfontosabb (mert legkárosabbban ható) igazítási hibát csak akkor küszöböli ki, ha M és T egymással legalább is egy ívmásodpercen belül párhuzamosak, ami pedig nagyon is a határán van annak, amit a precíziós mechanika e téren elérni képes.

Ámde az „ L nem $\parallel J$ ” hibát sokkal egyszerűbb módszerrel is teljesen ki lehet küszöbölni. Nevezetesen, ha gondoskodunk arról, hogy a J és az L közötti szög az előre és hátra irányzáskor ugyanaz maradjon, akkor *egyenlő léctávolságokat* és azonos refrakció-viszonyokat feltételezve — bármekkora is legyen a J és az L közötti szög — a leolvasások különbségéből, tehát a magasságkülönbségből a hiba teljesen kiesik, illetve buborék-leolvasás előtt a buborékot gondosan középre hozzuk, illetve buborék-leolvasás esetén, ha a lécleolvasásokat középen álló buborékre redukáltuk.

A katonák által használt módszernek hátránya az, hogy a szabad libella miatt, de különösen annak többszörös átfektetése miatt egyáltalán nincsen biztosítva a J és az L relatív helyzetének változatlanúsága. Tehát, bár a buborék középre állításának és az egyenlő léctávolságnak feltételeit betartották, mégsem lehet számítani az igazítási hiba kiküszöbölésére.

De még más, szintén igen erős hatású szabályos hibák érvényesülésére is alkalmat nyújt a fenti módszer és pedig a hosszadalmassága miatt. Nevezetesen a műszernek és a lécnek (különösen az utóbbinak) *süllyedése*, továbbá a refrakció hatása vehet fel tetemes mértéket akkor, ha az egyes műszerállások mérőműveletei sokáig tartanak.

Az alkalmazott módszer nem előnyös, mert alkalmat nyújt káros hatású szabályos hibák érvényesülésére s hogy ilyenek csakugyan előfordultak, azt a különböző úton levezetett mérési középhibák közt mutatkozó *jeltűnően nagy* eltérések is igazolják.

Megjegyzem, hogy a *második időszak* méréseiben már nem a fenti műszertípust és mérőeljárást alkalmazták, mert az első időszak eredményeinek kiegyenlítésekor nyert tapasztalatok felhívták a figyelmet a mutatkozó szabályos hibáknak a műszerrel és az alkalmazott módszerrel való összefüggésére.

A második időszak méréseiben ugyan szintén a két távcsőállásból való színtezést alkalmazták, de *V. mintájú műszerrel*, vagyis olyannal, amelynél a távcső és a színtező libella kötött, de együttesen levehető az alhidádéről. A színtező libella felül is, alul is csiszolt (reverziós) libella, ami lehetővé teszi a két távcsőállásból való mérést.

A mérés — egy léccel — a következőképpen történt:

I. Irányzás hátra:

- a) *Libella-leolvasás.*
- b) *Léc-leolvasás három szálon.*
- c) *A távcső kiemelése, levegőben való áthajtása s az alhidádé átforgatása.*
- d) *A léccel átforgatása.*
- e) *Léc-leolvasás a három szálon.*
- f) *Libella-leolvasás.*

II. Irányzás előre.

Az előbbi hat művelet az előbbi sorrendben.

Meg kell említenem, hogy még ez a módszer sem egészen kifogástalan. Sokkal jobb, ha egészen szimmetriás eljárást alkalmazunk, amihez azonban két léccel kell.

A vázoltak szerint tehát minden műszerállásban a kötőpontok magasságkülönbségére két-két értéket állapítottak meg.

Minden vonalat kétszer színteztek, tehát voltaképpen minden magasságkülönbséget négy értékből vezettek le.

6. A színtezési hálózat fontosabb adatai.

Bennünket az *első időszak* színtezései érdekelnek és ezért a következőkben az ezekre vonatkozó adatokat közlünk.

Az első időszak színtezését három részben végezték, t. i. először az ú. n. *nyugati részt*, mely Isztriát, Tirolt, Krajnát, Karinthyát, Alsó- és Felső-Ausztriát, Morvaországot és Csehországot foglalja magában, a második volt az *északkeleti rész*, mely Sziléziára, Galíciára, Bukovinára és *Magyarország északi részeire* terjedt ki és harmadiknak a *délkeleti részt*, ami *Magyarország déli részét* tartalmazza.

Az egész színtezés végleges kiegyenlítése még nem történt meg. Az ideiglenes kiegyenlítést részben végezték el és pedig a nyugati részt *önállóan*, az *északkeleti részt* avval a *kényszerrel*, hogy a nyugati rész csatlakozó vonalait hibátlanoknak tekintették és végül a *délkeleti részt*, avval a *kettős kényszerrel*, hogy a nyugati és az *északkeleti csatlakozó részeket* hibátlanoknak vették.

A hálózatokra vonatkozó fontosabb adatokat a következőkben sorolhatjuk fel.

Az osztrák-magyar monarchia elsőrendű szintezésének fontosabb adatai.

	Nyugati rész	Észak- keleti rész	Délkeleti rész	Összesítés
Főalappontok száma	3	2	2	7
Elsőrendű alappontok száma	1460	779	1011	3240
Másodrendű alappontok száma	4076	2325	2676	9077
Alappontok meteorológiai állomásokon	8	6	11	25
Vízmércék	19	3	8	30
Idegen országbeli csatlakozó pontok száma	31	7	4	42
Szintezési vonalak teljes hossza	6700 km	5727 km	5853 km	18280 km
A szintezési vonalak száma (csomóponttól-csomópontig)	139	74	62	275
A zárt poligonok száma	27	19	23	69
Hány km-re esik egy alappont	1,2 km	1,8 km	1,6 km	
Hány km-re esik egy elsőrendű alappont	4,6''	7,4''	5,8''	
μ_{km} $\left\{ \begin{array}{l} a) \text{ kiegyenlítés előtt (a posteriori érték)} \\ b) \text{ kiegyenlítés után (hálózati érték)} \end{array} \right.$	$\pm 2,0 \text{ mm}$ $\pm 5,8$	$\pm 2,2 \text{ mm}$ $\pm 7,5$	$\pm 2,0$ $\pm 8,1$	
$\mu_{(\text{km})}$ $\left\{ \begin{array}{l} a) \text{ kiegyenlítés előtt (a posteriori érték)} \\ b) \text{ kiegyenlítés után (hálózati érték)} \end{array} \right.$	$\pm 1,4$ $\pm 4,1$	$\pm 1,5$ $\pm 5,3$	$\pm 1,4$ $\pm 5,8$	
Az utolsó két érték viszonyszáma	2,9	3,5	4,1	

Az egyes közzétett magassági értékek ú. n. *ortométeres magasságok*, vagyis a szintfelületek összehajlása (párhuzamosságtól való eltérése) megfelelő javításokkal tekintetbe vétetett.

7. Az eredmények megbízhatósága.

Az eredmények megbízhatóságát a táblázat alsó részén közölt középhiba-értékek mutatják, melyek nem mások, mint a *kilométeres középhibának* szokásos módon levezetett *a posteriori* és a *hálózati* (kiegyenlítési) értéke.

Amint ezek a számok elárulják, az oda-vissza szintezésből levezetett *a posteriori középhiba* nagyjából $\pm 1,5 \text{ mm}$ -re tehető, ami eléggé megfelelő érték, ha tekintettel vagyunk a műszernek és a felállításnak nem

kellően stabil voltára, továbbá arra, hogy az irányvonal és a libella tengely relatív helyzetének változatlansága a műszeren kellőképpen biztosítva nem volt.

Felette nagy a *hálózati érték*, mely a nyugati részen $\pm 4,1$ mm, az északkeleti részen $\pm 5,3$ mm, a délkeleti részen pedig $\pm 5,8$ mm.

E számértékek átlag 3,5-szeresei az *a posteriori* középhiba értékének.

A nagy eltérésekből az eredményeket terhelő szisztematikus hibákra kell következtetni, amelyek egyrészt komparálási hibákra, de főleg az alappontok időközben bekövetkezett süllyedésére vezethetők vissza. Úgy látszik, hogy az egyes alappontok helyének kiválasztásakor nem jártak el kellő gondnal és körültekintéssel, hanem alappontokat telepítettek még meg nem üledett épületekbe és töltésekbe is.

A kilométeres középhiba hálózati értékének feltűnő növekedése egyszerű okra vezethető vissza, nevezetesen benne jut kifejezésre annak a kényszernek hatása, hogy a kiegyenlítéskor a már kiegyenlített rész eredményeit hibátlan értékeknek tekintették. Ez a növekedés természetesen azonnal megszűnik, amint az egész hálózatot egyben mint összefüggő egészet egyenlítik ki.

A megbízhatóság fenti számértékeiből megállapítható, hogy a monarchia elsőrendű szintezése nem tartozik az ú. n. *magas szabatosságú* (de haute précision) szintezések közé, mert az ilyenekre nézve az *Association Géodésique Internationale* előírta, hogy a középhibának nem szabad $\pm 1,5$ mm-nél nagyobb lenni, hanem azon a határon van, amit még *szabatos szintezésnek* neveznek, amit t. i. az jellemez, hogy a hálózati kilométeres középhiba $\pm 4,5$ mm-nél kisebb.

IV. RÉSZ.

A MAGYAR ORSZÁGOS FELSORENDÚ SZINTEZÉS.

1. A szabatos szintező műszer szerkesztésének alapelvei.

A műszert és a léceket a külföldi felsőrendű országos szintezésekben eddig szerzett tapasztalatok alapján terveztük meg.

E tapasztalatok szerint, az erős nagyítású és fényerejű távcsővel és érzékeny, jól izolált szintező libellával felszerelt műszernek lehetőleg *egyszerűnek* és kellően *stabilnak* kell lenni.

Különös gond fordítandó arra, hogy a távcső irányvonalának és a libella tengelyének relatív helyzete a mérés alatt ne változhasson meg.

Ez a relatív helyzet megváltozhat az irányvonalnál, a tárgylencsének, illetve a szálkereszt-rendszernek esetleges elmozdulása miatt.

Az előbbi megakadályozhatjuk a tárgylencse megerősítésének gondos megtervezésével és szerkezeti kivitelével, az utóbbinál pedig a szálkereszt-rendszer szabatos megerősítésén kívül gondoskodni kell arról is, hogy a szálcsőnek, illetőleg belső képállítós esetén a parallaxis eltüntetésére szolgáló és a képállító lencsét tartalmazó belső csőnek a távcső beállításkor szükséges mozgása az irányvonallal párhuzamos és ingadozásmentes legyen.

A relatív helyzet megváltozhat a *szintező libellánál*, ha a libella üvegcsője elmozdul az őt burkoló fémcsőben, vagy ha a burkoló fémcső moz-

dul el a tartó és igazító csavarok meglazulása miatt. Ez utóbbiak különösen veszedelmesek *szabad* szintező libellák esetében, amikor a rátevéskor bekövetkező zökkenések és rázkódtatások fokozott mértékben vonhatják maguk után a libellacső és a burkoló cső elmozdulását s e mellett ez esetben az érintkező felületre rakódó tisztátalanságok (porszemek stb.) miatt is megváltozhat a libella és a távcső relatív helyzete.

Kétségtelen, hogy a legszabatosabb szintezésre szolgáló műszeren a távcsövet és a szintező libellát mereven kell egymáshoz és a műszer alhidédéjához erősíteni.

De még ilyen merev kapcsolás esetében is számolni kell a hőmérsékletváltozás okozta mozgásokkal, melyek szintén megváltoztatják a relatív helyzetet. Ez a változás nagyon tekintélyes lehet, ha az egybekapcsolt szerkezeti részek anyagának tágulási együtthatói között nagyobb különbség van.

Mindezek alapján a *felsőrendű* szintező műszerek szerkesztésekor az alábbi alapelvek tartandók szem előtt.

1. A szintező libellát és a távcsövet mereven kell kapcsolni egymáshoz és a műszerhez, tehát a műszernek ú. n. *I. mintájúnak* kell lennie.

2. A szintező libella tengelyét a lehetőségig közel kell hozni a távcső irányvonalához.

3. A távcső és a libella közötti összeköttetést létesítő szerkezet anyagául olyan fém, vagy ötvözetet kell alkalmazni, amelynek tágulási együtthatója kicsi és egészen közel van az üvegéhez.

4. A szemcső, illetve a belső képállító lencse járásának egyenesvonalúnak és ingadozásmentesnek kell lenni.

5. A libellacsőnek és a szákereszt-gyűrűnek megerősítését úgy kell megtervezni és elkészíteni, hogy semmi olyan elmozdulás ne következhesen be, amely megváltoztatja a libellatengely és az irányvonal relatív helyzetét.

6. A műszert okvetlenül fel kell szerelni *szintező csavarral*. Nagyon fontos, hogy a szintező csavar érzékeny legyen s ne legyen észrevehető holtmozgása. Az érzékenységet nem elegendő a menetmagasság kisebbitése útján elérni, hanem a szintező csavarnál megfelelő *áttételezést* is kell alkalmazni.

Az utóbbi segítségével el lehet érni a buborék gyors és szabatos beállítását. Mind a kettő fontos, mert az egyes műszerállásokban végzendő munkát mindig gyorsan és szabatosan kell elvégezni.

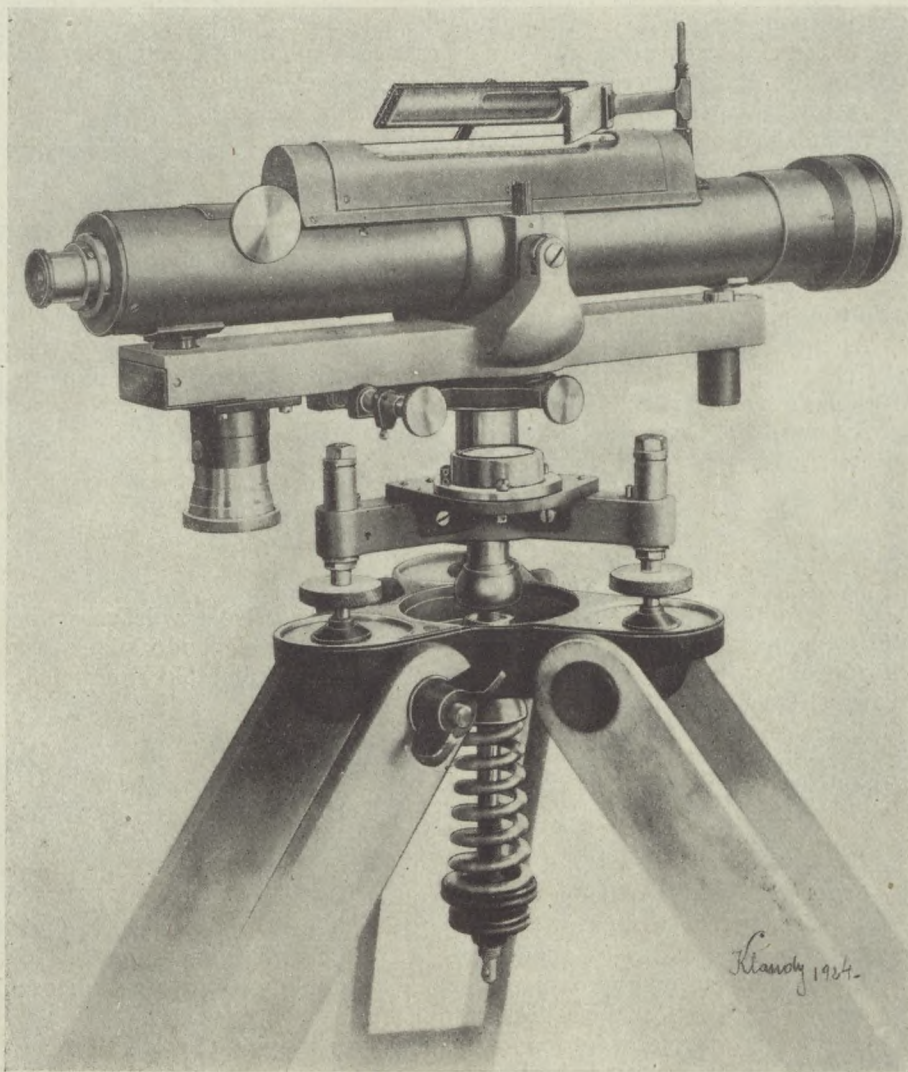
7. A műszert okvetlenül fel kell szerelni olyan tükröző berendezéssel, amelynek segítségével a buborék beállítását, illetve leolvasását, helyzetváltoztatás nélkül, az okuláris irányból, vagy esetleg az okulárison keresztül nézve, a távcső látómezejében lehet elvégezni.

8. Kerülni kell a műszeren az olyan pontosság-fokozó berendezéseket, amelyek külön beállításokat kívánnak. E miatt nem előnyös az objektív elé szerelt plánpárhuzamos lemez, a vízszintes szálat mozgató mikrométer-csavar stb.

Ezekkel a leolvasás névleges, nominális pontosságát fokozni lehet, de nagy hátrányuk, hogy a műszeren, ahhoz hozzányúlva, beállítást kell végezni. Ez pedig elmozdíthatja a műszert és megnyújtja a mérés idejét, ami alkalmat ad lécs- és műszersüllyedések, továbbá refrakció-változások érvényesülésére.

A szintezés végrehajtásában alapvető fontosságú, hogy a mérés a lehető legrövidebb idő alatt végeztessék el.

9. A műszert és álványát kellően stabilra kell készíteni, annyira, hogy a légáramlások, továbbá a kocsiforgalom okozta megrázkódtatások észrevehető módon mozgásba ne hozzassák.



1. ábra. Az Oltay—Süss-féle, legszabatosabb szintezésre szolgáló műszer perspektív képe.

2. A szintező műszer leírása.

A magyar országos felsőrendű szintezés műszere *1. mintájú*, vagyis a távcső és a szintező libella egymással és a szintező műszer alhidádéjával mereven van kapcsolva.

A műszer perspektív képét az *1. ábra*, metszeteit a *2.*, a *3.* és a *4. ábra* mutatja.

a) A távcső.

A távcső főcsővébe a szintező libella úgy van behelyezve, hogy az irányvonal annyira közel kerüljön a libella tengelyéhez, amennyire csak azt az objektíven át haladó sugárnyaláb megengedi (2. ábra).

A távcső főcsőve acélból készült és pedig olyanból, melynek tágulási együtthatója közel egyenlő a libella üvegsővével. A libellát burkoló fémcső ugyancsak ilyen tágulási együtthatójú acélból készült.

Szándékosan nem használtunk invar anyagot, mert ennek tágulása lényegesen kisebb, mint az üvegé.

A távcsőben nincs belső képállító lencse.

A parallaxis eltüntetése a szokásos módon, azaz a szálcső hosszanti mozgatásával végzendő. Fontos követelmény, hogy ez az elmozdulás szabatos, ingadozásmentes legyen, továbbá, hogy a szálcső jól zárjon s így tisztátalanság a távcső belsejébe ne juthasson.

Az ingadozásmentes járás lehetővé tételére a szálcső három helyen fekszik fel. A felfekvés támaszai közül kettő mozdulatlan, a harmadikat pedig a főcsőbe ágyazott rúgó állandóan a szálcsőhöz feszíti.

A távcső optikai adatai a következők:

az objektív gyújtótávolsága:	400 mm,
„ „ nyílása:	50 mm,
„ „ nagyítása:	40-szeres.

Az okuláris Ramsden rendszerű.

A távcsőben három vízszintes szál van: a két szélső távolsága a középsőtől ugyanaz. A szélső szálak távmérő szálak is, de elegendő közel vannak a középső (szintező) szálhoz úgy, hogy leolvasásukkal csökkenteni lehet a leolvasási hibát.

A szárendszer üvegen mikrofotográfiai úton készül.

A távmérő szálak szorzó állandója:

$$k = \frac{1000}{3} = 333,33$$

* Összeadó állandója pedig 0,60 m volt.

Nagyon fontos a szintező szál vastagsága, mert az eléggé érzékenyen befolyásolja a lécs-leolvasás alkalmával végzett becslés pontosságát.

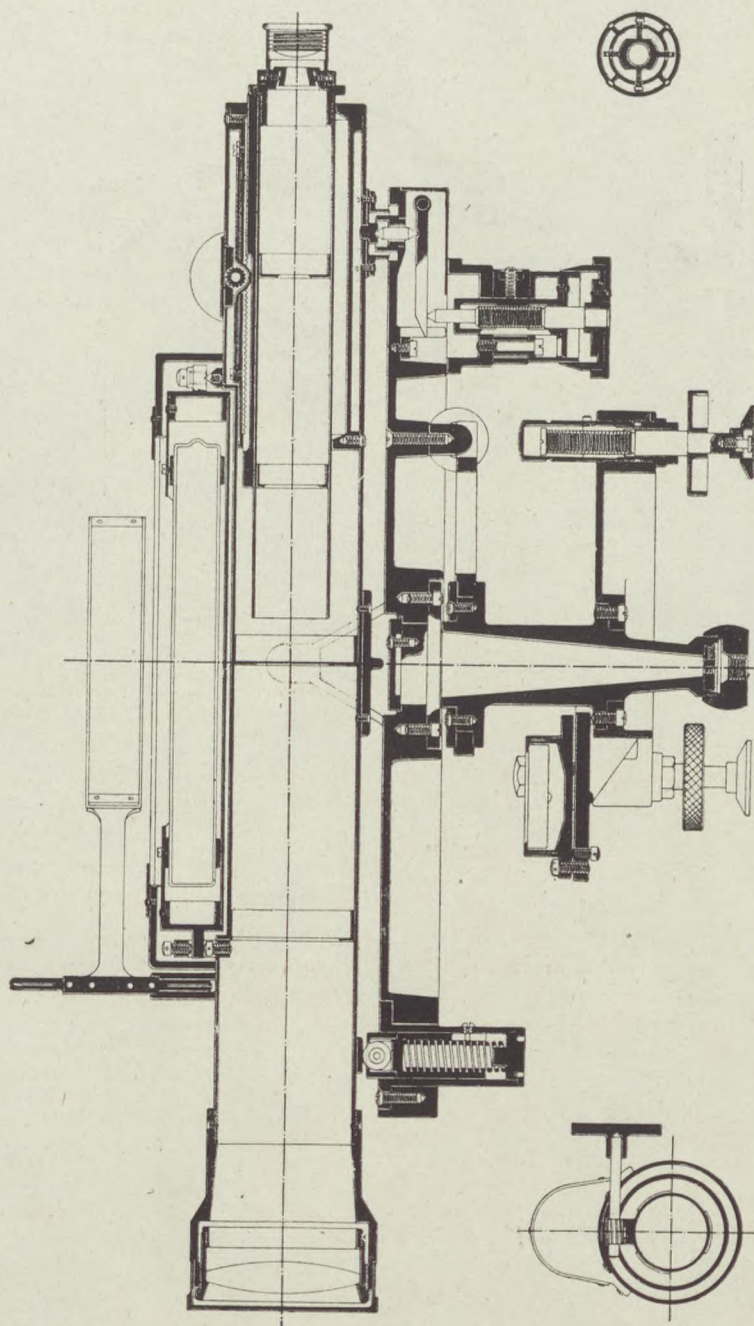
Ugyanis a becslés pontossága a személyi hibákon kívül függ a beosztásrész nagyságától s a szál vastagságától.

