

# GEODÉZIA I.

Dr. Aradi László

Pécsi Tudományegyetem, Pollack Mihály Műszaki Kar,  
Közmű Geodézia és Környezetvédelem Tanszék  
<aradi@witch.pmmf.hu>

2007

Részletes tantárgyprogram:		
Hét	Ea/Gyak./Lab.	Témakör
1.	2 óra előadás	A föld alakja. A földi helymeghatározás elve. Vetületi rendszerek.
	2 óra labor	Egyenes kitűzése. Kitűzőrudakkal végezhető műveletek
2.	2 óra előadás	Műszerelemek. Vetítők, libella geodéziai távcső.
	2 óra labor	Hosszmérés vízszintes és ferde terepen. <b>(Nem pótolható!)</b>
3.	2 óra előadás	Magasság meghatározás. A magasságmeghatározás eszközei.
	2 óra labor	Szintező műszer használata és igazítása. <b>(Nem pótolható!)</b>
4.	2 óra előadás	Vonalszintezés, hossz-szelvény, kereszt-szelvény felvétele. Területszintezés
	2 óra labor	Vonalszintezés.
5.	2 óra előadás	Vízszintes és magassági szögmérés. A teodolit.
	2 óra labor	Osztályozott gyakorlat (vonalszintezés)
6.	2 óra előadás	Magyarországi vízszintes alapponthálózat. Háromszögelés.
	2 óra labor	Hossz-szelvények felvétele (rajzfeladattal) <b>(Nem pótolható!)</b>
7.	2 óra előadás	Sokszögelés.
	2 óra gyakorlat	Kereszt-szelvény felvétele (rajzfeladattal) <b>(Nem pótolható!)</b>
8.	2 óra előadás	Részletmérési eljárások (ort.pol.)
	2 óra labor	Leolvasó berendezések (Pótolható!)
9.	2 óra előadás	Tachimetria
	2 óra labor	Állótengely függőlegessé tétele <b>(Pótolható!)</b>
10.		Teodolit vizsgálata és igazítás Létesítmények geodéziai alapponthálózata
11.	2 óra előadás	Vízszintes alappont meghatározási módszerek
	2 óra labor	Vízszintes szögmérés
12.	2 óra előadás	Földmunkák kitűzése
	2 óra labor	Osztályozott gyakorlat (vízszintes szögmérés)
13.	2 óra előadás	Korszerű kitűzési és felmérési eljárások
	2 óra labor	Szögprizma használata
14.	2 óra előadás	Műholdas helymeghatározó műszerek
	2 óra labor	Osztályozott gyakorlat (talppont keresés)
15.		

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. A FÖLD ALAKJA. A FÖLDI HELYMEGHATÁROZÁS ELVE. VETÜLETI RENDSZEREK. ....</b>	<b>6</b>
1.1. A földi helymeghatározás .....	6
1.2. Az alapfelület megválasztása.....	6
1.3. A Föld felszínének vetítése síkra .....	8
<b>2. EGYENES KITŰZÉSE. KITŰZŐRUDAKKAL VÉGEZHETŐ MŰVELETEK. ....</b>	<b>14</b>
2.1. Egyenes vonalak kitűzése.....	14
2.2. Egyenes vonalak kitűzése beintéssel.....	14
2.2.1. Egyenes vonal kitűzése beintéssel két segédrúd alkalmazásával .....	16
2.2.2. Egyenes vonal kitűzése beintéssel három segédrúd alkalmazásával .....	17
2.3. Egyenes vonalak kitűzése beállással .....	17
2.4. Példák az egyenes kitűzési módok alkalmazására .....	18
<b>3. MŰSZERELEMEK. VETÍTŐK, LIBELLA GEODÉZIAI TÁVCSŐ. ....</b>	<b>20</b>
3.1. Vetítők .....	20
3.1.1. Zsinóros vetítő.....	20
3.1.2. Merev vetítő .....	20
3.1.3. Optikai vetítő .....	21
3.2. Szögmérő műszerek .....	21
3.2.1. A síktükör.....	22
3.2.2. A Gömbtükör .....	23
3.2.3. Az üvegprizma .....	23
3.2.4. Plánparalel üveglemez.....	24
3.2.5. Lencsék.....	25
3.2.6. A nagyítóüveg.....	25
3.2.7. A mikroszkóp.....	26
3.2.8. Geodéziai távcső .....	26
<b>4. HOSSZMÉRÉS VÍZSZINTES ÉS FERDE TEREPEEN .....</b>	<b>28</b>
4.1. Hosszmérés.....	28
4.1.1. Hosszmérés keretes (végvonásos) mérőszalaggal .....	28
<b>5. MAGASSÁG MEGHATÁROZÁS. A MAGASSÁGMEGHATÁROZÁS ESZKÖZE. ....</b>	<b>31</b>
5.1. A magasság fogalma .....	31
5.2. Magassági (szintezési) alappontok .....	32

<b>6. SZINTEZŐ MŰSZER HASZNÁLATA ÉS IGAZÍTÁSA .....</b>	<b>35</b>
6.1. Szintezőműszer vizsgálata és igazítása .....	35
<b>7. VONALSZINTEZÉS, HOSSZ-SZELVÉNY, KERESZTSZELVÉNY FELVÉTELE. TERÜLETSZINTEZÉS .....</b>	<b>37</b>
7.1. A vonalszintezés végrehajtása .....	37
7.2. Magasságl részletpont-mérési eljárások.....	39
7.2.1. Keresztszelvény szintezés .....	39
7.2.2. Hossz–szelvény felvétel .....	40
7.2.3. A területszintezés.....	42
<b>8. VONALSZINTEZÉS .....</b>	<b>45</b>
<b>9. VÍZSZINTES ÉS MAGASSÁGI SZÖGMÉRÉS. A TEODOLIT .....</b>	<b>48</b>
9.1. A teodolit .....	48
<b>10. MAGYARORSZÁGI VÍZSZINTES GEODÉZIAI ALAPONTHÁLÓZAT. HÁROMSZÖGELÉS. ....</b>	<b>53</b>
10.1. A vízszintes mérés módszerei .....	53
10.2. Vízszintes felmérés .....	53
10.3. A háromszögelés.....	53
<b>11. HOSSZ-SZELVÉNYEK FELVÉTELE .....</b>	<b>57</b>
11.1 Hossz-szelvény felvétel.....	57
<b>12. SOKSZÖGELÉS .....</b>	<b>60</b>
12.1. A sokszögelés .....	60
12.2. A sokszögvonalak vezetése és kialakítása.....	61
<b>13. KERESZTSZELVÉNY FELVÉTELE .....</b>	<b>63</b>
<b>14. RÉSZLETMÉRÉSI ELJÁRÁSOK .....</b>	<b>64</b>
14.1. Derékszögű koordinátamérés.....	64
<b>15. LEOLVASÓ BERENDEZÉSEK .....</b>	<b>69</b>
15.1. Becslőmikroszkóp.....	69
15.2. Beosztásos mikroszkóp .....	70
15.3. Koincenciás leolvasó berendezés .....	71

<b>16. TACHIMETRIA</b> .....	<b>73</b>
16.1. Felmérés diagram tachiméterrel.....	73
<b>17. TEODOLIT VIZSGÁLATA ÉS IGAZÍTÁSA</b> .....	<b>77</b>
17.1. Libellák vizsgálata .....	77
17.2. Távcső vizsgálata és igazítása.....	78
17.2.1. Az állószál vizsgálata.....	78
17.2.2. Az irányvonal vizsgálata (kollimáció hiba meghatározása).....	78
17.3. A fekvőtengely vizsgálata .....	79
<b>18. ALAPPONT MEGHATÁROZÁSI MÓDSZEREK</b> .....	<b>80</b>
18.1. Vízzintes szögmérés .....	80
18.1.1. Az iránymérés .....	80
18.1.2. Tulajdonképpen szögmérés.....	81
18.2. Az előmetszés.....	81
<b>19. VÍZZINTES SZÖGMÉRÉS</b> .....	<b>86</b>
19.1. Teodolit felállítása .....	86
19.2. Pontra állás .....	86
19.2.1. Pontra állás függővel .....	86
19.2.2. Pontra állás optikai vetítővel .....	87
19.3. Állótengely függőlegessé tétele .....	88
<b>20. KORSZERŰ KITŰZÉSI ÉS FELMÉRÉSI ELJÁRÁSOK</b> .....	<b>90</b>
20.1. Különleges teodolitok .....	90
20.1.1. Kódteodolit.....	90
20.1.2. Lézerteodolit .....	91
20.1.3. Giroteodolit .....	93
<b>21. SZÖGPRIZMA HASZNÁLATA</b> .....	<b>94</b>
21.1. Szögprizmával végezhető műveletek.....	94
21.2. Derékszög kitűzése .....	95
21.3. Egyenesbe állás.....	95
21.4. Talppont keresés.....	95
<b>22. IRODALOMJEGYZÉK</b> .....	<b>96</b>

# 1. A FÖLD ALAKJA. A FÖLDI HELYMEGHATÁROZÁS ELVE. VETÜLETI RENDSZEREK.

## 1.1. A FÖLDI HELYMEGHATÁROZÁS

A földi helymeghatározás feladata, hogy a terep ábrázolásához szükséges adatokat meghatározza. Az alsógeodéziában és a mérnökgeodéziában méréseinket legtöbbször a már korábban - felsőgeodéziái módszerekkel meghatározott alappontok felhasználásával végezzük, azaz mindig relatív helymeghatározást végzünk. Vízszintes mérésnek nevezzük az alapsíkon való ábrázolást szolgáló, magasságmérésnek a harmadik koordináta meghatározásához szükséges méréseket (E két méréstípus általában műszer- és mérés technikai szempontból elkülönül egymástól és más-más alappontrendszert használ.)

## 1.2. AZ ALAPFELÜLET MEGVÁLASZTÁSA

A térképezéshez megfelelő alapfelület megválasztása gondos megfontolást igényel. Nyilvánvaló, hogy maga a fizikai földfelszín (= terep) nem alkalmas e célra rendkívüli tagoltsága miatt. Az alapfelülettel szembe fontos követelmény, hogy az matematikailag egyértelműen leírható, kezelhető legyen, méréseink alapján rajta az egyes pontos koordinátái könnyen kiszámíthatók legyenek. Ezért a Föld tényleges formája helyett helyettesítő felületeket kell definiálnunk. Az eredeti földalakat legjobban megközelítő felületet fizikai fogalmak segítségével nyerhetjük: képzeljünk el egy olyan zárt felületet, mely minden pontjában merőleges és nehézségi erő irányára, a nehézségi erő a felületen mindenütt azonos nagyságú, és a felület a Föld tömegét vagy annak döntő részét magába foglalja. Amennyiben a Föld egy szabályos tömegelrendezésű test lenne, a felület egy gömb. A Föld kérgében azonban különböző sűrűségű tömegek rendszertelenül helyezkednek el, a nehézségi erőn kívül centrifugális erő is hat, emiatt a nehézségi erő hatásvonala nem sugárirányú egyenes, hanem térgörbe, s így a fenti módon leírt felület sem gömb, hanem ahhoz képest bemélyedéseket és kidudorodásokat tartalmazó szabálytalan felület, melyet a nehézségi erő potenciálfelületének, vagy egyszerűen szintfelületnek nevezünk. Ha más és más  $g$  értéket feszünk fel, más és más magasságban elhelyezkedő szintfelületet kapunk, amik mint héjak helyezkednek el egymás fölött. A szintfelület matematikailag nem definiálható bonyolultsága és a Föld tömegelrendeződésének ma még nem kellő pontosságú ismerete miatt. Egy kiválasztott szintfelület mégis fontos, mégpedig az, amely a nyugvónak tekintett világtengerek felületének felel meg, s ezt a szintfelületet Listing (1878) Geoidnak nevezte el. A Geoidot tekintjük az egész Földön egységesen a magasságmérések alapfelületének.

A matematikai nehézségek miatt a földalakat megközelítő helyettesítő felületek területén további engedményeket kell tennünk. Jelenleg optimumnak egy forgási ellipszoidot tartunk (kistengelye körül megforgatott ellipszis), melynek forgástengelye egybeesik a Föld tömegközéppontjában van. Az ellipszoid méreteit csillagászati és geometriai mérések, műholdak pályamódosulásai alapján több tudós is meghatározta. Ezek alapján a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió (IUGG) 1976 évi ülésén egységes méretek alkalmazását határozták el.

Ezek:

a fél nagytengely (egyenlítői sugár) hossza

$$a = 6\,378\,160 \text{ m}$$

a fél kistengely (a forgástengely hossza

$$b = 6\,356\,774,516 \text{ m}$$

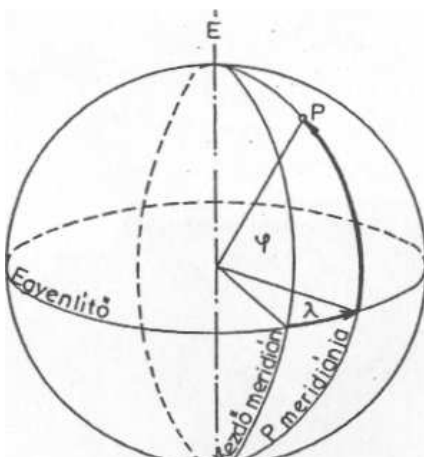
a lapultság

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298}$$

Az így definiált forgástestet földi ellipszoidnak nevezzük.

Ez a felület szolgál Magyarországon is a vízszintes mérések alapfelületéül, ezen határozták meg azokat a vízszintes alappontokat, amelyeket méréseinkhez felhasználunk, de amelyek egyben rögzítik országunk helyét a földfelület egészén.

A földi ellipszoidon a földrajzi fogalmak a gömbhöz hasonlóan értelmezhetők. A kistengely dőléspontjai a felületen a pólusok. A nagytengely végpontjait által leírt kör az egyenlítő. Az egyenlítő síkjával párhuzamos síkok metszésvonalai a paralel vagy más néven szélességi körök. Az egyenlítőre merőleges és a forgástengelyt magába foglaló sík a meridiánokat metszi ki a felületből, ezek a gömb esetében a legnagyobb gömbi körök (hosszúsági körök), itt azonban ellipszisek.



1. ábra

A helymeghatározás a földi ellipszoidon két szög megadásával történik.

A hosszúság az egyenlítő síkjában értelmezett szög, amelyet a P ponton átmenő meridián síkja egy kezdő meridián síkjával bezár (λ). (Kezdő meridián nemzetközi megegyezés alapján a London melletti Greendwichben lévő csillagvizsgáló műszerpilléren átmenő meridián). A szélesség (φ) a P pont ellipszoidi normálisának az egyenlítő síkjával bezárt szöge a pont meridián síkjában. Egy λ pont és φ értéke csillagászati mérésekkel határozható meg (1. ábra).

Kisebb lokális felmérési munkáknál, ha a munkaterület nem nagyobb egy 25 km sugarú körnél ( $\approx 500 \text{ km}^2$ ), a földi ellipszoid helyett az egyszerűbben kezelhető ( $R = 6370 \text{ km}$  sugarú) gömböt vehetjük alapfelületként.

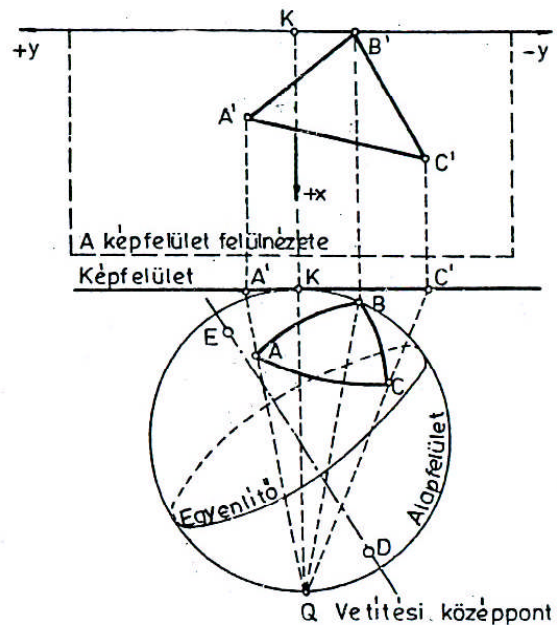
Ha munkaterületünk egy 4 km sugarú körön belül van ( $\approx 50 \text{ km}^2$ ) nem kell a földfelület görbületével foglalkoznunk, az alapterületet síknak tekinthetjük. Fontos azonban, hogy ezek az egyszerűsítések csak a pontok vízszintes helyzetének meghatározására érvényesek. A magasságmérés alapfelülete mindig a Geoid!

### 1.3. A FÖLD FELSZÍNÉNEK VETÍTÉSE SÍKRA

Az előző fejezetben láttuk, hogy a vízszintes mérés alapjául szolgáló pontok helyzetét a földi ellipszoidon határozták meg. A földfelszín egy darabja részletes térképének megrajzolására azonban ez a felület alkalmatlan, mert nem téríthető síkba. Szerkeszteni, rajzolni csak az asztal lapjára kiterített sík papíron tudunk. Ezért az ellipszoidon meghatározott pontokat olyan módon kell a síkra vagy síkba fejthető felületre átvinnünk, hogy egymáshoz viszonyított helyzetük minimális torzulást szenvedjen. Ezt a pontátvitelt a geodéziában vetítésnek nevezzük.

A pontátvitel történhet geometriai vetítéssel, amikor egy valós középpontból induló vetítősugarakkal visszük át a pont helyét az alapfelületről a képfelületre. A vetítés tehát megszerkeszthető, de természetesen matematikailag is előállítható. Szemléletes példa erre a hazánkban az Osztrák-Magyar Monarchia idején alkalmazott sztereografikus vetület, ahol a gömbről egy érintősíkra történt a vetítés. Az érintési pont (K) a budai Gellért hegyen egykor állt csillagvizsgáló főműszerének tengelyén volt (e pont emlékét ma geodéziai pontjel őrzi a Citadella falán a „Szabadság szobor” mögött). A vetítési középpont (Q) az érintési ponthoz tartozó gömbi átmérő másik végpontja (2. ábra).

Mai térképeink bonyolultabb összefüggések szerint, ún. matematikai vetítéssel készülnek. Ez esetben a vetítés geometriailag nem szerkeszthető meg, csak számítástechnikailag állítható elő. Két felület között matematikai vetítés végtelen sokféle módon képzelhető el. Ezek közül csak olyanok jöhetnek szóba, amelyek az alábbi feltételeket kielégítik:



2. ábra

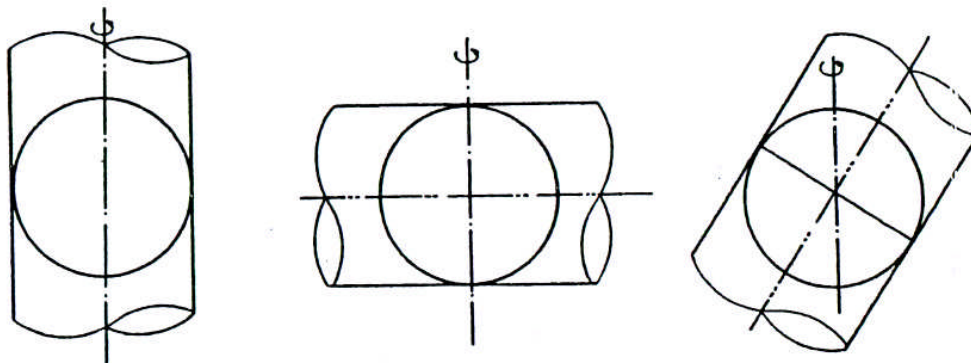


1. Az alapfelület minden egyes pontjának a képfelületen is csak egy pont felelhet meg, és ez visszafelé is igaz kell legyen.
2. A vetítés matematikai függvényeinek folytonosnak és differenciálhatónak kell lenniük. A differenciálhányadosok is folytonos függvények legyenek.
3. A vetítés közben előálló elkerülhetetlen torzulások megadott határértéket nem lépjenek túl.

A vetületi torzulások a vetítéssel átvitt pontok által meghatározott geometriai elemek változását jelentik. Így beszélhetünk szögtorzulásról, hossztorzulásról és területtorzulásról. Olyan vetítés nem létezik, mely mindhárom torzulást a felület egészén kiküszöbölné. A geodéziában általában ún. szögtartó (konform) vetítést alkalmaznak, amelynél tehát a szögek nem torzulnak, a hossztorzulásra pedig előírják, hogy nem lehet nagyobb a vizsgált hossz 1/10000-nél, azaz km-ként 10 cm-nél. Elképzelhető területtartó vetítés is.

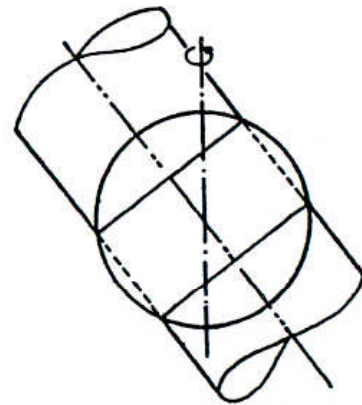
A vetítés nem mindig történik közvetlenül síkra, hanem valamilyen síkba fejthető felületre, pl. kúp vagy hengerpalástra. Ennek előnye, hogy míg a sztereografikus vetületnél egyetlen torzulásmentes pont van (az érintési pont), attól bármilyen irányban távolodva a hossz- és területtorzulás növekszik, addig a henger- (és kúp) vetületeknél az alap- és képfelületnek egy közös, tehát torzulásmentes vonala van: az érinti kör.

Hengervetület legegyszerűbben úgy állítható elő, ha egy egyenes körhengert úgy helyezünk a gömbhöz, hogy az a legnagyobb gömbi kör mentén érintse. A pontokat átvetítjük a gömbről a hengerre, majd a hengert egy alkotója mentén felvágva síkba terítjük.



3. ábra

Ha a henger tengelye egybeesik a földgömb forgástengelyével (érintési kör az egyenlítő), normális elhelyezési hengervetületről beszélünk. Ilyenek voltak a Mercator-féle hajózási navigációs térképek. Fekhet a henger tengelye az egyenlő síkjában (érintési kör egy meridiánkör), ez a transzverzális hengervetület, amit a Gauss-Krüger térképrendszernél alkalmaznak. Lehet a henger általános helyzetű a földgömbhöz képest, ezt ferde tengelyű hengervetületnek nevezzük (3. ábra)

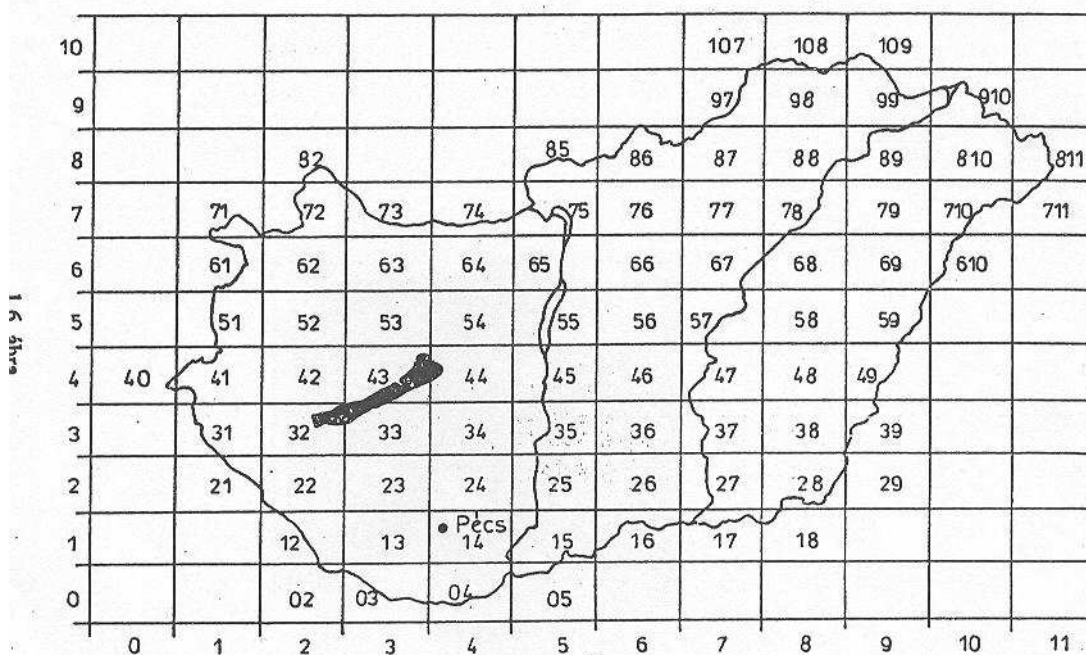


4. ábra

A hazánkban jelenleg alkalmazott „Egységes Országos Vetületi rendszer” (EOV) egy ferde tengelyű hengervetület, amelynél a torzulások csökkentése érdekében a henger átmérőjét kisebbre választották a gömbbe, ezért nem egy érintési kör lesz torzulásmentes (4. ábra).

A pontátvitel kettős vetítéssel történik. A földi ellipszoidon (IUGG 1967) meghatározott pontokat először egy ún. Gauss gömbre vetítik, a Gauss-féle minimális hossztorzulású konform gömbi vetítéssel ( $R=6379743,001$  m). Ezután második lépésként a gömbről a ferde tengelyű, metsző hengerpalástra történik a vetítés ismét konform (szögtartó) módon (redukált konform hengervetület).

Ezen a módon országunk egész területe egyetlen vetületi rendszerrel ábrázolható, elfogadható hossz- és területtorzulási értékek mellett.