A Bäckström-féle, vonásos osztásokra vonatkozó kísérletek szerint a leolvasandó index vastagságának a beosztásrész egy tizedével kell egyenlőnek lenni.

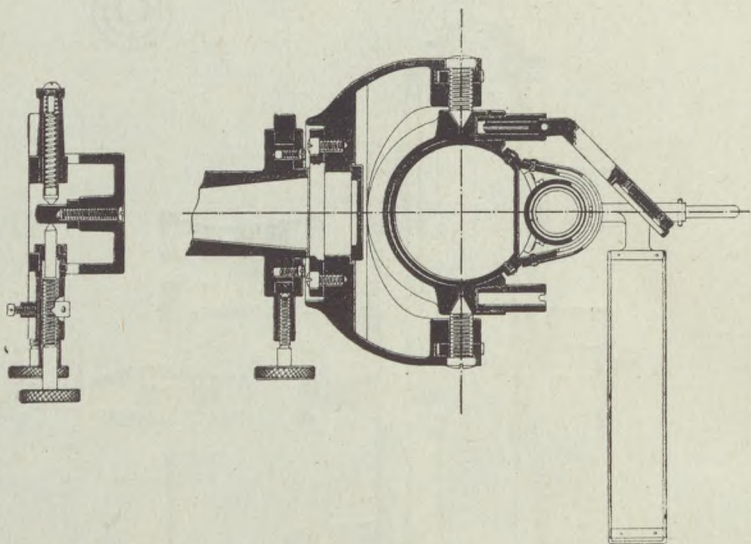
A szálvastagság tehát úgy állapítandó meg, hogy az a legkisebb lécs beosztás képének legfeljebb egy tizede és legalább egy huszada legyen.

Természetesen szintezéskor a beosztás képe a távolságnak megfelelően különböző nagyságú s ezért voltaképpen a szálvastagságnak változóznak kellene lenni. Ez azonban nem érhető el s azért a szálvastagságot a normális lécs távolságnak, 50 m-nek megfelelően kell megállapítani.

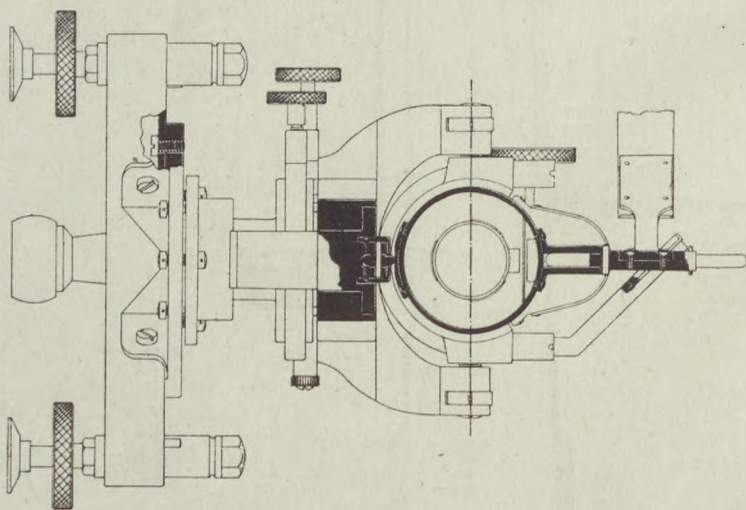
Műszerünkön, a 40-szeres távcső-nagyításnak és a félcentiméteres lécs beosztásrésznél megfelelően, a szálvastagság célszerű értéke 3 mikron körül van; ennek mintegy 1,5"-es fedőszög felel meg.



2. ábra. Az Oltay—Süss-féle szintező műszer részletes hosszmetsete.



3. ábra. Az Oltay—Süss-féle szintező műszer részletes keresztmetszete.



4. ábra. Az Oltay—Süss-féle szintező műszer részletes metszete és nézete.

b) A szintező libella.

A szintező libella üvegcsővét mereven erősítettük az őt közvetlenül burkoló acélesőbe (2. ábra). Ez az üvegcsővel *egyenlő* tágulású acéleső a távcső főcsővébe volt ágyazva úgy, hogy megfelelő igazító csavarokkal a szintező libella tengelyét a távcső irányvonalához képest állítani lehessen.

Az üvegcső behelyezése úgy történt, hogy a hőmérséklet változására számottevő feszültségek ne keletkezhessenek. Ebből a célból acélesavarok szorítják az üvegcsövet az ugyanolyan tágulású, ugyancsak acél burkoló csőhöz.

A szintező libella igazító csavarjait úgy készítettük, hogy itt se következhesse be ingadozások és ne keletkezhessenek feszültségek, ha a hőmérséklet változik, mert ezek deformálhatják a libella üvegcsővét s megváltoztathatják annak görbületét.

A libellát, a burkoló csővével együtt, ugyancsak acélból készült burkolattal vettük körül, melyet jól becsiszolt üveghenger fedett le. Ez a szerkezet a libella védelmére készült, továbbá arra, hogy a libella üvegcsőve *termikus* szempontból kellően izolált legyen.

A szintező libella igazító csavarjait csak akkor lehet használni, ha ezt a burkoló részt leszereljük.

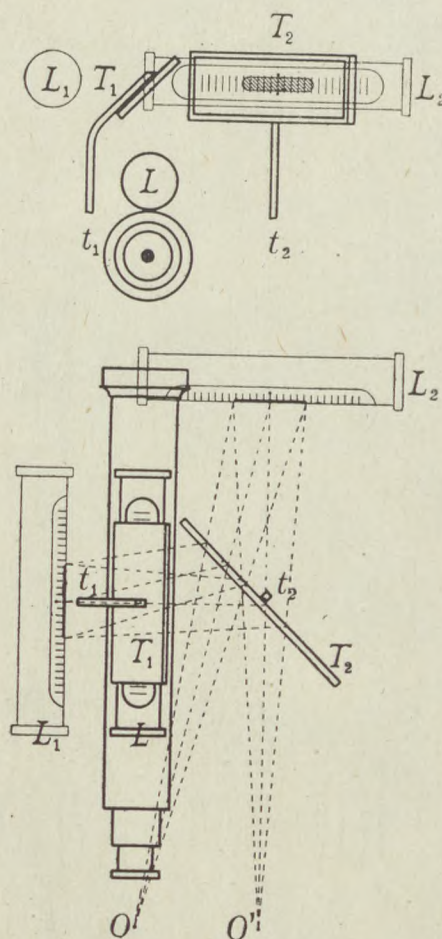
A szintező libellán *párizsi vonalas* (2,256 mm) beosztás van, középéről induló (geodéziai) számozással.

A szintező libella állandója 4" és 6" közt van a mérésben használt példányokon.

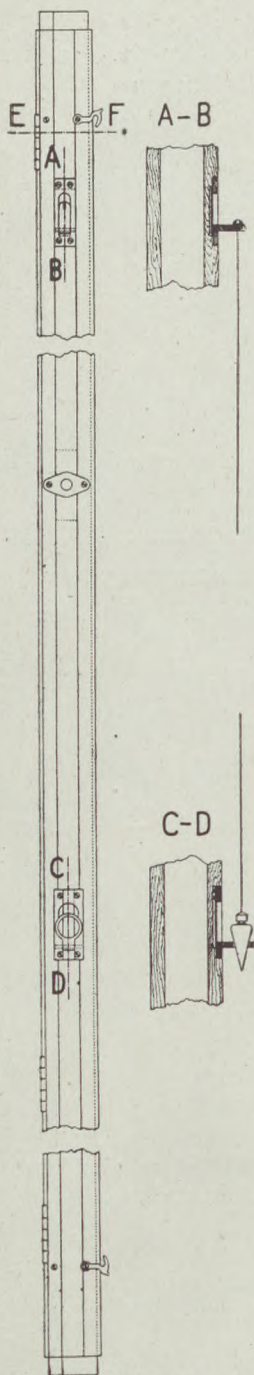
A szintező libella üvegcsőve 150 mm hosszú, külső átmérője 16 mm.

A szintező libella felett két levehető siktükör van. Ezek közül az egyik hosszanti irányban van elhelyezve és 45° alatt hajlik a vízszinteshez, a másik függőleges elhelyezésű s a libella tengelyéhez ugyancsak 45° alatt hajlik (5. ábra).

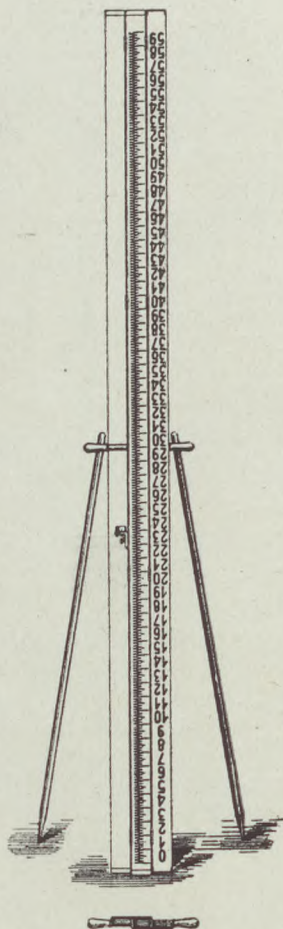
Az utóbbi tükörbe az okuláris mellől belenézve, a buborék és a beosztás kettős tükrözésű képét úgy látjuk, mintha a libellára *felülről* néznénk.



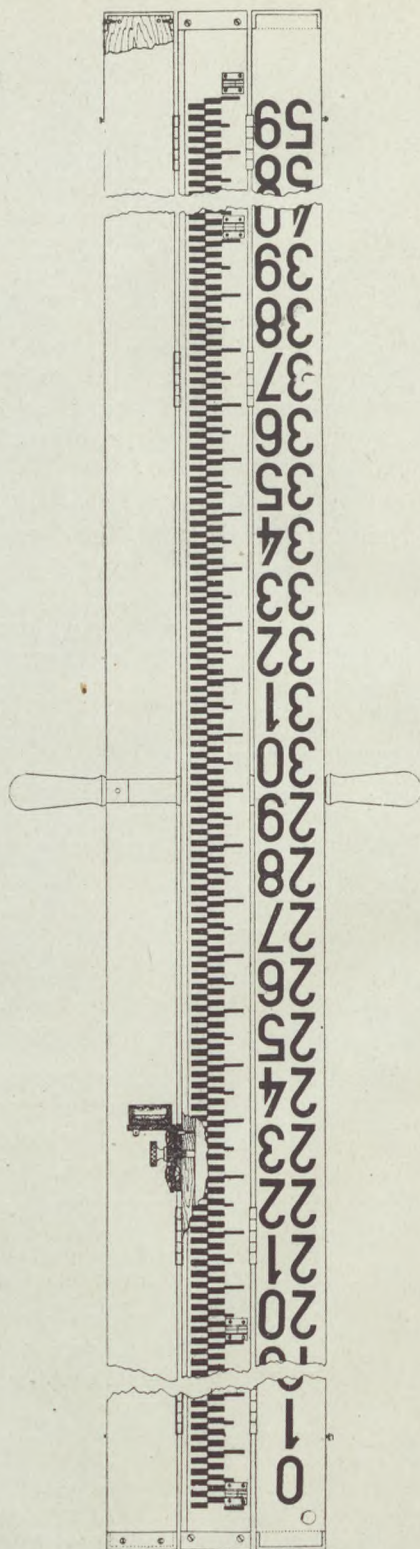
5. ábra. A szintező libellát az okuláris felé tükröztető berendezés.



6. ábra. Az Oltay rendszerű szintező lécz oldalnézete a függőlegessé tételre szolgáló függő részleteivel.



7. ábra. Az Oltay rendszerű szintező lécz nézete.



8. ábra. A lécz beosztott oldalának nézete a komparátor jelekkel és a beállítása szolgáló libellával.

c) *A szintező csavar.*

Nagyon fontos része a műszernek, azért szerkesztésére különös gondot fordítottunk.

A szintező csavarnak *ingadozásmentes* beállítást kell lehetővé tenni s e mellett kell, hogy az érzékeny libella beállítását gyorsan végezhessük el.

A műszeren a szintező csavar centrikus fekvő tengely körül forgat. A forgási tengely tehát metszi az irányvonalat.

A szintező csavar menetmagassága $0,5\text{ mm}$.

Érzékenységeinek fokozására emelőkaros áttételt alkalmaztunk, melynek szerkezete a szintező csavar metszetén látható (2. ábra).

Amint az ábrából látható, a függőleges elhelyezésű csavar egy emelőkarnak támad, amely fekvő tengely körül foroghat. Ennek támaszkodik egy lengő pecék, amelyik másik csúcsával a táveső főcsővének támad. Az áttétel $1:3,7$ -hez van megállapítva, tehát a szintező csavarral való beállítás nagyon érzékenyen végezhető, annyira, hogy a nagy érzékenyséű libella buborékját gyorsan és szabatosan középre lehet állítani.

A holt mozgások kiküszöbölésére és így az elmozdítások szabatos végzésére erős spirál rúgó szolgál.

A szintező csavar forgató dobján beosztás is van, aminek szélesebb vízfolyások átszintezése alkalmával, továbbá hajlások kitűzésekor vehetjük hasznát. Magában a szintezés műveletében e beosztásnak semmi szerepe nincs.

d) *Egyéb szerkezeti részek.*

Az alhidádén a szokásos hármass talpcsavar-rendszer van. Az alhidádé kúpos tengelye 88 mm hosszú, tehát járása kellően szabatos.

Az alhidádén a tengely közelítő függőlegessé tételére $6'$ érzékenyséű szelencés libella szolgál.

3. *A szintező lécz.*

A 3 m hosszú szintező lécz (6. és 7. ábra) *fenyőfából* készült csöves keresztmetszettel. Négy darab 12 mm vastag lécből készül (9. ábra), keresztmetszete $47 \times 65\text{ mm}$.

A gondosan kiválasztott és jól kiszáritott faanyagból készült léczet *paraffinba* itatták addig, amíg a súlyfelvétel 10% -ot tett ki. Ez t. i. teljesen elegendő a nedvességfelvétel megakadályozására s e *paraffinmennyiség mellett a lécz hőátadási együtthatója érezhető módon nem változik meg*. Az északamerikaiak nem jártak el ilyen óvatosan, ők 20% -ig mentek el s e miatt léczük a hőmérséklet hatására tekintélyes változásokat mutatott.

A lécz *kettős osztású*, ú. n. *reverziós lécz*.

A két beosztás a két szembenlévő homloklapon készült. A beosztások védelmére egy-egy falemez szolgált, melyek mindegyike csuklósan volt a föléchez erősítve (9. ábra). Ezeket a továbbbszállítás alkalmával a lécre kell forgatni s e helyzetükben rögzíteni. Ezeket használtuk fel a számozás

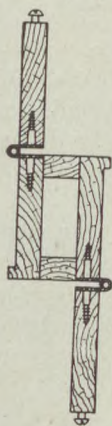
elhelyezésére is, miáltal a tulajdonképeni lécet kisebb keresztmetszettel készíthettük.

A lécek két oldalán *félcentiméteres, kettős sáv* (fekete-fehér) beosztás van (8. ábra).

A két beosztás 0 vonása nincs egyenlő magassághoz, tehát a beosztások egymáshoz képest el vannak tolva.

Az eltolás mértéke 5 cm-nél nagyobb és nem kerek számú fél cm.

E-F



9. ábra. A szintező lécek keresztmetszete.

A lécen ugyanis folytatódólagosan a *féldeciméterek* vannak számozva, tehát az ilyen mértékben való eltolás miatt a két beosztáson tett leolvasásokhoz más-más szám tartozik. Evvel a leolvasás *durva* hibái ellen kapunk ellenőrzést. Avval pedig, hogy az eltolás nem kerek számú félcentiméter, a leolvasás pontosságát fokoztuk, mert a két leolvasásban más és más tizedet kell becsülni.

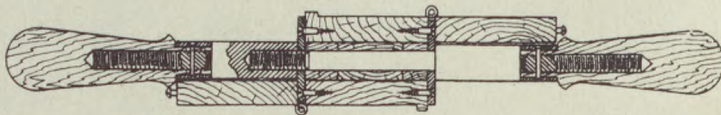
A két beosztást egymástól megkülönböztetendő, az egyiket *fekete*-, a másikon pedig *piros* számokat találunk.

A színelkülönbség tehát csupán a számozásra vonatkozik, a beosztás mind a két oldalon egyformán *fehér és fekete*.

A lécek mindkét oldalán, egymástól egy-egy méterre, a fa felületéből kissé kiálló fémbetétek vannak (8. ábra). Ezek a beosztásvonásokkal párhuzamos vékony vonást találunk. Ezek az ún. *komparátor jelek* szolgálnak a léchossz változásainak megállapítására, vagyis a lécek a mérés alatti komparálására.

A komparálás végrehajtására 19×19 mm keresztmetszetű *acél* normálméterek szolgálnak: ezek végein 0,2 mm-es beosztás van úgy elhelyezve, hogy középvonásaik távolsága egy méterrel egyenlő. A normálméterek az acélttestbe bemélyesztett higanyhőmérővel vannak ellátva.

A normálmétert komparálás alkalmával a komparátor jelekre kell helyezni, tehát az két végén fekszik fel. Evvel elkerültük a léclap egyenlőtlenségeiből származó felfekvési bizonytalanságokat.



10. ábra. A szintező lécek keresztmetszete a fogantyúknál.

A lécek, használat alatt, két bottal támasztható meg. A botokat a lécek kezelő, a lécekbe csavarható kettős fogantyúhoz szorítja (10. ábra).

A lécek függőlegessé tételére 5' állandójú *szelencés* libella szolgál. Ennek ellenőrzésére és kiigazítására a lécek *függővel* is fel van szerelve.

A paraffinnal itatott lécek háromszoros rétegben olajfestéssel vonták be.

A beosztás osztógéppel történt, az osztógép által bekarcolt vonások közötti fekete közők kézi festéssel készültek.

A fekete-fehér sávok szélessége 16 mm, a féldecimétereket jelző számok magassága 40 mm. Ezek a számok a féldeciméter mezőbe vannak beírva, tehát azt a számot adják meg, amelyet le kell olvasni. Ezért a leolvasandó féldeciméter mindig az a szám, amelyet a szintező szál metsz.

4. A mérés módszere.

A szintezendő távolság, lehetőleg alapponttól-alappontig, 1,5—2,0 km hosszú szakaszokra osztandó.

Minden szakasz kétszer szintezendő, oda és vissza értelemben, lehetőleg különböző napszakokban, azaz az egyik szintezés délelőtt, a másik délután végzendő.

A kötőpontok maximális távolsága 50 m, a lécs-leolvasás megengedett minimális értéke 0,25 m.

A léctávolságok egyenlőségében dm pontosságot kívánunk meg.

A kötőpontok földbe vert 30 cm hosszú, meghegyezett keményfácövekekkel jelölendők meg, amelyeken a kötőpontot gömbölyű fejű szög jelzi. Kemény talajon acélszögecsék használandók.

Szintező sarukat nem szabad használni.

A kötőpontokat a mérést megelőző napon kell elhelyezni és levern. Evvel egyidejűleg kell a műszerállások helyét is kijelölni. Mérés alatt nem szabad kötőpontokat létesíteni, mert a talaj rugalmas visszahatása következtében magasságváltozás állhat be.

A vázolt előkészítés után a mérés gyorsan végezhető el s ez rendkívül fontos, mert így a lécs- és műszersüllyedések és a refrakció változásai kis-mértékűek lesznek.

A mérés két léccel végzendő úgy, hogy a továbbhaladáskor az elől lévő lécs helyben marad. Ezáltal a lécs index-hibáit csupán az utolsó műszerállásban kell tekintetbe venni, ha az páratlan.

A mérés az egyes műszerállásokban a következőképpen végzendő el:

I. Odamérés.

1. Irányzás hátra a fekete lécsoldalra.
2. Buborék-leolvasás.
3. Lécsleolvasás (3 szálon).
4. Buborék-leolvasás.
5. Irányzás előre a fekete lécsoldalra.
6. Buborék-leolvasás.
7. Lécsleolvasás (3 szálon).
8. Buborék-leolvasás.

II. Visszamérés

9. A lécek átforgatása a piros oldalra.
10. Irányzás *előre* a piros lécoldalra.
11. Buborék-leolvasás.
12. Lécleolvasás (3 szál).
13. Buborék-leolvasás.
14. Irányzás *hátra* a piros lécoldalra.
15. Buborék-leolvasás.
16. Lécleolvasás (3 szál).
17. Buborék-leolvasás.

A mérés fenti módon való végrehajtása a felállítással és a továbbvitellel együtt körülbelül 6 percet vesz igénybe.

A mérést egy észlelő, egy jegyzőkönyvvezető és három munkás végzi. A jegyzőkönyvvezető azonnal számítja a középen álló buborékra vonatkozó redukált leolvasásokat és meggyőződik arról, hogy az ugyanazon lécre nyert két redukált leolvasás különbsége megegyezik-e a lécre vonatkozó index-hibák előre meghatározott különbségével.

A lécek komparálását mindennap, minden mérés előtt és utána, tehát délelőtti és délutáni mérést feltételezve, naponta *négyszer* kell elvégezni.

A műszerrel végzett tapasztalatok szerint a buborék leolvasása el is mellőzhető, mert az áttételes szintező csavarral a középre állítást szabatosan és gyorsan lehet elvégezni.

V. RÉSZ.

A REFRAKCIÓ HATÁSA A SZINTEZÉS EREDMÉNYÉRE.

1. Refrakció a talajközeli légrétegben.

A szintezés a refrakció-változások szempontjából legkedvezőtlenebb légrétegben megy végbe.

Legkedvezőtlenebb, mert a talaj közvetlen közelében levő, ú. n. *mikroklimatikus légréteg* az a közeg, amelyben a mérést végezzük. E légrétegben, a talajhoz való közelség miatt a mikroklimatikus tényezőknek, a *hőmérsékletnek*, a *légnomásnak*, a *légnedvességnek* és a *szénsavtartalomnak* ingadozása s vele a levegő ú. n. optikai sűrűségének változása kétségtávol a legerősebb.

Ezért az abban a rétegben bekövetkező refrakciót egészen külön kell választani a trigonometriai magasságmérésben, vagy az asztronómiai mérésekben fellépő refrakciótól.

Az eddig végzett kísérletek szerint a refrakció változása szempontjából a fenti mikroklimatikus tényezők közül legfontosabb a *levegő hőmérsékletének ingadozása*, különösen azért, mert ebben a változásban a napsugárzás okozta felmelegedés, illetve lehűlés miatt *szabályos* jelleg állapítható meg.

Ugyanis a talajnak melegfelvevő képessége lényegesen nagyobb, mint a levegőé, tehát az nappal melegebb, éjjel pedig hidegebb, mint a levegőé.

Ezért a talaj közvetlen közelében levő levegőrétégben állandóan hőmérséklet-különbségek vannak.

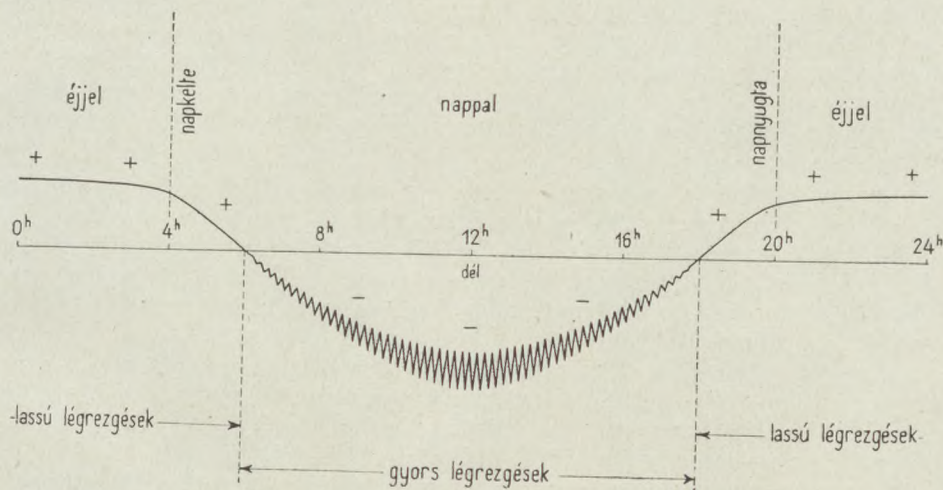
A szintézis szempontjából különösen fontos a hőmérsékletnek a *függőleges* irányban bekövetkező változása (gradiense).

A hőmérséklet függőleges gradienseinek napi szabályos változása a következőkben vázolható (1. ábra).

Éjjel a talaj hidegebb, mint a levegő, tehát a levegő hőmérséklete alulról felfelé nő (a súlyosabb, hidegebb légrétegek vannak alul, a melegebbek felül, azaz statikai egyensúly van), a *gradiens tehát pozitív* és csak kevésbé változó.

A napfelkelte előtt a gradiens *csökken* s körülbelül 1—2 órával a napfelkelte után 0 lesz.

A napfelkelte után a talaj fokozatosan melegszik (az alsó rétegek melegebbek, tehát könnyebbek, a felsők hidegebbek, tehát nehezebbek), ezért



1. ábra. A hőmérsékleti gradiensek napi változásának sémája.

a *gradiens negatív, növekedő értéket vesz fel*. Abszolút értéke a déli órákban lesz a legnagyobb s ettől kezdve fokozatosan *csökken*.

Körülbelül egy-két órával a naplemente előtt eléri a 0 értéket, ettől kezdve pozitív lesz és megint *nő*; naplemente után néhány órával éri el a *legnagyobb pozitív értéket*, amely aztán az éjjel folyamán nagyjából *állandó* marad.

A változások azonban nem *monoton* emelkedők, illetve süllyedők. Ugyanis a gradiensek változása következtében a levegő, áramlások útján hőkiegyenlítődésre törekszik s ez a gradiensek *rövidebb-hosszabb periódusú ingadozásait* hozza létre.

Ezek az ingadozások, amelyek kilengése (amplitudója) arányos a gradiens nagyságával, mások a *negatív* és mások a *pozitív* részekben.

Ugyanis a *negatív részben* a periódus rövid időtartamú, legfeljebb egy-két másodperces. Ezek hozzák létre azokat a *gyorsan* egymásra következő légrezgéseket, amelyek miatt a távcsővel beirányzott tárgyak képét függőleges mozgásban látjuk.

Ezeket az ú. n. gyors légrezgéseket gyakran szabad szemmel is láthatjuk, például vasúti sínek felett.

A pozitív részben a lengés (periódus) időtartama nagyobb, esetleg néhány perc, ilyenkor a képet a távesőben nyugodtnak látjuk, de voltaképen itt is lassú mozgás (lebegés) van.

Ezek az ú. n. lassú légrezgések.

A gyors és a lassú légrezgések teljesen véletlen jellegűek s ha kilengésük (amplitudójuk) nem nagy, a mérés pontosságát, éppen véletlen jellegük miatt nem befolyásolják érezhető módon. Az általuk okozott kilengések nagysága a távolság négyzetével arányos, tehát kis léctávolságok esetén, kivéve a maximum körüli időszakot, lényeges hibákat nem okoznak.

Másként áll a dolog a gradiensek napi, szabályos változása okozta hatással.

Itt voltaképen egy nagy (napi) rezgésről van szó, melynek amplitudója változó ugyan, mert függ a légköri viszonyoktól, a légáramlásoktól, a felhőzödés fokától, a talaj minőségétől és alakjától, de a szabályossága állandóan megmarad, a gradiens nappal negatív, éjjel pozitív értékű.

Ez az utóbbi megállapítás nagyon fontos, mert a negatív gradienseknek negatív refrakció-koeficiens felel meg, vagyis felülről nézve a refrakciógörbe homorú.

Nappal tehát a refrakció-koeficiens negatív, éjjel pedig pozitív, az átmenetek a napfelkelte, illetve naplemente körüli órákban vannak.

A talaj felmelegedése és lehűlése következtében a hőmérsékleti gradiensnek napi periódusa van. E periódusban a nullpontok távolsága, azaz a lengés időtartama és a kilengés nagysága (az amplitudó) az év különböző szakaiban különböző értékű.

Ezt jól láthatjuk a 2. ábrán, amely a Best-féle észlelések¹ eredményei alapján a talaj felett 2,5 és 30 cm közötti (pontozott vonal) és a 30 és 120 cm közötti (teljes vonal) gradienseket ábrázolja.

Az abszcissa-tengelyre az időt (órákat) raktuk fel.

A napi periódus időtartama (rezgéshossza) és az amplitudók változása e szerint az év különböző szakaiban eléggé tekintélyes.

Például januárban a 0 pontok 9,5 és 14,5 órákor vannak, ellenben júliusban 4,5 és 18,5 órákor. A maximális nappali amplitudó az alsó légrétegben januárban $-0,28$ Celsius fok, júliusban pedig $-1,39$ Celsius fok.

A nappali észlelések szempontjából a nyári hónapok sokkal kedvezőtlenebbek, mint a téli hónapok.

Jelentős megállapítás továbbá az is, hogy a hőmérsékleti gradiensek és vele a refrakció-változások abszolút értékei délelőtt növekvő, délután csökkenő tendenciát mutatnak.

Ez az indokolása annak, hogy ugyanazt a szakaszt célszerű kétszer szintezni úgy, hogy az odaszintezés délelőtt (v. délután), a visszaszintezés pedig délután (v. délelőtt) történjen. Ez az eljárás egyébként az egyoldalú lécmegvilágításból keletkező szabályos leolvasási hiba kiküszöbölése miatt is mindig alkalmazandó.

¹ Best két éven keresztül két percenként regisztrálta a hőmérsékletkülönbségeket 2,5 cm, 30 cm és 120 cm magasságban. Az észlelés Dél-Angliában $\lambda = 2^\circ$ W és $\varphi = 52^\circ$ N helyen ment végbe.

2. A refrakció szabályos változásának tekintetbe vétele és kiküszöbölésének szabályai.

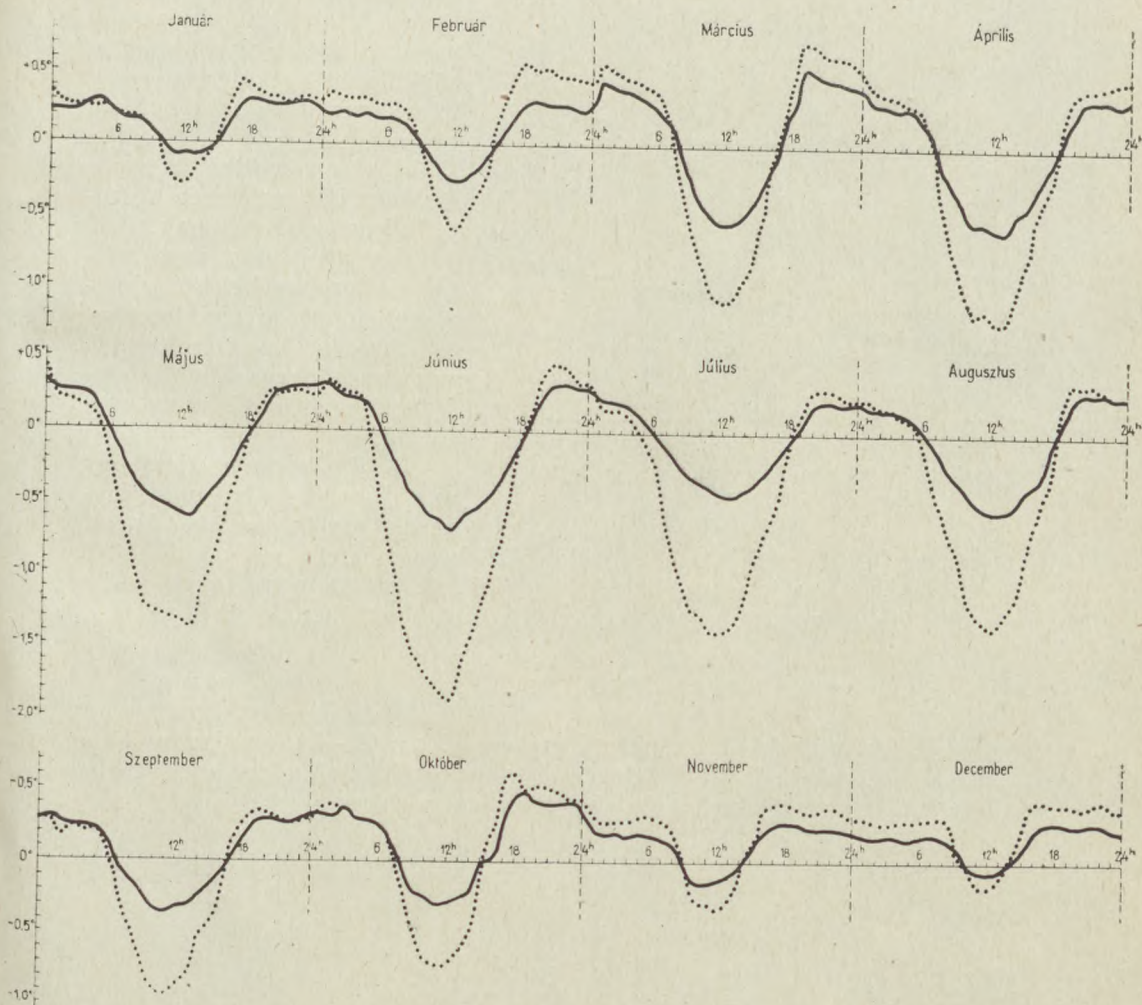
A levegő hőmérséklete (t) a talaj feletti magasságtól (l) függ.

A függvényalak ismeretlen s ezért egyelőre csupán önkényesen választott, interpolatorikus jellegű függvényeket alkalmaznak.

E függvényalakok közül a tapasztalat szerint legjobban az alábbi vált be:

$$t = a + b l^c$$

ahol a , b és c empirikusan megállapítható mennyiségeket jelentenek. Meghatározásukra legalább három ismert magasságban kell gondos (0,01 Celsius fokos) hőmérsékletmérést végezni.



2. ábra. A hőmérsékleti gradiensek átlagos értékeinek görbéi a Best-féle észlelések alapján.

Ha a t -t l szerint differenciáljuk, akkor

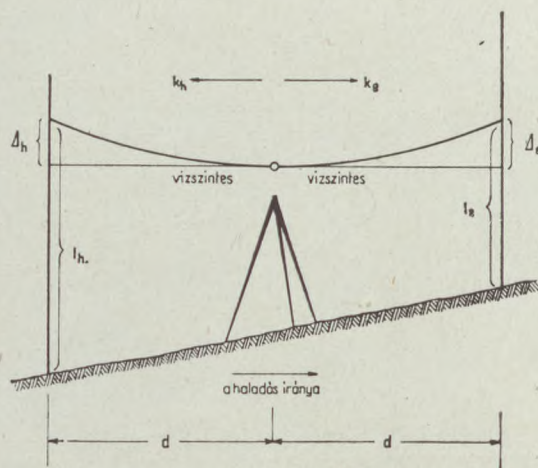
$$dt = b c l^{c-1} dl$$

illetve

$$dl = \frac{1}{b c l^{c-1}} dt$$

Vagyis, ha a szintezéskor a t hőmérsékletnek l leolvasás felel meg, akkor a t -nek dt -vel való megváltozása megváltoztatja az l leolvasást is és pedig dl -lel.

Ha tehát a műszerállásban nyert két, előre- és hátra-leolvasás nem egyenlő (a talaj nem vízszintes), akkor a két l értéknek különböző lég-hőmérsékletek s így különböző dl értékek felelnek meg.



3. ábra. A refrakció egyenlőtlensége lejtős terepen.

l_e nem egyformák, tehát a fény különböző hőmérsékletű s így különböző törésmutatójú légrétegeken halad keresztül. E miatt a refrakció-görbe horizont feletti magassága a két léccállás függőlegesében különböző lesz, azaz

$$\Delta_h < \Delta_e$$

s ezért a leolvasásokból számított magasság, az $(l_h - l_e)$ megjavítandó a $(\Delta_h - \Delta_e)$ értékkel. Teljesen elegendő megközelítéssel a refrakció-görbe szóbajöhető kis részét körívnek lehet tekinteni s ekkor

$$\Delta_h = \frac{d^2}{2r} k_h$$

és

$$\Delta_e = \frac{d^2}{2r} k_e$$

ahol k_h és k_e a hátra, illetve az előre irányzásnak megfelelő refrakció-együtthatókat, r pedig a niveau-görbe görbületi sugarát jelenti.

Ezért a szintezés alkal-mával nyert leolvasásokat, illetve azok különbségét, a műszerállásban nyert magas-ságkülönbséget a hőmérsék-letnek megfelelően meg kell javítani.

Ezt a javítást nevezték *Kukkamäki* szintezési (ni-vellitikus) refrakciónak.

Ez a javítás nem víz-szintes terepen haladó szin-tezésekben alkalmazandó, ahol a hátrafelé és az előre felé végzett irányzásokban a re-frakció-együttható nem egy-forma.

A 3. ábra mutatja, hogy az előre és hátra irány-zások esetén az l_h és az

Kukkamäki gondos elméleti és gyakorlati tanulmányok alapján a szintezési refrakcióra, azaz a $\Delta = \Delta_h - \Delta_e$ mennyiségre az alábbi értéket állapította meg:

$$\Delta k \frac{d^2}{(l_h - l_e)^2} \frac{\vartheta}{l_2 - l_1} \left\{ \frac{1}{c + 1} (l_e^{c+1} - l_h^{c+1}) - l^c (l_h - l_e) \right\}$$

ahol Δk a refrakció-együtthatónak egy Celsius fokos hőváltozásra bekövetkező megváltozása,

d a lécs és a műszer közti távolság,

ϑ a hőmérsékletkülönbség l_1 és l_2 magasságok között,

l az irányvonal magassága a talaj felett a műszernél,

c a hőmérséklet alapegyenletében ($t = a + b l^c$) szereplő kitevő.

A képlet szerint a szintezési refrakció miatti javítás arányos a hőmérsékletkülönbséggel (ϑ), a távolság (d) négyzetével és megközelítőleg a műszerállásban mért magasságkülönbséggel.

Legnagyobb értéke délben áll be, a legkisebb napfelkelte és napnyugta körül. Éjjel mintegy fél akkora, mint nappal, Nappal a hőmérséklet gradiense negatív, tehát a javítás pozitív értékű (a magasságkülönbséget a helyesnél kisebbnek kapjuk). Éjjel a hőmérséklet gradiense pozitív, tehát a javítás negatív értékű (a magasságkülönbséget a helyesnél nagyobbknak kapjuk).

Kukkamäki képletének alkalmazása szükségessé teszi azt, hogy lejtős terepen minden műszerállásban legalább egy függőlegesben (a műszernél) 0,01 Celsius fokra pontosan termoelemekkel, vagy ellenállásos termométerekkel megmérjük, 50 cm és 250 cm magasságban a léghőmérséklet értékét.

Ez az eljárás természetesen a szintezést erősen megnehezítené, az egyes műszerállások mérési idejét nagyon megnyújtaná, ami egyéb szabályos hibák érvényesülésére adna alkalmat.

Ezért véleményem szerint helyesebb olyan eljárást alkalmazni, illetve a szintezés mellékkörülményeit úgy megállapítani, hogy a refrakció-különbség hatása számottevő módon ne érvényesülhessen.

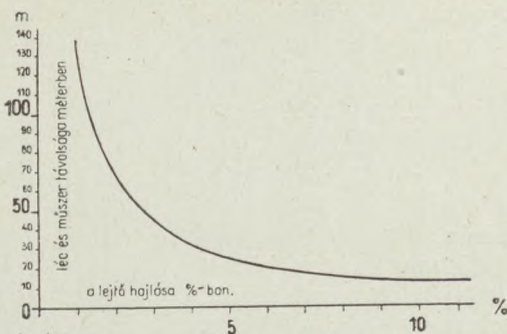
Ezért elsősorban is limitálni kell azt a legkisebb leolvasást, amelyet még megengedhetünk. Ez a felsőrendű mérésekbe 30—50 cm szokott lenni.

Másodszorban, mivel a képlet szerint a javítás értéke a távolság négyzetének arányában nő, illetve csökken, tehát lejtős terepen a lécs-műszer közti távolság kisebbítésével kell a refrakció-hatást csökkenteni.

A távolság kisebbítése nem vízszintes terepen a léchossz és a megengedett legkisebb leolvasás korlátozott volta miatt különben is elvégzendő és pedig eléggé tetemes mértékben. 3,0 m-es léchosszat és 0,3 m-es limitálást feltéve ugyanis a maximális lécs-műsértávolság:

1	%-os lejtőn	135 m
2	„ „	67 „
3	„ „	45 „
4	„ „	34 „
5	„ „	27 „
6	„ „	22 „
7	„ „	19 „
8	„ „	17 „
9	„ „	15 „
10	„ „	14 „

A fenti adatoknak megfelelő távolságcsökkentést jól mutatja a 4. ábra.



4. ábra. A lécs és a műszer közti távolság maximális értékének változása lejtős terepen.

kora hajnali és a késő délutáni órákban szabad végezni. Ebben az időszakban ugyanis a léghőmérséklet-változás (t) és vele a refrakció-egyenlőtlenség ($k_h - k_e$) zérus körüli értékeket vesz fel, tehát hatása a lehető legkisebb lesz.

E szerint tehát a szintezési refrakció szempontjából kedvezőtlen terepen egyébként is a lécs-műszertávolságokat erősen kisebbiteni kell, amivel együtt jár a refrakció-hatás négyzetes arányban bekövetkező kisebbítése is.

Harmadsorban a csökkenést lényegesen el lehet érni annak a rég felismert szintezési arányszabálynak lelkiismeretes követésével, hogy szabatos, felsőrendű szintezéseket csak a

VI. RÉSZ.

AZ ORTOMÉTERES ÉS A DINAMIKAI JAVÍTÁS.

1. A niveau-felületek nem párhuzamos voltának hatása.

A szintezés feladata a mérésbe bevont pontoknak az alapul számított közép tengerszínnek megfelelő niveau-felülettől való normális távolságának megállapítása.

Ezeket a normális távolságokat *abszolút*, vagy *tengerszín feletti*, vagy *ortométeres* magasságnak nevezik.

Az utóbbi szószerinti értelme „helyes méretű magasság”.

A szintezés azonban közvetlenül nem ortométeres magasságot ad és pedig azért nem, mert a niveau-felületek nem párhuzamosak. A párhuzamosságtól való eltérés ugyan nem nagy, az alsó geodéziai mérésekben attól el is tekinthetünk, de a felsőrendű szintezésekben, amint az alábbiakban igazolni fogjuk, a nem párhuzamosságra tekintettel kell lennünk.

A niveau-felületek nem párhuzamosságát a nehézségi erő változó volta okozza. A nehézséggyorsulás legkisebb az aequatoron (normális értéke 978,046), legnagyobb a póluson (normális értéke 983,214); ha tehát az aequatoron két niveau-felület dh normális távolsága 100 méter, akkor a póluson ugyanazok dh' távolsága a

$$g_e dh = g_p dh'$$

képlet alapján már csak 99,47 m.

A niveau-felületek nem párhuzamossága miatt a szintezéssel megállapított ú. n. *nyers* magasságok még nem ortométeres magasságok, azokat csak akkor kapjuk meg, ha megjavítjuk őket az *ortométeres javítással*.

Először is nézzük meg azt, hogy az egyes műszerállásokban nyert leolvasások különbsége ($l-l'$) mit jelent.

Tegyük fel, hogy a műszer teljesen ki van igazítva, továbbá, hogy az irányvonalat teljesen vízszintessé tudjuk tenni s hogy a levegőben fénytörés nincs.

Ez esetben az 1. ábra szerint

$$l' = \overline{AD} + \overline{DE} + \overline{EH} = dh + \overline{DE} + \overline{EH}$$

és

$$l = \overline{BF} + \overline{FG}$$

tehát

$$l' - l = dh + (\overline{DE} - \overline{BF}) + (\overline{EH} - \overline{FG})$$

E képletben a második zárjeles tag azt fejezi ki, hogy a niveau-felületek nem párhuzamosak, a harmadik zárjeles tag pedig azt, hogy a niveau-felület szabálytalan (nem szimmetriás felület).

Amde a zárjeles mennyiségek rendkívül kicsinyek; ha mi a dh -t elsőrendű végtelen kicsinynek vesszük, akkor a felsőrendű mérésekben szokásos kis lécs- és műszertávolság esetén a második tag másodrendű, a harmadik tag pedig harmadrendű végtelen kis mennyiség.

Ezek tehát egy műszerálláson belül feltétlenül elhanyagolhatók s azért

$$l' - l = dh$$

vagyis az egy műszerállásban kapott két leolvasás különbsége, azaz az egy műszerállásban kapott nyers érték nem más, mint a szintezésben hátul levő pont normális távolsága a szintezésben elől levő ponton átmenő niveau-felülettől.

Ha most a szintezést több műszerálláson keresztül a P ponttól a Q pontig végezzük el, akkor a szintezés nyers eredménye $[l' - l]_P^Q$ lesz és pedig

$$[l' - l]_P^Q = [dh]_P^Q = \int_P^Q dh$$

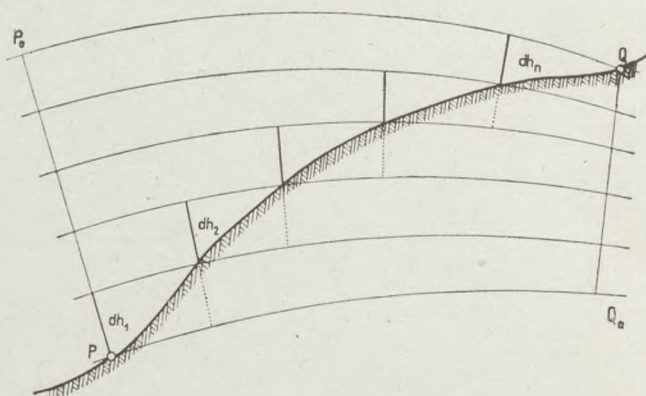
Nyilvánvalóan ez az érték csak akkor egyértelmű és így csak akkor ortométeres, ha a niveau-felületek egymással párhuzamosak.

Ugyanis, ha a niveau-felületek nem párhuzamosak (2. ábra), akkor P -től Q -ig szintezve a vastag vonallal feltüntetett niveau-lépcsők összegét kapjuk, ha most ugyanazon az úton visszazintezünk, akkor a vékonyan jelölt niveau-lépcsők összegét kapjuk. Az utóbbiak összege kétségkívül kisebb, mint az előbbieké. De továbbmenően, ha a P és a Q közt más úton (más profilon) végezzük el a szintezést, ismét más értéket kapunk.