5. ábra

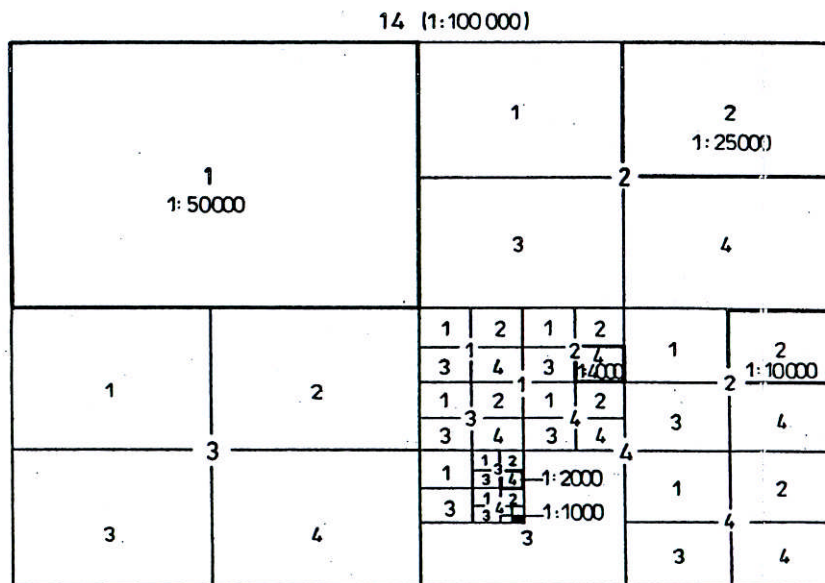
Az EOVR rendszerhez egy új „Egységes Országos Térképrendszer” (EOTR) is tartozik. Ennek lényege, hogy a kiterített hengerpaláson az  $y, x$  síkkordináta-rendszer úgy van elhelyezve (a +  $x$  tengely É-ra, a +  $y$  pedig K-re mutat), hogy az egész ország területe az I. síknegyedbe esik (nincsenek negatív előjelű koordináták), és ezen túlmenően úgy tolták el az origót Ny-i irányban, hogy az ország területére eső bármely pont  $x$  koordinátája kisebb 400 000 m-nél,  $y$  koordinátája pedig nagyobb ennél. Egy pont  $y$  és  $x$  rendezői tehát nem téveszthetők össze, pl. a pécsi bazilika ÉNy-i torony-gombjának koordinátái:

$$Y = 586\,237,28 \text{ m} \quad y = 81\,903,95 \text{ m}$$

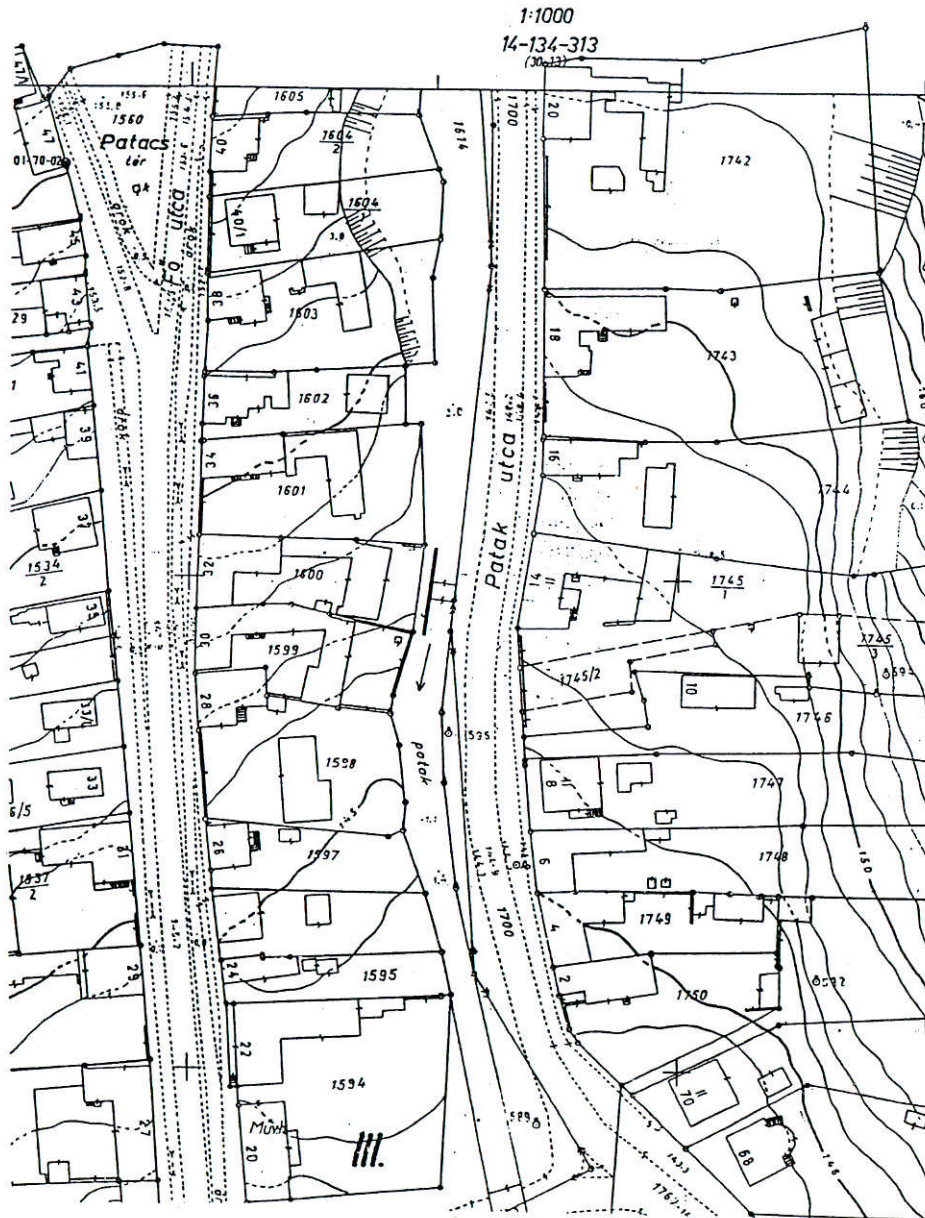
Az EOTR a térképek szelvénybeosztását is előírja. Alaptérkép az 1:100 000-es méretarányú, 48x32 km nagyságú térképlap. Az egyes lapok kétjegyű (háromjegyű) számmal jellemezhetők az előző oldalon látható 5. ábra szerint.

Az 1:100 000-es alapszelvény 1-től 4-ig számozott negyed lapokra osztódik, ezek méretaránya 1:50 000, száma kötőjellel kapcsolódik az alapszelvény számához. További negyedeléssel az alábbi szabványos méretarányú térképszelvényeket kapjuk:

szelvényszám	méretarány	szelvényméret
14 - 22	1 : 25 000	12 x 8 km
14 - 422	1 : 10 000	6 x 4 km
14 - 412 - 4	1 : 4 000	3 x 2 km
14 - 431 - 34	1 : 2 000	1,5 x 1 km
14 - 431 - 444	1 : 1 000	0,75 x 0,5 km
14 - 431 - 4442	1 : 500	0,375 x 0,25 km



6. ábra



7. ábra

A 10 000 vagy annál nagyobb méretarányszámú szelvényeket topográfiai térképeknek szokás nevezni. Ezek színes kivitelben készülnek, fekete színnel a síkrajz (tereptárgyak), kézzel a vizek, zölddel a növényi fedettség, barna színnel pedig a domborzat van feltüntetve rajtuk. A 4000 vagy annál kisebb méretarányszámúak a földmérési (nyilvántartási) térképek, melyeken a tereptárgyakon kívül a birtokhatárokat és az egyes telkek helyrajzi számait is feltüntetik fekete színnel. Az utóbbi időben egyre több helyen a domborzat is rákerül ezekre a térképekre barnával rajzolt szintvonalak és magassági számadatok formájában. Az 1:500-t ipartelepeken, illetve a városi közművezetékek feltüntetésére, nyilvántartására használják (közműtérkép).

A méretarány két tereppont alapfelületi távolsága és ugyanezen két pont térképen lemérhető távolsága közötti arányszám:

$$M = \frac{1}{m} = \frac{\text{térképi hossz}}{\text{tényleges hossz}}$$

A méretarány a térképek legfontosabb adata, amit mindig fel kell tüntetni.

Összességében az EOTR-ben készült térképeket állami alaptérképeknek is szokás nevezni. Egy-egy építési vagy tervezési helyszínre vonatkozóan gyakran szükség van az alaptérképnél részletesebb helyszínrajzra. Ezt célszerű a fellelhető legkisebb méretarányszámú (pl. 1:1000, 1:2000) alaptérkép megfelelő felnagyításával és szükség szerinti helyszíni kiegészítésével elkészíteni. Nem csak azért, mert a földmérésre vonatkozó rendeletek előírják az állami alapadatok kötelező felhasználását, hanem azért is, mert sok munkát megtakaríthatunk azzal, hogy nem kell a térképen már meglévő tereptárgyakat újra bemérni, alappontokat meghatározni. A földmérési alaptérképek pontossága, a telkek ábrázolásának alakhelyessége is biztosan jobb, mint amit saját méréseinkkel produkálni tudunk.

Azt is jó, ha szem előtt tartjuk, hogy olyan geodéziai munkát, amely a földmérési (nyilvántartási) térkép tartalmának megváltozását eredményezi (pl. telekmegosztás, telekhatár módosítás stb.) csak erre külön jogosítvánnyal rendelkező szakember végezhet.

Az állami alaptérkép egyes szelvényeit a területileg illetékes megyeszékhelyeken található Földhivataloknál szerezhethetjük be. Ugyanitt kaphatjuk meg a bennünket érdeklő területre eső vízszintes és magassági alappontok adatait. Minden egyéb ide vonatkozó információt (pl. földrészletek területe, tulajdonosa stb.) a Körzeti Földhivatalnál kaphatunk meg.

Ugyanitt találhatóak a nyilvántartási térképek, melyen az alaptérkép készítése óta bekövetkezett változásokat (új épület, telekhatár módosítás stb.) folyamatosan vezetik.

## 2. EGYENES KITŰZÉSE. KITŰZŐRUDAKKAL VÉGEZHETŐ MŰVELETEK.

### 2.1. EGYENES VONALAK KITŰZÉSE

A gyakorlatban azt a műveletet, amikor az egyenes két végpontja között, vagy azok meghosszabbításában további pontokat jelölünk meg, nevezzük egyenes kitűzésének.

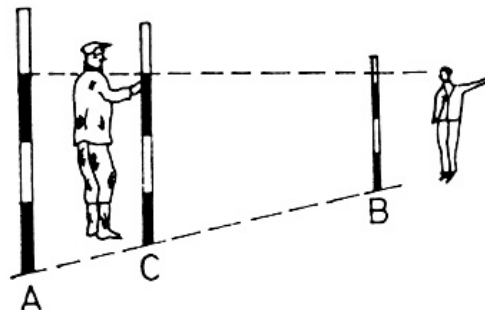
A továbbiakban azokat az egyenes kitűzési eljárásokat ismertetjük, melyeket akkor alkalmazunk, ha az egyenes két végpontja összelátszik, vagy legalábbis a kitűzendő pont helyéről látszik mind a két végpont.

Az egyenes kitűzése a távolságtól és a pontosság kívánalmától függően történhet szabad szemmel, távcsővel vagy teodolittal. Az egyenes kitűzésének módjai a beintés és egyenesbe állás.

### 2.2. EGYENES VONALAK KITŰZÉSE BEINTÉSSEL

Azt a műveletet, amikor a két végpontjában kitűzőrúddal megjelölt egyenesen belül helyezünk el az egyenesen további pontokat és a kitűzést érdemben végrehajtó személy nem tartózkodik a kitűzendő ponton, beintésnek nevezzük.

(8. ábra)



8. ábra

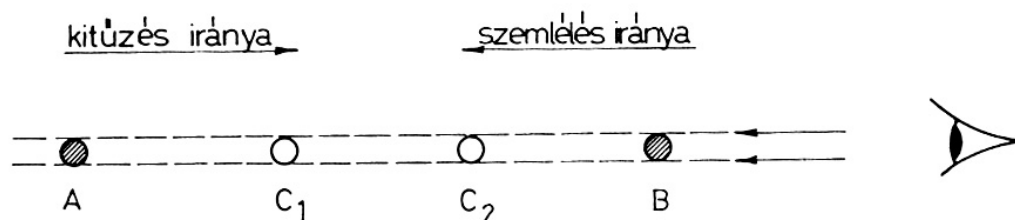
A beintést az alábbiak szerint végezzük el:

1. Az egyenes két végpontját kitűzőrúddal megjelöljük.
2. Elmegyünk az egyenes egyik végpontja mögé kb. 5-6 méterre (a 8. ábrán a B. mögé), a segéd munkás pedig egy kitűzőrudat visz a kitűzendő pont megközelítő helyére, s azt függesztve tartja.
3. Az egyenes két végpontján lévő kitűzőrúd érintősíkját nézve addig intünk és olyan irányban a segéd munkásnak, amíg annak kitűzőrudját az egyenesben nem látjuk.

Szabad szemmel végrehajtott egyenes kitűzésének megbízhatósága normális körülményeket figyelembe véve 200 m távolságig 2-3 cm-re tehető.

Beintésnél a következőket kell szem előtt tartani:

1. A segéd munkásnak a jelzőrudat a felső végéhez minél közelebb két ujjal, könnyedén, függesztve kell tartania.
  2. A beintést karunk felemelésével (és nem kiabálással), nagyobb távolság esetén zászló (kendő, füzetlap) lengetésével végezzük.
  3. A beintést egyértelműen (azzal a kézzel adjuk, amerre a segéd munkásnak mozdulnia kell).
  4. Ha több pontot kell az egyenesbe beinteni, mindig a legtávolabbival kezdjük.
- (9. ábra)



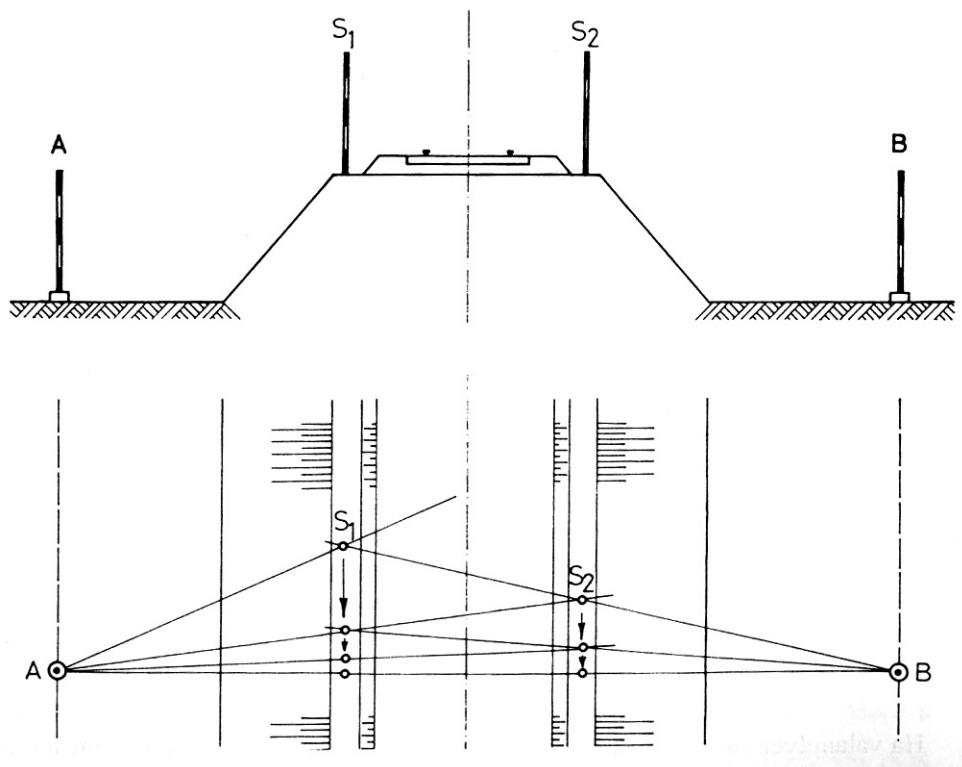
9. ábra

Ha valamilyen ok miatt nem tudunk az egyenes A vagy B pontja mögé menni, a beintést fokozatos közelítéssel oldjuk meg, segédpontok alkalmazásával.

## 2.2.1. EGYENES VONAL KITŰZÉSE BEINTÉSSEL KÉT SEGÉDRÚD ALKALMAZÁSÁVAL

Az eljárást egy konkrét feladat kapcsán mutatjuk be. A 10. ábrán látható A és B pontok távolságát meg kívánjuk mérni mérőszalaggal. Az A és B pont a szalaghosszak többszöröse és nem látszik össze, ezért a szalagnak az egyenesbe fektetéséhez ki kell tűznünk, - célszerűen a töltés koronán - az egyenesnek további pontjait.

A kitűzés során először az A és B ponton kitűzőrudat helyezünk el, majd pedig tetszőlegesen a töltésen (de célszerűen az egyenes közelében) az  $S_1$  segédrudat. Ezt követően az  $S_1B$  egyenesbe beintjük  $S_2$ -t. Most az  $S_1$ -et kihúzzuk, és beintjük az  $S_2A$  egyenesbe. Ily módon a beintést addig folytatjuk, amíg az  $S_1$  mögül nézve az  $S_2$  az  $S_1B$  egyenesbe, az  $S_2$  mögül nézve az  $S_1$  az  $S_2A$  egyenesben nem látszik.

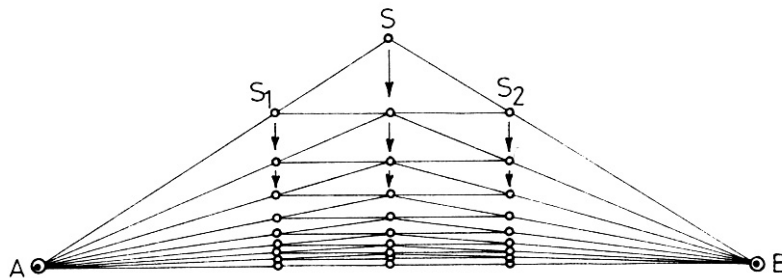


10. ábra



## 2.2.2. EGYENES VONAL KITŰZÉSE BEINTÉSSEL HÁROM SEGÉDRÚD ALKALMAZÁSÁVAL

Az eljárást ismét egy konkrét feladat kapcsán mutatjuk be. Tételezzük fel, hogy a 3. ábrán feltüntetett töltés olyan széles, hogy  $S_1$ -ből nem látható B (és fordítva), továbbá  $S_2$ -ből sem látszik A (és fordítva), de az  $S_1$  és  $S_2$  közé helyezett S-ből látható mind A, mind B (és fordítva). A kitűzést az alábbiak szerint hajtjuk végre: (11. ábra)



11. ábra

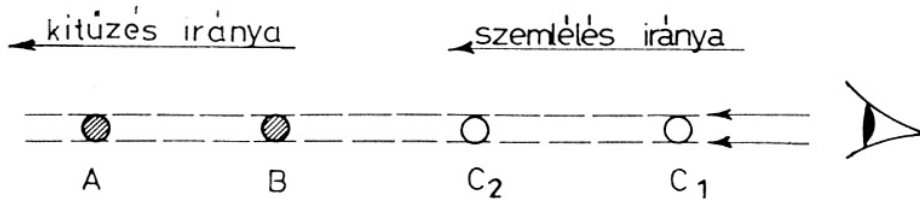
Kitűzzük az egyenes közelében S-et, majd beintjük az SA és SB egyenesbe az  $S_1$  és  $S_2$  segédrudat. Ezután S-t kihúzzuk és beintjük az  $S_1S_2$  egyenesbe.

Most  $S_1$ -t és  $S_2$ -t húzzuk ki, és intjük be új helyükre. Elmondottakat addig folytatjuk, míg S mögül nézve  $S_1$  az SA,  $S_2$  az SB, ugyanakkor  $S_1$  mögül nézve S az  $S_1S_2$  egyenesébe esik.

## 2.3. EGYENES VONALAK KITŰZÉSE BEÁLLÁSSAL

Abban az esetben, ha a kitűzendő pont az AB egyenes meghosszabbításába esik (az AB tartományon kívül van) és ez a meghosszabbítás nem nagyobb az AB távolság harmadánál, valamint ha nem törekszünk túlzott pontosságra, a feladatot beállással oldjuk meg.

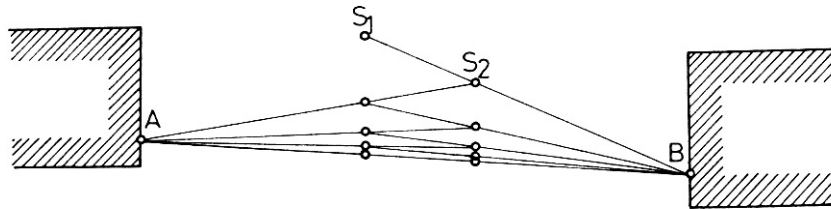
A beállítandó jelzőrudat magunk előtt tartva lógatjuk a levegőben, s addig visszük jobbra-balra, míg széleit az A és B jelzőrudak közös érintősíkjaiban nem látjuk. Ha az egyenes több pontja tűzendő ki, akkor az egyes végpontjához távolabb esővel kezdjük. (12. ábra)



12. ábra

## 2.4. PÉLDÁK AZ EGYENES KITŰZÉSI MÓDOK ALKALMAZÁSÁRA

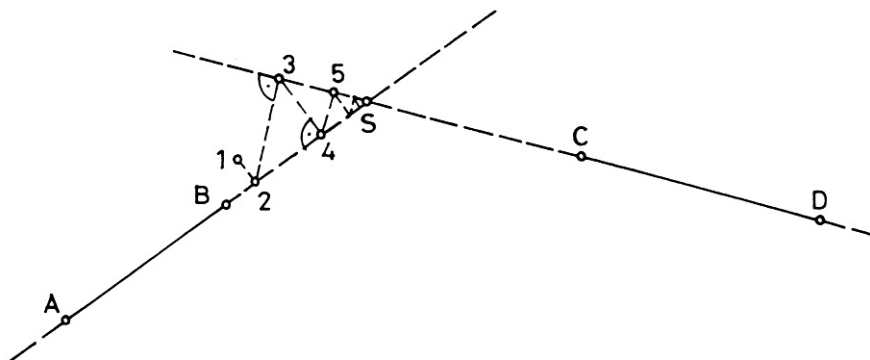
*Feladat:* mérési vonal két végpontját szeggel megjelöltük az épület falán (13. ábra). A végpontok távolsága 126 m. Kitűzendő az egyenes további pontja a felezőpont közelében. Az így kitűzött pont  $\pm 5$  cm-re legyen az egyenesben.



13. ábra

Mivel sem A sem B pont mögé nem tudunk állni, de jó összelátási viszonyok vannak, két segédrúd alkalmazásával célszerű az egyenest kitűzni. A és B pontot kitűzőrúddal megjelöljük, majd a már leírtak szerint járunk el.

*Feladat:* kitűzendő az A, B valamint C, D pontok által meghatározott egyenesek metszéspontja 20 cm pontossággal.



14. ábra

A feladatot egyenesbe állás alkalmazásával fokozatos közelítéssel oldjuk meg:

(14. ábra)

- megjelöljük  $A$ ,  $B$ ,  $C$  és  $D$  pontokat kitűzőrúddal, majd felállunk kitűzőrúddal  $S$  közelítő helyén (1)
- beállunk az  $AB$  egyenesbe (2)
- a  $CD$  egyenesre közel merőlegesen mozgatva beállunk  $CD$  egyenesbe (3)
- az  $AB$  egyenesre közel merőlegesen mozgatva beállunk az  $AB$  egyenesbe (4)
- a fenti közelítést folytatjuk mindaddig, míg akár  $AB$ , akár  $CD$  egyenes felé nézünk, kitűzőrudunk egyenesbe áll.

### 3. MŰSZERELEMEK. VETÍTŐK, LIBELLA GEODÉZIAI TÁVCSŐ.

#### 3.1.VETÍTŐK

Leggyakrabban pontoknak le- és felvetítésére használják. A vetítők típusai:

- a) zsinóros
- b) merev
- c) optikai

A zsinóros vetítőknél egy függőleges zsinór a merev vetítőknél egy kis átmérőjű rúd tengelyvonala, az optikai vetítőknél egy függőleges helyzetű távcső irányvonala jelöli ki a helyi függőlegest. A vetítőkkel csak közvetlen vetítés hajtható végre, vagyis ha a vetítendő pont és vetülete közötti függőleges szakaszokon nincs közbenső akadály.

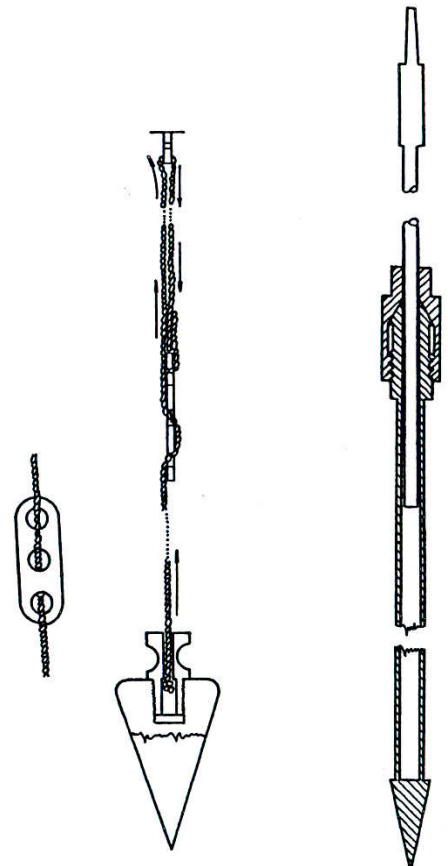
##### 3.1.1. ZSINÓROS VETÍTŐ

A zsinóros vetítő, vagy függő két részből áll: egy hosszú, vékony, hajlékony zsinórból és a végéhez erősített általában kúpos kialakítású fém nehezékből (súlya 100-300 gr). Ha a zsinór végét megfogva a nehezéket lógni hagyjuk, és rá a nehézségi erőn kívül más nem hat, akkor a függő zsinórja a függőleges irányt jelöli ki. A zsinór hosszát szabályozó lapocskával vagy csúszócsonnával állítjuk be a kívánt méretre (15. ábra). Műszerek pont fölé állítására, függőleges ellenőrzésre vagy kitűzésre használjuk.

##### 3.1.2. MEREV VETÍTŐ

A merev vetítő hosszmérete szerint lehet vetítőbot, vetítőpálca és vetítőcsúcs.

A vetítőbot (16. ábra) leggyakrabban két teleszkópszerűen egymásba csúszatható fémcsőből áll, mely a végén kúpos csúcsban végződik oly módon, hogy a kúp csúcsa a bot hossza a felhasználó igényéhez igazodóan változtatható. Egyes műszertartozékként is használt merev vetítőket szelencés libellával láttuk el a bot függőlegességének beállítására. Deciméter nagyságrendű magasság-különbség esetén a vetítéshez vetítőpalcát, néhány centiméteres vetítési magasság esetén vetítőcsúcsot használunk.



16. ábra

16. ábra

### 3.1.3. OPTIKAI VETÍTŐ

Az optikai vetítő olyan távcső, amelynek irányvonalát vagy libellával tesszük függőlegessé, vagy a műszerbe beépített úgynevezett kompenzátor végzi el automatikusan az irányvonal függőleges helyzetbe állítását.

A gyakorlat különböző vetítési feladataihoz nagyon változatos kivitelben készülnek optikai vetítők.

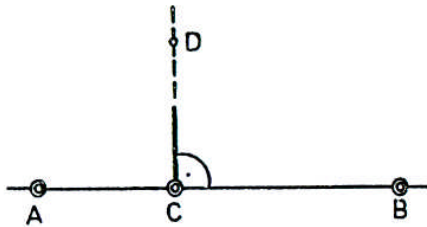
Lehetnek műszertartozékként kialakított optikai vetítők és lehetnek önállóan kialakított kizárólag vetítésre készített műszerek. Egyesek pár méter vetítési magasságra készülnek, mások száz méter nagyságrendű vetítési magasságkülönbség esetén is kiválóan használhatók. Új berendezés az optikai vetítők egy speciális fajtája a lézervetítők. Ezeknél a műszereknél az irányvonalat lézerfény képviseli, s ezt a műszereknél látható, ernyőn felfogható fényt használják fel a vetítés műveletéhez.

### 3.2. SZÖGMÉRŐ MŰSZEREK

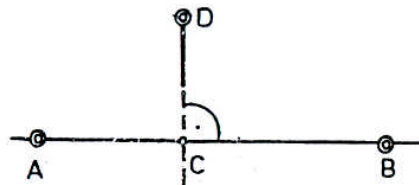
Állandó nagyságú szögek kitzűzésére (mérésére) szerkesztett műszer. Eltérítési szöge általában  $90^\circ$  (ritkán  $45^\circ$ ), ennek megfelelően két feladat megoldására használják.