Észak felé haladó szintezéssel mindig nagyobb értéket, délfelé haladóval kisebb értéket kapunk.

Ezért a *niveau-felületek nem párhuzamos volta miatt a szintezés nyers eredménye*, az $\int_P^Q dh$ érték két pont közt nem állandó, hanem függ az úttól.

A szintezés tehát, ha a *niveau-felületek nem párhuzamosságát nem hanyagoljuk el*, nem egyértelmű eredményt adó művelet s így egymagában nem alkalmas ortométeres magasságok megállapítására.



2. ábra. A *niveau-felületek nem párhuzamos voltának hatása.*

2. Az ortométeres javítás megállapítása.

a) Tegyük fel először, hogy a szintezés kiinduló pontja, *P a tengerszínen van* (3. ábra). Feladatunk a *Q pont h_Q ortométeres magasságának megállapítása.*

Amint láttuk, az $\int_P^Q dh$ nem állandó mennyiség, ezért kiindulásul egy más, lényegesen állandó mennyiséget veszünk, nevezetesen azt a munkát,

amit a nehézségi erő ellenében ki kell fejteni, ha egy tömeget a tengerszínnek megfelelő *niveau-felület P pontjából Q pontba átviszünk.*

Ez a munka, az $\int_P^Q g dh$, a két *niveau-felület közt lényegesen állandó mennyiség.*

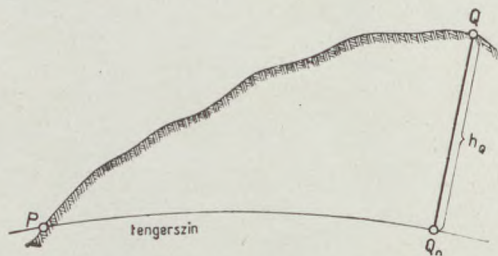
Induljunk ki ebből az ú. n. *munka-integrálból.*

A 3. ábra szerint

$$\int_P^Q g dh = \int_{P_0}^{Q_0} g dh + \int_{Q_0}^Q g dh$$

Ámde a jobboldali első integrál értéke 0, mert a *niveau-felületen mozgatva a tömeget, munkát nem kell végezni*, ezért

$$\int_P^Q g dh = \int_{Q_0}^Q g dh$$



3. ábra. Az ortométeres javítás megállapítása (*P a tengerszínen van*).

A nehézséggyorsulás ú. n. *normális* értéke a *Helmert*-féle képlet szerint

$$g = g_{45,0} (1 - \beta \cos 2\varphi - \gamma h)$$

ahol $g_{45,0}$, β és γ állandókat jelentenek, φ a földrajzi szélesség, h pedig a pont tengerszín feletti magassága.

Ezt behelyettesítve a munka-integrál képletébe

$$\int_P^Q g dh = \int_{Q_0}^Q g_{45,0} (1 - \beta \cos 2\varphi - \gamma h) dh$$

Az integrálást elvégezve

$$\int_P^Q g dh = g_{45,0} (1 - \beta \cos 2\varphi_Q - \frac{1}{2} \gamma h_Q) h_Q$$

azaz

$$\int_P^Q g dh = g_{\varphi_Q, \frac{1}{2} h_Q} h_Q$$

Bár az előbbi levezetésben a nehézséggyorsulás valóságos értéke helyett a *normális* értéket vettük, e képletben csak az a megközelítés van, hogy a nehézséggyorsulásnak függőleges irányban bekövetkező megváltozását a magassággal lineáris arányban levőnek tekintettük.

A fenti képlet szerint a keresett ortométeres magasság

$$h_Q = \int_P^Q \frac{g}{g_{\varphi_Q, \frac{1}{2} h_Q}} dh$$

Alakítsuk át identikusan ezt az egyenletet

$$h_Q = \int_P^Q dh + \int_P^Q \frac{g}{g_{\varphi_Q, \frac{1}{2} h_Q}} dh - \int_P^Q dh$$

vagyis

$$h_Q = [l' - l]_P^Q + \int_P^Q \frac{g - g_{\varphi_Q, \frac{1}{2} h_Q}}{g_{\varphi_Q, \frac{1}{2} h_Q}} dh$$

E képletben a második tag az *ortométeres javítás*, tehát ennek értéke

$$\delta = \int_P^Q \frac{g - g_{\varphi_Q, \frac{1}{2} h_Q}}{g_{\varphi_Q, \frac{1}{2} h_Q}} dh$$

E képletben g az egyes műszerállásokban érvényesülő gyorsulásokat, $g_{\varphi_Q, \frac{1}{2} h_Q}$ pedig a Q függőlegesében $\frac{1}{2} h_Q$ magasságban fellépő nehézséggyorsulást jelenti.

E szerint a *szintezés egymagában nem, hanem csupán nehézségi erő mérésekkel együtt, alkalmas az ortométeres magasságok megállapítására.*

Szigorúan véve, minden műszerállásban meg kellene mérni a nehézségi erőt, de mert annak változása nem rohamos, elegendő hosszabb szakaszonként g mérést végezni.

A nehézséggyorsulás mérése azonban meglehetősen hosszadalmas, nehézkesen végezhető művelet s így arról szó sem lehet, hogy a szintezéssel egy-

idejűen végeztessék. Teljesen kielégítő, ha a szintezés területén gravitációs alapponthálózatot létesítenek néhány kilométeres sűrűséggel.

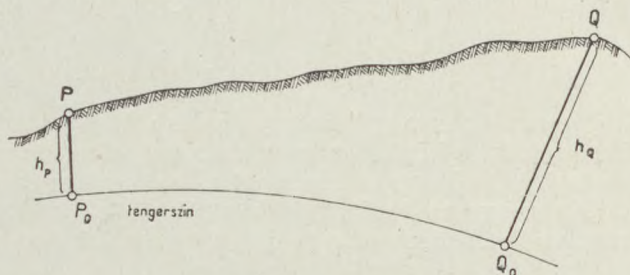
Ha a gravitációs hálózat nem áll rendelkezésre, akkor az ortométeres javítás számítását a nehézséggyorsulásnak a *Helmert-féle* képletből számítható, *normális* értékével végezhetjük el.

b) Tegyük fel másodszor az általános esetet, amikor a P pont nincs a tengerszínen, hanem a fölött van h magasságban (4. ábra).

Ez esetben megint a munka-integrálból induljunk ki. A tömeget a P pontból a P_0 -ba, aztán P_0 -ból Q_0 -ba s innen a Q -ba vite:

$$\int_P^Q g \, dh = - \int_P^{P_0} g \, dh + \int_{P_0}^{Q_0} g \, dh + \int_{Q_0}^Q g \, dh$$

A második integrál ismét 0.



4. ábra. Az ortométeres javítás megállapítása (P nincs a tengerszínen).

Az előző levezetés szerint

$$\int_{P_0}^P g \, dh = g_{P, \frac{1}{2} h_P} h_P$$

és

$$\int_{Q_0}^Q g \, dh = g_{Q, \frac{1}{2} h_Q} h_Q$$

Ezeket beírva a munka-integrál képletébe s azt h_Q -ra megoldva

$$h_Q = \frac{1}{g_{Q, \frac{1}{2} h_Q}} \int_P^Q g \, dh + \frac{g_{P, \frac{1}{2} h_P}}{g_{Q, \frac{1}{2} h_Q}} h_P$$

A jobboldalt identikusan alakítsuk át úgy, hogy hozzáadunk és levonunk $\int_P^Q dh$ -át, azaz $[l' - l]_P^Q$ -t.

$$h_Q = \frac{g_{P, \frac{1}{2} h_P}}{g_{Q, \frac{1}{2} h_Q}} h_P + [l' - l]_P^Q \int \frac{g - g_{Q, \frac{1}{2} h_Q}}{g_{Q, \frac{1}{2} h_Q}} dh$$

Vagyis amíg az alsó geodéziai szintezések számításakor a

$$h_Q = h_P + [l' - l]_P^Q$$

képletet használhattuk, a felsőrendű szintezésekben a h_P megszorozandó a két nehézséggyorsulás viszonyával s hozzáadandó még az ortométeres javítás.

3. Az ortométeres javítás ú. n. normális értékének számítása.

Az ortométeres javítás helyes értékét az egyes műszerállások (illetve szintezési szakaszok) tényleges g értékeivel kell számítani, kivéve a g értékét a φ_Q , $\frac{1}{2}h_Q$ helyen, amelynek — a hely hozzáférhetetlen volta miatt — csak normális értéke állapítható meg.

Amennyiben azonban nem rendelkezünk kellő sűrűségű gravitációs hálózattal, akkor g helyébe mindenütt a *Helmert-képletből számítható* ú. n. *normális értékeket* kell írni. Ezért az így számított ortométeres javítást *normális, vagy szferoidikus ortométeres javításnak* szokás nevezni.

Az ortométeres javítás értéke így írható:

$$\delta = \int_P^Q \left(\frac{g}{g_{\varphi_Q, \frac{1}{2}h_Q}} - 1 \right) dh$$

A g normális értékét a

$$g = g_{45,0} (1 - \beta \cos 2\varphi - \gamma h)$$

képletnek megfelelően véve

$$\frac{g}{g_{\varphi_Q, \frac{1}{2}h_Q}} = \frac{1 - \beta \cos 2\varphi - \gamma h}{1 - (\beta \cos 2\varphi_Q + \frac{1}{2}\gamma h_Q)}$$

Ámde a nevezőben levő mennyiség zárjelbe írt része csupán kis értékű, ezért

$$\frac{g}{g_{\varphi_Q, \frac{1}{2}h_Q}} = (1 - \beta \cos 2\varphi - \gamma h) (1 + \beta \cos 2\varphi_Q + \frac{1}{2}\gamma h_Q)$$

A szorzást elvégezve és a β^2 , γ^2 , $\beta\gamma$ -at tartalmazó tagokat kicsiny voltuk miatt — elhanyagolva,

$$\frac{g}{g_{\varphi_Q, \frac{1}{2}h_Q}} - 1 = \beta (\cos 2\varphi_Q - \cos 2\varphi) + \frac{1}{2} \left(h_Q - \frac{h}{2} \right) \gamma$$

E képletből még a jobboldal második tagja is elhanyagolható, így az ortométeres javítás elegendő megközelítéssel

$$\delta = \beta \cos 2\varphi_Q \int_P^Q dh - \beta \int_P^Q \cos 2\varphi dh$$

Ámde

$$\cos 2\varphi = 2 \cos^2 \varphi - 1$$

Vezessük be a φ' szöget úgy, hogy

$$\varphi' = \varphi_Q - \varphi$$

Ez esetben

$$\int_P^Q \cos 2\varphi dh = \int_P^Q \{ 2 \cos^2 (\varphi_Q - \varphi') - 1 \} dh$$

A φ' kis számérték lévén $\cos \varphi'$ helyett az egység vehető, ezért a kifejtés után

$$\int_P^Q \cos 2\varphi dh = \int_P^Q \{ \cos 2\varphi_Q + \sin 2\varphi_Q \sin 2\varphi' \} dh$$

Ezt beírva az ortométeres javítás képletébe

$$\delta = -\beta \sin 2\varphi_Q \int_P^Q \sin 2\varphi' dh$$

Azonban

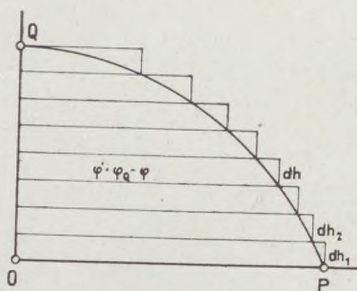
$$\sin 2\varphi' = 2 \sin \varphi' \cos \varphi' = 2 \sin \varphi'$$

tehát

$$\delta = -2\beta \sin 2\varphi_Q \int_P^Q \sin \varphi' dh$$

A gyakorlati esetekben a φ' — amint már említettük — kicsi szám. Ugyanis egy meridián fok egyenlő mintegy 111 km-rel, tehát ilyen hosszú szintezési vonalon belül a φ' állandóan kisebb 1° -nál. Ezért a $\sin \varphi'$ -ot fel lehet cserélni a φ -vel magával s így

$$\delta = -2\beta \sin 2\varphi_Q \int_P^Q \varphi' dh$$



Igazolhatjuk, hogy a jobboldalon szereplő határozott integrál nem más, mint egy síkidom területe.

Ugyanis egy koordináta-rendszerben (5. ábra) rakjuk fel az x tengelyre a φ' értékeket, ordinátákkul pedig a

$$dh_1, dh_1 + dh_2, dh_1 + dh_2 + dh_3, \dots$$

5. ábra. Az $\int \varphi' dh$ értelmezése.

értékeket. Ekkor az előálló OPQ idom területe adja meg a határozott integrál értékét.

Lássuk, milyen számértékeket vehet fel az ortométeres javítás.

A φ' értéke O és $\varphi_Q - \varphi_P$ közt változik, tehát átlagos értékéül megközelítésképpen $\frac{\varphi_Q - \varphi_P}{2}$ vehető. Ezt beírva

$$\delta = -\beta (\varphi_Q - \varphi_P) (h_Q - h_P) \sin 2\varphi_Q$$

Legkedvezőtlenebb, azaz a legnagyobb javítást adja az az eset, amikor a szintezés meridián irányú (észak-déli). Ez esetben $\varphi_Q - \varphi_P = \frac{L}{R}$, ahol L a szintezett vonal hossza, R a meridián-görbe középgörbületi sugara. Ezért

$$\delta = -\frac{\beta}{R} L (h_Q - h_P) \sin 2\varphi_Q$$

Legyen például

$$L = 100 \text{ km}, h_Q - h_P = 500 \text{ m}, \varphi_Q = 47^\circ 30'$$

Ez esetben

$$\delta = -0,021 \text{ m}$$

vagyis a javítás értéke felülmúlja a szintezéssel elérhető pontosságot, mert 100 km-en, $\pm 0,5 \text{ mm}$ kilométeres középhibát véve, $\pm 5 \text{ mm}$ középhibával kapjuk meg a magasságkülönbséget.

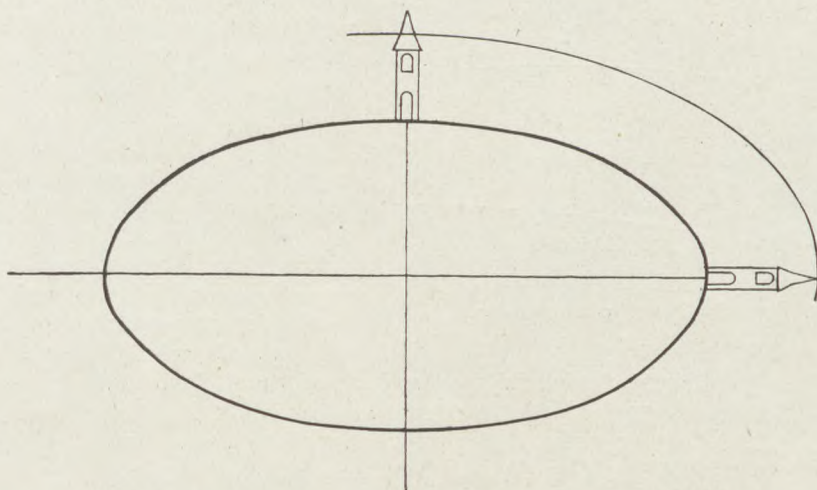
4. A dinamikai magasság és a felsőrendű szintezések dinamikai javítása.

a) A dinamikai, vagy munka-magasság.

A magasság, mint a függőleges vonalon értendő hosszúság, a geodéziában helymeghatározó, azaz geometriai fogalom. Ámde a magasságnak a mechanikában is jelentős szerepe van.

Vizsgáljuk meg azt, hogy a mechanika magassága és a geodézia magassága azonos fogalmak-e.

A mechanikában a magasság fogalma a nehézségi erővel van kapcsolatban, nevezetesen a mechanikában egyenlő magasságúaknak az olyan pontokat nevezzük, amelyek közt munkát a nehézségi erő ellenében nem



6. ábra. A geodéziai és a mechanikai magasság közti különbség.

kell kifejteni. Vagyis a mechanika szempontjából egyenlő magasságúak az ugyanazon niveau-felületen lévő pontok.

Ha tehát a niveau-felületek (a nehézségi erő potenciál-felületei) egymással párhuzamosak volnának, akkor a geodéziai és a mechanikai magasság azonosságot jelentene.

Ámde ez a párhuzamosság nincs meg s ezért az egyenlő geodéziai magasságú pontok az alapniveau-felülettel párhuzamos felületeken (aequator-méteres felületeken), tehát nem niveau-felületeken fekszenek. Ezért köztük mechanikai szempontból magasságkülönbségek vannak. Az egyenlő geodéziai magasságok felületére vizet öntve, az rajta nem jönne nyugalomba.

A geodéziai és a mechanikai magasság közti különbséget egy egyszerű példával lehet jól szemléltetni.

Képzeljünk (6. ábra) két 100 m hosszú tornyot és pedig egyiket az aequatoron, a másikat a póluson. E két torony geodéziai magassága egyforma, t. i. 100 m, de a mechanikai magassága nem; ha vízzel öntenénk el a Földet úgy, hogy az színelne az aequatori torony csúcsával, akkor a poláris torony abból 0,5 m-re kiállna.

Ha tehát a niveau-felületek párhuzamosságát nem hanyagolhatjuk el, akkor számolni kell avval, hogy a *mechanikai magasság nem azonos a geodéziai magassággal*.

Lássuk, hogy milyen módon és milyen mérőszámokkal jellemezzük a mechanikai magasságot.

A mechanikai magasság jellemezhető minden olyan mennyiséggel, amellyel valamely niveau-felületet jellemezni, megadni lehet.

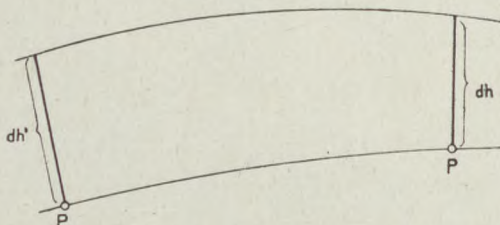
A niveau-felületen a nehézségi erő potenciálja állandó, tehát niveau-felületet a neki megfelelő potenciál számértékének megadásával lehet jellemezni. Ez az érték vehető a mechanikai magasság mérőszámának.

A mechanikai magasságkülönbséget pedig potenciál-különbséggel, vagyis a nehézségi erő ellenében kifejtett *munkával* lehet megadni.

A mechanikai magasság mérőszáma a gyakorlatban az a munka, amit a nehézségi erő ellenében ki kell fejteni, ha egy egységnyi tömeget az alap-

pul választott niveau-felületről (tengerszín) a szóbanforgó niveau-felületre átvisszük.

A mechanikai magasságot *hosszal* is lehet megadni. Ugyanis, ha felveszünk a tengerszín magasságában egy pontot φ_0 földrajzi szélességgel, akkor bármely niveau-felület egyértelműen jellemezhető annak a felvett ponttól való távolságával, dh' -vel (7. ábra).



7. ábra. A dinamikai magasság.

Ezt a távolságot nevezzük *mechanikai*, vagy a *Vogler* alkotta szóval *dinamikai magasságnak*. Nevezik *munkamagasságnak* is.

A dinamikai és az ortométeres magasság közt egyszerű az összefüggés.

Ha ugyanis a P ponton dh az ortométeres magasság, akkor

$$g_0 dh' = g dh$$

ahol g_0 és g jelentik a nehézséggyorsulást a P_0 , illetve a P ponton.

A fenti képletből a dinamikai magasság

$$dh' = \frac{g}{g_0} dh$$

Ez a dh' nemcsak hosszúságot, de munkát is jelent, mert a G_0 nehézségi erő egyenlő a gyorsulás és a tömeg szorzatával

$$G_0 = g_0 m$$

tehát, ha $G_0 = 1$, akkor

$$m = \frac{1}{g_0}$$

Ezért, ha az $\frac{1}{g_0}$ -t (a tömeget) szorozzuk g -vel, akkor az erőt jelent s ezt tovább szorozzuk dh -val, munkát kapunk.

b) A dinamikai javítás.

Ha a Q pont dinamikai magasságát h'_Q -vel jelöljük, akkor definíció-szerűen

$$h'_Q g_{45,0} = \int_P^Q g \, dh$$

ahonnan

$$h'_Q = \int_P^Q \frac{g}{g_{45,0}} \, dh$$

E képletet ismét identikusan átalakíthatjuk az $\int_P^Q dh$ hozzáadásával és levonásával, azaz

$$h'_Q = [l' - l]_P^Q + \int_P^Q \frac{g}{g_{45,0}} \, dh - \int_P^Q dh$$

Rendezve

$$h'_Q = [l' - l]_P^Q + \int_P^Q \frac{g - g_{45,0}}{g_{45,0}} \, dh$$

A képlet jobboldalán szereplő második tag az ú. n. *dinamikai javítás* (δ'),

$$\delta' = \int_P^Q \frac{g - g_{45,0}}{g_{45,0}} \, dh$$

A *dinamikai javítás megállapítása szintén csak nehézségmérések alapján történhet*. Közelítő értékét a nehézséggyorsulás normális értékének felhasználásával lehet meghatározni.

A dinamikai javítást voltaképpen pontosabban lehet megállapítani, mint az ortométeres javítást, mert képletében csupa *megmérhető* g érték szerepel. Ez nem mondható el az ortométeres javításról, amelyben a Q függőlegesében, annak fele magasságában fellépő g is szerepel. Ez közvetlenül nem mérhető, tehát csupán a normális értékét lehet a képletbe bevezetni.

A dinamikai magasság (h'_Q) és az ortométeres magasság (h_Q) közti összefüggés az alábbi megfontolás szerint állapítható meg.

Az ortométeres javítás levezetése alkalmával megállapítottuk, hogy a munka integrálja

$$\int_P^Q g \, dh = g_{\varphi_Q, \frac{1}{2}} h_Q h_Q$$

A dinamikai magasságra pedig áll az, hogy

$$g_{45,0} h'_Q = \int_P^Q g \, dh$$

tehát a

$$h'_Q = \frac{g_{\varphi_Q, \frac{1}{2}} h_Q}{g_{45,0}} h_Q$$

képlet adja meg az összefüggést a mechanika és a geodézia magassága közt.

c) A dinamikai javítás normális értéke.

Ha a dinamikai javítás képletébe g helyébe annak a *Helmert-képletből számítható normális* értékét írjuk, akkor a dinamikai javítás úgynevezett *normális* értékét kapjuk meg.

A dinamikai javítás

$$\delta' = \int_P^Q \left(\frac{g}{g_{45,0}} - 1 \right) dh = -\beta \int_P^Q \cos 2\varphi dh - \gamma \int_P^Q h dh$$

Mivel a szintezési szakaszok hossza rendszeren kisebb két meridián foknak megfelelő hosszúságnál (220 km), azért a φ helyébe az átlagos érték és pedig $\frac{\varphi_Q + \varphi_P}{2}$ írható. Vagyis

$$\delta' = -\beta \cos 2\varphi_m \int_P^Q dh - \gamma \int_P^Q h dh$$

ahonnan

$$\delta' = -\beta \cos 2\varphi_m (h_Q - h_P) - \frac{1}{\gamma} (h_Q^2 - h_P^2)$$

Az utolsó tag zárjeles része $(h_P + h_Q)(h_Q - h_P)$ alakba írható s akkor

$$\delta' = \left\{ -\beta \cos 2\varphi_m - \gamma \frac{h_P + h_Q}{2} \right\} (h_Q - h_P)$$

ahol

$$\beta = 0,002636$$

és

$$\gamma = 0,000000315$$

A dinamikai javítás tehát függ az átlagos magasságkülönbségtől, az átlagos földrajzi szélességtől és a mért magasságkülönbségtől.