Az egyik feladat a derékszögkitűzés, a másik pedig a talppontkeresés.

A derékszögkitűzés feladata abból áll, hogy az A és B pontjával megadott egyenes ugyancsak megadott C pontjában kitzűzzük az A-B egyenesre merőleges egyenest úgy, hogy ennek az egyenesnek legalább egy D pontját megjelöljük (17. ábra)



17. ábra



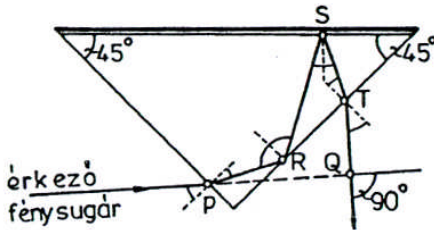
18. ábra

A talppontkeresés feladatánál adva van az A és B pontjával az egyenes és egy, az egyenesen kívül fekvő D pont. A feladat a D ponttól az A-B egyenesre merőleges egyenesnek és magának az A-B egyenesnek a C metszéspontját kitűzni (18. ábra)

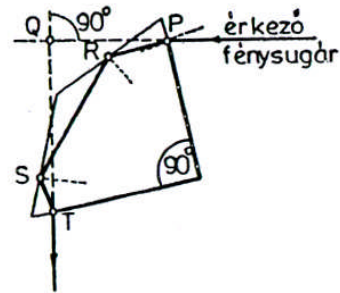
A geodéziai gyakorlatban háromféle egyszerű szögprizma terjedt el:

#### A háromszögletű vagy Bauerfeind-féle

Ez olyan üveghasáb, amelynek keresztmetszete egyenlő szárú derékszögű háromszög, s amelynek átfogólapja ezüstözött felület. A háromszögletű prizma a rajta áthaladó fénysugarat  $90^\circ$ -kal téríti el az érkező irányhoz képest. A sugármenet az átfogólapnál közel párhuzamos sugárra nézve a 19. ábrán látható.



19. ábra

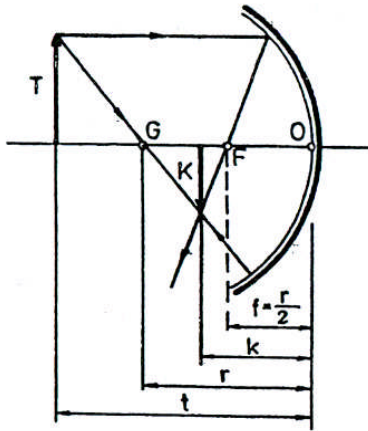


20. ábra

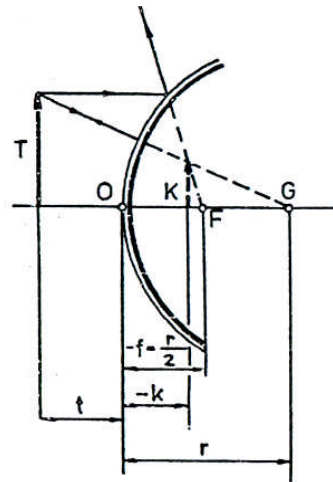
### 3.2.1. A SÍKTÜKÖR

A síktükör síkján a fénysugarak visszaverődnek úgy, hogy a visszaverődés szöge egyenlő a beesés szögével. Ebből következik, hogy a pontszerű fényforrásból kiinduló divergáló sugárnyaláb a tükrön úgy verődik vissza, mintha a tükör mögöl a tükör síkjához képest a fényforrással szimmetrikus pontból a fényforrás képéből indult volna ki.

## 3.2.2. A GÖMBTÜKÖR



21. ábra



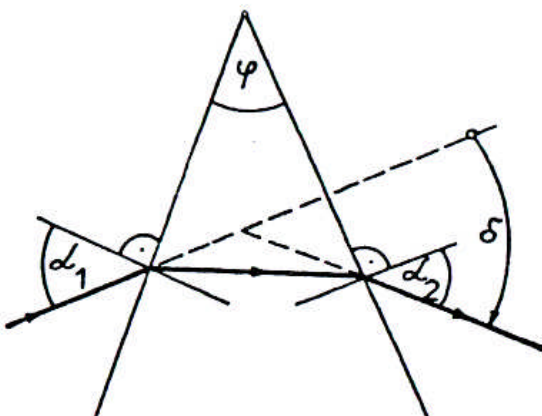
22. ábra

A gömbsüveg alakú tükröző felületeket gömbtükörnek nevezzük. A tükröző felület nézhet a gömb belseje felé (21. ábra, homorú vagy gyűjtőtükör), de nézhet kifelé is (22. ábra, domború vagy szórótükör).

A gömbsüveg  $O$  csúcspontját a gömbtükör optikai középpontjának, a gömb  $G$  középpontját pedig a gömbtükör geometriai középpontjának, az optikai és a geometriai középpont által meghatározott egyenest a gömbtükör optikai tengelyének vagy főtengetyének, végül az  $OG$  távolság  $F$  felezőpontját a gömbtükör fókuszpontjának nevezzük.

## 3.2.3. AZ ÜVEGPRIZMA

Az üvegprizma két egymással szöget bezáró síklappal határolt üvegtest. Ha a prizma homogén (egyszínű) fénysugár halad keresztül, az kétszer megtörve úgy lép ki a prizmából, hogy a kilépő sugár iránya eltér a prizma eső sugár irányától. A két sugár egymással bezárt  $\delta$  szögét a prizma eltérítési szögének nevezzük (23. ábra).



23. ábra

A prizma eltérítési szöge függ az üveg  $n$  törésmutatójától, a prizma  $\varphi$  ékszögétől (nevezik törésszögnek is), ami alatt a határoló síkok hajlásszögét értjük, továbbá a fénysugár  $\alpha_1$  beesési szögétől. Az eltérítés szöge akkor lesz minimális, ha az ábra szerinti jelölésekkel  $\alpha_1 = \alpha_2$

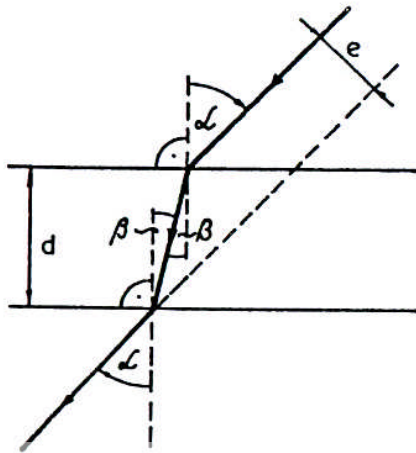
Tehát a fénysugár szimmetrikusan halad át a prizmán. Ha a prizma eltérítési szögéről

beszélünk, akkor általában erre a minimális eltérítési szögre gondolunk. Abban az esetben, ha  $\varphi$  ékszög kicsi, kicsi lesz a  $\delta$  eltérítési szög is, értéke a

$$\delta = (n-1) \varphi$$

összefüggésből határozható meg.

### 3.2.4. PLÁNPARALEL ÜVEGLEMEZ



24. ábra

A plánpararel üveglemez párhuzamos síkokkal határolt üvegtest. A ráeső fénysugár a kettős törés után irányváltoztatás nélkül, de önmagával párhuzamosan eltolva hagyja el a lemezt (2.6. ábra). Az eltolódás  $e$  mértéke függ a lemez  $d$  vastagságától, az üveg  $n$  törésmutatójától és a fénysugár  $\alpha$  beesési szögétől:

$$e = f(d, n, \alpha)$$

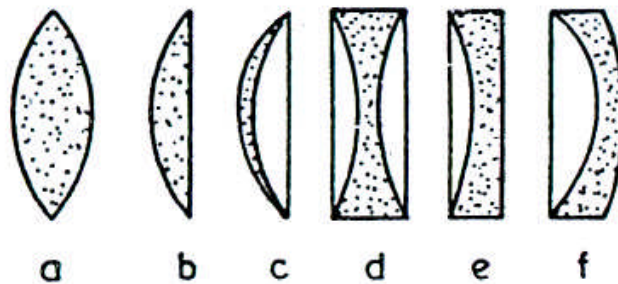
Ha  $\alpha < 30^\circ$ , akkor jó közelítéssel használható az

$$e = \frac{n-1}{n} \cdot d \cdot \operatorname{tg} \alpha \text{ összefüggés}$$



### 3.2.5. LENCSEK

Lencsének nevezzük a két forgásfelület által határolt átlátszó anyagból készült testet. A forgásfelület a geodéziai műszereken található lencsénél általában gömbfelület, a lencsék anyaga pedig üveg. A lencsét határoló gömbfelületek középpontjait összekötő egyenest a lencse optikai tengelyének nevezzük (nevezik fénytani főtengelynek is). A lencsék alakjuk szerint lehetnek domború (konvex) lencsék (25. ábra a, b, c) és homorú lencsék (25. ábra d, e, f).



25. ábra

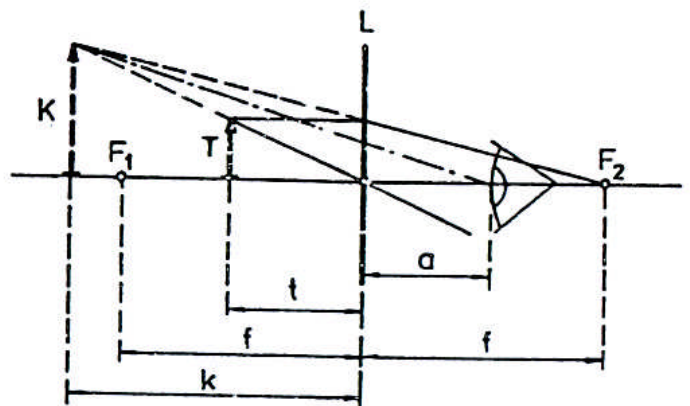
A lencsék optikai hatása szempontjából a domború lencsét gyűjtőlencsének, a homorúkat pedig szórólencsének nevezik.

Ha a lencse vastagsága elhanyagolható úgy vékony lencséről, ellenkező esetben - a geodéziai műszereknél ez az általános - vastag lencséről van szó. A gyakorlatban rendszerint nem egy lencsét, hanem több lencséből álló lencserendszereket alkalmaznak.

A lencsék felületére érkező fénysugárnak csak egy része hatol be az üvegbe, másika része visszaverődik, csökkentve a fényezőt. A tükrözési veszteség csökkenthető, ha a lencse felületén ún. T vagy AR reflexcsökkentő bevonattal látják el.

### 3.2.6. A NAGYÍTÓÜVEG

A nagyítóüveg feladata az, hogy kis tárgyról elegendő nagy látószögű képet állítson elő. A nagyítóüveg legegyszerűbb kiviteli formájában egy kis gyűjtőtávolságú gyűjtőlencse. A tárgyhöz képest úgy tartandó, hogy az a feléje eső gyűjtőponton belül foglaljon helyet, azaz a tárgytávolság kisebb legyen, mint a lencse gyűjtőtávolsága ( $t < f$ ). A konvex lencse ilyen tartás mellett a tárgy képzetes (virtuális), egyenes állású nagyított képét állítja elő (26. ábra)



26. ábra

A szemünk, a nagyító és a tárgy relatív helyzetét, (tehát az a szemtávolságot és a tárgy távolságot) úgy kell beállítani, hogy a keletkezett virtuális kép a szemünk távolpontja és a kényelmes látás távolsága közé essen.

A geodéziai műszereken használatos egyszerű nagyítóknak általában 3-4 szerez a nagyítása.

### 3.2.7. A MIKROSKÓP

A mikroszkóp - hasonlóan a nagyítóüveghez - kis tárgyról elegendő nagy képet állít elő a szem számára. Az egyszerű mikroszkóp két lencséből áll, melyek közül a tárgy felől lévő objektívnek (tárgylencsének), a másikat pedig amelyen keresztül a mikroszkópba benéztünk, okulárisnak (szemlencsének) nevezzük.

A tárgyat a kis gyújtótávolságú objektív elé helyezzük, hogy annak az objektívtől való távolsága (a tárgy távolság) nagyobb legyen az egyszeres, de kisebb a kétszeres gyújtótávolságnál.

Az okulárisnak az objektív által előállított képtől olyan távolságban kell elhelyezkednie, hogy az általa előállított virtuális kép a kényelmes látás távolságában, illetve gyakorlott észlelőnél a szem távolpontjában (normális szemnél a végtelenben) keletkezzék.

### 3.2.8. GEODÉZIAI TÁVCSŐ

A távcsövek általában messze fekvő tárgyak szemlélésére alkalmasak, amit a tulajdonságukkal tesznek lehetővé, hogy a tárgyról a valóságos látószögüknél nagyobb látszólagos látószögű képet állítanak elő.

Az egyszerű távcső két gyújtólencséből áll, egy nagyobb gyújtótávolságú objektívből (tárgylencséből) és egy kisebb gyújtótávolságú okulárisból (szemlencséből). A tárgy mindig a kétszeres gyújtótávolságnál nagyobb távolságra van az objektívtől, tehát az előállítja a tárgy reális, fordított és kicsinyített képét a képoldalon az egyszeres és kétszeres gyújtótávolság között. Az okuláris úgy helyezkedik el, hogy ez a kép az egyszeres gyújtótávolságon belül esik, így az okuláris ennek a valódi képnek a virtuális, egyenes állású nagyított képét állítja elő, mint egy nagyítóüveg.

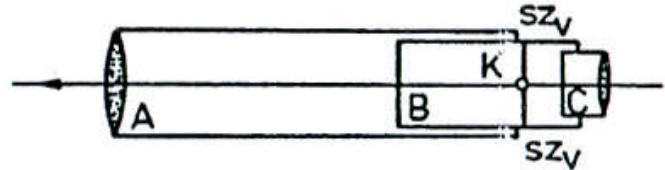
A geodéziai műszereken alkalmazott távcsöveket irányzásra használjuk fel. Az irányzásra alkalmassá tett távcsövet geodéziai távcsőnek nevezzük. Az irányzás végrehajthatósága érdekében a távcsövet az objektív gyújtósíkjában elhelyezett szátkereszttel látják el.

A távcső és a műszer kapcsolata úgy van kialakítva, hogy a távcső két egymásra merőleges tengely körül forgatható. A műszer felállítás után az egyik tengely függőleges, a másik pedig vízszintes. Az előzőt állótengelynek, az utóbbit pedig fekvőtengelynek nevezzük.

A szálkereszt egyik szála rendszerint párhuzamos a fekvőtengellyel. Ezt fekvő (vízszintes, horizontális) irányszálnak, vagy rövidek fekvőszálnak nevezzük, az erre merőleges szálat, álló (függőleges vertikális) irányszálnak, A két metszéspontját pedig a szálkereszt metszéspontjának nevezzük.

A két szál metszéspontja és az objektív optikai középpontja által meghatározott egyenes a távcső irányvonalának nevezzük.

Az egyszerű geodéziai távcső három csőből áll. A leghosszabb cső (A) a főcső, ez tartalmazza az objektívet. A másik cső (B) a szálcső, ebben vannak az irányszálok. A harmadik (C) a szemcső, itt van az okuláris. Szemcsőnek a szálcsőben való hosszanti irányú mozgatásával érjük el azt, hogy a szálak képét a szem erőltetése nélkül tisztán, élesen lássuk.



27. ábra

Ebben az esetben a szálak síkja - az ún. szálsík - összeesik az okuláris gyújtósíkjával.

Ezután a szemcsőnek és a szálcsőnek a főcsőbe való együttes mozgatásával érjük el azt, hogy a szálsík összeessen a képsíkkal. Azt a jelenséget, amikor a szálsík és a képsík nem esik egybe, parallaxisnak nevezzük. Ezért ezt a műveletet, amikor a szemcső és a szálcső együttes mozgatásával a szálsíkot összekötjük a képsíkkal, a parallaxis eltüntetésének nevezzük. A végrehajtás a parallaxiscsavarral történik. A szemcső hosszanti irányú elmozdítását az okulárcsavarral végezzük.

A geodéziai távcső működése tehát: az objektív (tárgylencse) a tárgyról valódi, fordított állású, kicsinyített képet hoz létre. A szálkeresztet úgy kell elhelyeznünk, hogy az objektív által alkotott kép éppen a szálkereszt síkjában keletkezzék. Az így létrejött képet a szálkeresztrel együtt az okulárison (szemlencse) a tárgyról valódi, fordított állású, kicsinyített képet hoz létre. A szálkeresztet úgy kell elhelyeznünk, hogy az objektív által alkotott kép éppen a szálkereszt síkjában keletkezzék. Az így létrejött képet a szálkeresztrel együtt az okulárison (szemlencse), mint nagyítón keresztül szemléljük.

## 4. HOSSZMÉRÉS VÍZSZINTES ÉS FERDE TEREPEEN

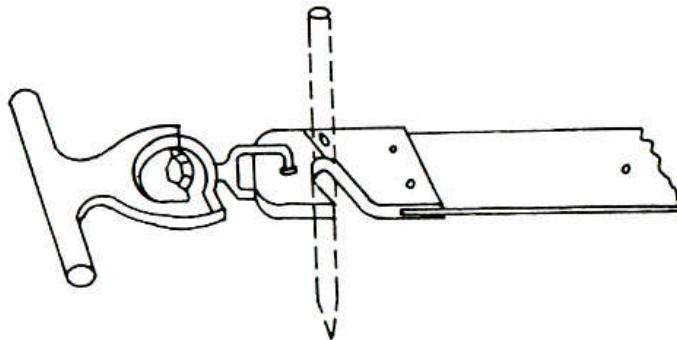
### 4.1. HOSSZMÉRÉS

A hosszmérési eljárások közös jellemzője, hogy a megméréendő hosszat valamilyen hosszmérőeszközön megjelölt hosszúsággal hasonlítjuk össze.

A geodéziai gyakorlatban a hossz mérés eszköze a mérőléc és mérőszalag. A leggyakrabban használt mérőeszköz a mérőszalag. Az ipari gyakorlatban két fajtája terjedt el, a keretes (végvonásos) vagy földmérőszalag és a nyeles, vagy tokos kivitelű kézi mérőszalag. A keretes mérőszalag 20 vagy 50 m-es kivitelben készül deciméteres beosztással, s tartozik hozzá még 11 db jelzőszeg 2 karikával. A kézi mérőszalagot általában 10, 20, 30 méteres hosszban készítik, rendszerint cm-es beosztással.

#### 4.1.1. HOSSZMÉRÉS KERETES (VÉGVONÁSOS) MÉRŐSZALAGGAL

Sokszögoldalok, alapvonalak (e fogalmakról később lesz még szó) hosszának közvetlen meghatározását rendszerint keretes mérőszalaggal végezzük. A mérőszalag fogantyúját a 28. ábra szemlélteti.



28. ábra

A mérés a mérendő vonal kitűzésével kezdődik. Ennek során a vonalat átlag 50 lépésenként elhelyezett (az egyenes egyik végpontjáról beintett) jelzőrudakkal megjelöljük. A mérés megkezdésekor két munkás kihúzza az egyenesbe a mérőszalagot. A hátul lévő munkás a szalag végét közelítőleg a kezdőpontra illeszti és a szalag másik végét az egyenes vonalába inti. Az elől lévő munkás a szalag végének lehelyezése előtt a szalagot kissé felcsapja, hogy teljes hosszában az egyenesbe illeszkedjék. Ezután a hátul lévő munkás pontosan a kezdőpontra illeszti a szalagvéget

(végvonást), az elől lévő pedig fokozatosan megfeszíti a szalagot és a végén végvonásnál egy mérőszegyet szúr a talajba.

(A mérés megkezdésekor valamennyi mérőszeg egy karikán, az elől haladó munkásnál van. A hátul lévő munkásnál van az üres karika.) Most tovább viszik a szalagot mindaddig, míg a hátul lévő munkás a földbeszúrt mérőszeghez ér, amikor is a szalagvég végvonását a szeghez illeszti. A szalagot ismét az egyenesbe inti, az elől lévő munkás csaptatja, megfeszíti és a végénél ismét leszúr egy szegyet. Mielőtt tovább mennek a hátul lévő munkás a szegyet kihúzza és karikájára fűzi. A leírt műveletet addig folytatják, amíg a mérendő távolság végpontja az utoljára lemért mérőszeghez illesztett mérőszalag hosszán belül nem kerül. Most leolvassuk a szalagot a távolság végpontjánál.

A ferde távolságot úgy számítjuk ki, hogy a mérőszalag hosszát megszorozzuk a hátul lévő mérőszegek számával és hozzáadjuk a távolság végpontján tett leolvasást.

A mérést kétszer (oda és vissza) végezzük és a mérés eredményének a kettő számtani középértékét tekintjük. (A szalag hőmérsékleti redukcióját alsógeodéziai méréseknél rendszerint elhanyagoljuk).

Szilárd burkolatú terepen a szalag végvonásának helyét vésővel vagy árral karcoljuk a kövezetbe. Számításainkhoz a mért ferde távolságot a vízszintesre kell redukálni. A leghelyesebb eljárás a mért távolság redukálására az, ha a pályát a hosszméréssel egyidőben beszintezzük (a műveletről később tanulunk).

Egyenetlen terep esetében minden jellemző töréspontot be kell vonni a mérésbe. Ez esetben a jellemző töréspontoknál is le kell olvasni a szalagot, s a redukálást szakaszonként végezzük.

Kisebb pontosságot igénylő méréseknél (mezei méréseknél) csak a távolság kezdő és végpontjainak magasságkülönbségét mérjük és a teljes hosszat egy lépésben redukáljuk a vízszintesre.

A magasságkülönbségből eredő számítás mindig negatív előjelű és nagysága

$$\Delta v = \frac{\Delta m^2}{2 \Delta l}$$

ahol  $\Delta m$  a töréspontok magasságkülönbsége

$\Delta l$  a redukálandó ferde távolság

Így a vízszintes távolság egy irányban

$$t_v = t_{\text{ferde}} - \Delta v$$

A teljes vízszintes távolság

$$t_v = \frac{t_{v \text{ oda}} + t_{v \text{ vissza}}}{2}$$

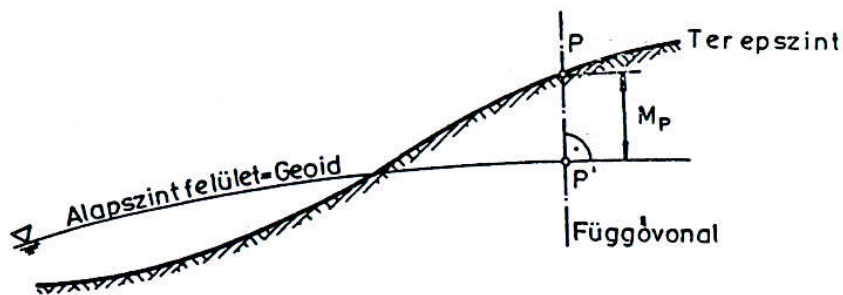
A magasságkülönbségből eredő javítási redukciókat célszerű táblázatba foglalni, amelyek a különböző  $\Delta m$  értékekhez tartozó redukciókat a méréssel egyidejűleg

kiírhatjuk. Ha a méréstől csak kisebb pontosságot kívánunk, akkor lejtős terepen végezhetünk lépcsőzetes mérést. Ez esetben a mérőszalag hátsó végét a földön tartjuk, elől menő végét pedig felemeljük annyira, hogy a hátsóval kerüljön egy magasságba, majd a végvonást függővel a talajra vetítjük. A mérőszeget a függővel kijelölt helyre szúrjuk (ez a művelet rendszerint még egy segédmunkást igényel). Meredekebb lejtőn a vetítést 10, esetleg 5 méterenként végezzük. A lépcsőzetes mérésnél gondosan ügyelni kell a szalag feszességére, mert a belógás nagymértékben ronthatja mérésünket.

## 5. MAGASSÁG MEGHATÁROZÁS. A MAGASSÁGMEGHATÁROZÁS ESZKÖZE.

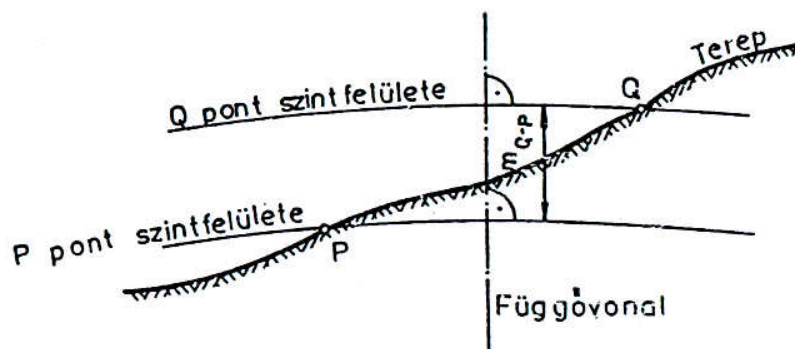
### 5.1. A MAGASSÁG FOGALMA

Egy földi pont magasságán, annak egy kijelölt alapfelülettől mért függőleges távolságát értjük. A gyakorlatban alapfelületként valamely tenger középszintjének magasságában elképzelt szintfelületet választjuk (elm.: Geoid). Egy pontnak ettől a szintfelülettől, a ponton átmenő függővonal mentén mérhető távolságát a pont abszolút vagy tengerszint feletti magasságának nevezzük. (29. ábra).



29. ábra

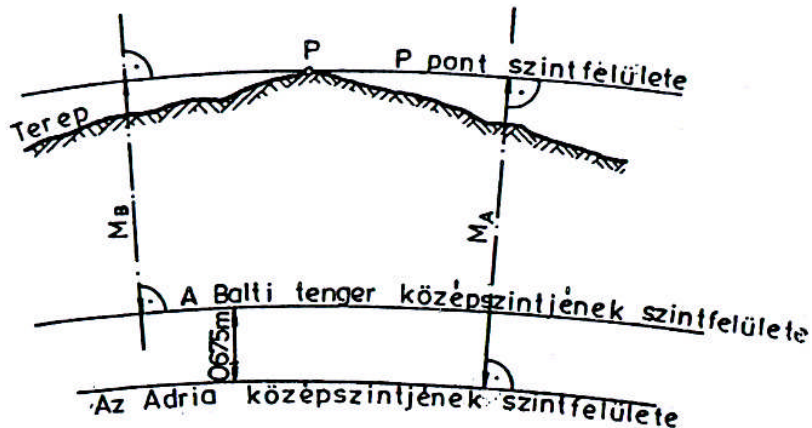
Két pont közötti magasságkülönbséget relatív magasságnak nevezzük. Ez a két ponton átmenő két szintfelület közötti távolságával definiálható, amit természetesen ismét a mindkét felületre merőleges függővonal mentén értelmezzünk (30. ábra).



30. ábra

Magyarországon jelenleg a Balti tengernek a Kronstadti-mólon meghatározott középszintjét tekintjük alapfelületnek. Az ehhez viszonyított magasságokat Balti tengerszint feletti magasságnak, vagy röviden Balti magasságnak nevezzük.

Régebbi munkarészeken találkozhatunk az Adria feletti (vagy Nadapi) magassági rendszerben értendő magasságértékekkel is. Az adriai alapszint 675 mm-ere mélyebben fekszik a balti alapszintnél, tehát ugyanazon pont adriai magassága 675 mm-el nagyobb számérték, mint a balti magasság (31. ábra).



31. ábra

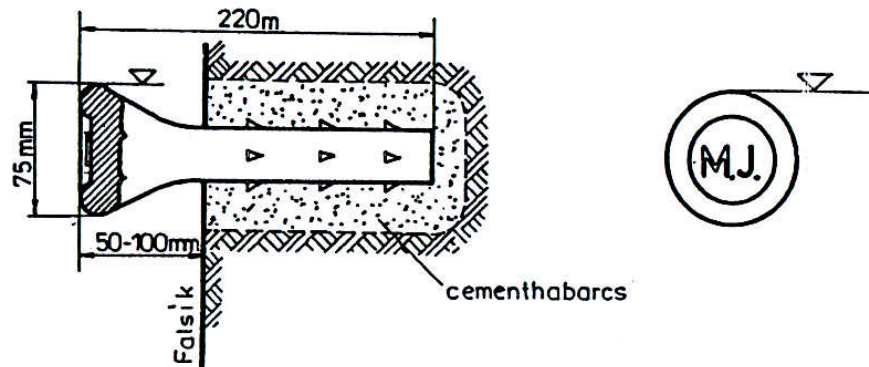
A legtöbb országban, így Magyarországon is, magassági alappont-hálózat van. Így egy új pont tengerszint feletti magasságának meghatározása gyakorlatilag a legközelebbi alapponthez viszonyított relatív magasság meghatározására korlátozódik.

## 5.2. MAGASSÁGI (SZINTEZÉSI) ALAPPONTOK

A magassági alappontok létesítésének két alapvető szempontja, hogy egyrészt a mozdulatlansága biztosított legyen, másrészt a meghatározott magasságát egyértelműen lehessen róla levenni.

Az országos alappont-hálózat gerincét alkotó fő-alappontok létesítésénél az első feltétel biztosítása volt a fő szempont. A Nadap melletti ősponton kívül Diszel, Mórág, Cák, Szarvaskő, Sátoraljaújhely, Kemence és Máriaremete közelében létesültek fő-alappontok.

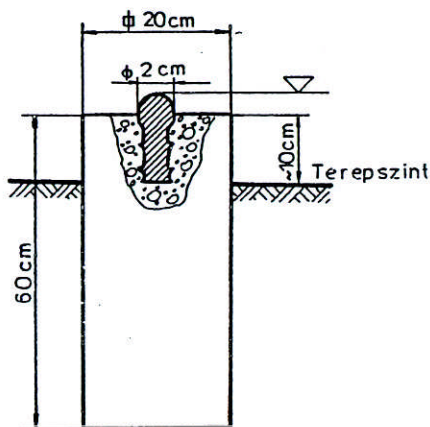




32. ábra

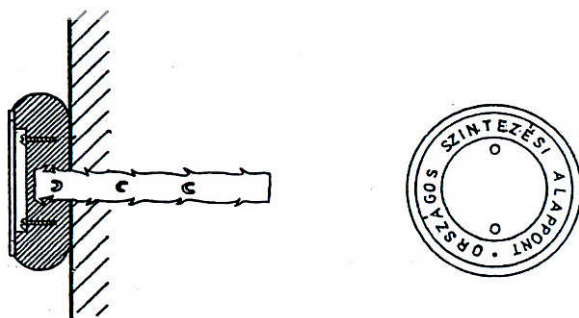
A gyakorlati felhasználás céljára a fő-alappontokra támaszkodó országos szintezési hálózat alappontjai szolgálnak. Ezek leggyakrabban épületek lábazati falába épített szintezési falicsapok (32. ábra), vagy szintezési gombok, ha vízszintes felületbe kerülnek (33. ábra). Mindkettőnél a megadott magasság a jel felső vízszintes érintősíkjára vonatkozik.

A régebbi magasságmérések alpontjai is megtalálhatók helyenként. Ezek közül leggyakoribb a szintezési tárgy (34. ábra) és a MAGASSÁGI JEGY feliratú öntöttvas falitábla. Ez utóbbinál az adott magasság a táblán lévő furat tengelyére vonatkozik (ma már csak szakmatörténeti jelentőségű).



34. ábra

A felmérni kívánt területre vagy közelébe eső országos magassági alppontok pontos helyét és adatait a területileg illetékes megyei földhivatalban tudhatjuk meg. A pontnyilvántartó térkép-vázlaton kiválaszthatjuk a bennünket érdeklő pontokat, majd a pontszámok alapján megtalálhatjuk az egyes alppontok részletes pontleírásait. Ezekről másolatot kérhetünk. A pontleírás az alppont számán és magasságán kívül helyszínrajzi vázlatot és egyéb adatokat tartalmaz, amelyek a pont felkéréséhez és egyértelmű azonosításához szükségesek.



33. ábra

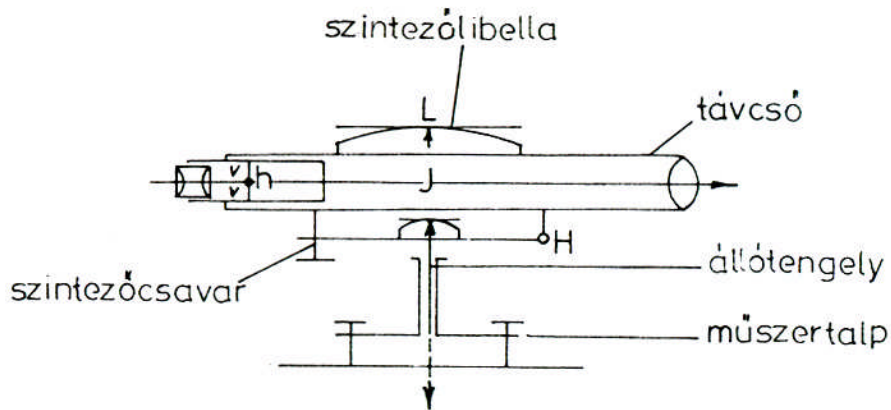
Egy építési munkaterületen szükségünk lehet saját magassági alppontra is. Ezt az országos alppont-jelekhez hasonlóan magasságilag egyértelmű, de formailag azoktól

feltűnően különböző módon jelölhetjük meg. Ilyen ún. ideiglenes pontjel lehet egy meglévő, közeli épület lábázatában elhelyezett vasúti síncsavar, falba vagy vízszintes felületbe belőtt HILTI szeg, a zsinórállvány oszlopába bevert erős szeg, egy stabil facövek tetejébe ütött gömbölyű fejű szeg vagy csavar. Nagyon fontos, hogy pontjeleinknek mindig a legmagasabb pontját határozzuk meg, s a további felhasználáskor is mindig ugyanoda tetessük a szintezőlécet.

## 6. SZINTEZŐ MŰSZER HASZNÁLATA ÉS IGAZÍTÁSA

### 6.1. SZINTEZŐMŰSZER VIZSGÁLATA ÉS IGAZÍTÁSA

Szintezőműszer elvi vázlata (35. ábra)



35. ábra

A szintezőműszertől a gyakorlat számára legfontosabb kívánalom a távcső irányvonalának és a szintezőlibella tengelyének párhuzamossága.

A vizsgálat végrehajtása terepi körülmények között:

1. Mérőszalaggal kimérünk 40-50 m-es távolságot.

A két végpontját, szeggel ellátott cövekkel megjelöljük. (36. ábra)

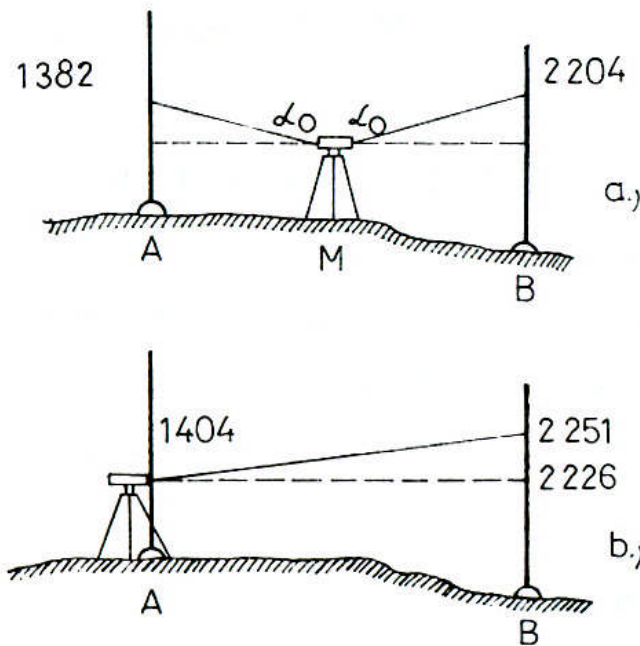
2. A vizsgálandó műszerrel felállunk a pontoktól egyenlő távolságra.

3. Az A, majd a B pontra állított szintezőlécen lécleolvasást végzünk (az ábra szerint  $1_A = 1382$  és  $1_B = 2204$ ) a szintezőlibella gondos középreállítás után.

4. Számítjuk  $1_B - 1_A$  magasságkülönbséget (esetünkben ez 0822).

5. Szintezőműszerrel felállunk az A (vagy B) pontra, (a műszer objektíve legyen a pont függőlegesében) és ismét leolvasást végzünk a léceken

(most  $1'_A = 1404$  és  $1'_B = 2251$ ).



36. ábra

Az  $1'_A$  leolvasása - tekintettel arra, hogy a lécs közvetlenül az objektív előtt helyezkedik el, következők szerint történik: az objektívnek érintett szintezőlécen hegyes ceruzával megjelöljük az objektívvel legfelső és legalsó ívét, majd a lécet elvéve ezeket leolvassuk. A két leolvasás számtani közepe adja az objektív közepéhez tartozó leolvasást

$$\text{esetünkben } \frac{1429 + 1379}{2} = 1404$$

6. Számítjuk  $1'_B - 1'_A$  magasságkülönbséget (0847)

7. Ha  $1_B - 1_A = 1'_B - 1'_A$  a műszer igazított (1-2 mm eltérés esetén még igazítottnak minősíthető), ellenkező esetben igazításra szorul (mint esetünkben, ugyanis  $0822 = 0847$ ).

8. Műszer igazítása

a./ Számítjuk a vízszintes távcsőálláshoz tartozó helyes  $1'_B$  értéket

$$1'_B = 1'_A + (1_B - 1_A)$$

(példánkban  $1404 + 0822 = 2226$ )

b./ A szintezőcsavarral a távcső vízszintes szálát a számított  $1'_B$ -re állítjuk (ekkor a szintezőlibella buborékja középről kimozdul).

c./ A szintezőlibella függőleges igazítócsavarjával a buborékot középre állítjuk.

## 7. VONALSZINTEZÉS, HOSSZ-SZELVÉNY, KERESZTSZELVÉNY FELVÉTELE. TERÜLETSZINTEZÉS.

### 7.1. A VONALSZINTEZÉS VÉGREHAJTÁSA

A vonalszintezést szükség esetén egy, de a gyakorlatban általában két darab cm-osztású, lehetőleg libellával is ellátott szintezőléccel végezzük. Induláskor az első lécet a kezdőpontra, a másik lécet a terepviszonyok alapján kijelölt első kötőponton letett szintezősarura vagy levert cöveken lévő szegre állíttatjuk. A kötőpont helyének kijelölése körültekintést igényel. Sík terepen a műszer távcsövének nagyítása szab határt a léctávolságnak (ti.: hogy a cm osztású lécen a mm-t még kellő pontossággal becsülhessük, ez műszertől függően 50-100 m-es maximális léctávolságot jelent). Fedett, beépített terepen az össz láthatóságra, a műszernek a két léctől egyenlő távolságban való felállíthatóságára kell figyelni. Erős lejtésű terepen a műszer vízszintes irány síkja hamar a lent álló léccel fölé, vagy a magasabban álló alá kerülhet. A kötőpont helyének kiválasztása után a szintezőműszerrel a két léctől egyenlő távolságra kell felállni, amit az alsógeodéziai gyakorlatban lépéssel, precíziós szintezésnél mérőszalaggal mérünk ki. A műszerlábak betaposása után először a műszer állótengelyét tesszük függőlegessé a szelencés libella és a talpcsavarok vagy excentertárcsák segítségével. Ha beton vagy aszfaltburkolaton kell a műszerrel felállni, ahol a lábakat betaposni nem lehet, akkor igyekezzünk azok csúcsait kis repedésben, fúgában stb. elhelyezni, nehogy mérés közben a láb elcsússzon. Hasonló gondossággal kell a kötőponton a sarut is elhelyezni, ha talajon áll teljes testsúlyunkkal ránehezelve a földre nyomjuk.

Ezután a műszer távcsövét a kezdőponton álló léccel felé fordítjuk és pontos irányzást végzünk. Igen fontos a léccel képezni a szátkereszt síkjába való pontos beállítása, azaz a parallaxishiba gondos eltüntetése. Libellás műszernél ezután következik a szintezőlibella buborékjának középre állítása, majd a leolvasás a léccel. A leolvasás után újra a libellára nézünk, s a leolvasott értéket csak akkor fogadjuk el és írjuk be a jegyzőkönyv "hátra leolvasás" rovatába, ha a buborék még mindig középen áll. Kompenzátoros műszernél a távcső oldalának finom kocogtatásával célszerű a kompenzátor működéséről meggyőződni (ilyenkor a távcsőképet finoman megrezdül), s csak azután elvégezni a leolvasást.

A főleolvasást a távcső középső vízszintes szálánál tesszük, de célszerű a felső és alsó (Reichenbach) szálánál is leolvasni. A leolvasás mindig négy számjegyre kell legyen (m, dm, cm és a becsült mm), s mind a négy számjegyet be is kell írni a jegyzőkönyvbe, akárhányszor nulla van is az elején vagy a végén. A felső és alsó szálánál leolvasott értékek számtani középértéke a középső szálon tett leolvasással egyenlő kell legyen (max. 1 mm eltérés megengedhető a becslés miatt), ez fontos és ott rögtön a műszer mellett elvégzendő ellenőrzési lehetőség. A léccel a leolvasás ideje alatt függőlegesen kell állnia.

Amikor mindezzel megvagyunk a műszert a másik, a kötőponton álló lécc felé fordítjuk (ha csak egy szintezőlécünk van, akkor azt a kezdőpontról a kötőpontra küldjük), és az irányzástól kezdve ismételjük az előbb leírtakat. A leolvasásokat a jegyzőkönyv "előre" rovatába írjuk. Ha két léccel szintezünk, célszerű a magasságkülönbséget ( $m = I^H - I^E$ ) is rögtön számolni, még a műszer és a lécek elmozdítása előtt. Itt újabb ellenőrzési lehetőségünk van: a felső szálacon tett leolvasásokból és az alsó szálacon tett leolvasásokból számított magasságkülönbségek számtani közepének egyeznie kell a középső leolvasásból számított magasságkülönbséggel:

$$m = m_k = \frac{m_f + m_a}{2} = I_k^H - I_k^E = \frac{(I_f^H - I_f^E) + (I_a^H - I_a^E)}{2}$$

Ha az egyenlőség nem áll fenn, először a számítást ellenőrizzük, ha az hibátlan, akkor a leolvasásokat ismételjük meg, s csak ha megtaláltuk a hibát, akkor megyünk tovább. Az előzőekben leírtak szerint kiszemeljük az újabb kötőpont helyét, a két ponthoz megfelelően elhelyezzük a műszert, beállítjuk, s elvégzzük a hátra leolvasást arra a lécre, amelyikre az előbb az előre leolvasást tettük. Nagyon fontos, hogy ez a lécc a két leolvasás között magassági helyzetét ne változtassa. Ezért a saruról levenni néni szabad, csak óvatosan elforgatni, az újabb műszerállás felé. Így kötőpontról kötőpontra haladunk, egészen addig, amíg az előre küldött lécc a szintezés végpontjára nem kerül. Az utolsó leolvasások és ellenőrzések megtörténte után számíthatjuk a vonal teljes magasságkülönbségét a már ismert  $m = \Sigma H - \Sigma E$  képlettel. Figyeljünk arra, hogy az  $m$  magasságkülönbség előjeles mennyiség, az előjel a képletből adódik, szemlélet alapján nem mindig lehet eldönteni, hogy melyik végpont van magasabban.

Foglaljuk pontokba a vonalszintezésnél betartandó szabályokat:

1./ A műszerek a kötőpontoktól egyenlő távolságban kell lennie. E szabály betartása esetén a hátra és az előre tett leolvasás között nem kell a parallaxis csavarhoz nyúlunk, s így kiküszöböljük a szálcso (képállító-lencse) mozgásával óhatatlanul bekövetkező irányvonal elmozdulást. Kiesik így a szintfelület és az érintő sík eléréséből, valamint a libella vagy kompenzátor igazítatlanságából adódó hiba is, és csökken a refrakció káros hatása. A lécc távolsága a műszertől ne legyen több 100 m-nél.

2./ Minden léccleolvasás előtt a szintezőlibella buborékját a szintezőcsavarral középre kell állítani, a leolvasás után pedig ellenőrizni kell, hogy közben nem mozdult-e el, ha igen, a beállítást és a leolvasást meg kell ismételni; önbeálló műszernél meg kell győződni a kompenzátor működéséről.

3./ Nagyobb pontosság-igényű vonalszintezést - napos időben - lehetőleg csak a reggeli és kora délelőtti, illetve késő délutáni és esti órákban végezzük, amikor a napsütés nem melegíti fel a műszerünket és nem okoz fénytörést, légrezgést a levegőben. Borult, egyenletes hőmérsékletű időben egész nap szintezhetünk.

- 4./ Kétszeri szintezés esetén a két szintezést ellentétes irányban végezzük, de jobb, ha két ismert alappont között szintezünk.
- 5./ A kötőpontokon mérés közben a szintezőléceket gondosan függőlegesen kell tartani, ezt a lécekre szerelt szelencés libellával ellenőrizhetjük.
- 6./ Kötőpontként vagy gömbölyű fejű szeggel ellátott cöveket, vagy szintezősarut kell használni, a szintezőlécet nem szabad a terepre helyezni.
- 7./ A kötőpontokat úgy kell megválasztani, hogy a műszer irányvonala a talajt 30 cm-nél jobban sehol se közelítse meg.
- 8./ A szintezőműszert az egyoldalú hőhatásoktól (műszerernyővel) óvni kell.
- 9./ A szintezőléceket használatba vételükkor mind beosztásra, mind egységre nézve gondosan meg kell vizsgálni. Ha a kezdővonal és a lécc talpa közötti távolság a két léccen nem egyforma, az ebből származó hiba kiküszöbölhető, ha a szintezési vonalon páros számú műszerállást csinálunk.
- 10./ Ha a távcsőben három vízszintes szil van, a pontosság fokozására, illetve a durva hibák elkerülése céljából mind a három szálnál le kell olvasni a léccet.

## 7.2. MAGASSÁGL RÉSZLETPONT-MÉRÉSI ELJÁRÁSOK

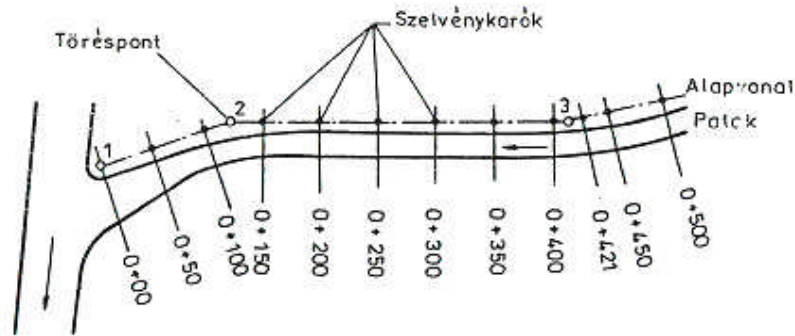
### 7.2.1. KERESZTSZELVÉNY SZINTEZÉS

Vonalas létesítmények felmérésének leggyakoribb módjere a keresztmetszvényezés.

Kivitelezése: A vonalas létesítmény (tervezett vonalas létesítmény) tengelyében vagy mellette a tengellyel párhuzamosan alapvonalat tűzünk ki. Az alapvonal töréspontjait esetleg állandósítjuk, koord'nátáit sokszögeléssel, magasságát vonalszintezéssel határozzuk meg. Földmunka céljára készülő felvétel esetén az alapvonalat a várható munkaterületen kívül célszerű elhelyezni.

Az így előkészített alapvonalat a létesítmény kezdőpontjától indulva szelvényezzük (stacionáljuk), azaz a tervezők vagy a terep által megkívánt sűrűségben (általában 20-25 m-ként) az alapvonalon karókat ütünk le. A folyamatos szelvényszámót a karókra ráírjuk. Útburkolaton HILTI szeggel és festéssel jelölhetjük a szelvénypontokat. A keresztmetszvényeket az egyes szelvénykaróknál az alapvonalra merőlegesen tűzzük ki. Ahol a felméréndő létesítmény keresztmetszetében ugrásszerű változás van, ott akkor is kell keresztmetszvényt felvenni, ha nem esik kerek számú szelvénybe (37. ábra).

A keresztmetszvény-mérés egyidejű vízszintes és magassági részletmérés. A vízszintes mérés a derékszögű, részletmérés mintájára történik. Abszcissza a karó szelvény száma, az ordinátát a keresztmetszvényben vízszintesen kifeszített mérőszalagon olvassuk le minden egyes részletpontnál (A szalag C-ja a szelvénykarónál van).



37. ábra

A kitűzés után tehát felállunk a szintezőműszerrel, lehetőleg úgy, hogy minél több keresztmetsvényt mérhessünk egy állásból. A szintezőlécet a legközelebbi alapvonal-töréspontra állítjuk, mm pontossággal leolvastatunk és ezt a jegyzőkönyv hátra rovatába írjuk.

Ezután a léces a szintezőlécet az első szelvény karójára állítja. Leolvassuk mm pontossággal, jegyzőkönyvezzük a "közép" rovatba. A sor elejére a "pont száma" rovatba a karó szelvény számát és a "karó" vagy "cövek" szót írjuk. Majd a cövek mellett a földre állítjuk a lécet, ezt már csak cm pontossággal olvassuk le és az előző bejegyzés alatti sorba írjuk "terep" megjelöléssel. Most a léces elindul a kifeszített mérőszalag mentén és mindenütt fölállítja a lécet, ahol a terepnek jellemző törése, lejtátmenete van. A léces a lécs távolságát az alapvonaltól a mérőszalagon 5-10 cm pontossággal leolvassa, és a jegyzőkönyvvezetőnek hangosan mondja, aki ezt a jegyzőkönyv "pont száma" oszlopába írja. A lécen a műszerrel leolvastatunk cm pontossággal, ezt a "közép" oszlopba írjuk. Ha az alapvonal egyik oldalán a kellő távolsáig eljutottunk, a szalagot átvisszük az alapvonal másik oldalára, és ha szükség van rá ott is mérünk részletpontokat (5.14. ábra). Ha az alapvonal mindkét oldalán mérünk, akkor a jegyzőkönyvben fel kell tüntetnünk a távolságok előtt az oldal irányát (jobb vagy bal) is. A jobb és bal kijelölése nem önkényes, hanem az alapvonal-szelvényezés irányából következik. Ez alól csak a folyóvíz (patak, csatorna) felmérése kivétel, ahol a jobb és bal oldalt a víz folyásiránya szabja meg a szelvényezés irányától függetlenül.

### 7.2.2. HOSSZ—SZELVÉNY FELVÉTEL

Szükség lehet arra, hogy egy vonalas létesítmény hossz-szelvényét (a tengelyvonalban felvett terepmetszetét) felrajzoljuk. Ezt megtehetjük úgy, hogy a keresztmetsvények mérési jegyzőkönyveiből kivesszük a tengelypontokra vonatkozó értékeket. Ha keresztmetsvényt mérés nem készült, akkor a hossz-szelvény önálló munkaként mérendő az alábbiak szerint.

Első lépésként a felmériendő (tengely) vonalat kijelöljük a helyszínen és a kívánt sűrűségben *szelvényezzük* (10, 20 vagy 50 m-ként, illetve ahol a terep, létesítmény



megkívánja). A szelvénypontokat festéssel, szeggel vagy egyéb alkalmas módon jelöljük meg. Számozásuk a kezdőponttól mért távolság (szelvénytávolság) méter dimenzióban, a km értéket (a vasútnál hektómétert) + jellel választjuk el.

A szelvényezés elkészülte után a megjelölt pontokat egy vonalszintezésbe foglalva mérjük végig. Ez azt jelenti, hogy egy alkalmasan választott magassági alapponttól vonalszintezést végzünk a szelvényezés kezdetéig. Innen tovább szintén a vonalszintezés szabályai szerint haladunk, de egy-egy műszerállásból a hátra és előre leolvasás között a léceket a közbeeső szelvénypontokra küldjük és ott is leolvassuk. A jegyzőkönyvben a H és E leolvasásokat a helyükre, a szelvénypontokra tett leolvasásokat (általában csak cm élességűek) a "közép" rovatba írjuk. A szelvényezett vonal végétől ismét sima vonalszintezéssel zárjuk le méréseinket a legközelebbi magassági alappontig. Ha a szelvényezett vonalunk 2-3 km-nél hosszabb, akkor közben is kell keresnünk magassági alappontokat és a hibák halmozódásának elkerülése, illetve rontás esetén a könnyebb hibakeresés érdekében ezekre is be kell kötni szintezésünket. Sarut csak kötőpontokon használunk!

A *számítási* munka a vonalszintezés záróhibájának kiszámításával kezdődik. Ha ez a  $\Delta \leq 40\sqrt{L}$  feltételnek megfelel, akkor számítjuk az egyes kötőpontok és iránysíkok magasságát, majd az iránysíkból (ha a szelvénypontok léceleolvasásai cm élességűek: akkor az irány sík cm-re kerekített magasságából) számítjuk az egyes szelvénypontok magasságát.

A hossz-szelvény *rajzi feldolgoása* milliméterpapíron történik. Általában torzított léptéket alkalmazunk, ez azt jelenti, hogy a vízszintes méretarányhoz képest nagyobb (általában 10x-es) magassági méretarányt alkalmazunk. A vízszintes méretarány leggyakrabban  $M_H=1:1000$  (illetve a csatlakozó helyszínrajz méretarányával azonos), ehhez  $M_V=1:100$  magassági méretarányt választunk, így a milliméterpapíron 1 cm vízszintesen 10 m-t, függőlegesen 1 m-t jelent.

Elsőként a szelvénypont magasságokhoz illeszkedő magassági skálát rajzolunk a milliméterpapír bal szélére, ügyelve, hogy a kerek 10 m-es magasságok a beosztás legvastagabb vízszintes vonalaira kerüljenek. Majd megrajzoljuk a lap alján vízszintesen a szelvényvonalat, bejelölve és megírva alatta balról jobbra haladva minden olyan szelvénypontot, ahol magasságmérés történt. A 0+000 szelvénynek a milliméterpapír legvastagabb függőleges vonalára kell esni. Már csak a szelvénypontok függőlegeseiben a jegyzőkönyv szerinti magasságokat kell jelölnünk. A hossz-szelvény pontjait vékony egyenes vonalakkal kötjük össze, megrajzoljuk a szelvénypontok vetítővonalait is, és ennek egy 1 cm-es megszakításában a magasságot számszerűen is feltüntetjük. Az  $M_{H\$,}$  f lírásáról sem feledkezhetünk meg, és jelölnünk kell azt is, hogy a pontmagasságok milyen alapszintre vonatkoznak.