A dinamikai javításnak hátránya az, hogy értéke általában véve elég nagy, több deciméter is lehet, ezért e miatt esetleg az alsórendű szintezések eredményeit is javítani kell, ha azokat az országos szintezés magasságával, illetve magasságkülönbségeivel össze akarjuk hasonlítani.

Viszont ha mért nehézséggyorsulások állanak rendelkezésre, akkor az értéke pontosabban állapítható meg, mint az ortométeresé, amelynél a g értéke a $\varphi_Q \frac{1}{2} h_Q$ helyen csupán normális értékével vehető tekintetbe.

VII. RÉSZ.

A SZINTEZÉS SZABÁLYOS ÉS VÉLETLEN HIBÁI.

1. A szintezés szabályos hibái.

A szintezés nagyon jó példa arra, hogy még egyszerű mérési művelet esetén is a mérés eredményében lévő hiba rendkívül sok hibahatásból áll elő.

A szintezés ugyanis lényegében véve nagyon egyszerű művelet és mégis rendkívül sok a pontosságát kisebb-nagyobb mértékben befolyásoló hibaforrások száma.

A szintezéssel elérhető pontosság is elsősorban a *szabályos* hibáktól, illetve azoknak többé-kevésbé sikerült kiküszöbölésétől függ.

Ezért elsőnek a szintezés szabályos hibáit kell sorra vizsgálni és azokat a módszereket kell megállapítani, melyekkel azok kiküszöbölhetők, illetve véletlen jellegűekké tehetők.

A fontosabb *szabályos* hibák a következők.

a) *A komparálási hiba (a lécegység hibája).*

A szintezés voltaképpen *hosszmérés* függőleges irányban, melyet a beosztott szintező léccel végzünk. A mérendő hosszat, azaz a magasságot a *lécméterben*, mint egységben kapjuk meg s ezért szintezéskor a komparálás műveletével a lécméternek a nemzetközi méterhez való viszonyát meg kell állapítani.

A komparálást acél normálméterrel kell elvégezni s az itt elérhető *szélső* pontosság $\frac{1}{100000}$ értékű, mert ennyire pontosan lehet megadni a normálméter hosszát.

Ez tehát az a *szélső* pontosság, amely a szintezéssel való magasságmérésben elérhető.

Az $\frac{1}{100000}$ -ed pontosság 10 m magasságkülönbség esetén 0,1 mm, 100 m-nél 1,0 mm-t, 1000 m-nél 10 mm-t jelent.

A komparálási hiba semmiféle módszerrel sem küszöbölhető ki, azaz itt a hibaforrás hatásának csökkentésére kell törekedni, vagyis a komparálást a legnagyobb gonddal kell elvégezni. Mivel a hiba hatása a magassággal egyenes arányban nő, különösen nagyobb magasságkülönbségek esetén kell a komparálást a lehető legnagyobb gonddal végrehajtani.

Ezt a komparálást zárt térben (szobában) kell elvégezni s kellő időt kell hagyni arra, hogy a normálméter, a higanymérő és a léce is felvegye a helyiségi hőmérsékletét.

b) *A lécegység mérés alatti szabályos változása.*

A lécegység rendszeren *fán* (vörösfenyőn) van kijelölve, tehát hossza nem állandó, hanem változik a hőmérséklettel és a nedvességgel. Ezek a változások lassúak, de nem olyan kicsinyek, hogy elhanyagolhatók lennének. A két tényező közül különösen a nedvesség okozhat számottevő változást s itt az a nehézség lép fel, hogy a fa nedvességtartalmát, a fa anyagának nem homogén volta miatt megállapítani nem tudjuk.

Itt tehát csak a mérés alatti *gyakori* komparálás segít s ezért a léchossz szabályos változásának megállapítására a szabatos, felsőrendű szintezésekben, még *sík vidék esetén sem mellőzhető a mérés előtti és utána való komparálás.*

A napi *négyszeri*, gondos komparálás természetesen tekintélyes mérési és számítási munkát jelent, de a tapasztalat szerint ilyen eljárással kielégítő pontosságot érhetünk el.

Újabban a lécebeosztást *invaracél-szalagra* készítik. Az invaracél tágu-lási együtthatója $\frac{1}{1000000}$ -odnál mindig kisebb s ezért elegendő hőmérsékletét 10° -ra pontosan mérni.

Invaracél-szalag esetén tehát teljesen elegendő az időszakos komparálás, ami nagyon előnyös, mert a mérésben és a számításban is nagy idő-megtakarítást jelent.

c) *A szintező libella nem igazított voltának hatása.*

A szintező műszeren nagyon gondosan végzett igazítással igyekezzünk a szintező libella tengelyét párhuzamossá tenni a távcső irányvonalával,

de ezt teljesen sohasem érjük el. Számolnunk kell a párhuzamosságtól való kis eltéréssel.

Az innen származó szabályos hibát az egyenlő léctávolsággal és a buboréknak a lécleolvasás előtti középre állításával ki lehet küszöbölni, feltéve: 1. hogy a refrakció előre és hátra ugyanez, továbbá 2. hogy az irányvonal és libella tengely közti szög az előre és a hátra végzett irányzáskor ugyanaz marad.

Az első miatt fontos, hogy az előre és hátra irányzást és a vele végzett műveleteket a lehető leggyorsabban hajtsuk végre, mert így az időközi refrakció-változások csekély értékűek lesznek.

A második miatt fontos gyakorlati szabály az, hogy a hátraírányzás után nem szabad a szélesőhöz, illetve a belső képállító lencse csövéhez nyúlni.

Régebben az J nem párhuzamos L hibának kiküszöbölésére a $III.$ és az $V.$ mintájú műszereket és ezekkel a két távesőállásból való mérést alkalmazták.

Újabbán — például az Északamerikai Egyesült Államok felsőrendű szintezésében is — előzetes gondos mérésekkel megállapítják az J és az L közötti szög eltérés nagyságát s vele — a távolság ismeretében — megjavítják a mérési eredményt. Ez az eljárás a számítást teszi hosszadalmassá s a mellett, tekintve hogy az J és az L szögeltérése a szátkereszt helyétől (illetve a beállító lencse helyétől) is függ, tehát nem állandó, nem vezet teljes kiküszöbölésre.

d) *Műszersüllyedés.*

A hátraírányzás és az azt követő leolvasás után *műszersüllyedés* következhet be s e miatt *a magasságkülönbségre a helyesnél nagyobb eredményt kapunk*. E hiba szabályossága abban áll, hogy a hiba előjele minden műszerállásban ugyanaz mindaddig, amíg a haladás értelme meg nem változik.

Ezt a hibát ki lehet küszöbölni, vagy legalább is véletlen jellegűvé lehet tenni, ha a mérést *ellenkező értelemben* (visszafelé) megismételjük, de még jobb a kiküszöbölés, ha a megismétlést *ellenkező értelemben minden műszerállásban elvégezzük*.

Ugyanis a műszerállásban az *odamérés*kor az *előre* leolvasás lesz *kisebb*, tehát a magasságkülönbség *nagyobb* lesz. Viszont a *visszamérés*kor a *hátra* leolvasás lesz *kisebb*, tehát a magasságkülönbség értéke *kisebb* lesz, mint a helyes érték.

Ez az indokolása annak, hogy a felsőrendű szintezésekben *minden* műszerállásban is *oda-vissza* mérést kell végezni.

e) *Lécsüllyedés.*

A szintezésben alapvető követelmény az, hogy a kötőpont magassága és vele a rajta álló lécc kezdő (nulla) pontjának magassága *állandó* legyen; ezért a *felsőrendű szintezésekben nagy gondot kell fordítani szilárd kötőpontok létesítésére*.

A szintező saruk alkalmazása ebből a szempontból nem kielégítő, mert azok, a ráhelyezett súlyos lécc átforgatása következtében elcsúszhatnak s evvel eléggé nagy lécsüllyedéseket idéznek elő.

A kötőpontokat, a mérés előtt legalább fél nappal korábban levert cövekekkel, vagy kemény talajon acélszögecsekkel kell megjelölni. A mérés alatti elhelyezés azért nem előnyös, mert a beverés után a talaj-reakció miatt magasságváltozás következhet be.

A tapasztalatok szerint kedvezőtlen talajon még ilyen eljárás mellett is előfordulhatnak kötőpont-süllyedések.

Ezeket a műszerállásban végzett oda-vissza mérés nem küszöböli ki s ezért a vonalon előre szintezve belőlük olyan hibák keletkeznek, amelyek állandóan nagyobbak adnak, mint amekkora a helyes magasságkülönbség. Ámde, ha az egyes szakaszok szintezését ellenkező értelemben megismételjük, akkor ebben a vissza-szintezésben a hiba előjele ellenkező értelmű lesz, tehát a számtani középéből kiesik, illetve abban véletlen jellegű hibát hoz létre.

f) Lécferdeség.

A lécet a kötőpontokon függőlegesen kell elhelyezni.

A függőlegestől való eltérés a lécleolvasásban állandó előjelű, vagyis szabályos hibát eredményez, mert ferde lécen mindig nagyobb leolvasást kapunk, mint a függőleges lécen.

Ha a lécférdeségi szöge $\Delta\alpha$, akkor az l lécleolvasás hibája

$$\Delta l = \frac{l}{2} \operatorname{tg}^2 \Delta\alpha$$

vagyis, ha $l = 3,0 \text{ m}$ és $\Delta\alpha = \pm 10'$

$$\Delta l = \pm 0,14 \text{ mm.}$$

Ha tehát a lécet $\pm 10'$ -re függőlegessé tesszük, akkor az innen származó hiba kisebb, mint a leolvasás pontossága.

A $\pm 10'$ -es függőlegességet szelencés libellákkal is könnyen elérhetjük.

A lécférdeség a leolvasásban szabályos hibát jelent, de a magasságkülönbségben voltaképpen nem okoz szabályos hibát, mert változósága miatt hol a hátra leolvasást, hol az előre leolvasást nagyobbítja meg kisebb-nagyobb mértékben, tehát a különbségben már mint véletlen hiba fog szerepelni.

Ehhez azonban feltétlenül szükséges az, hogy a lécférdeség lehetőleg kicsi legyen, azaz gondoskodni kell arról, hogy a mérés alatt a lécek kellően, legalább $\pm 10'$ -re függőleges legyen.

g) A refrakció szabályos változása.

A szintezési refrakció szabályos változásának hatását és tekintetbe vételének, illetve kiküszöbölésének módját külön tárgyaltuk a IV. részben.

h) A lécleolvasás szabályos személyi hibája:

Leolvasáskor a legkisebb lécbelosztásrész tizedét becsléssel állapítjuk meg.

A tizedbecslés hibája függ a beosztásrész nagyságától, az index vastagságától, az index helyétől és az észlelő szemének élességétől és gyakorlottságától.

A Bäckström-féle, vonásos osztásokra vonatkozó nagyon terjedelmes kísérletek szerint legelőnyösebb, ha a beosztásrész nagysága 1 mm és 2 mm között van; optimális értéke tehát 1,5 mm.

Ha a távcső nagyítása n -szeres, akkor d léctávolság esetén a lécbelosztás t értékének megfelelő v képméret a

$$v = \frac{0,25}{d} nt$$

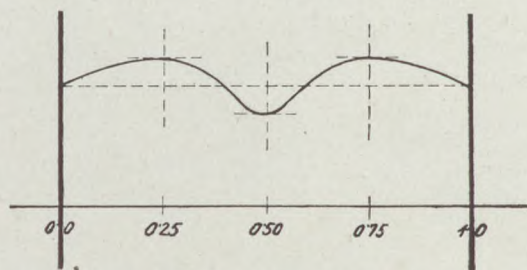
képletből számítható, amelybe a t -t mm-ben, a d -t méterben beírva, a v mm-ben értendő. A felsőrendű szintezésre szolgáló léceken

$$t = 5 \text{ mm}$$

tehát a

$$v = \frac{1,25}{d} n$$

képlet alkalmazható.



1. ábra. A becslési hiba összefüggése a becslés helyével.

A felsőrendű szintezésre szolgáló műszereken a nagyítás 40 és 50 között változik.

Ezeknek az értékeknek 50 m távolságban $v = 1,00$ mm és $v = 1,25$ mm felel meg, tehát a kedvező becslés feltétele még e szélső távolságnál is eléggé ki-elégítő.

Az index vastagságának célszerű értéke a Bäckström-féle vizsgálatok szerint a beosztásrész *egy tizede*, ami a

felsőrendű szintező műszereken a szálvastagság megválasztásával szintén elérhető.

A beosztás helyével való összefüggés már szabályos hibát jelent.

A végzett nagyarányú kísérletek szerint legpontosabban lehet becsülni a beosztásrész közepén; a két szélén a szálfedés miatt kissé bizonytalanabb a becslés s méginkább bizonytalan lesz az a *három tized* és a *hét tized* körül.

A becslés hibájának a hellyel való összefüggését az 1. ábra mutatja.

A végzett kísérletek megállapították azt is, hogy szabályos hibát okoz az észlelő egészen egyéni megítélő képessége is.

Ugyanis a becsléssel megállapítható *egyéni tizedes beosztás* egyáltalán nem egyenletes, hanem változó hosszúságú részekből áll. Ez az *egyéni tizedbecslési beosztás* ugyanarra az egyénre állandóan ugyanaz, de egyénenkint változó.

Ilyen egyéni skálákat mutat a 2. ábra.

Amint látható, az egyéni tizedbecslési skála a különböző egyénekre nézve nagy eltéréseket mutat s kétségkívül eléggé lényegesen befolyásolhatja a becsléssel elérhető pontosságot.

A becslés szabályos hibái egy beosztás-közön belül periodikus jellegűek, tehát kiküszöbölésükre a leolvasást meg kell ismételni a beosztás egy, vagy több másik helyén.

Erre a célra az *eltolt lécskálák* különösen alkalmasak. Ilyenek vannak a *reverziós léceken* (a magyar országos szintezés léce), a *Zeiss-féle léce*, a *porosz Landesaufnahme-léce* stb. A skálák eltolását a legkisebb lécbesztás fél értékével kell végezni.

i) A libella-leolvasás, illetve buborék-középreállítás szabályos személyes hibája.

Mivel a buborék és a besztás nincsen ugyanazon a felületen, azért a buborék leolvasásakor, illetve középre állításakor parallaxis lép fel, melynek következtében a szem helyzetének megfelelően különböző leolvasást kapunk.

Ez a parallaxisból származó hiba, ha két szemmel végezzük el a leolvasást, illetve a középreállítást és ha igyekezzünk *merőlegesen* nézni a besztás megfelelő részére, csupán véletlen jellegű.

Ha azonban csupán az egyik szemünket használjuk (tudatosan, vagy szemhiba miatt öntudatlanul), akkor mozdulatlan szemhelyzet esetén csak a szemünkhöz közelebb esőre nézünk merőlegesen s így a másik végét oldalról szemlélve, azt hibásan állítjuk be, illetve olvassuk le (3. ábra).

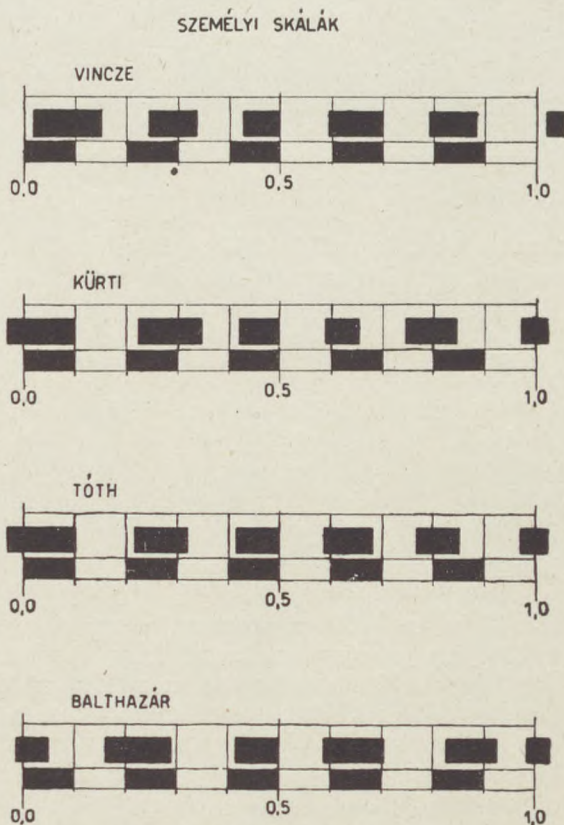
Ebből már szabályos hiba keletkezik, mert minden műszerállásban, ha jobbszemmel nézünk, a baloldali leolvasást nagyobb-nak kapjuk, ha pedig bal-szemünket használjuk, akkor a jobboldalt látjuk nagyobb-nak.

Erre a hibára Holm mutatott rá először és kiküszöbölésére módszert dolgozott ki, amelyet aztán a porosz *Landesaufnahme* a maga felsőrendű szintezésében alkalmazásba is vett.

A módszer lényege az, hogy a libellát leolvasó felváltva jobbra, illetve balra áll fel a műszertől. Ezáltal a hiba hatása véletlen jellegűvé válik.

Holm különben ajánlja, hogy a libella-leolvasókat előzetesen szemoryosi vizs-

Oltay: A szintezés fejlődése stb.



2. ábra. Négy geodéta mérnök egyéni tizedbecslési besztása. Alul a szabályos besztás, felül az egyéni.

gálatnak vessék alá, mert szemrendellenességek esetén azokat buborék-leolvasásra alkalmazni nem lehet.

Ez a szabályos hiba nem lép fel, ha a libellacsövet egy további üvegcsővel burkoljuk és erre is beosztást készítünk. Ha most szemünket mindig úgy tartjuk, hogy a két beosztást fedésben látjuk, akkor szabályos jellegű parallaxis-hiba nem léphet fel.

Ezt a berendezést, amely hőszigetelés szempontjából is igen előnyös, először a hollandiai felsőrendű szintezésekre készített műszeren találjuk meg.

Nem szerepel a fenti szabályos hiba a koincidenciás berendezések esetében se, mert itt az egybeállítandó két véget parallaxis-mentesen látjuk.

Ez kétségkívül szintén nagy előnye a koincidenciás elven alapuló berendezésnek.

j) A lécbelosztás indexhibája.

A lécbelosztás 0 vonásának össze kellene esni a lécsaru ama pontjával, amelyet a kötőpontra helyezünk. Ezt azonban teljesen sohasem lehet elérni, hanem avval kell számolnunk, hogy a lécs 0 pontja e fölött valami δ magasságban van.

Ez a δ a lécbelosztás indexhibája.

Ha a mérést csak egy léccel végezzük el, akkor az indexhibára tekintettel nem kell lennünk, mert az a két leolvasás különbségéből kiesik.

Ha két léccel dolgozunk, akkor kétféle eljárást követhetünk.

1. A műszerállás befejezése után az elől álló lécet helyben hagyjuk, csak átfordítatjuk a második műszerállás felé. A hátul álló lécet továbbviteljük s az a következő műszerállásban *elől* álló lécs lesz.

A lécek elhelyezésének sémája tehát ez:

I. műszerállás: hátul 1 és elől 2

II. műszerállás: hátul 2 és elől 1 és így tovább.

Ha tehát az index-hibákat δ_1 - és δ_2 -vel jelöljük, a lécleolvasások pedig $l_1^I, l_2^I, l_1^{II}, l_2^{II}, \dots$ stb., akkor az I. műszerállásban a helyes magasságkülönbség

$$l_1^I + \delta_1 - (l_2^I + \delta_2) = l_1^I - l_2^I + (\delta_1 - \delta_2)$$

A II. műszerállásban pedig

$$l_2^{II} + \delta_2 - (l_1^{II} + \delta_1) = l_2^{II} - l_1^{II} - (\delta_1 - \delta_2)$$

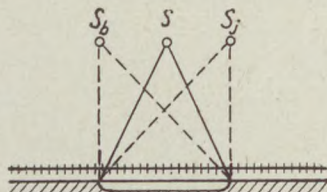
E szerint tehát a szomszédos műszerállásokban a hiba ellenkező előjelű s így a páros műszerállások eredményeiből az index-hiba kiesik. Vagyis a két lécet így használva csak az utolsó *páratlan* műszerállásban kell az index-hibák különbségével megjavítani a lécleolvasások különbségét.

2. A műszerállás befejezése után mind a két lécet továbbviszik és pedig az 1-et a 2-es helyére, a 2-öt pedig a következő kötőpontokra.

A lécelhelyezés sémája:

I. műszerállás hátul 1 és elől 2

II. műszerállás hátul 1 és elől 2 és így tovább.



3. ábra. A parallaxis miatti buborék-leolvasási hiba.

E szerint tehát az 1 lécc mindig *hátra* irányban, a 2 lécc mindig *előre* irányban áll.

Ebben az esetben a magasságkülönbségek a következőképpen adódnak.

Az I. műszerállásban

$$l_1^I + \delta_1 - (l_2^I + \delta_2) = l_1^I - l_2^I + (\delta_1 - \delta_2)$$

a II. műszerállásban

$$l_1^{II} + \delta_1 - (l_2^{II} + \delta_2) = l_1^{II} - l_2^{II} + (\delta_1 - \delta_2)$$

Vagyis a lécleolvasások különbségét minden műszerállásban meg kell javítani az index-hibák ismeretes különbségével.

A gyakorlatban az első eljárást célszerű alkalmazni, mert az elsőnél a léccet csak egyszer helyezzük rá a kötőpontra s azon azt csak át kell forgatni, a másodiknál azonban két léccet egymás után kell ráhelyezni a kötőpontra s így inkább előfordulhat, hogy a lécc ráhelyezése miatt a kötőpont magassága megváltozik.

A műszerállásban végzett *oda-vissza* mérés az index-hibát nem küszöböli ki.

k) Állandó jellegű egyoldali (kedvezőtlen) léccmegvilágítás.

Ez is a mérés alatt fellépő, esetleg tetemes értéket felvehető szabályos jellegű hibák közé tartozik.

A lécc megvilágítottsága nagyon befolyásolhatja a becsléssel elérhető pontosságot, mert kétségtelen, hogy a jól megvilágított léccen a becslés pontosabban végezhető el, mint a kevésbé megvilágított léccen. A megvilágítottság nem egyforma voltából általában véletlen jellegű leolvasási hibák származnak, de egyes esetekben, ha a megvilágítás az *elől és a hátul álló léccen lényegesen és főleg állandóan különböző, az innen származó hiba szabályos jellegű lesz.*

Ilyen eset fordul elő különösen a kelet-nyugati irányban haladó szintezésekben, amikor is az egyik lécc *állandóan jól*, a másik *állandóan rosszul* van megvilágítva, tehát a leolvasási hiba az egyik léccen állandóan *kisebb*, mint a másik léccen.

A megvilágításból eredő szabályos hibát csak úgy lehet kiküszöbölni, illetve véletlen jellegűvé tenni, ha a mérést különböző napszakokban ismételjük meg. Tehát különösen kelet-nyugati irányban haladó szintezések esetén az egyik mérést a *reggeli*, a másikat a *délutáni* napszakban kell elvégezni.

l) Talajmozgások (különösen az átnedvesedés, illetve kiszáradás következtében) és építménysüllyedések hatása.

A szintezés eredményét befolyásoló talajmozgások közül a nagyon fontos a legfelsőbb talajrétegnek megduzzadása, illetve összezsugorodása, amely a vízfelvétel, illetve a vízvesztesség (kiszáradás) hatására áll elő. Az ezáltal bekövetkező magasságváltozás különösen kötött, agyagos talajok

esetében nagyon tekintélyes lehet s azért kötött talajon, a pontjelek elhelyezésekor erre tekintettel kell lenni.

Az átnedvesedéssel, illetve kiszáradással bekövetkező függőleges mozgások lassú voltak miatt a szintezést csak kivételes esetekben befolyásolhatják, de nagyon veszedelmesek azért, mert a pontjelek magasságát változtatják meg. A pontjelekre átadódó talajmozgások miatt a pontjelek nem mozdulatlanok, azokra a szintezés más magasságot állapít meg nedves talaj esetében és mást, ha a talaj kiszáradt. E miatt a pontjelekhez való csatlakozások is mindig olyan évszakban végzendők, amilyenben a pont magasságát meghatározó előző szintezést végezték.

A pontjelek elhelyezésében egyáltalán nagy óvatossággal kell eljárni. Nagyon kell ügyelni arra, hogy a pontjel magassága ne változhasson meg. Sok hibát követtek el itt régebben, mert vasúti, vagy közúti töltésekben elhelyezett kisebb épületekbe, vagy beásott kövekbe helyezték el a tárcsákat, vagy egyéb pontjeleket. Természetesen ezek a töltés, illetve az épület üledésével lesüllyedtek s aztán a későbbi hozzácsatlakozáskor magasságuk már nem az volt, amit az előző szintezés megadott.

Az olyan talajnemeken, amelyeken a nedvességhelvétel lényeges magasságváltozásokat okozhat, különleges pontjeleket kell alkalmazni. Legcélszerűbbnek a földbe, a diluviális rétegig süllyesztett mintegy 10—20 m hosszú, 75 mm átmérőjű vascsövek bizonyultak (ábra Jordan II. k. 61. oldal). Ilyeneket először Gurlitt alkalmazott (1898) a Hamburg környéki szintezésekben. Itt minden egyéb, szokásos pontjel „mozgott”, de a csöves jelek eléggé mozdulatlanoknak bizonyultak.

A talajmozgásokhoz nem sorolom a nedves talajon a mérés alatt bekövetkező műsersüllyedéseket. Lécsüllyedések az ilyen helyeken nem veszedelmesek, ha előzőleg levert cövekeken képezzük ki a kötőpontokat.

A város belsejében, vagy a külső részeken az *aszfalt*utakon végzett szintezésekben az aszfalt lágyulása okozhat számottevő műsersüllyedéseket. Ezek eléggé gyorsan következnek be s eléggé tekintélyes értékűek lehetnek. Ezért ilyen helyeken csak hűvös időben szabad szintezni.

Tőzeges talajon, de kötött talajon is az észlelő és a léctartó *helyváltozásai* is létrehozhatnak magasságváltozásokat, amelyek azonban inkább véletlen jellegűek. Ezek ellen védekeztek a hollandusok avval, hogy az észlelő és a léctartó nem a földön állott, hanem arra helyezett szállítható padozaton.

m) Csatlakozási hiba az átvétítések miatt.

Csatlakozási hiba bekövetkezhethet az alappontjelek süllyedése, vagy emelkedése miatt, amit részben a talajmozgások idézhetnek elő, részben pedig az, hogy a pontjelet üledésben lévő, tehát még meg nem nyugodott falakba, töltésekbe helyezték el.

Az ilyen hibák kifejezésre jutnak a poligon záróhibákban, illetve a kiegyenlítéssel nyert középhibákban.

Csatlakozási hiba keletkezhethet olyan esetekben is, amikor a lécc nem helyezhető közvetlenül a pontjelre. Ilyenkor a pontjel mellé helyezzük a léccet s azután vízszintesen átvétítjük rá a pontjelnek megfelelő szintet.

Ilyen átvétítés szükséges a régebben kedvelt, *furatos pontjelek* esetén és általában minden olyan pontjelnél, amely a fal síkjában van elhelyezve

úgy, hogy a lécs nem helyezhető magára a pontjelre. Ilyen például az *angol* felsőrendű szintezés *falitáblás* megjelölése is (32. ábra), amelynél eléggé nehézkes módon kell kivetíteni a magassági alappont szintjét.

Csatlakozási hibák származnak olyankor is, amikor a pontjel nem definiálja *egyértelműen* a kijelölendő szintet. Ilyenek azok, amelyeken fekvő vonás, vagy sík jelöli a szintet; amennyiben ezek nem vízszintesek, a kijelölés nem egyértelmű (ilyen pl. a főváros régi konzol pontjele).

Némelykor a közvetlen csatlakozás helyett az alappontot mint részletpontot szintezték be s így vezették le a magasságát. Ez teljesen helytelen eljárás, mert ez esetben a műszer nem igazított voltából és a refrakcióból származó hiba teljes mértékben benne van a leolvasásban és így belejut a pont magasságába is. Az ilyen eljárás azért is teljesen rossz, mert a leolvasás esetleges durva hibájára sincs ellenőrzésünk, tehát a zárt poligon egészen kis záró hiba esetén is teljesen hibás magasságokat állapíthatunk meg.

2. A szintezés véletlen hibái.

A szintezés *fontosabb* véletlen hibái a következők:

- a) A lécosztás véletlen hibái.
- b) A leolvasás becslési hibája, amely függ a legkisebb lécsbeosztás nagyságától, a szálvastagságtól, a távcső nagyításától és az észlelőtől (szemének élességétől, gyakorlatától stb.).
- c) A libella buborék-beállításából, illetve a buborékvégek leolvasásából származó hiba.
- d) A légrezgésekből származó hiba.
- e) A lécs megremegéséből származó hiba (szél, kocsiforgalom stb. hozhatja létre).
- f) A műszer megremegéséből származó hiba (szél, kocsiforgalom stb. okozza).
- g) A lécegység mérés alatti bekövetkező véletlen változásaiból származó hiba.
- h) Az irányvonal és a szintező libella tengelye közti relatív helyzet véletlen megváltozása.
- i) A léctalp nem sík voltából, illetve a léctengelyre nem merőleges voltából származó hiba. E miatt a különböző ráhelyezéskor a beosztás 0 vonásának magassága változik meg.
- j) A léctávolságok nem egyenlő voltából származó hiba.
- k) A kötőpontok véletlen magasságváltozása. Különösen rugalmas talajon fordul elő.
- l) A műszer véletlen jellegű magasságváltozása (rugalmas talajon).
- m) A lécsferdeségből származó hiba (a leolvasásban szabályos hiba, a magasságkülönbségben véletlen hiba).

A felsorolt hibaforrások közül az első hat okozza a *leolvasás* véletlen hibáját, a többi pedig az egyes műszerállásokban nyert magasságkülönbségek ama véletlen hibájának tekinthető, amely a szintezés végrehajtása alatt lép fel s főként a levezetett magasságkülönbségekben jut kifejezésre.

VIII. RÉSZ.

A SZINTEZÉS KÖZÉPHIBÁJA.

1. A színtezés középhibájának függvényalakja.

A színtezés középhibájának levezetésével és függvényalakjának meghatározásával Bodola Lajos „A mérési hibák elmélete és a legkisebb négyzetek módszere” című munkájában foglalkozott részletesen. Vizsgálatainak eredményeképen egy képletet állapított meg a színtezés középhibájára.

E képlete szerint a színtezés középhibája függvénye

1. a színtezett magasságkülönbségnek (m),
2. az egyes műszerállásokban szereplő magasságkülönbségek négyzetei középértékének ($\overline{m_i^2}$),
3. a színtezett vonal hosszának (L),
4. az átlagos lécműszer távolságnak (d).

A függvény-alak a következő:

$$\mu_m = \sqrt{a_1^2 m^2 + a_2^2 m \frac{L}{d} + a_3^2 \left(\frac{L}{d}\right)^2 + a_4^2 \frac{L}{d} + a_5^2 \overline{m_i^2} \frac{L}{d}}$$

Az $\frac{L}{d}$ viszonyszám egyúttal a műszerállások számának kétszeresét is jelenti.

E képletben az egyes együtthatók a következők:

$$a_1^2 = \alpha'^2 + \alpha''^2 + \mu'^2$$

$$a_2 = \alpha (\alpha' + \alpha'')$$

$$a_3^2 = \frac{\alpha^2}{4}$$

$$a_4^2 = \mu'^2 + \frac{1}{2} \mu^2$$

$$a_5^2 = \frac{1}{2} \mu''^2$$

és pedig

α' és μ' a komparálási hiba állandó része és középvéletlen hibája,

α'' és μ'' a léchossz mérés alatti szabályos változásának állandó része és középvéletlen hibája,

α és μ a mérés alatt fellépő szabályos hibák állandó része és középvéletlen hibája,

μ_1 pedig a leolvasás középvéletlen hibája (beleértve a buborékbeállítás, vagy leolvasás hibáját is).

Bodola tanár megállapította azt is, hogy a két léccel való színtezésnek, tovább a megismételt színtezésnek függvényalakja is ugyanolyan, mint az egy léccel végzett egyszeri színtezésé.

A színtezés középhibájának fenti függvényalakja szerint

1. a komparálás hibái az m és az $\frac{L}{d}$ mennyiségtől,

2. a mérés alatti szabályos hibák az $\frac{L}{d}$ mennyiségtől,

3. a véletlen hibák az $\frac{L}{d}$ és az $\overline{m_i^2}$ mennyiségektől függenek.

A képlet szerint, ha a mérésben csupán szabályos hibák volnának, akkor

$$\mu_m = \sqrt{\mu_1'^2 m^2 + a_2 m \frac{L}{d} + a_3^2 \left(\frac{L}{d}\right)^2}$$

lenne a középhiba, ami egyáltalán nem felel meg annak a szintezési gyakorlatban sokszor alkalmazásba is kerülő feltevésnek, hogy a középszabályos hiba arányos a szintezett vonal hosszával.

Ez a feltevés csak akkor helyes, ha

$$a_1^2 = a_2 = 0$$

vagyis, ha komparálási hibák nincsenek, hanem csupán a mérés alatt fellépő szabályos hibák szerepelnek.

A képlet szerint, ha a mérésben csupán véletlen hibák volnának, akkor

$$\mu_m = \sqrt{\mu^2 m^2 + a_4^2 \frac{L}{d} + a_5^2 \overline{m_i^2} \frac{L}{d}}$$

lenne a középhiba, ami szerint az a gyakorlatban szokásos és mindig alkalmazott feltevés, hogy a szintezés középvéletlen hibája arányos a szintezett vonal hosszának négyzetgyökével, szigorúan véve szintén nem igaz, mert csupán véletlen hibák esetén is a képletben szerepel az egyes műszerállásokban nyert magasságkülönbségek négyzeteinek középértékebe és a végpontok magasságkülönbsége is.

Az ezzel összefüggő tag csak akkor esik el, ha a mérőléc mérés alatti hosszváltozásából eredő középvéletlen hiba, továbbá a komparálás középvéletlen hibája 0-val egyenlő.

A szintezés középvéletlen hibája a szintezett hossz négyzetgyökével arányosnak voltaképpen csak akkor vehető, ha a szintezésben csupán a leolvasásnak és a mérés alatti szabályos hibáknak véletlen részeiből előálló véletlen hibák lépnek fel.

A szintezési középhiba függvényalakja szerint

1. a komparálás szabályos hibái erősebben érvényesülnek nagyobb magasságkülönbségek esetén,

2. a mérés alatt fellépő szabályos hibák pedig annál erősebb hatásúak, minél hosszabb a szintezés útja (minél több a műszerállások száma).

Az előbbiek tehát hegyes vidéken veszedelmesek, az utóbbiak pedig a hosszú szintezésekben.

Az utóbbi magyarázza azt a tapasztalati tényt, hogy ha egy hosszabb szintezési vonalat részekre osztunk és az oda-vissza mérések eltéréseiből külön-külön számítunk középhibákat a hosszabb és rövidebb távolságú szintezésekre, akkor a rövidebb vonalakról kisebb középhibát kapunk, mint a hosszú vonalakról, azaz alapponttól-alappontig számítva (a távolság 1–2 km) kisebb, csomóponttól-csomópontig számítva (a távolság 20–100 km) nagyobb középhibát kapunk.

A középhibának ilyen módon való növekedése tehát *részben* komparálási, de főleg a mérés alatt fellépő egyéb szabályos hibákra (lécsüllyedésekre, egyoldalú refrakció-hatásokra, egyoldalú megvilágításból és egyéb okból származó leolvasásbeli szabályos hibára stb.) mutat.

2. A szintezés a priori középhibája.

Ha minden műszerállásban *oda-vissza* mérést végzünk, továbbá ha az egész mérést visszafelé megismételjük, akkor a mérés alatti szabályos hibák (lécsüllyedés, műszersüllyedés, egyoldalú refrakció, egyoldalú megvilágítás, az irányvonal és a libellatengely relatív helyzetének megváltozása, leolvasásbeli szabályos hiba stb.) a lehetőségig kiesnek, illetve *véletlen* jellegűvé válnak.

Ez esetben tehát

$$\alpha = 0$$

Ha továbbá a komparálásokat *gondosan és gyakran* végezzük, akkor feltehető, hogy a komparálásból származó hiba elhanyagolhatóan kicsi lesz, a léchossz megváltozásából származó hibák pedig véletlen jellegűekké válnak, azaz indokolt megközelítéssel

$$\alpha' = \alpha'' = 0$$

A modern felsőrendű szintezésekben ez a két előfeltétel mindig megvan s ezért a kiegyenlítésbe bevezetett mérési eredmények középhibája ilyen alakba írható:

$$\mu_m = \sqrt{(\mu_l^2 + \frac{1}{2}\mu^2)} \frac{L}{d}$$

Mivel továbbá — gondos mérést feltételezve — a μ mindig lényegesen kisebb, mint a leolvasás középvéletlen hibája μ_l , azért szintén megengedhető megközelítéssel

$$\mu_m = \mu_l \sqrt{\frac{L}{d}}$$

illetve az $\frac{L}{d}$ helyett a vele azonos $2n$ -et véve,

$$\mu_m = \mu_l \sqrt{2n}$$

ahol n a műszerállások számát jelenti.

A fenti középhibát *a priori középhibának* is szokás nevezni, mert a μ értéke egy bizonyos műszerre, lécre és műszertávolságra *előre* megállapítható és általa, ismert L és d esetén, a magasságkülönbség középhibája is *előre* számítható.

De ezt a középhibát *a szintezés optimális középhibájának* is nevezhetjük, mert ez jelenti a középhibának azt a legkisebb értékét, amelyet egy bizonyos műszerrel, léccel és műszertávolsággal, gondos mérés után el lehet érni.

Az *a priori* (optimális) középhibát célszerűen egy *km*-re szokás megadni, azaz

$$\mu_{km} = \mu_l \sqrt{\frac{1000}{d}}$$

Ez a középhiba tehát feltételezi, hogy a mérésben csupán véletlen jellegű hibák vannak.

A fenti megfontolás tehát világosan mutatja, hogy a színtezéssel elérhető pontosság határértékét voltaképpen a leolvasás pontossága szabja meg.

De természetesen nem szabad figyelmen kívül hagyni azt sem, hogy pontosság-fokozás csupán a komparálási pontosságon belül érhető el.

Az utóbbi szélső értékben $1/100000$ -re tehető, ami

10 m magasságkülönbségnél	$\pm 0,1$ mm-t
100 m magasságkülönbségnél	$\pm 1,0$ mm-t
1000 m magasságkülönbségnél	$\pm 10,0$ mm-t

tesz ki.

E határokon belül a színtezés pontossága gondosan végrehajtott színtezés esetén a leolvasás középvéletlen hibájától függ.

A leolvasás középvéletlen hibáját egy bizonyos műszerre, lécre és műszertávolságra előre meg lehet állapítani s ezt az értéket mint a műszer-felszerelés állandóját lehet tekinteni. Értékében természetesen kifejezésre jut a libella beállításának, illetve a buborékvégek leolvasásának hibája is.

Ha a színtezés pontosságát fokozni akarjuk, akkor ezt a szabályos hibák kiküszöbölésével, de főként a leolvasás pontosságának fokozásával tehet elsősorban elérni.

A leolvasás hibájának egyik legfontosabb összetevője a *becslési hiba*. Amennyiben ezt kiküszöbölni, illetve csökkenteni tudjuk, evvel a pontosságot lényegesen fokozhatjuk.

Ez a megfontolás vezetett

1. a több vízszintes szál (svájci módszer) alkalmazására,
2. a lécleolvasás helyett végzett szálbeállításokra (hollandiai módszer, a Landesaufnahme módszere),
3. az optikai mikrométer (Zeiss- és Wild-féle műszerek) alkalmazására.

Itt nagyon kell hangsúlyoznom, hogy a szálvastagságnak a becslés pontosságára rendkívül nagy befolyása van, s ezért ha nem szálbeállítást végzünk s ha nincs optikai mikrométer, hanem a szál állását a legkisebb beosztás részen belül megbecsüljük, akkor a szálvastagságnak kellő arányban kell lenni a legkisebb lécbelosztás képének magasságával.

Ha ez a szükséges arány megvan, akkor kellő gyakorlatossággal nemcsak a tizedeket, de a *huzadokat* is lehet becsülni, tehát a becslés középhibája, ha *a* jelenti a legkisebb lécbelosztás nagyságát,

$$\pm \frac{a}{20} = \pm 0,05 a$$

A felsőrendű színtezésekre szolgáló léceken

$$a = 5 \text{ mm}$$

tehát ilyeneket alkalmazva a becslés középhibája

$$\pm 0,25 \text{ mm-re}$$

tehető.

Ha most a méréskor minden alkalommal *három* szálon olvasunk le s a mérést minden műszerálláson belül *oda-vissza* végezzük, a végeredményben a becslés középhibája

$$\pm \frac{0,25}{\sqrt{6}} = \pm 0,10 \text{ mm}$$

Mivel továbbá az *egész* mérést is mindig szakaszonként megismételjük, a becslésből eredő középhiba

$$\pm \frac{10}{\sqrt{2}} \pm 0,07 \text{ mm}$$

értékű lesz.

Ezt véve a leolvasás középvetetlen hibájának, akkor 50 m-es léctávolsággal szorozva

$$\mu_{(km)} = \pm 0,07 \sqrt{\frac{1000}{50}} = \pm 0,31 \text{ mm}$$

Ez tekinthető annak a szélső pontosságnak, amely a szintezéssel elérhető, ha a szál állását legalább három szálon *leolvassuk*.

A fenti megállapítás reális voltát igazolja az, hogy a székesfőváros elsőrendű szintezési hálózatában a pestoldali (síkvidéki) részen a *kiegyenlítésből* adódó középhiba $\pm 0,31 \text{ mm}$ volt, ami világosan igazolja, hogy közel sík terepen — ahol a komparálási hibák kevésbé érvényesülnek — a fenti középhiba csakugyan elérhető.

3. A szintezés a posteriori középhibája.

A modern felsőrendű szintezésekben a mérést az alappontok között mindig *oda-vissza* végezzük el. Ez a két, egyazon úton végzett mérés mindig egyenlő súlyú eredményt ad, hiszen ugyanaz az észlelő, ugyanaz a műszer és lécz, továbbá ugyanaz a mérési eljárás szerepel mind a két mérésben.

Ha tehát az i -edik szakaszon az egyik mérési eredmény l'_i , a másik pedig l''_i , akkor a magasságkülönbség legmegbízhatóbb értéke

$$l_i = \frac{l'_i + l''_i}{2}$$

Jelöljük a két mérési eredmény eltérését Δ_i -vel, azaz

$$\Delta_i = l''_i - l'_i$$

akkor a legmegbízhatóbb javítások

$$k'_i = l_i - l'_i = + \frac{\Delta_i}{2}$$

$$k''_i = l_i - l''_i = - \frac{\Delta_i}{2}$$

Ennélfogva a legmegbízhatóbb érték középhibája

$$\mu_{li} = \sqrt{\frac{\frac{\Delta_i^2}{4} + \frac{\Delta_i^2}{4}}{2}} = \pm \frac{\Delta_i}{2}$$

Jelöljük a szintezett vonal hosszúságát L_i -vel. Akkor avval, a véletlen hibák esetén érvényes feltevessel, hogy a szintezési eredmény középhibája arányos az úthosszság négyzetgyökével, számíthatjuk a kilométeres közép-hiba értékét

$$\mu_{(km)} = \frac{1}{4} \frac{\Delta_i^2}{L_i}$$

Ez az érték, mint középhiba nem nagyon megbízható, mert a fölös mérések száma csupán egy.

Azonban a gyakorlatban ilyen érték számítható minden egyes szakaszból s így ezek számtani közepe már sokkal pontosabb lesz.

Vagyis az L_1, L_2, \dots, L_n szakaszon talált $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ eltérések alapján

$$\mu_{(km)} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta_i^2}{L_i} \right]_1^n}$$

Ezt az értéket nevezzük a kilométeres középhiba a posteriori értékének.

A posteriori azért, mert ez érték csak a mérés után állapítható meg.

Ha a mérésben csupán véletlen jellegű hibák szerepeltek, akkor az a posteriori középhibának csupán nagyon kevéssel szabad nagyobbak lenni az a priori középhibánál.

Ez a kis nagyobbodás onnan származik, hogy az a priori középhibánál csupán leolvasási véletlen hibákat tételeztünk fel, a valóságban azonban, még gondos mérések esetén is, mérés közben egyéb véletlen hibák is fel-lephetnek.

Ha azonban azt tapasztaljuk, hogy az a posteriori középhiba jóval nagyobb, mint az a priori középhiba, az arra mutat, hogy a mérésben (az egyes oda és vissza értékekben) szabályos hibák vannak (léc- és műszer-süllyedések, léchosszváltozások, szabályos refrakció-változások stb.).

A két érték eltéréséből tehát következtetni lehet szabályos hibák fel-lépésére, sőt elegendő megközelítéssel azok átlagos nagyságát is meg lehet állapítani.

Ugyanis jelöljük

μ_l -el a leolvasás közép véletlen hibáját és

d -el a lécs és műszer közti távolságok középértékét.

E jelölésekkel a kilométeres középhiba a priori értéke, ha v jelenti a leolvasások ismétlési számát,

$$\mu_{(km)} = \frac{\mu_l}{\sqrt{v}} \sqrt{\frac{L}{d}} = \frac{\mu_l}{\sqrt{v}} \sqrt{\frac{1000}{d}}$$

Ugyanis a μ_l érték a magasságkülönbség egyetlen meghatározására vonatkozik. Ha a mérést megismételjük v -ször, akkor $\frac{\mu_l}{\sqrt{v}}$ érték vezetendő be a képletbe.