Jellemző terepszelvények felvételére nem csak vonalas létesítményekkel kapcsolatban kerülhet sor. Egy lejtős telekre tervezendő épület magassági elhelyezését

megkönnyíthetjük néhány jellemző szelvény felvételével, melyek (torzítás mentesen) felrakva hűen szemléltetik a terep lejtésviszonyait.

### 7.2.3. A TERÜLETSZINTEZÉS

A területszintezés vagy más néven négyzethálós szintezés lényege, hogy a magasságilag megméréndő terepen 5-10-20, esetleg 50 m-es oldalhosszúsággal négyzethálózatot tűzünk ki, és a terepmagasságot a négyzetek sarokpontjain szintezéssel határozzuk meg. A módszerrel nagy területek gyorsan felmérhetők, de csak akkor alkalmazható ha:

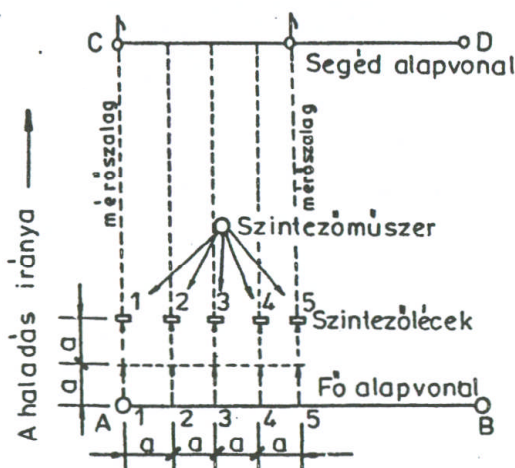
- a terep domborzatilag jellegtelen, közel vízszintes,
- nincs síkráizilag bemérendő részlet,
- a terep nyílt, nincsenek látást akadályozó bokrok, fák, tereptárgyak.

A mérés előkészítéseként egy alapvonalat tűzünk ki célszerűen a felméréndő terep egyik oldalán. Ezt az alapvonalat a kívánt négyzetoldal-hosszaknak megfelelően szelvényezzük. A szelvénypontokat elegendő kapavágással vagy egyéb primitív módon ideiglenesen megjelölni és csak minden ötödiket vagy tizediket cövekeljük.

Ha nagy, egybefüggő területről van szó, akkor az alapvonalat sokszögeléssel vagy egyéb módon be kell mérni. A szemben fekvő oldalon egy segéd-alapvonalat kell kitérni és bemérni. A merőlegesek metszéseit ezen számítással határozzuk meg. (Kis terület esetén szögprizmával, illetve mérőszalaggal.) A magassági előkészítés a levert cövekel: beszintezéséből áll.

A részletmérés akkor gyors és gazdaságos, ha egyszerre minél szélesebb sávot mérhetünk, azaz ha sok szintezőlécünk van. A továbbiakban tételezzük fel, hogy 20 m-es hálózatot mérünk és öt szintezőlécünk van. Szükséges még két 20 m-es mérőszalag, szögekkel, néhány kitérőrud és természetesen egy igazított szintezőműszer.

Induláskor az öt léceket az alapvonal első öt szelvénypontjára állítjuk. Az első és az



38. ábra

ötödik szelvénynél kitérített merőleges túlsó végpontjára  $i-1$  kitérőrudat szúrunk. A műszerre úgy állunk fel, hogy minél nagyobb területet tudjunk egy állásból szintezni.

A mérés megkezdésekor a kezdőpontnál álló léceket a szintezőléc a karó tetejére állítja. A műszerrel I olvasást végzünk mm élességgel (38. ábra).

Ezután ezt a léceket a karó melletti talajra állítjuk, ugyanakkor a többi négy is a helyére áll. A műszerrel sorban egymás után minden léceken leolvasást végzünk, de csak cm-re.

Miközben a leolvasást végezzük, két további segédmunkás egy-egy mérőszalag egyik végével a szélső lécesek vonalán elindul a kitűzőrudak irányába. A szalagok másik végét a szélső lécesek fogják. A szalag kifeszítése után a lécesek a szalagvéget beintik az egyenesbe, a szalagosok leszúrnák a jelzőszögeket.

Ha a leolvasást befejeztük, a "tovább" vezényszóra a szélső lécesek előre jönnek az előbb leszúrt jelzőszögekig. A közbenső három léces is előre jön, a szélsők egyenesbe intik őket, az oldaltávolságot pedig egymás közt tartani igyekeznek. A szalagosok természetesen szintén tovább mennek előre és leszúrnák a következő szögeket.

A műszerrel ismét sorban leolvassuk a léceket. Az újabb "tovább"-ra ismét 20 m-el előrébb jön a sor, s így haladunk területünk túlsó széléig. Ott öt hellyel odébb megy az egész apparátus és a következő sávon visszafelé jönnek ugyanígy.

Olyan hosszú sávok esetén, amelyeket egy műszerállásból nem látunk végig, az utolsó sor leolvasása után az egyik szélső lécet sarura állítjuk és mm élességgel "előre" leolvasást végzünk. Átállás után ugyanerre a lécre újrainyazunk, és az elvégzett "hátra" leolvasás biztosítja az új irányúsík számíthatóságát.

Az alapvonalhoz visszaérve a szélső lécünk ismét előre beszintezett karóhoz érkezik. A karóra állított lécen tett leolvasás ellenőrzés irányhorizont számításunk helyességére.

$M_A = 87,692$   
 $I_A = 2,011$

Iránysík = 89,703 ~ 89,70

1	05	1	37	1	30	1	34	1	42	
88	65	88	33	88	40	88	36	88	28	
1	30	1	45	1	31	1	35	1	40	
88	40	88	25	88	39	88	35	88	30	
1	44	1	42	1	14	1	20	1	30	
88	26	88	28	88	56	88	50	88	40	
1	66	1	52	1	16	1	15	1	25	
88	04	88	18	88	54	88	55	88	45	
1	48	1	58	1	10	1	60	1	66	
88	22	88	12	88	60	88	10	88	04	
1	40	1	44	1	44	1	51	1	60	
88	30	88	26	88	26	88	19	88	10	
1	46	1	49	1	44	1	84	1	88	
88	24	88	21	88	26	87	86	87	82	
1	83	1	98	2	10	2	30	2	32	
87	87	87	72	87	60	87	40	87	38	
2	10	2	30	2	36	2	07	2	25	
A	87	60	87	40	87	34	87	63	87	45

← Lécleolvasás  
← Pont magasság

Alapvonal →

39. ábra

A területszintezés lécleolvasásainak feljegyzésére nem az előzőknél megszokott jegyzőkönyv-formulát használjuk. Sokkal áttekinthetőbb az adathalmaz, ha mérési vázlat jellegű jegyzőkönyvet készítünk (39. ábra).

A4-es papírlapokra előre megrajzoljuk a négyzethálózatot, egy-egy lapra annyit, amennyit egy műszerállásból mérhetünk. A lapokat a műszerállások sorrendjének megfelelően számozzuk, tehát ahány műszerállás, annyi lapunk lesz. Az alapvonal megfelelő szelvényszámait a lap szélső négyzetsarkaira ráírjuk. A kezdőkarón álló lécre tett "hátra" leolvasást a lap szélére felírjuk, és rögtön felírva a karó

korábban már meghatározott magasságát, a kettő összegeként az irány sík magasságát számítjuk, ami az egész lapra érvényes lesz. A további lécleolvasásokat a megfelelő négyzetsarok mellé írjuk, a vízszintes vonal fölé. Az utolsó előre leolvasás ismét a lap szélére kerül, ahol a kötőpont magasságát számítjuk. Az új műszerálláson új lapot veszünk elő. Ha visszaértünk az alapvonalunkhoz, az utolsó "előre" leolvasás ismert magasságú karóra történik. A műszer irány síkjából a leolvasott értéket levonva a már korábban meghatározott értéket kell kapnunk. A záróhiba megengedett értéke  $\Delta \leq 40 \sqrt{L}$  a már ismert definíciók szerint. Ha hibahatáron belül vagyunk, az eltérést az irány síkokra arányosan ráosztjuk. Az így javított és cm-re kerekített irány sík-magasságokból már számolhatjuk a négyzetsarokpontok magasságait. A sarokpontokhoz írt leolvasás értékek mindegyikét az illető lapon érvényes irány sík magasságából kell levonni. A kapott terepmagasságokat a sarokpontnál a vízszintes vonal alá írjuk, lehetőleg más, pl. piros színnel.

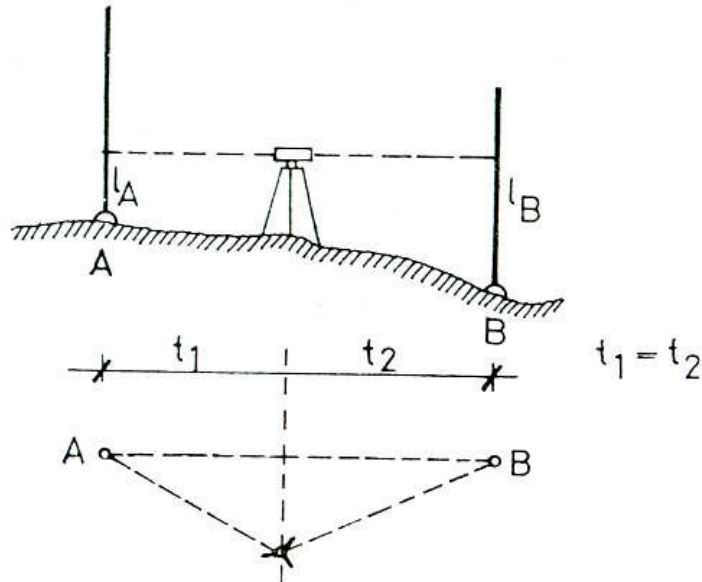
Ilyen rendszerű jegyzőkönyvezésnél mentesülünk a pontszámozástól, a hálózat és a magasságértékek térképezése egyszerűbb, valamint egyszerű az esetleg a területre eső néhány olyan pont feljegyzése, amelyek jellemzőek, tehát bemérendők, de nem esnek négyzetsarokpontra. Az ilyen pontokra a hozzá legközelebbi léces megy, helyét a négyzeten belül legtöbbször csak lépéssel határozzuk meg. A mérési vázlaton ezek a pontok egyértelműen feltüntethetők.

Ha a terepen határozott domborzati idomok vannak, vagy egyidejűleg síkrajzi elemeket is kell mérni, akkor a felmérést célszerűbb tahimetrikus eljárással végezni.

## 8. VONALSZINTEZÉS

Két egymáshoz közel fekvő (100-150 m) és összelátható pont magasságkülönbségének meghatározásakor az alábbiak szerint járunk el:

1. Szintezőműszerrel felállunk a két pont felező merőlegesén (a műszer mindkét ponttól azonos távolságra legyen 40. ábra.)



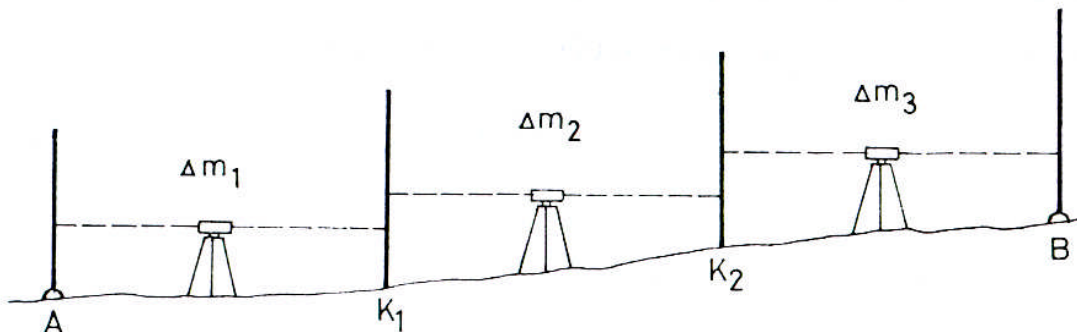
40. ábra

2. Lécleolvasás végzünk A, majd B pontra helyezett lécen ( $l_A$ ;  $l_B$ )

3. Számítjuk a magasságkülönbséget

$$\Delta m = l_A - l_B$$

Amennyiben a két pont nagyobb távolságra van egymástól (41. sz. ábra) vagy egy léchossznál nagyobb a magasságkülönbség, úgy több részmagasságot határozunk meg, majd azok algebrai összegzéséből kapjuk meg a két pont magasságkülönbségét.



41. ábra

Mivel a vonalszintezés hátra és előre leolvasások sorozatából áll, a magasságkülönbséget még számíthatjuk az alábbiak szerint:

$$\Delta m_{AB} = \sum 1_{\text{hátra}} - \sum 1_{\text{előre}}$$

A két úton való számítás a magasságkülönbség számítására nyújt ellenőrzést.

Az ábrának megfelelő vonalszintezést az alábbi lépésekben végezzük.

1. Szintezőműszerrel felállunk A ponttól olyan távolságra, hogy a lécet megbízhatóan le tudjuk olvasni.

2. A lécet az A pontra állítjuk és leolvasást végzünk:

$$1_{\text{hátra}}^A \quad (\text{leolvasás előtt a szintezőlibella buborékját gondosan középre állítjuk})$$

3. A segédmunkás a lécet vállra véve lépéssel megméri a távolságot a műszerig, majd ugyanilyen távolságra viszi a lécet. Ez lesz  $K_1$  kötőpont.

$$\text{Leolvasást végzünk: } 1_{\text{előre}}^{K_1}$$

4. Műszert tovább visszük és 1. pont szerint felállunk.

5.  $K_1$ -en levő lécet az új műszerállás felé fordítjuk és leolvassuk:

$$1_{\text{hátra}}^{K_1}$$

6. A segédmunkás 3. pont szerint előre viszi a lécet  $K_2$ -re.

$$\text{Leolvasást végzünk: } 1_{\text{előre}}^{K_2}$$

7. Műszert tovább visszük úgy, hogy az  $K_2$  B távolság felébe kerüljön.

8.  $K_2$ -n lévő lécet az új műszerállás felé fordítjuk és leolvassuk:

$$1_{\text{hátra}}^{K_2}$$

9. Lécet B pontra állítjuk és leolvasást végzünk:

$$1_{\text{előre}}^B$$

10. Számítjuk a magasságkülönbségeket:

$$\Delta m_1 = 1_{\text{hátra}}^A - 1_{\text{előre}}^{K_1}$$

$$\Delta m_2 = 1_{\text{hátra}}^{K_2} - 1_{\text{előre}}^B$$

$$\Delta m_3 = 1_{\text{hátra}}^{K_2} - 1_{\text{előre}}^B$$

$$\Delta m_{AB} = \Delta m_1 + \Delta m_2 + \Delta m_3$$

$$\text{valamint } \Delta m_{AB} = \sum 1_{\text{hátra}} - \sum 1_{\text{előre}}$$

A pont jele	Lécleolvasás		Magasságkülönbség	
	hátra	előre	+	-
1216Fcs	1342			
K <sub>1</sub>		1946		0604
K <sub>1</sub>	1718			
K <sub>2</sub>		2016		0298
K <sub>2</sub>	1418			
K <sub>3</sub>		1296	0122	
K <sub>3</sub>	1872			
K <sub>4</sub>		1616	0256	
K <sub>4</sub>	1560			
K <sub>5</sub>		1786		0226
K <sub>5</sub>	1970			
K <sub>6</sub>		1860	0110	
K <sub>6</sub>	2116			
1242Fcs		1818	0298	
	11996	12338	0786	1128
		11996		0786
		0342	=	0342

#### Vonalszintezés szabályai:

1. A szintezőműszer egyenlő távolságra állítandó fel a kötőpontoktól (lépés pontosságra).
2. Hátra és előre irányzás között a parallaxis csavarhoz és a szálcsőhöz hozzányúlni nem szabad.
3. Mérés alatt a műszer különösen a szintezőlibella árnyékolandó.
4. Szintezett pontokon a szintezőlécet függőlegesen kell tartani.
5. Kötőpontokon a lécet sohasem szabad a földre állítani.
6. A szintezés mindig oda-vissza irányban végzendő.
7. Mérést egyenletes sebességgel kell végrehajtani.
8. Mérést csak arra alkalmas időben lehet végezni.
9. Komparált szintezőlécet kell alkalmazni.

## 9. VÍZSZINTES ÉS MAGASSÁGI SZÖGMÉRÉS. A TEODOLIT.

### 9.1. A TEODOLIT

A teodolit vízszintes és magassági szögek mérésére, illetve kitűzésére szolgáló eszköz. A teodolit két fő részből áll: a műszertalpból, amelyik a mérés alatt mozdulatlan elhelyezésű, az alhidádéból, amelyik a műszertalpra ágyazott V-V állótengely körül forgatható (42. ábra).

A műszertalpból nyúlik ki a három talpcsavar, melyek csavarásával a műszert kismértékben dönthetjük két egymásra merőleges síkban (az első és második főirányban). A műszertalpban helyezkedik el a vízszintes szögek mérésére szolgáló persely. A műszertalpat a műszerállvány összekötő csavarjával rögzítjük a műszerállványhoz.

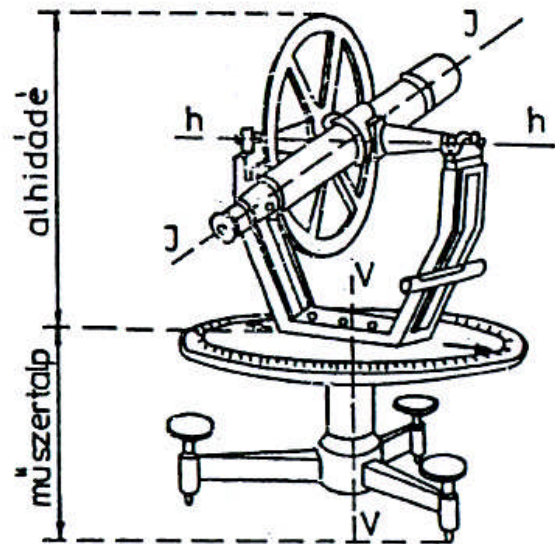
mai műszereken a limbuszkör üvegből készül, beosztása 360 fok vagy 400 grad és az óramutató járásával azonos irányú.

A műszertalpban van csapágyazva az alhidádé tengelye az állótengely (V-V). Az alhidádé szabatos forgását golyócsapágyak biztosítják. Az alhidádét tetszőleges helyzetben a műszertalrhoz rögzíthetjük a vízszintes kötőcsavarral. Megkötés után csak a vízszintes irányítócsavar (paránycsavar) útján tudjuk kismértékben elfordítani.

A műszertalp limbuszkör és az alhidádé közötti kapcsolat alapján megkülönböztetünk: Egyszerű teodolitot, limbuszköre a műszertalpon rögzítve van.

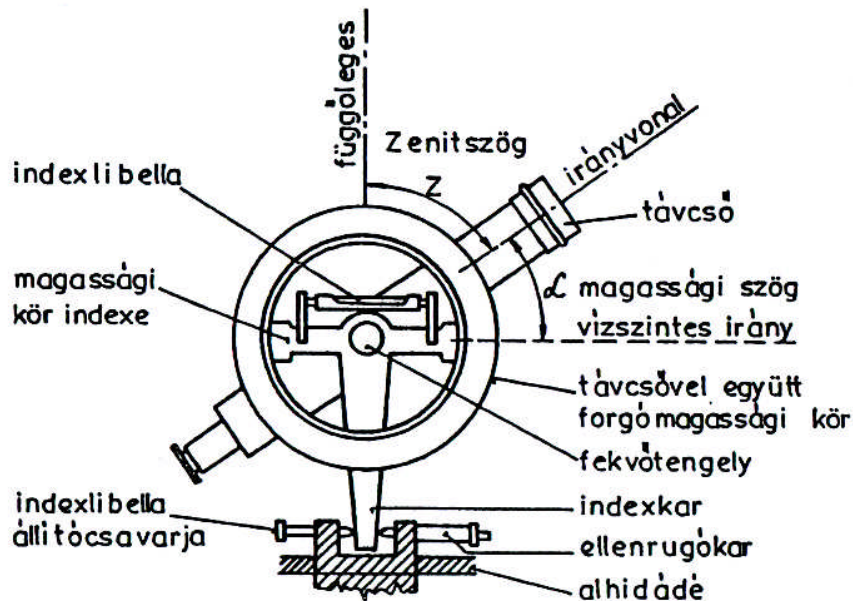
Ismétlő rendszerű teodolitot, ha a limbuszkör műszertalpban egy kívül elhelyezett forgatógombbal tetszés szerint elforgatható.

Szorzó rendszerű teodolitot, ha két vízszintes kötő és paránycsavart találunk. A második kötőcsavar a libuszkörhöz tartozik, oldása esetén a limbuszkör az alhidádéval együtt forog. A limbuszkör tehát itt is elfordítható, de csak az alhidádéval együtt. Erre a rendszerre a régebben szokásos ún. szorzó szögméréshez volt szükség. A mai műszereken (pl. Zeiss Theo 020) úgy oldják meg a szorzás lehetőségét, hogy az alhidádé oldalán lévő kapcsoló a limbuszkört tetszőleges helyzetben az alhidádéhoz rögzíti, de a kapocs kioldása után az ismét automatikusan a műszertalrhoz kötődik. Nincs szükség tehát a kettős kötőcsavar rendszerre, mely a mérésnél sok hibaforrást jelenthet.



42. ábra





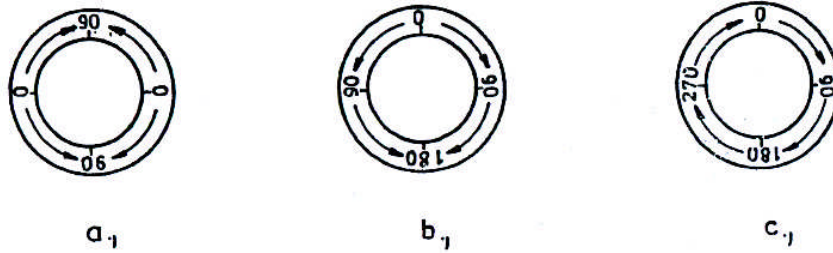
43. ábra

Az alhidádé oszlopain nyugszik a fekvőtengely (h-h), melyen a távcső és a magassági kör van elhelyezve. A fekvőtengely az állótengelyre merőleges, méréskor tehát vízszintes. A távcső így két egymásra merőleges tengely körül forgatható, a szerkezet adta korláton belül tehát a tér bármely pontja megirányozható vele. A fekvőtengelynek is van rögzítő és parányállító csavarja, ezeket magassági kötőcsavarnak, illetve magassági irányítócsavarnak nevezzük.

A fekvőtengelyen a távcsővel együtt forog a magassági kör, melyen egy állóindexhez képest a távcső mindenkor irányának a vízszintessel, illetve a függőlegessel bezárt szöge olvasható le (43. ábra). A magassági kör anyaga, kivitele a limbuskörével azonos, de valamivel kisebb átmérőjű. Számozási rendszerre többfél lehet.

1. Magassági szög szerinti számozásról beszélünk, ha a vízszintes távcsőhelyzethez a magassági körön  $0^\circ$  tartozik, a függőleges irányhoz  $90^\circ$ . Az ilyen számozású magassági körön közvetlenül a távcső vízszintessel bezárt szögét, azaz a magassági szögét olvashatjuk le. A 44. ábra a részlete szemlélteti.
2. A zenitszög egy tetszőleges iránynak a függőlegessel bezárt szöge, (a magassági szög pótszöge).

Zenitszöges számozású magassági kör látható a 44. ábra b. és c. részletén.



44. ábra

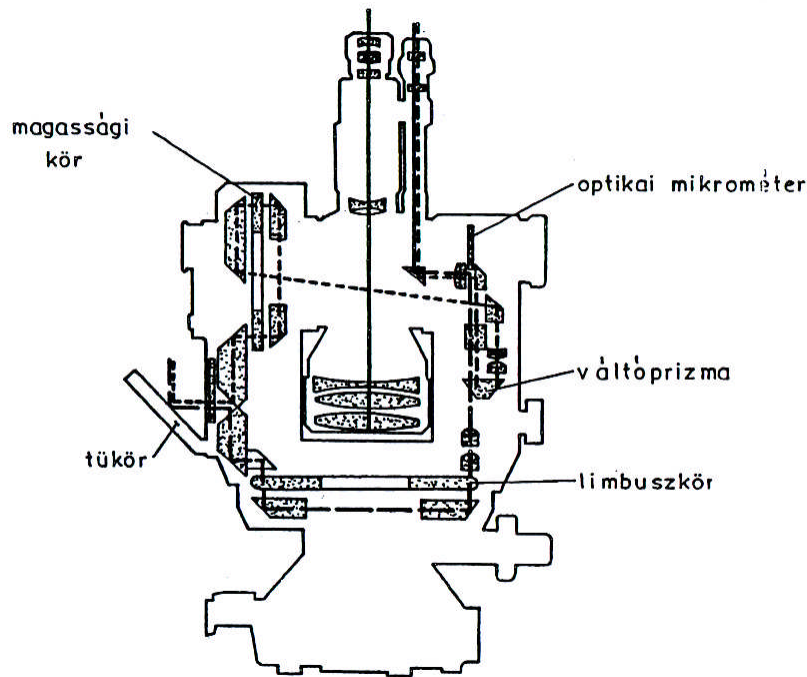
Felhívjuk a figyelmet a vízszintes és magassági körnek a mérés folyamán elfoglalt helyzete közti lényeges különbségre, azaz míg a vízszintes kör mozdulatlan, s az indexek mozognak, addig a magassági körnél az indexek mozdulatlanok és a magassági kör mozog (a távcsővel együtt).

A magassági kör indexének vízszintes helyzetét az index libella biztosítja (43. ábra), melyhez egy állítócsavar is tartozik. Az index libella buborékját az állócsavar segítségével minden leolvasás előtt középre kell állítani.

A legújabb műszereken már kompenzátoros magassági indexet alkalmaznak, mely az állótengely függőlegessé tételekor az indexvonalat automatikusan vízszintes helyzetbe hozza.

Az alhidádén helyezkednek el a vízszintes és magassági körhöz tartozó mikroszkópok is. A korszerű műszereken mindkét leolvasómezőt, alkalmasan elhelyezett prizma sorozatával a távcső mellé épített egyetlen leolvasó mikroszkópba vetítik. Ebben a mikroszkópban a vízszintes és a magassági kör leolvasandó részlete egyidejűleg, vagy egy váltógomb működtetésével felváltva jelenik meg. A leolvasáshoz szükséges megvilágítást az alhidádé oldalán lévő tükör megfelelő szögű beállításával biztosítjuk, vagy szükség esetén alkalmazhatunk elektromos világítást is. A 45. ábrán a MOM Te-B1 teodolit optikai vázlatát láthatjuk.

A teodolitokon mindig találunk az alhidádéhoz erősített - a teodolit állótengelyének függőlegessé tételére szolgáló - libellát, amit alhidádé libellának nevezünk.

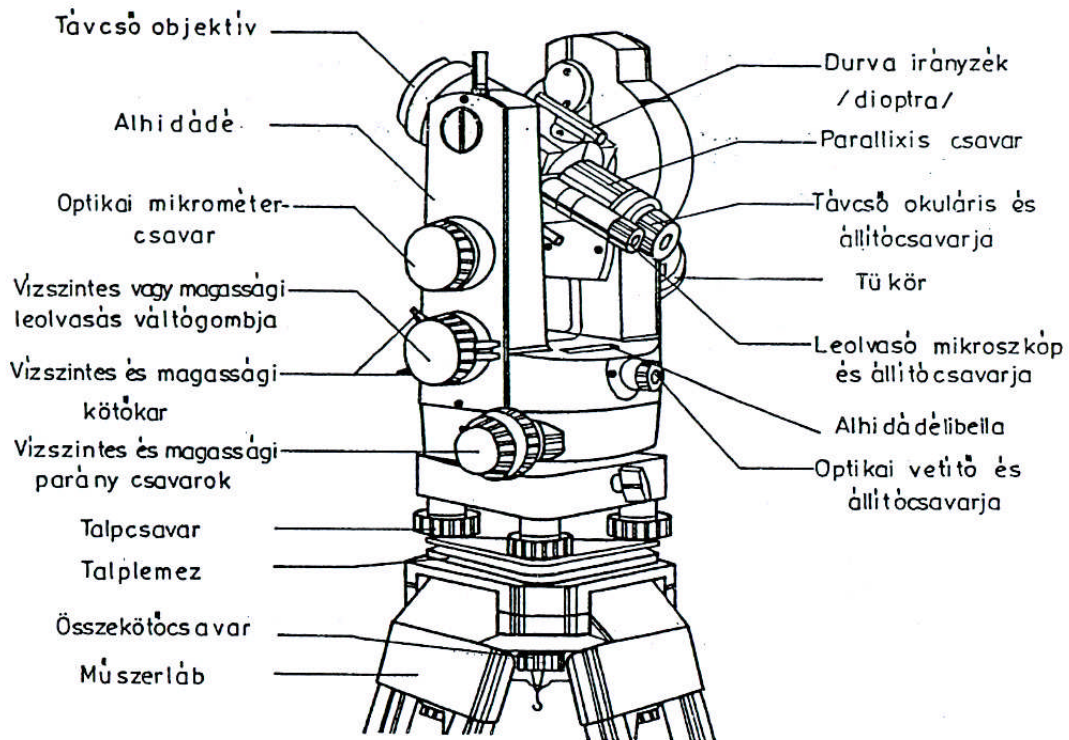


45. ábra

A teodolit mérés közben rendszerint háromlábú műszerállványon áll. Az állvány általában fából készül, összetolható kivitelben a szállítás megkönnyítésére. A lábakat összefogó állványfej fém, benne helyezkedik el az összekötőcsavar vagy szivarcsavar, mellyel a műszert az állványfejhez erősítjük. Az összekötőcsavar horoggal kell hogy rendelkezzen a függő zsinórjának beakasztásának céljából és csőszerű kivitelű, hogy a optikai vetítőt is felhasználhassuk.

A 46. ábrán a Zeiss Theo 010 teodolit kezelő berendezéseinek és szerkezeti részeinek elrendezési vázlatát láthatjuk.

A teodolit távcsövével bármely pontot a távcső két állásában lehet megirányozni, amire a mérés pontosságának fokozása és a különböző műszerhibák kiküszöbölése miatt van szükség. Az egyiket első (jelölésben I.) távcsőállásnak - ekkor a vízszintes kötő- és paránycsavarok jobb kézre esnek - a másikat pedig második (II) távcsőállásnak nevezzük.



46. ábra

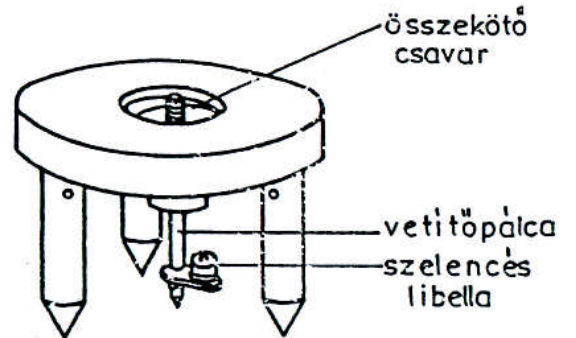
Ha egy ponton gyakran kell a műszert felállítani huzamosabb időn keresztül, célszerű téglából vagy betonból pillért építeni, és a műszert nem állványra, hanem egy műszeralátét (47. ábra.) közleiktatásával erre a pillérre állítani.

**A teodolit felállítása**

A teodolitot helyesen felállítottnak, akkor mondjuk, ha az állótengelye függőleges, és meghosszabbítva a megméréendő vagy kitűzendő szög csúcspontján megy keresztül.

A teodolit felállítása két műveletet kíván:

1. a pontra állást
2. az állótengely függőlegessé tételét.



47. ábra

## 10. MAGYARORSZÁGI VÍZSZINTES GEODÉZIAI ALAPONTHÁLÓZAT. HÁROMSZÖGELÉS.

### 10.1. A VÍZSZINTES MÉRÉS MÓDSZEREI

A vízszintes mérést három jól elkülöníthető (de nem mindig elkülönülő) munkafázisra bonthatjuk, ezek pedig a következők:

- **vízszintes felmérésnek** nevezzük a Föld fizikai felszínének, illetve azon található természetes és mesterséges alakzatok jellemző pontjainak az alapfelületen való egymáshoz viszonyított meghatározását
- **térképezésnek** nevezzük az előzőekben meghatározott pontok ábrázolását
- **vízszintes kitűzésnek** nevezzük a tervezett létesítmények, előre meghatározott helyének a Föld fizikai felszínén való kijelölését.

### 10.2. VÍZSZINTES FELMÉRÉS

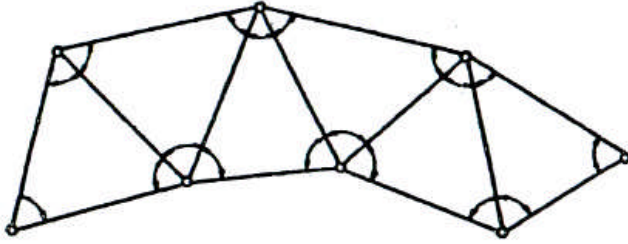
A vízszintes felmérés során először egy gondosan meghatározott pontokból álló, a felméréendő terület egészére kiterjedő és összefüggő keretet hozunk létre, melyet alapponthálózatnak, a pontokat pedig alappontoknak nevezzük. A tulajdonképpeni Föld felszín, illetve objektumai jellemző pontjainak az ún. részletpontoknak a helyét ezekre az alappontokra támaszkodva határozzuk meg. Az alappontok jelentősége főként abban van, hogy általuk megakadályozzuk a részletmérésben elkerülhetetlen mérési hibák továbbterjedését, valamint megteremtjük a nagyobb területre is kiterjedő felmérések összhangját.

Az alpponthálózat az a váz, melyre támaszkodva a részletek relatív meghatározása pontosan és összefüggően végezhető.

### 10.3. A HÁROMSZÖGELÉS

Valamely háromszögben legyen adott két pont koordinátaival. Mérjük meg a háromszög három belső szögét. Nyilvánvaló, hogy ezekkel az adatokkal a háromszög harmadik pontját is meghatároztuk, tehát koordinátái a megadott koordináta-rendszerben kiszámíthatók. Ha egy pontcsoport pontjait háromszögekkel úgy kapcsoljuk egymáshoz, hogy minden háromszög a hálózatnak egy háromszögével azonos oldalú legyen, akkor a hálózat egyetlen oldalhosszának és a háromszögek belső szögeinek a megmérése a hálózat pontjait relatíve meghatározza.

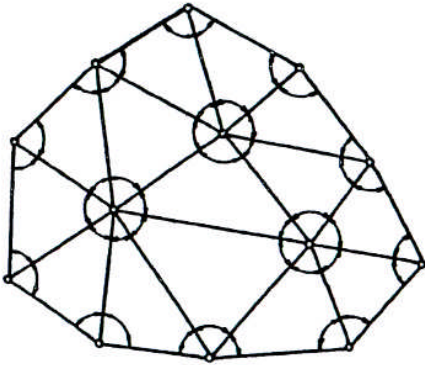
A háromszögelésnél a tetszés szerinti számú pont meghatározásához csak egyetlen oldalhossz megmérése szükséges, egyébként csupán szögmérést kell végezni.



48. ábra

Ha a háromszögeket úgy kapcsoljuk egymáshoz, hogy az egyik oldalból kiindulva bármelyik oldal hosszát csak egyféle úton számítjuk ki, tehát az alakzatnak csak annyi oldala van, amennyi a pontok meghatározásához feltétlenül szükséges, akkor az alakzatot láncolatnak nevezzük (48.ábra).

Ha viszont az alakzatnak több oldala van, azaz az egyes oldalak hosszát más-más utakon is számíthatjuk, akkor az alakzatnak a neve hálózat(49. ábra).



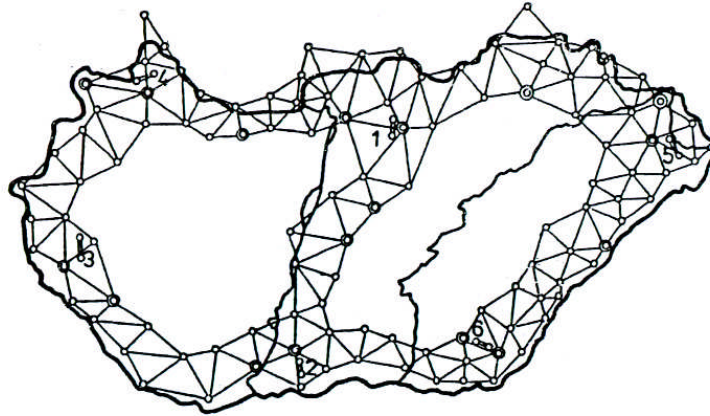
49. ábra

A háromszögelési hálózatokat a geodéziában szokásos „nagyból a kicsi felé haladás” elve szerint építik fel. Az egész ország területét felölelő hálózat létesítésénél először a mintegy 30 km oldalhosszúságú elsőrendű háromszögelési hálózatot készítik el. Ezután a háromszögek súlypontjainak közelében felvett pontokkal egy átlagosan 15 km oldalhosszúságú másodrendű hálózatot létesítenek. Ezt követi a mintegy 7 km oldalhosszú harmadrendű hálózat. Az első, második és harmadrendű hálózatot

együttesen elsőrendű hálózatnak nevezzük.

A elsőrendű háromszögelési hálózatban belül foglalnak helyet az alsórendű hálózat negyed és ötödrendűnek nevezett pontjai, mintegy 2, illetve 1 km átlagos oldalhosszakkal.

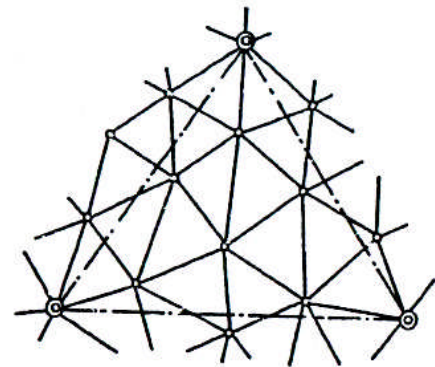
Az országos elsőrendű háromszögelési hálózatban Magyarországon ún. keret-háromszögelést végeznek, mely keretek egy vagy több láncolatból vannak kialakítva (50. ábra). A kereten belül az ún. kitöltő hálózat foglal helyet. Magyarországon az új elsőrendű hálózat kitöltő hálózatának kialakításakor a Regőczy-féle módszert alkalmazták.



50. ábra

A Regőczi-eljárás lényege az, hogy a kitöltő hálózatban csak 7 km oldalhosszú, tehát harmadrendű hálózatot fejlesztenek ki, és ennek a hálózatnak a szögeit mérik meg. Ebből a hálózatból pusztán számítással vezetnek le egy átlagosan 30 km-es (első rendű) oldalhosszúságú, ún. fiktív háromszögelési hálózatot. Egy ilyen 7 km oldalhosszúságú hálózatrészt és egy fiktív elsőrendű háromszöget láthatunk a 51. ábrán.

A felsőrendű háromszöghálózatban, mint említettük, elegendő elvben egyetlen oldal hosszát meghatározni. Gyakorlatban azonban a szögmérési hibák továbbbadhatják a hosszhibákat, és a hibaterjedés törvénye értelmében az oldalak hosszhibái állandóan növekednek. Ezért nem elégednem meg egyetlen oldal hosszának megméréseivel, hanem - a hibák terjedését figyelembe véve- mintegy



51. ábra

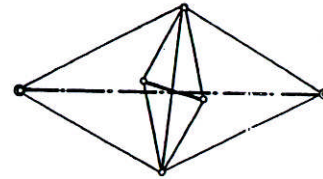
200 km-ként (azaz a keret-háromszögelés csatlakozóhelyeinél) egy-egy oldalhosszat megmérnek. Az oldalhossz meghatározását alapvonalmérés útján végzik fizikai távméréssel, régebben invárdrótos berendezés alkalmazásával. Az alapvonal általában nem azonos magával a háromszögelés oldalhosszával, hanem annál rövidebb. Ebből az alapvonalból különleges háromszögelési alakzat segítségével vezetjük le a háromszögoldal hosszát. Ezt a műveletet alapvonal-fejlesztésnek, azt a háromszögoldalt pedig melynek hosszát így meghatároztuk, fejlesztet oldalnak nevezzük. Az alapvonal hossza a fejlesztett oldalnak legalább egyötöde.

Alapvonal-fejlesztésre kétféle alakzat használatos: rácsos és rombuszos alakzat. Rácsos láncolatot az 52. ábrán láthatunk, míg a rombuszok alapvonal-fejlesztő hálózat

típusának egy példáját az 53. ábrán mutatjuk be. Gazdasági okokból a rombusz hálózat alkalmazásra került előtérbe a kevesebb mérési munka miatt.



52. ábra



53. ábra

A magyarországi új felsőrendű hálózatban hat alapvonalat mértek. A 50. ábrán az egyes alapvonalakat sorszámmal jelöltük meg. Vastag folytonos vonallal jelöltük a mért oldalakat és vastag eredményvonallal a fejlesztett oldalakat.

A háromszögelés gyakorlati végrehajtását négy fő mozzanatra bonthatjuk:

1. A hálózat tervezése - célszerűen topográfiai térkép felhasználásával
2. A hálózati pontok megjelölése - állandósítás
3. A hálózat mérése
4. A hálózati pontok koordinátáinak számítása

A trigonometriai pontmeghatározások közül a leggyakrabban alkalmazottak az:

1. Előmetszés
2. Oldalmetszés
3. Hátrametszés
4. Ívmetszés



## 11. HOSSZ-SZELVÉNYEK FELVÉTELE

### 11.1 HOSSZ-SZELVÉNY FELVÉTEL

Hossz-szelvény felvétele valamely kitűzött vonal, vonalas létesítmény jellemző tereppontjainak (hossz-tengelymenti) magassági felmérését jelenti.

A hossz-szelvény felvétele két fő mozzanatból áll:

1. szelvényezés
2. magassági felmérés.

Egy vonalas létesítmény szelvényezésén azt értjük, hogy a vonalon kijelöljük előre megadott távolságok helyét. Például a hektóméteres szelvényezésnél a vonalon kijelöljük a 100 m-es távolságokat. Ez esetben a szelvények értékét a hektóméter értékkel jellemezzük (1200 m tehát így írandó: 12 + 00).

Hossz-szelvény felvételekor a hossz-szelvényre jellemző közbenső pontokat is meg kell határozni (például átereszek-, átfeszítések helye, ív eleje, ív vége stb.). A jellemző pontok helyét a közvetlenül megelőző kerek szelvényekhez viszonyítva adjuk meg (tehát a kezdőponttól 216 m-re lévő műtárgy helyét így jelöljük hektóméteres szelvényezésnél: 2 + 16).

A hossz-szelvény felvétel gyakorlati végrehajtása:

#### 1. Szelvényezés:

E munkafolyamat során hektóméteres szelvényezést feltételezve - minden 100 méter távolságra -, továbbá minden jellemző magasság töréspontnál facöveket helyezünk el és acél mérőszalaggal dm élességgel bemérjük.

A szelvényszámot a cövekre vízálló festékkal vagy irónnal felírjuk.

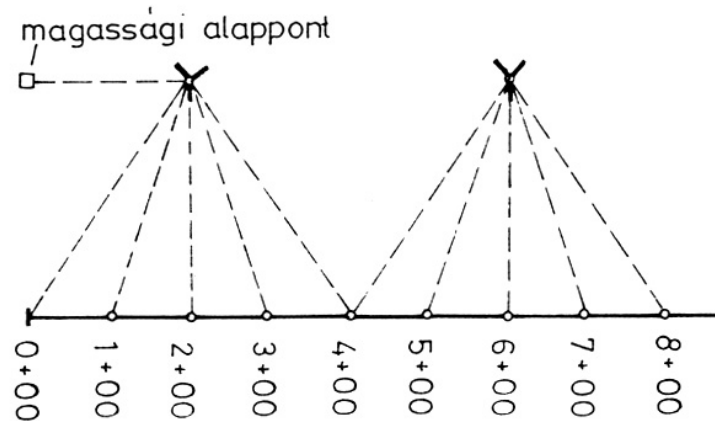
Szilárd burkolatú vonalas létesítmény esetén a jelölést a burkolatra való felfestéssel biztosítjuk.

#### 2. Magassági felmérés:

A magassági felmérés feladata a megjelölt szelvénypontok magasságának cm élességű meghatározása. Ennek érdekében valamelyik közelben lévő magassági alappontból vonalszintezéssel meghatározzuk a kezdőpont (0+00) vagy annak közelében elhelyezett magassági jel magasságát.

Ezt követően szintezőműszerrel úgy állunk fel, hogy arról minél több szelvénypontot tudjunk felvenni (természetesen az irányzási távolság korlátozott) Az első leolvasás az ismert magasságú pontra helyezett lécre történik, majd a szelvénypontok következnek a szelvényezés sorrendjében. (54. ábra)

Az egyes szelvénypontokban a lécet a terepre, majd a szelvénycövek tetejére is felállítjuk (kereszt-szelvényezésnél később ezt felhasználjuk).



54. ábra

Az ismert magasságú pontra helyezett lécen mm élességű leolvasást végzünk, majd a leolvasás értékét a jegyzőkönyv "hátra" rovatába írjuk.

A szelvénypontokon a cövekre mm, a terepre helyezett lécen cm élességgel olvasunk le és a leolvasást a jegyzőkönyv "közép" rovatába írjuk.

Végül a kötőpontra (amely egyúttal lehet egy cövek teteje is ) mm élességű leolvasást végzünk, az eredményt az "előre" rovatba írjuk.

A pontok magasságának számítását a következők szerint végezzük:

Az ismert alappont magasságához hozzáadjuk az ott végzett lécleolvasást, majd az így kapott értéket cm-re kerekítjük. Ez lesz a látsík magassága.

A látsík magasságából levonva az egyes lécleolvasásokat megkapjuk a leolvasáshoz tartozó pont magasságát.

A hossz-szelvényt mm papíron ábrázoljuk.

A pont jele	Lécleolvasás			A látsík magassága	A pont
	hátra	közép	előre		
1216Fcs	2342			110,23	108,888
0+00		1910			108,32
cövek		1810			108,42
1+00		2020			108,21
cövek		1980			108,25
2+00		1580			108,65
cövek		1500			108,73
3+00		0580			109,65
cövek		0500			109,73
K <sub>1</sub>			1215		109,015
K <sub>1</sub>	1505			110,52	
3+52		1100			109,42
cövek		1020			109,50
4+00		1370			109,15
cövek		1300			109,22

A hossz-szelvény ábrázolásának jellemzője, hogy torzítva készül, azaz a hossz- és magassági léptéke nem azonos (pl.: hosszlépték: 1:1000, magassági lépték 1:100).

Egyes esetekben a hossz-szelvény pontjait mm élességre kell meghatározni, ekkor természetesen a lécleolvasás mm-re történik.

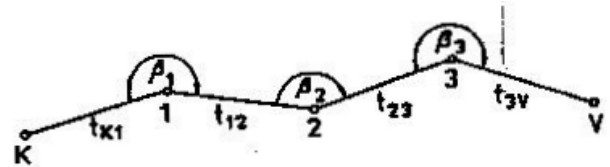
## 12. SOKSZÖGELÉS

### 12.1. A SOKSZÖGELÉS

A háromszögelési pontok további sűrítését **sokszögeléssel** végezzük.

Tetszőleges számú pont viszonylagos helyzetét meghatározhatjuk, ha a pontokat egyenes vonalakkal összekötjük és megmérjük a szomszédos pontok vízszintes távolságát, valamint az egyes pontokból kiinduló egyenesek által bezárt szöget (54/1. ábra). A pontmeghatározás ezen módját sokszögelésnek nevezzük.

Magukat a pontokat ebben az esetben sokszögpontoknak, a pontokat Összekötő tártvonalat sokszögvonálnak, az egyes oldalakat sokszögoldalnak, az oldalak egymással bezárt szögét pedig törésszögnek nevezzük.

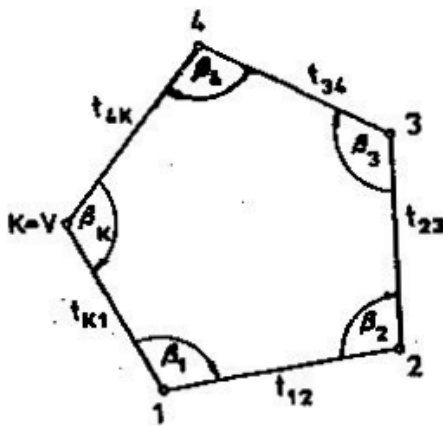


54/1. ábra

A következőkben a sokszögoldalak hosszúságát  $t$ -vel fogjuk jelölni, indexképpen mellé írva azt a két betlit, amelyek a sokszögoldal végpontjait jelzik, például az  $i$  és  $(i-1)$  közötti oldal hosszúságát  $t_{(i-1)i}$ -vel.

A törésszögeket  $\beta$ -val jelöljük, alsó indexként mellé írva a sokszögpont jelét. Mivel a szomszédos oldalak egymással két szöget zárnak be, a törésszög az a szög mely a kezdőpontból a végpont fele növe a sokszögvonala bal oldalán helyezkedik el

A sokszögvonala alakja szerina lehet nyílt, amikor a kezdő és végpontja két különböző pont (54/1. ábra) és lehet zárt, amikor kezdő és végpontja ugyanaz a pont (54/2. ábra).



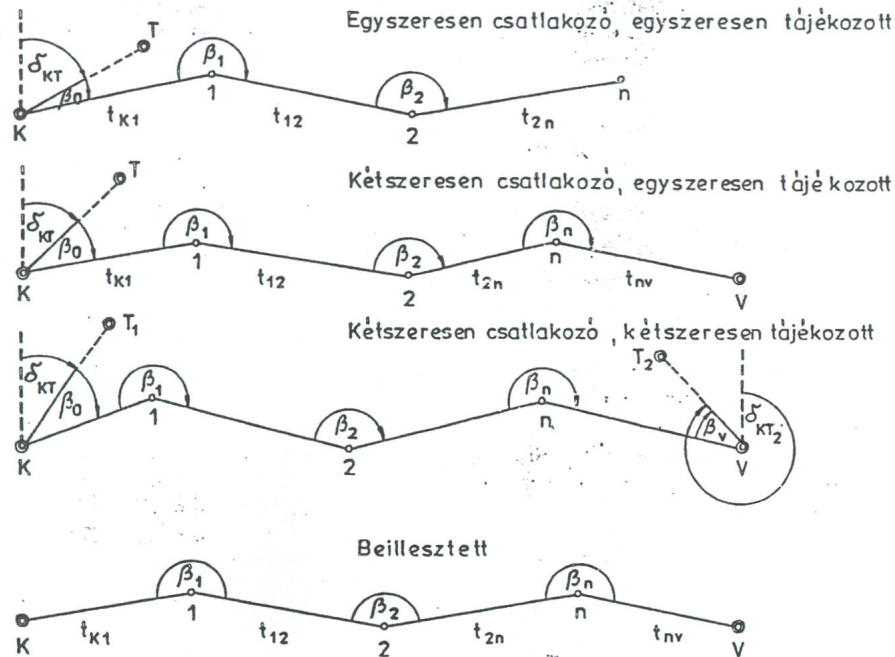
54/2. ábra

A sokszögvonala lehet meglévő alappontokhoz csatlakozó és lehet önálló. Ez utóbbi csak ritkábban fordul elő, így a meglévő alappontokhoz csatlakozó sokszögvonallal foglalkozunk részletesebben.

Ha sokszögvonálnak csak a kezdőpontja ismert koordinátájú alappont úgy **egyszeresen csatlakozó**, ha mindkét végpontja ismert **kétszeresen csatlakozó** sokszögvonálnak nevezzük. A csatlakozó sokszögvonalaon belül további megkülönböztetést tehetünk szerint, hogy az ismert koordinátájú csatlakozó ponton (vagy

pontokon) mértünk-e tájékozó irányt vagy sem. Ezzel a megkülönböztetéssel vannak **kétszeresen tájékozott**, **egyszeresen tájékozott** és **beillesztett** (nem tájékozott) sokszögvonala.

Összefoglalva a nyílt, meglévő alapponthoz csatlakozó sokszögvonalakat a 55. ábra szemlélteti.



55. ábra

A sokszögelés munkafázisai: *tervezés; kitűzés és állandósítás; mérés; számítás.*

A sokszögelésnek a gyakorlatban két kialakult fajtájával találkozhatunk:

- Az első esetben általában rendelkezésre állnak már külterületen kb. 2 km<sup>2</sup>ként, belterületen 1 km<sup>2</sup>-ként már meghatározott alappontok és a célunk az, hogy mintegy 150-200 m távolságban további alappontokat határozzunk meg. A sokszögelésnek ezt a módját **rövid oldalú sokszögelésnek** nevezzük.
- A másik gyakran előforduló esetben a sokszögoldalok hossza átlagosan mintegy 700-1500 m. Ezt **hosszú oldalú sokszögelésnek** nevezzük. Ez utóbbi különösen a korszerű fénytáv mérők széleskörű elterjedésének köszönhető.

## 12.2. A SOKSZÖGVONALAK VEZETÉSE ÉS KIALAKÍTÁSA.

A gyakrabban előforduló rövid oldalú sokszögeléssel kapcsolatos főbb tudnivalókat az alábbiakban foglaljuk össze:

- A sokszögvonalakat lehetőleg úgy kell vezetni, hogy mindkét végükkel ismert alapponthoz csatlakozzanak, és kettősen tájékozottak legyenek. Tájékozott irányként 200 méternél közelebb fekvő pontot nem szabad felhasználni. Abban az esetben, ha csak 200 m-nél rövidebb tájékozott irány látszik, ezeket is mérjük. Az ezek alapján végzett tájékozást azonban csak a durva hibák elkerülésére ellenőrzésül használjuk fel, magát a sokszögvonalat pedig beillesztett sokszögvonalaként számítjuk.