Például, ha három szálon olvasunk le, akkor $\nu = 3$, ha a műszerállásban oda-vissza mérést is végzünk, akkor $\nu = 6$ és ha az egész mérést megismételjük, akkor $\nu = 12$.

A kilométeres középhiba *a posteriori* értéke pedig

$$\mu_{(km)} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\mathcal{A}_i^2}{L_i} \right]_1^n}$$

Tehát a középhiba szabályos része

$$\sigma = \sqrt{\left\{ \frac{1}{4n} \left[\frac{\mathcal{A}_i^2}{L_i} \right]_1^n \right\}^2 - \left\{ \frac{\mu_1}{\sqrt{\nu}} \sqrt{\frac{100\nu}{d}} \right\}^2}$$

E szabályos rész főleg a lécsüllyedésekből, léchosszváltozásokból, szabályos jellegű refrakció-változásokból, egyoldalú megvilágítottságból és egyéb a mérésben fellépő szabályos hibákból áll, tehát a fenti számérték ezekre jellemző.

4. A kiegyenlítési, vagy hálózati középhiba.

A szabatos szintezéseket mindig egymáshoz csatlakozó záródó vonalak mentén végezzük, azaz mindig *szintezési hálózatokat* mérünk.

A hálózatok kiegyenlítése után is számíthatunk középhibát s ezt nevezük *kiegyenlítési, vagy hálózati középhibának*.

Ennek értéke

$$\mu_{(km)} = \sqrt{\frac{[p\lambda\lambda]}{m}}$$

ahol m a zárt poligonok számát, λ pedig a csomópontok közt értendő szintezési eredmények *kiegyenlítéséből* adódó ú. n. *legmegbízhatóbb javítást* jelenti.

A kiegyenlítésben a p súlyokat a szintezett hosszúságok reciprok értékeivel arányosaknak szokás venni.

A hálózati középhiba szintén akkora tartozik lenni, mint az a priori, illetve az a posteriori középhiba; ha azoknál nagyobb, az szabályos hibákra mutat.

A nagyobbodás különösen a komparálási hibákra vall, továbbá arra, hogy mérés közben alappontsüllyedések következtek be. Ha tehát a hálózati középhiba nagyobb, mint az a posteriori középhiba, akkor a komparálási hibák érvényesültek jobban (hegyi vidéken), illetve az alappontok megjelölései süllyedtek, vagyis a csatlakozó mérések különböző magasságú pontjelekre vonatkoztak.

Véleményem szerint a leghelyesebb eljárás a felsőrendű szintezési eredmények pontosságának bemutatására az a priori, az a posteriori és a *kiegyenlítési középhiba* megadása. Ezeknek abszolút értékei és azoknak egymástól való eltérései teljes képet adnak a mérés végrehajtásának jóságaról és arról a valóságos és teljes pontosságról, amit a magasságok megállapításában elértek.

IX. RÉSZ.

A NEMZETKÖZI FÖLDMÉRÉSI SZÖVETSÉG ELŐÍRÁSA A MAGAS SZABATOSSÁGÚ SZINTEZÉSEK MEGBÍZHATÓSÁGÁNAK MEGÁLLAPÍTÁSÁRA.

1. A Nemzetközi Földmérési Szövetségnek az országos felsőrendű szintezésekre vonatkozó határozatai.

A Nemzetközi Földmérési Szövetség elődje, a Középeurópai Fokmérés (Mitteleuropäische Gradmessung) első ízben az 1867. évben tartott 2. konferenciáján foglalkozott az országos felsőrendű szintezésekkel és elhatározta, hogy *szabatos szintezésnek* az olyan felsőrendű szintezést nevezi, amelyben a kilométeres *valószínű hiba* általában kisebb ± 3 mm-nél és sehol a ± 5 mm-t nem haladja túl.

Az első érték megfelel $\pm 4,5$ mm, a második $\pm 7,5$ mm középhibának.

A Nemzetközi Földmérési Szövetség ezt a határozatot átvette és egészen 1912-ig ezen az alapon bírálta el az országos felsőrendű szintezéseket. Ámde a *Hamburgban*, 1912-ben tartott 16. konferenciáján — tekintettel a szintezés műszereiben és eljárásaiban bekövetkezett nagy fejlődésre — *Lallemand* javaslatára elhatározta egy *magasabb szintezési kategória* bevezetését.

Ezt a kategóriát *magas szabatoságú szintezésnek* (nivellement de haute précision, nivellement von hoher Präzision, leveling of high precision) nevezte el.

Ebben előírta a szintezés megismétlését ellenkező irányban, továbbá azt, hogy a két szintezést lehetőleg más-más napszakban kell végezni.

Az ilyen módon végzett szintezés a határozat szerint akkor *magas szabatoságú*, ha

1. a *kilométeres véletlen valószínű hiba* nem nagyobb $\pm 1,0$ mm-nél (azaz a *középvéletlen hiba* nem nagyobb $\pm 1,5$ mm-nél),
2. a *kilométeres szabályos valószínű hiba* nem nagyobb $\pm 0,2$ mm-nél (azaz a *középszabályos hiba* nem nagyobb $\pm 0,3$ mm-nél).

Előírása szerint az η_r -el jelölt *véletlen valószínű hiba* az alábbi képletből számítandó:

$$\eta_r = \frac{1}{9} \left\{ \frac{[d^2]}{[L]} - \frac{[r^2]}{[L]^2} \left[\frac{S^2}{L} \right] \right\}$$

A σ -val jelölt *szabályos valószínű hiba* pedig az alábbi két képletből számítandó:

1. ha nincs szintezési hálózat, hanem csak egyes vonalak vannak:

$$\sigma_r^2 = \frac{1}{9[L]} \left[\frac{S^2}{L} \right]$$

2. ha hálózat van és az legalább tíz oldalból áll:

$$\sigma_R^2 = \frac{1}{9[L]} \left[\frac{S^2}{L} \right]$$

A konferencia határozata megemlíti, hogy ha középhibákat akarunk levezetni, akkor a jobboldal mindenütt $\frac{9}{4}$ -el szorzandó.

Amde meg kell említenem, hogy ez a σ_R -nál nem helyes, mert ennek képletében csupán a zárjel első tagja szorzandó $\frac{9}{4}$ -el.

A fenti képletekben szereplő mennyiségek a következő jelentésűek:

- L egy szintezési vonal teljes hossza, hálózat esetében pedig a csomóponttól-csomópontig tartó távolság,
- r két egymásra következő alappont távolsága, amelyek közt *oda-vissza* szintezést végeztek ($[r] = L$),
- \mathcal{A} az egymásra következő, r távolságú alappontra végzett *oda-vissza* szintezés eltérése,
- S az L hosszon végzett két szintezés közti eltérés (egyenlő $[\mathcal{A}]$ -val),
- f az egyes poligonok záróhibája,
- $[f]$ a záróhibák összege, beleértve az egész hálózatot körülvevő (burkoló) poligon záróhibáját is.

A szintezés pontosságának ez a sajátságos, szintén *Lallemand*-tól származó elemzése és számértékének megállapítása sok, legtöbbször egészen *önkéntes* jellegű feltevésen alapszik. Mindenekelőtt az a tény kifogásolható, hogy a pontosság jellemzése a *valószínű* hibával történik és nem a középhibával. Valószínű hibáról csak akkor lehet beszélni, ha a hiba a *Gauss*-féle törvényt követi, ami viszont sohasem állapítható meg. Már *Gauss* írja „*Die sogenannten wahrscheinlichen Fehler wünsche ich eigentlich, als von Hypothese abhängig, ganz proskribiert*“. A valószínű hiba számértékét csak a középhiba számértékén keresztül lehet megállapítani, de ez a számérték csak akkor jelenthet *valószínű* hibát, ha a hiba követi a *Gauss*-törvényt. Az egész eljárásnak különös sajátsága az is, hogy *nem a teljes hibára ad határt*, hanem *külön* a véletlen hibára és *külön* a szabályos hibára.

Érdekes lesz avval foglalkozni, hogy *Lallemand* a fenti értékeket milyen megfontolás alapján vezeti le.

2. A szabályos hiba középértékének megállapítása.

a) A mérést az r távolságú alappontok között *oda-vissza* végezve, minden szakaszon a két mérés között egy-egy \mathcal{A} eltérést kapunk. Az eltéréseket mindig egyformán számítjuk, azaz az *odamérés* eredményéből vonjuk le a *visszamérését*.

Ha a mérési eredményekben csupán *véletlen* hibák volnának, akkor a \mathcal{A} -ák hosszú sorozatában a \mathcal{A} -ák algebrai összege 0 kell, hogy legyen.

Ez azonban nem következik be, ha szabályos hibák is fellépnek, mert ekkor a hibák szabályos része állandóan, vagy legalább túlnyomó részben ugyanolyan előjelű s így középértéke nem lesz zérus.

Vagyis, ha mi az r távolságokat egymást követően egy koordináta-rendszer abszcissa-tengelyére felrakjuk és ordinátaként felvisszük az első távolság (r_1) végpontjára a Δ_1 -et, az $(r_1 + r_2)$ végpontjára a $(\Delta_1 + \Delta_2)$ -öt és így tovább, akkor véletlen hibák esetén az így, kumulálással előállott pontokat összekötő görbe állandóan az abszcissa-tengely közelében marad és azt többször metszeni fogja.

Szabályos hibák esetén azonban a görbe nem marad a tengely közelében, hanem vagy emelkedő, vagy süllyedő tendenciát mutat.

Ha ilyen esetben megrajzoljuk a kiegyenlítő egyenest, akkor az ordináta-tengelyen levő vetület, az S méret kétségtől jellemző lesz a szabályos hibára.

Lallemand itt mindjárt egy közelítést alkalmaz, mert S -nek a Δ eltérések algebrai összegét, $[\Delta]$ -át veszi, ami általában kétségtől közel áll a S -hez.

Ez a S érték nem az $[r] = L$ hosszúságra, hanem oda-vissza szintezésről lévén szó, $2L$ hosszúságra vonatkozik, tehát a szabályos hibából egy km-re

$$\delta = \frac{1}{2} \frac{S}{L} \dots\dots\dots 1$$

érték esik, feltéve, hogy a szabályos hiba a szintezett vonal hosszával arányos.

Ilyen értéket minden L hosszúságú szakaszra lehet számítani.

Lallemand most ezek négyzeteiből számít középértéket a fellelés-sel, hogy az egyes négyzetek súlya azonos a hosszúsággal (az L -ekkel).

Ez a középérték a σ_r^2 , mely tehát az alábbi

$$\sigma_r^2 = \frac{\frac{S_1^2}{L_1^2} L_1 + \frac{S_2^2}{L_2^2} L_2 + \dots + \frac{S_n^2}{L_n^2} L_n}{4 \frac{L_1 + L_2 + \dots + L_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}}$$

azaz

$$\sigma_r^2 = \frac{1}{4} \frac{1}{[L]} \left[\frac{S^2}{L} \right] \dots\dots\dots 2$$

b) A szabályos valószínű hibát ki lehet számítani a hálózat poligonjainak záróhibáiból is.

Ugyanis a záróhiba a véletlen és a szabályos hibákból tevődik össze s így ha a véletlen hibát a távolság négyzetgyökével, a szabályos hibát magával a távolsággal vesszük arányosnak, akkor

$$f^2 = \eta_r^2 [L] + \sigma_R^2 [L^2]$$

Ilyen egyenlet minden egyes poligonra felírható, a hálózatot teljesen tartalmazóra (a burkolóra) is, amelynek záróhibája $[f]$ -el egyenlő.

Ha ezeket az egyenleteket összegezzük és tekintetbe vesszük, hogy a burkoló poligon belevonása miatt minden poligonoldal kétszer szerepel,

akkor

$$[f^2] = 2\eta_r^2 [L] + 2\sigma_R^2 [L^2]$$

ahonnan

$$\sigma_R^2 = \frac{1}{[L^2]} \left\{ \frac{[f^2]}{2} - \eta_r^2 [L] \right\}$$

Vagyis valószínű hibára felírva

$$\sigma_r^2 = \frac{1}{[L^2]} \left\{ \frac{2}{9} [f^2] - \eta_r^2 [L] \right\}$$

ami megfelel a Nemzetközi Földmérési Szövetség által megadott képletnek.

3. A középvéletlen hiba megállapítása.

Az oda- és visszaméréssel kapott eredmény Δ eltérése szabályos (Δ') és véletlen (Δ'') részt tartalmaz, azaz

$$\Delta = \Delta' + \Delta''$$

Amde a Δ -t r hosszúságú úton kaptuk s ezért

$$\Delta'' = 2r\delta$$

Ezt beírva

$$\Delta = \Delta' + 2r\delta$$

Áttérve a négyzetre

$$\Delta^2 = \Delta'^2 + 4r^2\delta^2 + 4r\delta\Delta'$$

Az utolsó tag középértéke 0, ezért e tag elhagyható s így

$$\Delta^2 = \Delta'^2 + 4r^2\delta^2$$

ahonnan

$$\Delta'^2 = \Delta^2 - 4r^2\delta^2$$

A szintezés középvéletlen hibájának négyzetét Lallemand az

$$\frac{1}{4} \frac{[\Delta'^2]}{[L]}$$

képletből számítja.

E képletre meg kell jegyeznem, hogy az *nem helyes*, mert feltételezi, hogy az egyes $\frac{1}{4} \frac{\Delta^2}{L}$ értékek különböző súlyúak, ami a valóságnak nem felel meg.

A Lallemand-féle képletbe belehelyettesítve előbb levezetett értékét

$$\eta_r^2 = \frac{1}{4[L]} \left\{ [\Delta^2] - 4[r^2]\delta^2 \right\}$$

A δ^2 helyébe a σ_r^2 -ot írva

$$\eta_r^2 = \frac{1}{4[L]} \left\{ [\Delta^2] - \frac{[r^2]}{[L]} [S^2] \right\}$$

Ami rendezve így is írható

$$\eta_r^2 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{[A^2]}{[L]} - \frac{[r^2]}{[L]^2} \left[\frac{S^2}{L} \right] \right\}$$

Ezt a képletet — valószínű hibára való áttéréssel — fogadta el a *Nemzetközi Földmérési Szövetség*.

A *Lallemand*-féle levezetés önkényes és nem helytálló feltevéseire először 1918-ban *Baeschlin* mutatott rá, később, 1920-ban a svéd *Rune* foglalkozott részletesen a levezetéssel s igazolta, hogy az így levezetett értékek nem mondhatók kifogástalanoknak és ezért egyes szélsőséges esetekben egészen helytelen eredményeket adnak. *Rune* aztán meg is adta az 1930-ban megjelent értekezésében azokat a képleteket, amelyekkel a számítás már szabatosabban végezhető el. Részletesen foglalkozott a kérdéssel a *Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Szövetség* előadója, a francia *Vignal* is, aki aztán először egyedül 1936-ban *Edinburghban*, később pedig 1939-ben a *Washingtonban* tartott konferencián *Rune*-el együtt javaslatot tett a képletek kiegészítésére, illetve kijavítására. Az erre vonatkozó határozatok, éppen úgy, mint az 1936-ban *Edinburghban* tartott konferencia határozatai még nem ismeretesek, de az egészen határozottan megállapítható, hogy a *Lallemand* előterjesztésére annakidején elfogadott s az előbbieken részletezett határozat a maga teljességében nem tartható fenn.

A pontosság mérlegelésére sokkal helyesebbnek tartjuk azt az eljárást, amelyet az előző (VII.) részben ismertettünk.

X. RÉSZ.

ADATOK A MAGAS SZABATOSSÁGÚ ORSZÁGOS SZINTEZÉSEK MEGBÍZHATÓSÁGÁRA.

Az alább közölt, I. és II. számú táblázatban *Vignal* és *Taton*-nak a *Nemzetközi Földmérési Szövetség* Liissabonban tartott 1933. évi XV. konferenciáján benyújtott jelentése alapján (forrásmunkák: 13. szám) közlöm először az Európában (I. táblázat), azután a többi kontinensen (II. táblázat) végzett magas szabatoságú szintezések fontosabb adatait.

A Németországra vonatkozó adatok a *Reichsamt der Landesaufnahme* 1927. évi jelentéséből valók (forrásmunkák: 15. szám).

A táblázatok a teljesség kedvéért a jelentéstől eltérően a középteljes hibákat is tartalmazzák.

Ezek szerint a kilométeres középteljes hiba átlagos értéke:

az európai kontinensen	$\pm 0,75 \text{ mm},$
a többi kontinensen	$\pm 0,80 \text{ mm}.$

Az I. táblázat adatai szerint *Magyarország* magas szabatoságú szintezése igen kedvező helyezésű, mert pontosság szempontjából csak Németország szintezése előzi meg egészen kis értékkel, $0,02 \text{ mm}$ -rel. Középteljes hibája ($\pm 0,35 \text{ mm}$) az Európában elért átlagos érték felénél is kisebb.

Oltag: A szintezés fejlődése stb.

I. TÁBLÁZAT.

Az Európában végzett magas szabatosságú szintezések fontosabb adatai és kilométeres középvetetlen, középszabályos és középteljes hibái.

Folyószám	Á l l a m	A szintezés ideje	A szintezés hossza km	Az alappontok száma	Az alappontok átlagos távolsága km	Középvetetlen hiba mm	Középszabályos hiba mm	Középteljes hiba mm
1.	Belgium	1889—1892	1.356	2.113	0,6	± 0,82	± 0,07	± 0,82
2.	Dánia	1884—1904	695	2.498	1,1	1,63	0,07	1,63
3.	Spanyolország	1924—1932	2.913	2.427	1,2	0,88	0,09	0,89
4.	Finnország	1892—1932	7.479	3.900	1,9	1,04	0,04	1,04
5.	Franciaország	1884—1932	12.701	18.370	0,7	1,04	0,18	1,06
6.	Anglia	1912—1921	4.843	3.107	1,6	0,67	0,18	0,69
7.	Magyarország	1921—1932	4.371	2.890	1,5	0,34	0,07	0,35
8.	Olaszország	1876—1932	23.364	10.884	2,1	1,16	—	—
9.	Norvégia	1890—1932	6.114	2.299	2,7	0,59	0,15	0,61
10.	Hollandia	1922—1932	3.218	2.617	1,2	0,61	0,13	0,62
11.	Lengyelország	1926—1932	4.492	3.275	1,4	0,77	0,30	0,83
12.	Svájc	1922—1932	3.819	13.406	0,3	0,37	0,19	0,42
13.	Csehország	1920—1932	9.966	19.306	0,4	0,33	0,19	0,38
14.	Jugoszlávia	1919—1932	4.413	3.731	1,2	0,74	0,18	0,76
15.	Németország	1919—1927	4.000	—	—	0,33	0,05	0,33
Egyszerű átlag						± 0,74	± 0,14	± 0,75

II. TÁBLÁZAT.

Az Európán kívül végzett magas szabatosságú szintezések fontosabb adatai és kilométeres középvetetlen, középszabályos és középteljes hibái.

Folyószám	Á l l a m	A szintezés ideje	A szintezés hossza km	Az alappontok száma	Az alappontok átlagos távolsága km.	Középvetetlen hiba mm	Középszabályos hiba mm	Középteljes hiba mm
<i>I. Ázsia.</i>								
1.	Ceylon	1925—1929	3.900	5.489	0,7	± 0,62	± 0,18	± 0,64
2.	India és Burma	1913—1932	14.347	9.446	1,5	0,85	0,13	0,86
3.	Japán	1883—1932	23.148	10.911	2,1	1,04	0,21	1,06
4.	Siam	1910—1932	2.291	1.463	1,6	1,00	0,24	1,04
5.	Syria	1920—1932	2.833	1.686	1,7	0,58	0,04	0,58
6.	Jáva	1925—1932	900	600	1,5	0,64	0,15	0,66
<i>II. Afrika.</i>								
1.	Algeria	1928—1932	2.856	2.277	1,3	0,67	0,18	0,70
2.	Marocco	1922—1925	3.281	2.243	1,5	1,04	0,07	1,04
3.	Angol Dél-Afrika	1925—1932	1.351	—	—	0,53	0,19	0,56
<i>III. Amerika.</i>								
1.	Kanada	1906—1932	39.623	8.632	4,5	1,00	0,18	1,02
2.	Egyesült Államok	1874—1932	115.740	34.788	3,3	—	—	0,89
3.	Argentína	1913—1932	5.952	1.867	3,2	0,60	0,07	0,60
Egyszerű átlag						± 0,78	± 0,15	± 0,80

FELHASZNÁLT IRODALMI MUNKÁK JEGYZÉKE.

1. Hermann Schöne, *Herons von Alexandria Vermessungslehre und Dioptra*. Leipzig, 1903.
2. Marcus Vitruvius Pollio: *De Architectura libri decem*, magyar fordítás Fuchs Bélától, Budapest, 1898, a Magyar Mérnök- és Építész-Egylet kiadása.
3. De La Hire: *Traité du nivellement*. Párizs, 1684.
Ez a munka Picard (1620—1684) francia asztronómus és geodéta hátrahagyott iratait és annak kiegészítéseit tartalmazza. A munkát először 1749-ben Passavant, fordította németre, később 1770-ben pedig J. H. Lambert adta ki az alábbi műben.
4. J. H. Lambert: *Picards Abhandlung vom Wasserwägen mit neuen Beiträgen*. Berlin, 1770, bei Haude u. Spener.
5. Allain Manesson Mallet: *Géométrie Pratique*. Párizs, 1702.
6. S. Stampfer: *Theoretische und praktische Anleitung zum Nivellieren*. Wien, 1845.
7. N. Bion: *Construction et usages des instruments de Mathématique*, 4. édition, 1752 (első kiadás Poggendorff szerint 1713-ból való, az utolsót hasonnevű fia adta ki; az apa 1733-ban halt meg).
8. Thomas Bugge: *Gründliche und vollständige theoretisch-praktische Anleitung zum Feldmessen, oder zur praktischen Geometrie*, übersetzt von L. H. Tobiesen, Altona, 1798.
9. Dr. F. Schmidt. *Geschichte der geodätischen Instrumente und Verfahren im Altertum und Mittelalter*. Neustadt an der Haardt, 1935.
10. C. Müller: *Weiteres zur Geschichte der Röhrenlibelle*. Z. f. V. 1907. (254—259, oldal.)
11. Ch. Lallemant: *Rapport Général sur les Nivellements de Précision*. Comptes rendus des séances de la quatorzième Conférence Générale de l'Association Géodésique Internationale, réunie à Copenhague, 1903.
12. Ch. Lallemant: *Rapport Général sur les Nivellements de Précision*. Comptes rendus des séances de la XVIII-ième Conférence Générale de l'Association Géodésique Internationale, réunie à Hambourg, 1912.
13. Jean Vignal et Robert Taton: *Rapport sur les Nivellements de Précision*. Travaux de l'Association Internationale de Géodésie de l'Union Géodésiques et Géophysique Internationale. Lisbonne, 1933.
14. *Nivellement und Höhebestimmungen der Punkte erster und zweiter Ordnung ausgeführt von der Trigonometrischen Abteilung der Landesaufnahme*. Hofbuchhandlung Mittler et Sohn. Nyolc kötet. 1870, 1873, 1875, 1880, 1883, 1886, 1889 és 1894.
15. *Die Nivellement von hoher Genauigkeit, Höhen über N. N. im neuen System der Trigonometrischen Abteilung des Reichsamts für Landesaufnahme*, Erster Teil. Berlin, Mittler et Sohn. 1923. A második rész 1927-ben jelent meg.
16. Durand—Claye: *Pelletan et Lallemant, Lever des plans et nivellement*. Párizs, 1912.
17. Jean Vignal: *Le Nivellement Générale de la France*. Párizs, 1936.
18. A. Hirsch et E. Plantamour: *Nivellement de précision de la Suisse exécuté par la Commission Géodésique Fédérale*, 1—8 livraison. Genève et Bâle, 1867—1883.
19. *Précise Leveling in the United States*. Department of Commerce and Labor, Coast and Geodetic Survey, Report for 1903 Appendix Nr. 3.
20. F. Bieschlin: *Die Nivellement hoher Präcision und die internationalen Vorschriften ihrer Fehler-Berechnung*. Schweiz, Bauzeitung, Band LXXI, 1918, Zürich.
21. J. Vignal: *Évolution de la précision d'une méthode de nivellement*. Bulletin Géodésique Nr. 49, 1936.

22. Dr. G. A. Rune: *Die Definition nebst Formeln der internationalen Erdmessungskonferenz 1912 betreffend „Nivellements von hoher Präzision“*. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1930 (633—642. oldal).
23. Dr. Zágoni Bodola Lajos: *A mérési hibák elmélete és a legkisebb négyzetek módszere*. Budapest, 1905.
24. Helmer Bäckström: *Über die Dezimalgleichung beim Ablesen von Skalen*. Zeitschrift für Instrumentenkunde 50. és 52. évfolyam (1930 és 1932).
25. T. I. Kukkamäki: *Über die nivellitische Refraktion*. Veröffentlichungen des Finnischen Geodetischen Institutes. No. 5. 1938.
26. T. I. Kukkamäki: *Formeln und Tabellen zur Berechnung der nivellitischen Refraktion*. Veröffentlichungen des Finnischen Geodätischen Institutes. No. 27. 1939.
27. F. Baeschlin: *Untersuchungen über die Reduktion der Präzisionsnivellement*. Bern, 1925.
28. Th. Niethammer: *Beziehungen zwischen Meereshöhen, Nivellementhöhen und Schwerewerten*. Basel, 1927.
29. W. Jordan—C. Reinhardt—O. Eggert: *Handbuch der Vermessungskunde*, 2. kötet, 2. rész, 9. kiadás. Stuttgart, 1933.

TARTALOMJEGYZÉK.

I. RÉSZ.

A szintezés története a legrégibb időktől a múlt század elejéig.

II. RÉSZ.

Külföldi államok országos felsőrendű szintezésének műszerei és módszerei.

	Oldal
1. Hollandia országos felsőrendű szintezése	12
2. Svájc országos felsőrendű szintezése	15
3. Németbirodalmi országos felsőrendű szintezések	19
a) A Reichsamt für Landesaufnahme országos szintezése	19
b) A porosz közmunkaügyi minisztérium országos szintezése	23
c) A Vogler-féle szintező műszer és felszerelése	25
d) A Zeiss-féle szintező műszerek és felszerelésük	28
4. A francia országos felsőrendű szintezés	37
5. Anglia országos felsőrendű szintezése	42
6. Az Északamerikai Egyesült Államok országos felsőrendű szintezése	47

III. RÉSZ.

Az osztrák-magyar monarchia országos felsőrendű szintezése.

1. Általános megjegyzések. Alapfelület	56
2. Pontjelölések	57
3. Szintező műszer	60
4. Szintező lécz. Léckomparálás	60
5. A mérés módszere	61
6. A szintezési hálózat fontosabb adatai	63
7. Az eredmények megbízhatósága	64

IV. RÉSZ.

A magyar országos felsőrendű szintezés.

1. A szabatos szintező műszer szerkesztésének alapelvei	65
2. A szintező műszer leírása	67
a) A távcső	68
b) A szintező libella	71
c) A szintező csavar	73
d) Egyéb szerkezeti részek	73
3. A szintező lécz.	73
4. A mérés módszere	75

V. RÉSZ.

A refrakció hatása a szintezés eredményére.

	Oldal
1. Refrakció a talajközeli légrétegben	76
2. A refrakció szabályos változásainak tekintetbe vétele és kiküszöbölésének szabályai	79

VI. RÉSZ.

Az ortométeres és a dinamikai javítás.

1. A niveaufelületek nem párhuzamos voltának hatása	82
2. Az ortométeres javítás megállapítása	84
3. Az ortométeres javítás ú. n. normális értékének megállapítása	87
4. A dinamikai magasság és a dinamikai javítás	89
a) A dinamikai-, vagy munkamagasság	89
b) A dinamikai javítás	91
c) A dinamikai javítás normális értéke	91

VII. RÉSZ.

A szintezés szabályos és véletlen hibái.

1. A szintezés szabályos hibái	92
a) A komparálási hiba	93
b) A lécegyység mérés alatti szabályos változása	93
c) A szintező libella nem igazított voltának hatása	93
d) Műszer-süllyedés	94
e) Lécsüllyedés	94
f) Léceferdeség	95
g) A refrakció szabályos változása	95
h) A léceolvasás szabályos személyi hibája	95
i) A libella leolvasás, illetve buborék középre állítás szabályos hibája	97
j) A lécebeosztás indexhibája	98
k) Állandó jellegű egyoldalú (kedvezőtlen) lécmegvilágítás hatása	99
l) Talajmozgások (különösen átnedvesedés, illetve kiszáradás következtében). Építmény-süllyedések	99
m) Csatlakozási hiba átvetések miatt	100
2. A szintezés véletlen hibái	101

VIII. RÉSZ.

A szintezés középhibája.

1. A szintezés középhibájának függvényalakja	102
2. A szintezés a priori középhibája	104
3. A szintezés a posteriori középhibája	106
4. A kiegyenlítési, vagy hálózati középhiba	108

IX. RÉSZ.

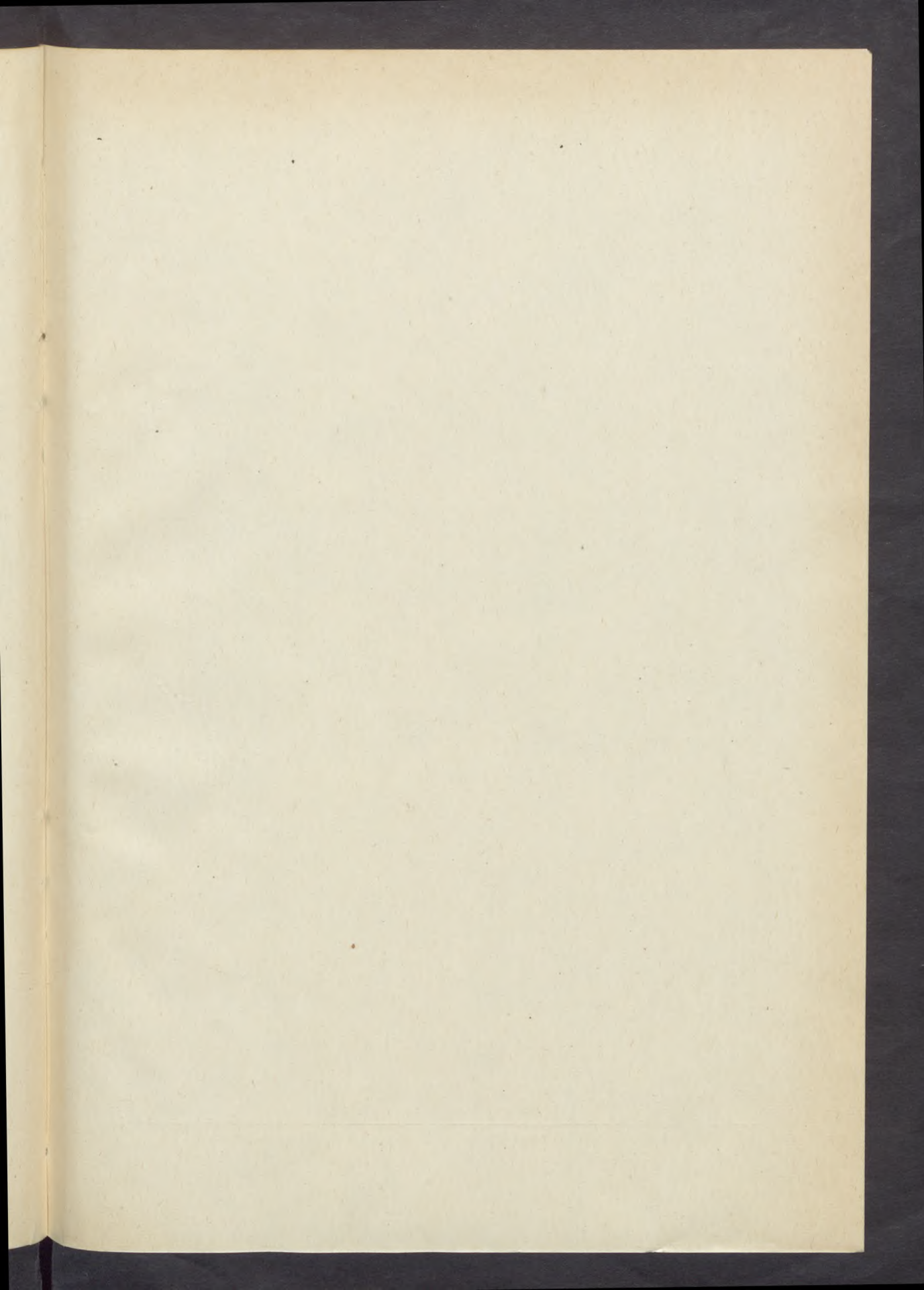
A Nemzetközi Földmérési Szövetség előírása a magas szabatosságú szintezések megbízhatóságának megállapítására.

1. A Nemzetközi Földmérési Szövetség határozata	109
2. A szabályos hiba középértékének megállapítása	110
3. A középvéletlen hiba megállapítása	112

X. RÉSZ.

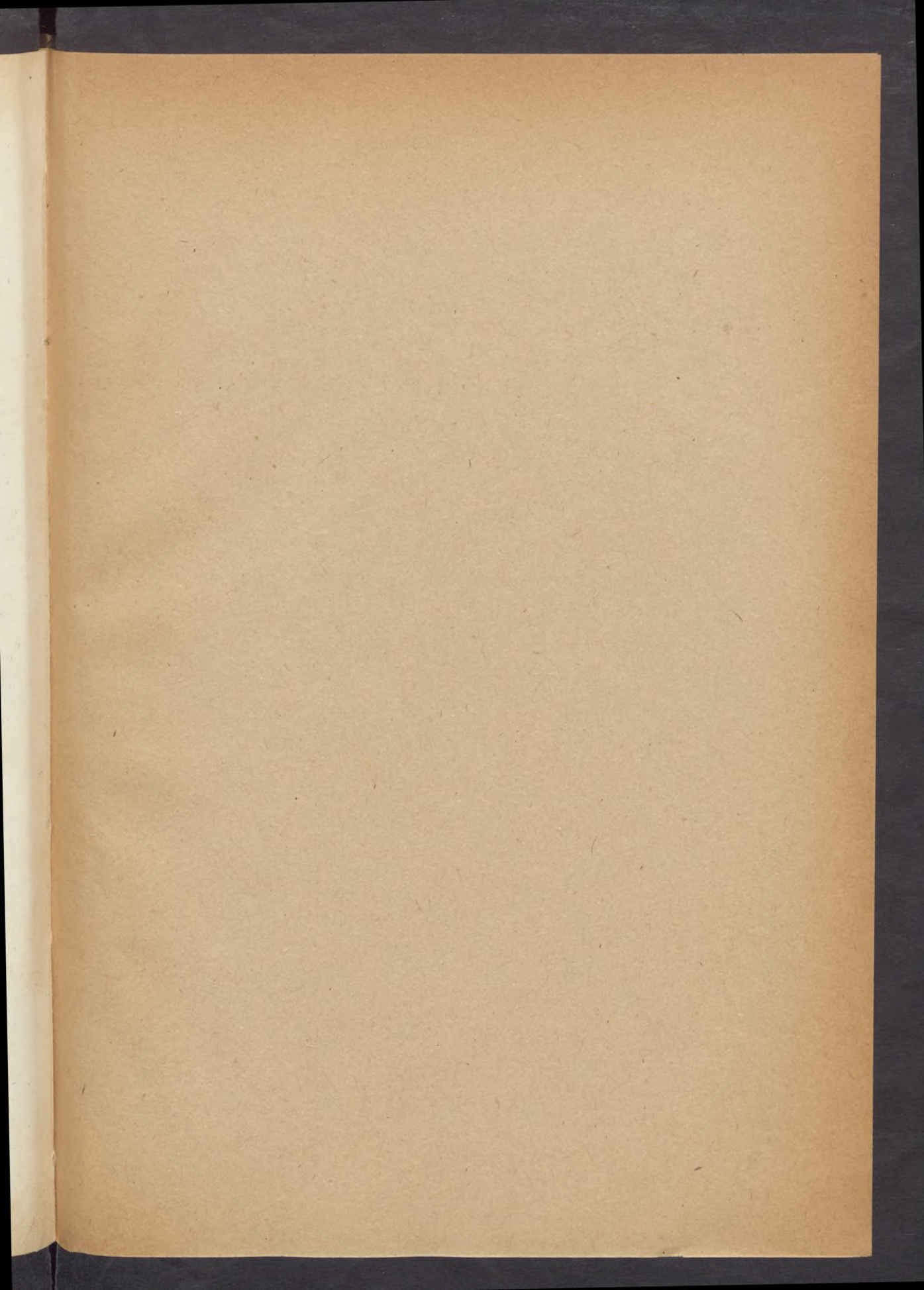
Adatok a magas szabatosságú országos szintezésekben elért megbízhatóságra	113
Felhasznált irodalmi művek jegyzéke	115

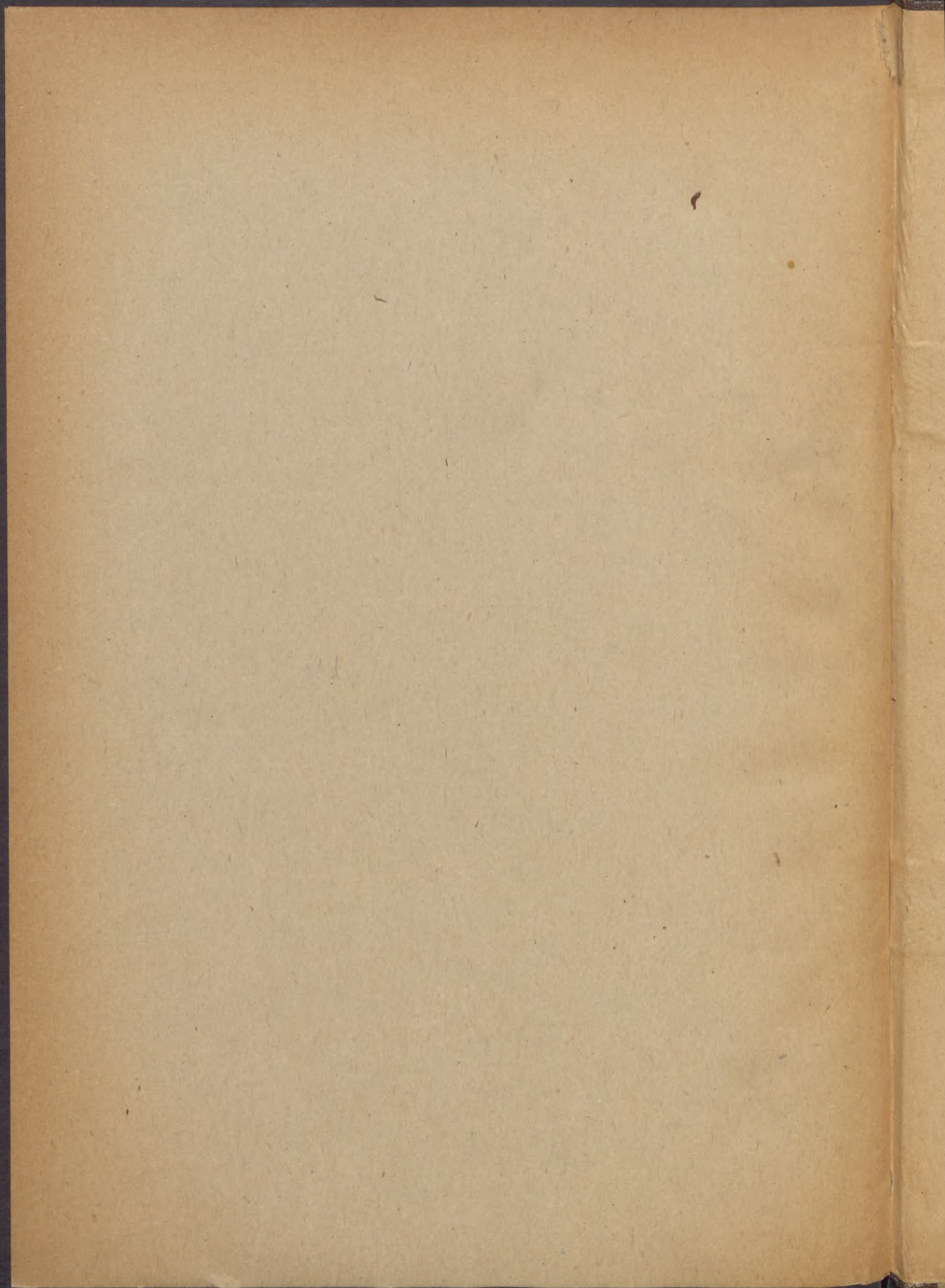


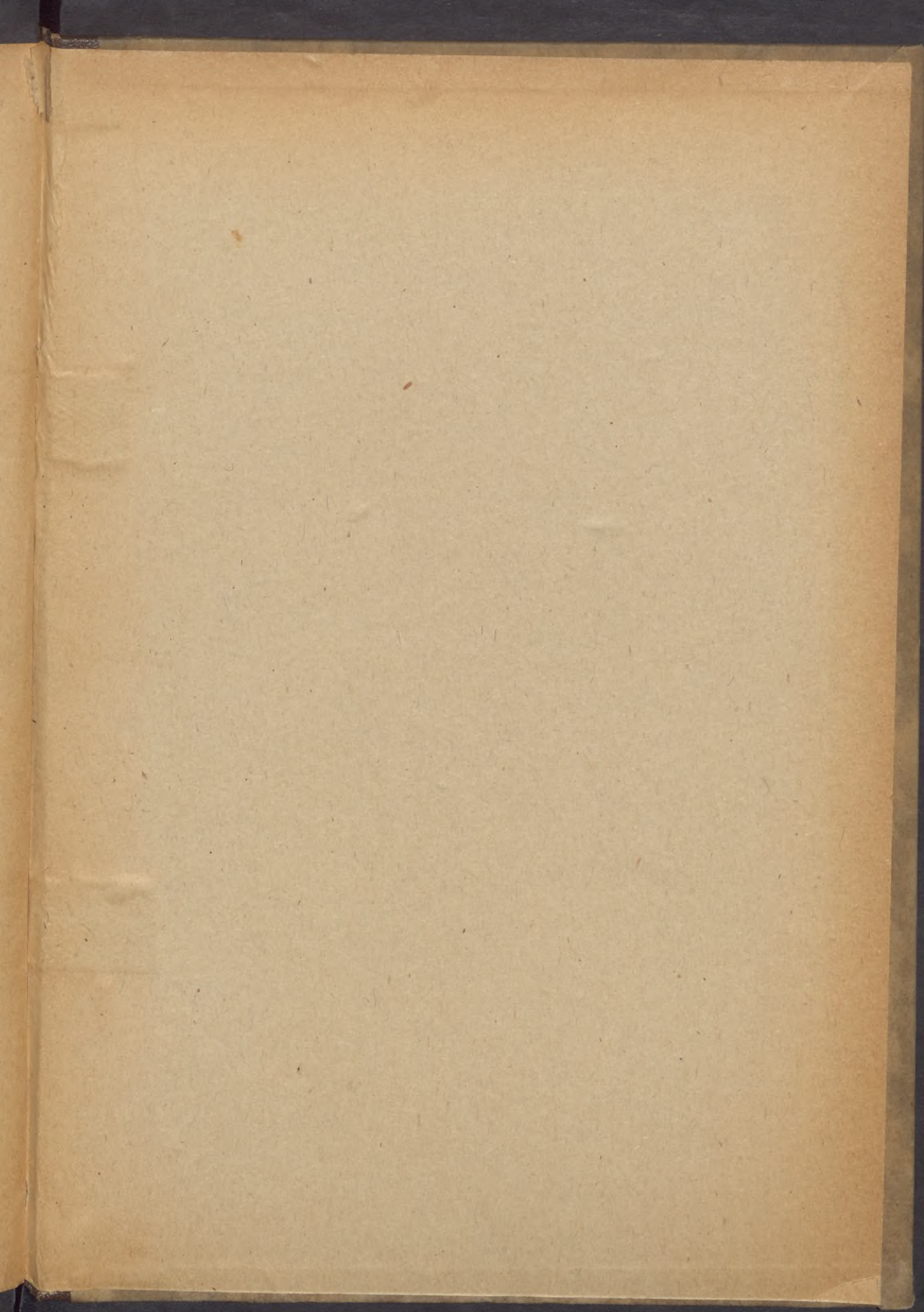


Kiadásért felelős: Oltay Károly.

45.759. - Egyetemi Nyomda, Budapest. (F.: Tirai Richárd.)







A Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványai:

- 45. sz. **Tamás**: Síkvidéki utak nyomjelzése.
- 47. sz. **Palotás**: Keretszerkezetek. I. rész.
- 48. sz. **Menyhárd**: Héjszerkezetek elmélete. II. rész.
- 49. sz. **Kazinczy G.**: Az anyagok képlékenysége jelentősége a tartószerkezetek teherbírása szempontjából. II. rész.
- 50. sz. **Oltay**: Relatív gravitáció-mérés invariábilis ingákkal.
- 51. sz. **Futaky**: Az új birtoktagok elhelyezése tagosításkor.
- 52. sz. **Széchy**: Közúti vashidak újszerű könnyű pályaszerkezetei.
- 53. sz. **Tárczy-Hornoch**: A kényszerközpontosítások geodéziai jelentősége és szerkezeti megoldásai.
- 54. sz. **Szilágyi**: Régi térképek és telekkönyvek stb.
- 55. sz. **Regőczy**: Alapvonalmérések.
- 56. sz. **Hankó**: Fényképtérképek készítése képátalakító készülékkel.
- 57. sz. **Taries**: Geodéziai számítások kettős számológéppel.
- 58. sz. **Hofhauser**: Felmérés és térképezés.
- 59. sz. **Karafiáth**: Talajszilárdítás.
- 60. sz. **Palotás**: Keretszerkezetek. II. rész.
- 61. sz. **Széchy**: Fabetétes vasbetonszerkezetek alkalmazása a mélyépítésben.
- 62. sz. **Koren**: Tervszerű vasúti pályafenntartási munkáltatási rendszer.
- 63. sz. **Oltay**: A szintezés műszereinek és módszereinek fejlődése és mai állása.

Beszerezhetők, illetve megrendelhetők:

vagy az Intézet 5670. számú postatakarékpénztári
csekk számlájára való befizetéssel.