- A sokszögoldal hossza (a sokszögoldalok hosszának összege) ne legyen nagyobb 1500 méternél. Amennyiben az adott alappontok elhelyezkedése egyes esetekben ezt nem teszi lehetővé, sokszögelési csomópontok kialakításával kell a sokszögoldalok hosszúságát erre az értékre leszorítani.  
Maguk a sokszögoldalok nyújtottak legyenek, vagyis a törésszögek minél jobban közelítsék meg a  $180^\circ$ -ot.  
A sokszögvonallal alappont mellett csatlakozás nélkül elhaladni nem szabad.
- A sokszögoldalok célszerű átlagos hossza 150 m, legnagyobb hossza pedig 200 m (ha a hossz mérést optikai úton végezzük, akkor legfeljebb 150 m). 50 méteren belül újabb sokszögelési pontot csak a legszükségesebb esetben jelölünk ki. Ugyanabban a sokszögoldalban az oldalak lehetőleg közel egyenlő hosszúak legyenek
- Abban az esetben, ha nem csak egy vonalas létesítmény mellett kell az alappontokat sokszögeléssel sűríteni, hanem egy mindkét irányban nagyobb kiterjedésű területen kell alappont sűrítést végezni, akkor sokszöghálózatot kell kialakítani. Ennél a nagyból a kicsi felé haladás elvét kell követni.
- A hálózat sokszögoldalait két csoportba, a **fő- és melléksokszög-vonalak** csoportjába soroljuk. A főszokszög-vonalak háromszögelési pontból indulnak ki, és vagy háromszögelési ponthoz, vagy sokszögelési csomóponthoz csatlakoznak. A melléksokszög-vonalak háromszögelési pontból vagy már meghatározott sokszögpontról indulnak ki, és már ismert sokszögponthoz csatlakoznak, vagy - kivételesen - alapponthoz csak egyik végükön csatlakoznak.
- A sokszögoldalok egymást nem metszhetnek és nem keresztezhetnek. Két sokszögoldalnak mindig sokszögelési pontban kell találkozni. Ez a pont az egyik sokszögoldalra vonatkozóan vagy kezdő-, illetve végpont, vagy pedig a pontból kiágazó valamennyi sokszögoldal végpontjaként sokszögelési csomópont.
- A pontok helyének kiválasztásakor a fenti geometriai szempontokon túlmenően figyelemmel kell lenni arra is, hogy a pont fennmaradása lehetőleg biztosítva legyen, a ponton a teodolitot fel lehessen állítani, a távolságok akadálytalanul legyenek megmérhetők és ha a sokszögelés részletméréshez készül, akkor a sokszögoldalok e célnak megfelelően fekdjenek
- A sokszögpontok állandósítására rendszerint keresztvéséssel ellátott téglá - mint földalatti jel - fölé elhelyezett  $15 \times 15 \times 60$  cm méretű betonkövet használunk. Városok belső részeiben vasszekrényt vagy csapot alkalmazunk.  
A sokszögpontokon ideiglenes pontjelölést csak a szögméréssel egyidejűleg helyezünk el. Ideiglenes pontjelként a szükséges pontosságtól függően kör keresztmetszetű jelzórudat, vetítőbotot, vagy speciális műszer jellegű pontjelzőt használnak.

### 13. KERESZTSZELVÉNY FELVÉTELE

A keresztmetszvény valamilyen vonalas létesítmény tengelyvonalára merőleges metszet.

A keresztmetszvény készítésének főbb mozzanatai:

- A keresztmetszvények helyének és irányának kijelölése
- A hossz mérés és a szintezés végrehajtása.

1. A keresztmetszvény helyének kijelöléséhez megadjuk a szelvény számot, amely pontban a keresztmetszvény merőleges a hossz tengelyre. Pl.: 3+42, tehát a 3. hektóméter jel után ki kell mérni a 42 m-t. E pontban cövekeket verünk le és ráírjuk a szelvény számot. Rövid 30-40 méteres keresztmetszvényeknél a merőlegest gyakorlott figuránsok szemmel is jól megítélik, hosszabb szelvény esetén a merőleges kitűzéséhez szögprizmát használunk.

Íves szakaszon az adott szelvénybeli érintőre merőlegesen tűzzük ki a merőlegest (sugárirányban). A keresztmetszvény készítése előtt megadják, hogy milyen hosszban kell készíteni (pl. a tengelyvonalától jobbra és balra 20-20 m).

2. A kitűzés után felállunk a szintező műszerrel úgy, hogy minél több keresztmetszvényt mérhessünk egy állásból. A segéd munkás a szintező léceket a magassági alappontra állítja (ha még ilyen nincs vonalszintezéssel létesítünk), majd mm pontossággal leolvassuk és a jegyzőkönyv "hátra" rovatába írjuk.

Ezután a léces az első szelvény karójára állítja a léceket. Leolvassuk mm élességgel. Ezt a jegyzőkönyv "középső" rovatába írjuk. Következő leolvasás a karó mellett a terepre helyezett lécre történik, de ezt és az ezután következőket cm élességgel olvassuk le. A jegyzőkönyvvezetés a "közép" rovatba történik. Fentiekkel egyidőben két segéd munkás mérőszalagot feszít ki a keresztmetszvény vonalába úgy, hogy a kezdővonása a szelvénykarónál legyen. Most a léces elindul a kifeszített mérőszalag mellett és felállítja a léceket, ahol a terepnek jellemző törése van. Leolvassa a mérőszalagot dm élességgel (külön előírás esetében esetleg cm élességgel) és a jegyzőkönyvvezetőnek hangosan bemondja. Ezt a jegyzőkönyv "pont jele" rovatába írjuk. Ugyancsak ide írjuk, hogy a keresztmetszvény jobb (j) vagy bal (b) oldaláról van szó. A jobb vagy bal oldal eldöntésekor növekedő szelvényezés irányába nézünk.

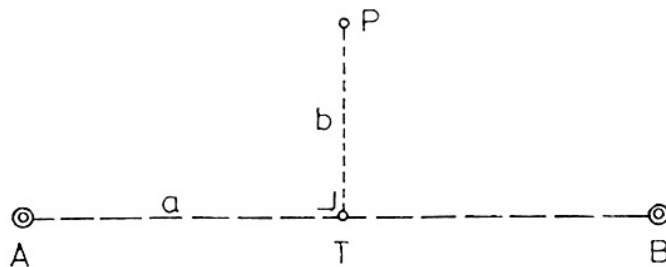
Ezt követően a műszerrel leolvassuk a léceket és a leolvasást a "közép" rovatba írjuk. Így folytatjuk a mérést, míg a megadott távolságig eljutunk, majd a szalagot átvisszük a másik oldalra és a fentiekhez hasonlóan bemérjük a töréspontokat. Ha egy szelvényvel végeztünk, a jegyzőkönyvben egy sort kihagyunk és a következő szelvény mérését ismét a szelvénykarón kezdjük.

A pontok magasságának a számítása a hossz-szelvénynél leírtak szerint történik. Ábrázolásakor a hossz-szelvényvel ellentétben a keresztmetszvény léptéke egységes, tehát nem torzítva készül (illetve csak ritka speciális kívánalmak esetén készül torzítva).

## 14. RÉSZLETMÉRÉSI ELJÁRÁSOK

### 14.1. DERÉKSZÖGŰ KOORDINÁTAMÉRÉS

Valamely részletpontnak derékszögű koordinátaméréssel történő meghatározása az 56. ábrának megfelelően az alábbiak szerint történik:



56. ábra

- Megkeressük P pontnak (részletpontnak) AB egyenesre (mérési vonalra) vonatkozó talppontját (szögprizmával).
- Megmérjük P talppontjának (T) távolságát (a) egy ismert ponttól, valamint a talpponttól a részletpontig terjedő távolságát (b).

Derékszögű koordinátamérés gyakorlati végrehajtása:

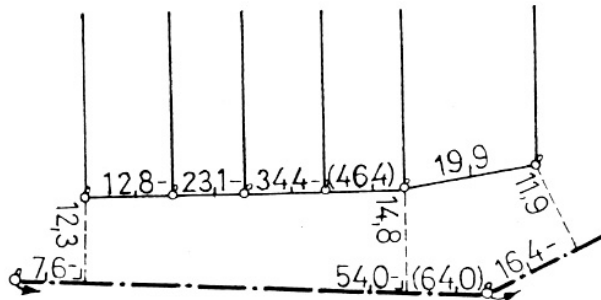
1. Mérési vonal kitzúzése.  
A mérési vonal lehet a részletmérés céljára vezetett sokszögvonal egyik oldala vagy - kisebb felméréndő együttes esetén - egy tetszőlegesen felvett mérési vonal, melynek végpontját a mérés idejére a kitzúzórúddal megjelöljük.
2. Az abszcissza (a) méret meghatározásához rendszerint keretes mérőszalagot használnak (20 vagy 50 m-es). E célból a mérőszalag kezdővonalát a mérési vonal kezdőpontjához illesztjük, majd a szalagot az egyenesbe fektetjük.
3. Részletpontok talppontjának megkeresése szögprizmával.
4. Abszcissza és ordináta értékek meghatározása. Az első részletpont talppontjának meghatározása után a prizmatot csúcsánál leolvassuk a fekvő szalagról az abszcissza méretet (a), majd ezt követően nyeles vagy tokos szalaggal két segédmunkás megméri az ordináta (b) értéket. A mérési vonalon mindig folytatólagos mérést végzünk, vagyis az összes abszcisszák a mérés kiindulópontjától számítandók.
5. A mért értékeket feljegyezzük a mérési jegyzetre (manuáléra). A mérési jegyzet a felméréndő területről vagy annak egy részéről szabadkézzel, ceruzával készített méretarány nélküli (de arányhelyes) rajz.



Kisebb terület felmérésekor a térképezést a mérési jegyzetről végezzük, nagyobb terület esetében a mérési jegyzet alapján tussal rajzolt és általában a térképezés méretarányának kétszeresében mérési vázlatot (tömbrajzot) szerkesztünk. (Tartalmilag tehát a mérési vázlat mindazt tartalmazza, amit a mérési jegyzet.)

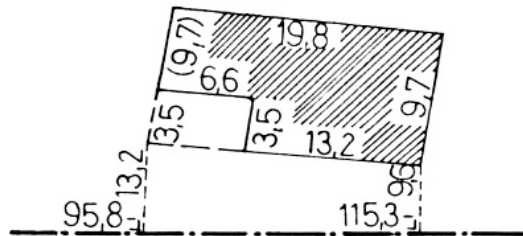
Felmérésnél alkalmazott fontosabb szabályok:

1. Egyenes vonalban lévő részletpontok bemérésénél csak az egyenes kezdő és végpontját szabad ortogonális koordinátaméréssel bemérni, míg az egyenesben lévő többi pontot ezek között mérjük be folytatólagos méréssel. (57. ábra)



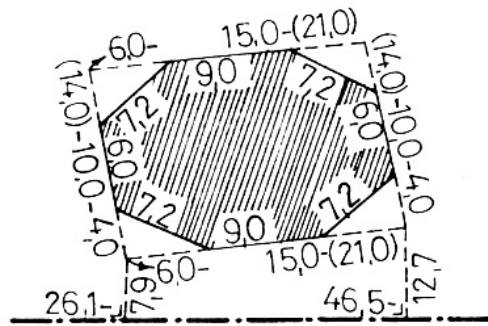
57. ábra

2. Épületeknél mindig a hosszabb oldalt mérjük be, és meg kell mérni minden esetben az épület valamennyi oldalának hosszát, az-az körbemérjük. (58. ábra)



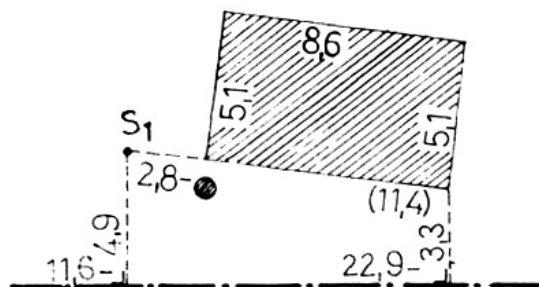
58. ábra

3. Szabályos alakú épületeknél csak annyi pontját kell ortogonális koordinátaméréssel bemérni, amennyi a szélességi méreteket felhasználva a tárgy képezéséhez szükséges (59. ábra).

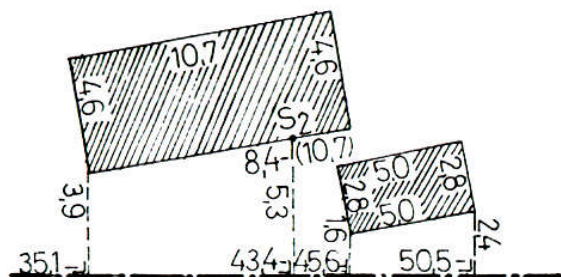


59. ábra

4. Amennyiben a mérni kívánt pont takar, úgy segédpont felhasználásával mérjük be (60., 61. ábra)

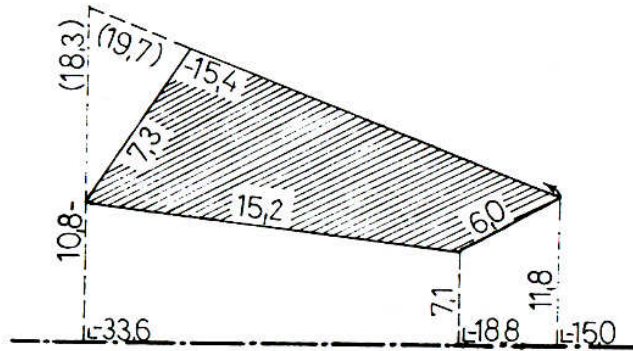


60. ábra



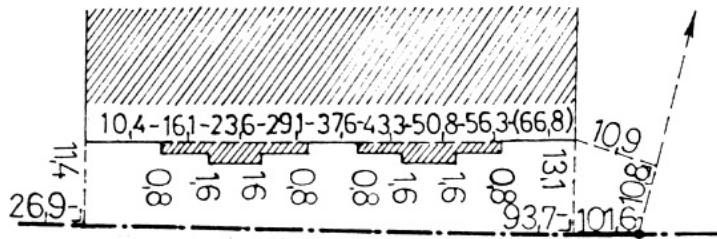
61. ábra

5. Szabálytalan alakú épületnél lehetőleg az összes sarokpontot be kell mérni. (62. ábra)



62. ábra

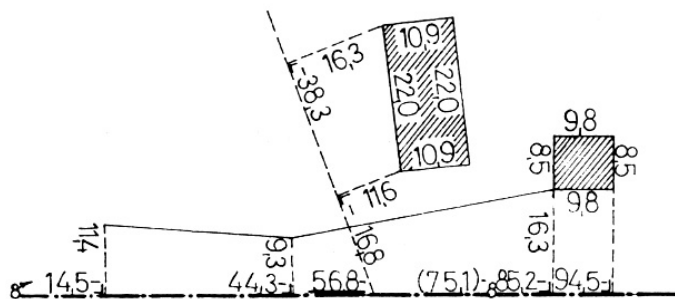
6. Az építmények kiugrásokkal megtört vonalainak nem minden egyes töréspontját, hanem csak egy kiválasztott uralkodó falsík végpontjait mérjük be. A többi pontot ezek között határozzuk meg. (63. ábra)



63. ábra

Mérési vázlat szerkesztésének fontosabb szabályai

Az alábbiakban felsorolt szabályok értelemszerűen alkalmazandók a mérési jegyzet készítésénél is. (64. ábra)



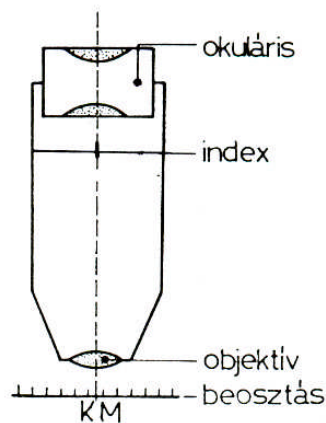
64. ábra

1. Az alappontokat összekötő mérési vonalakat vastag eredményvonallal (0,4-0,5), egyéb mérési vonalakat vékony (0,1-0,2) szaggatott, az ordináta vonalakat pedig vékony (0,1-0,2) aprón szaggatott vonallal húzzuk meg.
2. A bemért pont abszcissa méretét a mérési vonal mellé, azzal párhuzamosan a a mérési iránynak megfelelően az ordináta vonal elé, a mérési vonalnak a pont felé eső oldalára írjuk.  
Az ordináta méretet az ordináta vonal elé azzal párhuzamosan írjuk. A merőleges jelét minden esetben feltüntetjük az ordinátavonal és mérési vonal találkozásánál.
3. Folytatólagos mérésnél az abszcissa méretek után kis vízszintes vonást húzunk. A mérési vonal végméretét gömbölyű zárójelbe tesszük.
4. Ha sűrűn egymás után következnek ugyanazon oldalon az ordinátavonalak, akkor az abszcissa méretek egy más fölé írjuk következő sorrendben (tehát a legelső van legfelül).
5. Ha a mérési vonal határvonalakat átmetsz, az átmetszéseket kis dőlt kereszttel jelöljük. Az átmetszési méretet az átmetszés elé írjuk.
6. A mérési vonal kezdőpontját (a folytatólagos mérés kezdetét) kis hajlított nyíllal jelöljük.
7. Kis alapvonal indulásának abszcissa méretét aláhúzással jelöljük.

## 15. LEOLVASÓ BERENDEZÉSEK

### 15.1. BECSLŐMIKROSKÓP

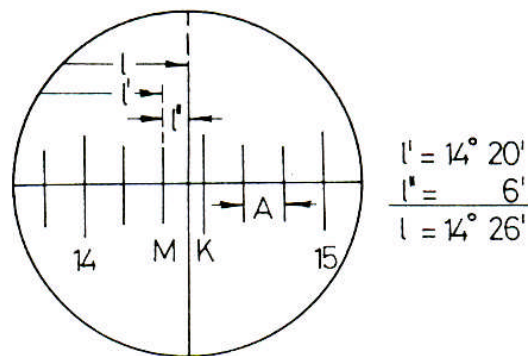
Leolvasás tekintetében a legegyszerűbb leolvasóberendezés a becslőmikroszkóp (65. ábra). A közönséges mikroszkóptól annyiban tér el, hogy a képsíkban egy üvegre karcolt indexvonás van. Leolvasáskor ennek kell a helyét meghatározni (becsléssel) a megelőző főbeosztáshoz viszonyítva a legkisebb főbeosztás tizedében. A becslőmikroszkóppal történő leolvasást mutat be a 44. ábra.



65. ábra

A becslőmikroszkópot használat előtt be kell állítani, hogy:

1. Az indexvonás képe a tisztalátás távolságában keletkezzék (okuláris csavarással).
2. Az indexvonás párhuzamos legyen a főbeosztás osztásvonásaival (mikroszkópnak a tartógyűrűjében való forgatásával). A ma használatos korszerű műszereken ezt gyárilag biztosítják.
3. A beosztásnak a mikroszkóp objektívje által alkotott képe az indexvonás síkjában keletkezzék. (Parallaxis megszüntetése a mikroszkóp emelésével, vagy süllyesztésével).

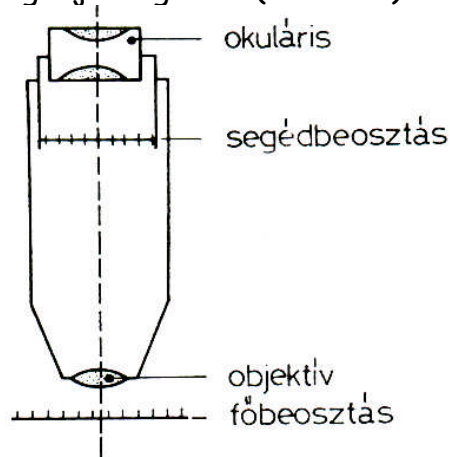


66. ábra

## 15.2. BEOSZTÁSOS MIKROSKÓP

A leolvasóképesség további fokozása érdekében alakították ki a beosztásos mikroszkópot. A mikroszkóp három részből áll (a távcsőhöz hasonlóan).

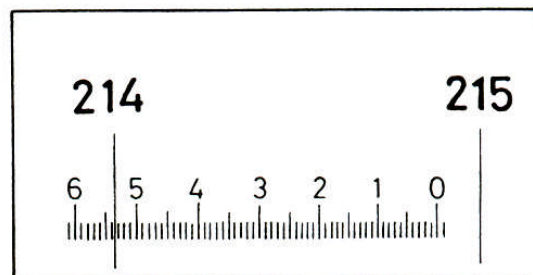
A főcsőben van az objektív, a szálcsőben a vékony üveglemezre karcolt segédbeosztás, a szemcső pedig az okulárist foglalja magában. (67. ábra)



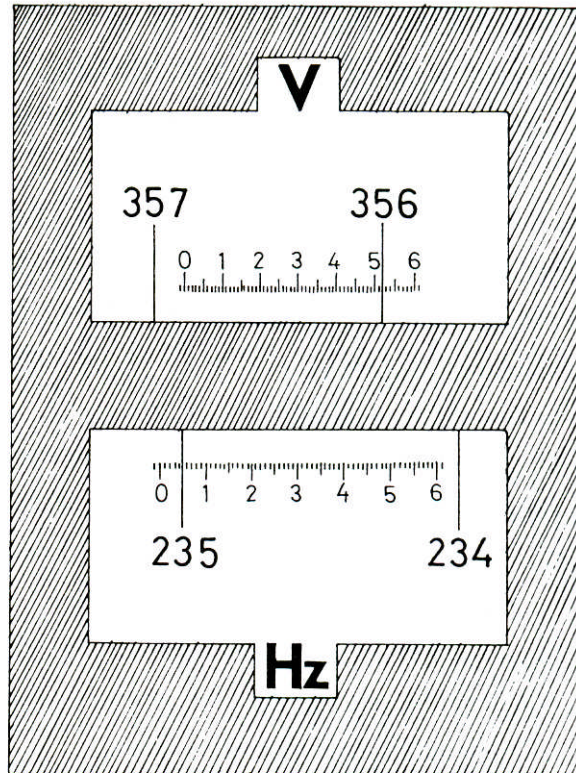
67. ábra

Az okuláris mozgatásával tudjuk a segédbeosztás osztásvonásait élesre állítani. A mikroszkópot a főbeosztáshoz képest úgy kell elhelyezni, hogy a segédbeosztás vonásai párhuzamosak legyenek a főbeosztás vonásaival, hogy ne legyen parallaxis, valamint a legkisebb főbeosztásrész nagyított képe egyenlőre legyen a teljes segédbeosztás nagyított képével.

A beosztás mikroszkópon a főbeosztás indexéül a segédbeosztás 0 (kezdő) vonása szolgál. Ennek távolságát a megelőző főbeosztástól a segédbeosztáson olvassuk le, melynek az indexe maga a megelőző főbeosztás vonása. Ilyen leolvasóberendezést láthatunk a 68. ábrán.



68. ábra



$$I_V = 356^{\circ} 52' 00'' \quad I_{Hz} = 235^{\circ} 05' 00''$$

69. ábra

A Zeniss Teho 020 típusú teodolit beosztásos mikroszkópjának látómezejét láthatjuk a 69. ábrán.

### 15.3. KOINCIDENCIÁS LEOLVASÓ BERENDEZÉS

A leolvasás pontossága fokozható, ha nem egy, hanem két diametrálisan elhelyezett indexen olvassuk le. Megfelelő tükröző és vetítő berendezéssel a két átlósan elhelyezkedő főbeosztás képét leolvasó mikroszkóp látómezejébe vetítjük úgy, hogy a két index összeessen. Mind a két sugármenetbe közös tengelyen nyugvó, de ellentétesen mozgatható planparalell lemezt helyeznek, mellyel elérhető, hogy a diametrálisan elhelyezkedő főbeosztás vonások képei egymásnak a meghosszabbításába kerüljenek (koincidenzába kerüljön). A planparalell lemezek elfordulásának mértéke mikrométerdobon leolvasható és arányos a csonka leolvasással. Megfelelő nagyítással elérhető, hogy a mikrométerdobon a csonka leolvasást kapjuk közvetlenül. Az optikai mikrométer úgy készül, hogy csavarjával a beosztásvonások *csak egyféleképpen hozhatók koincidenzába* (egy speciális esetben van két koincidenzá, de a leolvasást így is egyértelműen tehetjük meg). A jól működő leolvasó berendezéstől megkívánjuk, hogy a diametrálisan elhelyezkedő főbeosztások képe

azonos síkban keletkezzenek, továbbá ki legyen elégítve a nagyítási feltétel. Ez utóbbi vizsgálatánál az alábbiak szerint járunk el:

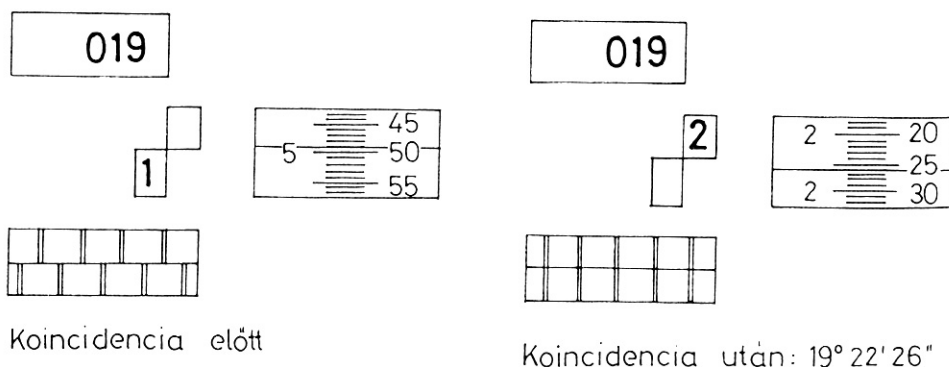
A mikrométercsavar forgatásával a mikrométerdob 0 vonását a dobindexre állítjuk. Ezután a magassági vagy vízszintes (attól függően, melyik körrel kapcsolatban vizsgálunk) paránycsavarral koincidenciát létesítünk. Egy másik koincidenciát létesítünk a mikrométercsavarral. Ha a nagyítási feltétel ki van elégítve, a mikrométerdob indexének a mikrométer-beosztás utolsó vonására kell mutatnia. Igazítatlanság esetén a műszert javításba adjuk.

Az index esetleges igazítatlansága nem befolyásolja a leolvasás pontosságát, mert mint látni fogjuk, rendszerint nem vesszük igénybe.

A leolvasást az alábbiak szerint végezzük:

1. A mikrométer forgatásával létrehozzuk a koincidenciát (tudjuk, hogy csak egy lehetőség van).
2. A leolvasás főértékét a szimmetria alapján határozzuk meg: megkeressük az egyenesen álló számok közül azt, amelyiknek diametriális ellentettje ( $180^\circ$ -kal különböző), tőle jobbra helyezkedik el. Ez lesz a leolvasás fokértéke. A kerek tízperc értékek meghatározása úgy történik, hogy a leolvasott fokérték és ellentettje közti bármelyik összeeső vonások számtani közepét vesszük. E kettő leolvasás (fok és kerek tízperc) lesz a főleolvasás. A csonka leolvasás a mikrométer skálán közvetlenül leolvasható (perc, másodperc tized élességgel).

Ügyeljünk a leolvasásnál, hogy a leolvasást *mindig megelőzi a koincidencia* létesítése.



70. ábra



## 16. TACHIMETRIA

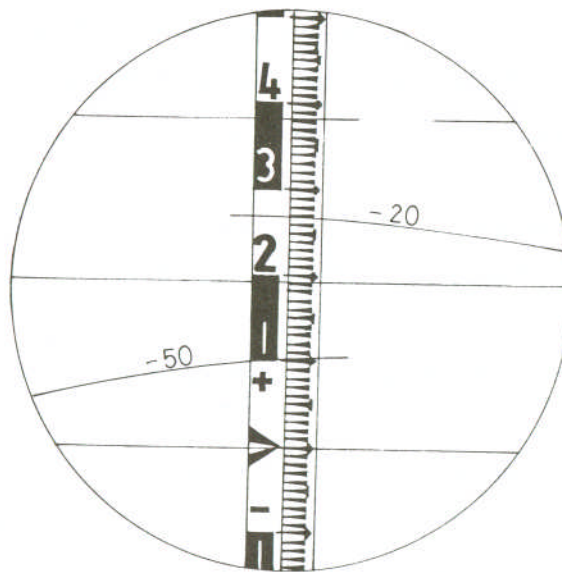
### 16.1. FELMÉRÉS DIAGRAM TAHIMÉTERREL

Tervezési térképek készítésénél alkalmazott leggyakoribb felmérési eljárás a tachimetria.

A részletfelmérésben egyik legelterjedtebb műszer a diagramtahiméter. Két típusának látómezejét a 71. és a 72. ábrán mutatjuk be.

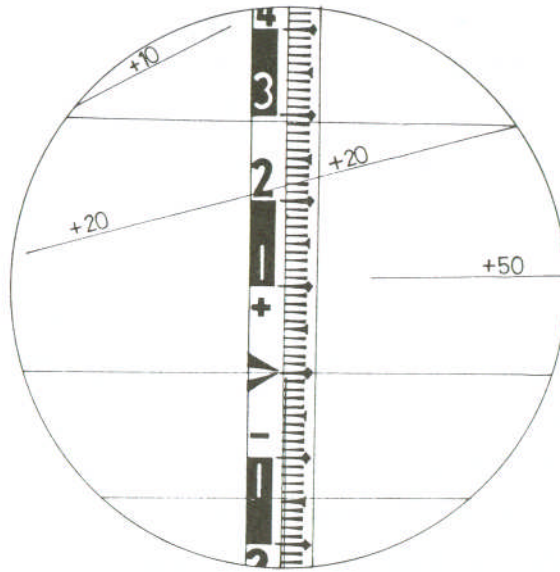
Mérést az alábbiak szerint hajtunk végre:

1. Felállítjuk a tahimétert a felmérendő területen egy ismert koordinátájú és ismert magasságú pontra (pl. egy előzetesen meghatározott sokszögpontra)



Leolvasások: távolság:  $0,384 \times 100 = 38,4$ ;  
 magasságkülönbség:  $0,267 \times (-20) = -5,34$  m  
 MOM Ta-D1 látómezeje

71. ábra



Leolvasás  $0,292 \times 100 = 29,2$  m;  $0,218 \times (+20) = +4,34$   
 Zeiss-Dahlta 010 A tahiméter látómezeje

### 72. ábra

2. Meghatározzuk (megmérjük) a tahiméter fekvőtengelyének magasságát (h) az álláspont fölött cm élességgel (mérőeszközül csuklós mércét, kézi szalagot, végszükségben tahiméteres lécen használunk).
3. A lécet elküldjük a műszerállásból látható, ismert koordinátájú pontra (mondjuk a szomszédos sokszögpontra), ez lesz a tájékozó irány (és leolvasást teszünk a vízszintes körön perc élességgel (1T)).
4. A segéd munkást felvezetjük az első részletpontra, aki a lécet függőlegesen a pontra állítja.
5. Beirányozzuk a lécet úgy, hogy a függőleges szál a léccső közepén legyen, az alapszál pedig a léccső 0 osztásán (éknél). Használat előtt jól figyeljük meg, hogy melyik az alapszál az egyes műszereknél.
6. Az indexlibella buborékját középre állítjuk, (amennyiben kompenzátor biztosítja a diagramm beállítását, úgy ez a lépés elmarad.)
7. Leolvassuk a távolságot lehetőség szerint a 100-as szorzójú távmérőszáznál. A Zeiss-Dahlta ábráján ez 29,2 m mivel a léccsőleolvasás 292 mm, a szorzó 100 és  $t = kL$ , azaz  
 $t = 100 \times 292 = 29200 \text{ mm} = 29,2 \text{ m}$ .
8. Leolvassuk a magasságkülönbséget ( $\Delta$  m) a magassági szálon, a függőleges szálon a magassági szállal való metsződésénél (hivatkozott példánkban ez  $218 \times (-20) = 4360 \text{ mm} = 4,36 \text{ m}$ .)
9. A vízszintes körön leolvasást végzünk (1p)

10. Valamennyi részletpontra elvégezzük a 4-9 műveleteket.

11. Mérés befejeztével visszatájékozunk a tájékozó irányra.

Amint a leírtakból is kitűnik, a részletpont távolságát közvetlenül leolvassuk, az abszolút magasságot azonban utólagosan számolni kell a leolvasott magasságkülönbség értékekből.

Mindenekelőtt le kell szögeznünk, hogy a leolvasott magasságkülönbség a műszer fekvő tengelye, valamint az alapszállal beirányzott lécosztás (amely rendszeren az éknél történik) közti érték.

Így a részletpont abszolút magassága ( $M_P$ ) az alábbiak alapján számítható az álláspont abszolút magasságától ( $M_A$ ).

$$M_P = M_A + h \pm \Delta m - l_0$$

A képletben szereplő  $l_0$  az ék magassága (ahol az alapszállal megirányozzuk a lécet) a léc talpától. A legtöbb használatos lécnél ez 1,40 m, itt van a léc 0 osztása. Egyes léctípusoknál a léc hossza egy toldat segítségével változtatható, így elérhető hogy  $l_0 = h$ . Miután lemértük  $h-t$ , a toldat mozgásával a lécet úgy állítjuk be, hogy az ék és a léc talpa közti távolság is  $h$ -val legyen egyenlő. Így a részletpont magasságának számítása egyszerűsödik:

$$M_P = M_A \pm \Delta m$$

Fontos tudnunk, hogy a tahiméter léc helyett szükség esetén használhatunk szintező lécet is, sőt egyes esetekben (erősen bokros, fedett terep esetén) kifejezetten előnyösebb a tahiméter lécnél.

Ekkor a lécet bárhol beirányozhatjuk célszerűen egy dm-re kerek értéket választunk az alapszállal de az irányzás helyét a jegyzőkönyvbe rögzíteni kell, mert a távolság és magasságkülönbség számításakor ezt az értéket a lécleolvasásokból le kell vonni. Pl. a lécet beirányoztuk 1,2-nél, azaz mm-ben 1200-nál. A lécleolvasások: a 100-as távmérőszál 1412, a + 10-es magassági szálnál 1312. A távolság így  $1412 - 1200 = 212 \times 100 = 21200$  mm, azaz 21,2 m.

A pont abszolút magasságának számításakor a 10 helyébe értelemszerűen az az érték irányadó, ahol a lécet az alapszállal irányoztuk (példánknál az 1,2 m) Ha mód van rá célszerű az 1 m-nél irányozni a lécet.

A mérés gyakorlati végrehajtásánál az alábbi létszámot célszerű alkalmazni: 1 fő műszerkezelő, 1 fő jegyzőkönyv-vezető, 1 vagy 2 fő léces, 1 fő aki a léceseket felvezeti. A felvezető rendszerint maga a felmérést vezető, aki a felvezetéssel egyidőben manuálét is vezet, melyen a bemért pontokat sorszámozza.

A jegyzőkönyv-vezető ugyancsak sorszámozza az egyes pontokhoz tartozó leolvasásokat. Esetleges elazonosítás elkerülése végett a manuálé vezető és a

jegyzőkönyv-vezető minden 5. vagy 10. pontnál egyeztet (pl. "következik a 45". egymásnak kiáltással). Fontos a léces figyelmét felhívni, hogy a függőlegesre állított lécet csak akkor fordítsa beosztásos oldalával a műszer felé, ha az olyan ponton áll, melyen lécleolvasást kell végezni. Minden egyéb helyen a lécet hátoldallal fordítja a műszer felé, kiküszöbölve ezzel a felesleges leolvasások megtételét. Amikor a műszeres a lécet leolvasta "1-es kész", vagy "2-es tovább" kiáltással jelzi. A pontok térképezése szögfelrakóval történik, vagy a pontkoordináták kiszámítását követően kézi vagy elektronikus koordináta felrakóval.

## 17. TEODOLIT VIZSGÁLATA ÉS IGAZÍTÁSA

A teodolitok használatbavételük előtt megvizsgálandók, hogy alkalmasak-e vízszintes és magassági szög mérésére (illetve kitűzésére).

Mielőtt a vizsgálatot és igazítást részletesen tárgyalnánk, két dolgot kívánunk leszögezni:

1. A korszerű teodolitok igazítása általában csak laboratóriumban végezhető el. Célunk tehát az, hogy főként a vizsgálati módszereket ismertessük meg oly mértékben, hogy egy teodolitról meg tudjuk állapítani, mérésre alkalmas vagy alkalmatlan.
2. A teodolítot tökéletesen sohasem tudjuk kiigazítani. Éppen ezért a szögmérésnél olyan mérési módszert kell alkalmazni (pl. két távcsőállásban való mérés), amely a műszer kisebb mérvű igazíthatatlanságának a hatását kiküszöböli.

Igazított műszerrel mérésünk könnyebb, gyorsabb.

Vizsgálatainkat az alábbi csoportosítás szerinti sorrendben végezzük egy korszerű teodolítot alapul véve:

1. libellák vizsgálata
2. távcső vizsgálata
3. fekvőtengely vizsgálata

### 17.1. LIBELLÁK VIZSGÁLATA

A csöves alhidádélibellától azt kívánjuk meg, hogy tengelye merőleges legyen a teodolít állótengelyére. ( $L \perp V$ )

Az igazítás során először a teodolít állótengelyét függőlegessé tesszük a már ismert módon, (meghatározzuk a normál pontot és annak ismeretében tudjuk az állótengelyt függőlegessé tenni ) majd a függőleges igazító csavarokkal ( $\lambda v$ ) az alhidádélibella buborékját középre állítjuk. Ha szelencés libellánk is van, annak a buborékját is középre hozzuk (a szelencés libella igazító csavarjaival). Az igazítást magunk is elvégezhethetjük. Ily módon olyan állapotot idéztünk elő, hogy az állótengelyünk függőleges, miközben a buborék középen van. A továbbiakban az állótengely függőlegessé tétele az alhidádélibella középre állítását jelenti a két főirányban (mert a normál pont a libella O pontjával esik össze).

## 17.2. TÁVCSŐ VIZSGÁLATA ÉS IGAZÍTÁSA

A távcső álló irány síkjától ( $S_v$ ) megkívánjuk, hogy merőleges legyen a távcső fekvő tengelyére ( $h$ ). Mivel  $S_v$ -t az álló szál ( $Sz_v$ ) és a rá merőleges irányvonal ( $J$ ) határozza meg, a követelmény akkor van kielégítve, ha

$$Sz_v \perp h$$

$$J \perp h$$

Így a vizsgálat két részből áll:

1. az álló szál vizsgálata
2. irányvonal vizsgálata

### 17.2.1. AZ ÁLLÓSZÁL VIZSGÁLATA

Az  $Sz_v \perp h$  esetén, ha az állószálat a fekvőtengely körül forgatjuk, az egy a fekvőtengelyre merőleges síkban mozog.

A vizsgálat végrehajtása:

A műszernek az állványra helyezése után a távcsővel beirányzunk egy jól látható pontot úgy, hogy az állószál felső vagy alsó részén legyen. Ezután a távcsövet forgatjuk a fekvő tengely körül. Ha e forgatás alatt a pont képe állandóan rajta marad az állószálon, akkor az merőleges a fekvő tengelyre, ha lemozdul róla, akkor igazítani kell. Az igazítás a diafragmagyűrűnek a forgatásával történik. Az igazítást bizzuk szakemberre.

Az  $Sz_v$  merőlegességi hibáját mérési módszerrel teljesen ki lehet küszöbölni, ha az irányzást a függőleges szálnak mindig egy meghatározott pontjával (mondjuk a szálkereszt metszéspontjával) végezzük.

### 17.2.2. AZ IRÁNYVONAL VIZSGÁLATA (KOLLIMÁCIÓ HIBA MEGHATÁROZÁSA)

A távcsővel beirányozunk egy távoli, jól látható, a fekvőtengellyel közel egy magasságban lévő pontot úgy, hogy képe a szálkereszt metszéspontjában legyen, majd vízszintes leolvasást végzünk. Áthajlás, átforgatás után (II. távcsőállásban) újra beirányozzuk a pontot az előbbieket szerint és a leolvasást megismételjük. Ha a két leolvasás csak  $180^\circ$ -kal különbözik egymástól, akkor kollimáció hiba nincs.  $180^\circ$ -tól eltérő kis szögérték a kollimációhiba kétszerese. Az igazítást bizzuk szakemberre. A kismértékű kollimáció hibának mérési módszerrel való kiküszöbölési módja a két távcsőállásban való mérés.

### 17.3. A FEKVŐTENGELY VIZSGÁLATA

A vizsgálat arra terjed ki, hogy h merőleges-e V-re, ezért előbb:

- Az állótengelyt az alhidádélibellával gondosan függőlegessé tesszük.
- Kollimáció hibát megszüntetjük (előzőek szerint)

majd:

- Megvizsgáljuk, hogy a fekvőtengely (h) függőleges állótengely esetén vízszintes-e, ha nem igazításra szorul. Az igazítást bízzuk szakemberre.

A vizsgálatot az alábbiak szerint végezzük:

a műszer előtt hosszú függőt helyezünk el, s a távcső szálkeresztjével beirányozzuk a függőnek egy felső pontját. Ezután a távcsövet a h tengely körül lefelé forgatjuk. Ha a szálkereszt lemozdul a függőről, a h tengely nem vízszintes. Az eljárással jó eredményt akkor érünk el, ha a függő hosszú.

A két távcsőállásban való mérés a fekvőtengelyek merőlegességi hibájának a hatását kiküszöböli.

## 18. ALAPPONT MEGHATÁROZÁSI MÓDSZEREK

### 18.1. VÍZSZINTES SZÖGMÉRÉS

A vízszintes szögmérésnél az egy pontból kiágazó térbeli irányok vízszintes vetületeinek egymáshoz viszonyított helyzetét határozzuk meg. A meghatározás kétféle elv szerint történhet: vagy úgy, hogy több irányt egyszerre vonunk be a mérésbe, vagy úgy, hogy egyszerre csak két-két irányt mérünk. A vízszintes szögmérésnek két csoportja van. Az első esetnek megfelelő mérést *iránymérésnek*, a másodikat pedig *tulajdonképpen szögmérésnek* nevezzük.

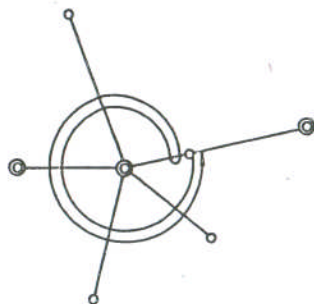
#### 18.1.1. AZ IRÁNYMÉRÉS

Az iránymérés a vízszintes szögmérési módszerek közül a mérnöki gyakorlatban a legelterjedtebben alkalmazott eljárás.

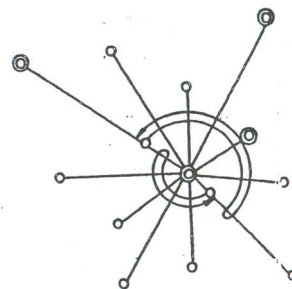
Az egy pontból kiágazó  $n$  irány vízszintes vetületét irányméréssel úgy határozzuk meg, hogy először *első távcsőállásban* a távcsővel sorra egymás után beirányozzuk az összes irány végpontját, elvégezzük a leolvasásokat, azután áthajtjuk a távcsövet, átforgatjuk  $180^\circ$ -kal a limbuszt, és *második távcsőállásban* az utolsó ponton kezdve, ellenkező irányban újból beirányozzuk az összes pontot, ismét hasonlóképpen elvégezve a leolvasásokat. Valamennyi irányra kiszámítjuk az irányértéket. Az irányértékek különbségeként tetszőleges két irány által bezárt szög számítható.

Az egy pontból kiágazó irányok irányméréssel való megmérését **fordulónak** nevezzük. Ha egy fordulóban sok (5-nél több) irány szerepel, akkor az első irányt záróirányként az iránymérésbe még egyszer bevonjuk. Ezt a műveletet *horizontzárásnak* nevezzük (73. ábra).

Ha az álláspontból 8-10 iránynál többre kell iránymérést végezni, akkor a mérést nem egy fordulóban mérjük, hanem ún. **csonka fordulókban**, ügyelve arra, hogy az egyes csonka fordulók között mindig legalább két közös irány legyen (74. ábra).



73. ábra



74. ábra



Az iránymérés megbízhatóságának növelése céljából a mérést több  $f$  fordulóban régezhethjük. A limbusosztás hibáinak kiküszöbölésére a limbuszt  $180^\circ/n$  szöggel forgatjuk el (ahol  $n$  a fordulók száma). Az egyes fordulókból számított irányértékekből ilyenkor kiszámítjuk a **nullára forgatott irányértékeket** oly módon, hogy az egyik irányértékét minden sorozatban zérusnak vesszük, és ezen irányra a mérésből számított irányértékeket az összes többi irányból levonjuk. Ez az eljárás megkönnyíti az egyes fordulókból kapott irányértékek számtani közpélését és a mérésben esetleg előforduló, a megengedetnél nagyobb eltérések megállapítását

### 18.1.2. TULAJDONKÉPPENI SZÖGMÉRÉS

Egyetlen szögnek egyszerű szögméréssel való megmérése úgy végzendő el, mint a két irányra vonatkozó iránymérés.

Ha az egy pontból kiágazó irányok száma kettőnél több, akkor egyszerű szögmérés esetében a mérést mindig csak két irányra, azaz egyetlen szögre végezzük el, és így az egyes szögeket független mérések eredményeként kapjuk meg. Az egyszerű szögmérést akkor alkalmazzuk, amikor nagyobb pontosságra törekszünk, mivel itt a limbusz mozdulatlanságát csak rövid időre kívánjuk meg. Inkább a felsőgeodéziában alkalmazott mérési eljárás.

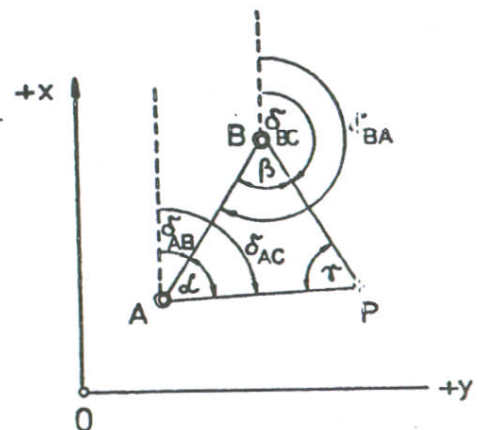
### 18.2. AZ ELŐMETSZÉS

Az előmetszés feladata két egymástól kismértékben eltérő módon fogalmazható meg a gyakorlatilag felhasználásra kerülő két esetben megfelelően. Az egyiket **belsőszöges** a másikat pedig **irányszöges előmetszésnek** fogjuk nevezni.

#### 1. A belsőszöges előmetszés

A belsőszöges előmetszés geometriai lényege a következő: ha egy háromszögben ismerjük egy oldalának a hosszúságát és a rajta fekvő két belső szögét, akkor a háromszög meghatározott.

Esetünkben adottak a háromszög két sarokpontjának a koordinátái (75. ábrán A és B) és az ezeknél a pontoknál lévő  $\alpha$  és  $\beta$  belső szögek. Ezekkel az adatokkal a P pont helye a koordináta-rendszerben egyérelműen meghatározott. (Ha lehetséges ellenőrzésül a  $\gamma$  szöget is megmérjük.)



75. ábra

A feladat megoldására több lehetséges változatot dolgoztak ki melyek közül mi a szemléletesebb megoldást mutatjuk be. A képletek levezetésénél azt a betűzési sorrendet követük, hogy az A, B valamint P pontok az óramutató járásával megegyező értelemben következnek. Ezt a sorrendet a számításnál is be kell tartani, hogy a levezetett képletek változatlanul alkalmazhatók legyenek.

Az ábrán levő  $\gamma$  szög számítását követően:

$$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta)$$

A számítás további sorrendje a következő:

1. Irányszögek számítása (második geodéziai főfeladat)

$$\delta_{AB} = \arctg \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$\delta_{BA} = \delta_{AB} \pm 180^\circ$$

$$\delta_{AC} = \delta_{AB} + \alpha$$

$$\delta_{BC} = \delta_{BA} - \beta$$

2. Távolságok számítása (második geodéziai f feladat és sinus tétel)

$$t_{AB} = \frac{y_B - y_A}{\sin \delta_{AB}}$$

illetve

$$t_{AB} = \frac{x_B - x_A}{\cos \delta_{AB}}$$

vagy  
és

$$t_{AB} = \sqrt{(y_B - y_A)^2 + (x_B - x_A)^2}$$

$$t_{AC} = \frac{t_{AB}}{\sin \gamma} \cdot \sin \beta$$

$$t_{BC} = \frac{t_{AB}}{\sin \gamma} \cdot \sin \alpha$$

3. A P pont koordinátáinak számítása (első geodéziai főfeladat). Az A pontból:

$$y_C = y_A + t_{AC} \sin \delta_{AC}$$

$$x_C = x_A + t_{AC} \cos \delta_{AC}$$

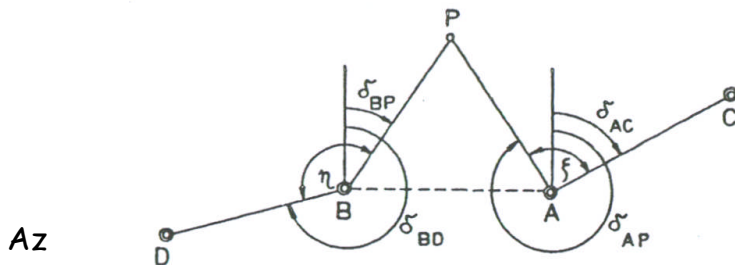
$$y_C = y_B + t_{BC} \sin \delta_{BC}$$

vagy számítási ellenőrzésül:

$$x_C = x_B + t_{BC} \cos \delta_{BC}$$

## 2. Az irányszöges előmetszés

Az előmetszésnek a gyakorlatban sűrűbben előforduló változata az, amikor nem az  $\alpha$  és  $\beta$  belső szögeket mérjük (mert például az A és B pont nem is látszik össze), hanem ismeret C és D pontokra, illetve az ismeretlen P pontra végzett irányméréssel közvetlenül a  $\delta_{AP}$  és  $\delta_{BC}$  irányszögeket vezetjük le. A 76. ábra jelölései szerint:



76. ábra

$$\delta_{AP} = 360^\circ - (\delta_{AC} - \xi)$$

$$\delta_{BP} = \delta_{BB} + \eta$$

előmetszésnek ezt a változatát *előmetszés tájékozott irányértékekkel* nevezzük. A képletek levezetése a 77. ábra

alapján végezhető el.

Ismeretesek A és B pontok koordinátái, továbbá (a 76. ábra alapján)  $\delta_{AP}$  és  $\delta_{BC}$  irányszögek. Húzzunk B pontból az  $y$  tengellyel párhuzamos egyenest, és hozzuk metszésbe az A és P pontokat összekötő iránnyal. Jelöljük ezt a metszéspontot C-vel. Az ábra alapján felírható, hogy

$$y_C = y_A + (x_A - x_B) \operatorname{tg} (360^\circ - \delta_{AP})$$

mivel

$$\operatorname{tg} (360^\circ - \delta_{AP}) = -\operatorname{tg} \delta_{AP}$$

$$y_C = y_A + (x_B - x_A) \operatorname{tg} \delta_{AP}$$

Ugyancsak az ábra alapján írható fel, hogy

$$y_C - y_B = (x_P - x_B) \operatorname{tg} \delta_{AP} + (x_P - x_B) \operatorname{tg} (360^\circ - \delta_{AP})$$

A jobboldalon az  $(x_P - x_B)$  értéket kiemelve és  $\operatorname{tg} (360^\circ - \delta_{AP})$  előző értékét behelyettesítve az

$$y_C - y_B = (x_P - x_B) \cdot (\operatorname{tg} \delta_{BP} - \operatorname{tg} \delta_{AP})$$

össze függést kapjuk. Mindkét oldalt először  $-1$ -el beszorozva, majd az egyenletet  $x_P$  re megoldva az

$$x_P = x_B + \frac{(y_B - y_C)}{(\operatorname{tg} \delta_{AP} - \operatorname{tg} \delta_{BP})}$$

összefüggést kapjuk.

Végül ugyancsak az ábra alapján

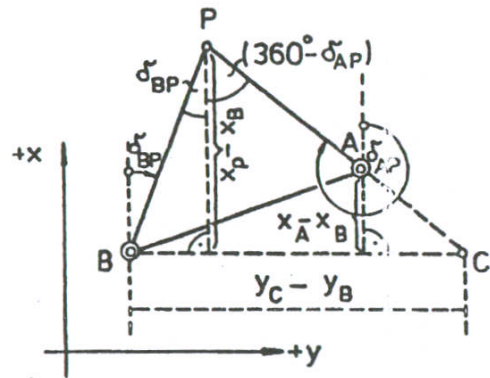
$$y_P = y_B + (x_P - x_B) \operatorname{tg} \delta_{BP}$$

A gyakorlatban az irányszög meghatározására rendszerint nem egy, hanem több irányt használunk fel. Ekkor az irányszög meghatározása az ún. *tájékozás* műveletével történik.

A tájékozás műveletének bemutatása előtt a *tájékozó irány* és a *meghatározó, irány* fogalmát tisztázzuk.

Tájékozó irány az *ismert* pontról *ismert* pontra menő irányt jelenti.

Meghatározó iránynak az *ismert* pontról *ismeretlen* pontra menő irányt nevezzük.



77. ábra

A tájékozás alap gondolatát a 78. ábrán feltüntetett azon legegyszerűbb esetben mutatjuk be, amikor az A ponton csak egy tájékozó és egy meghatározó irányt mértünk. Adottak tehát az A és T alappontok koordinátái, továbbá iránymérésünk eredményeként az  $l_{AT}$  és  $l_{AP}$  irányértékek.

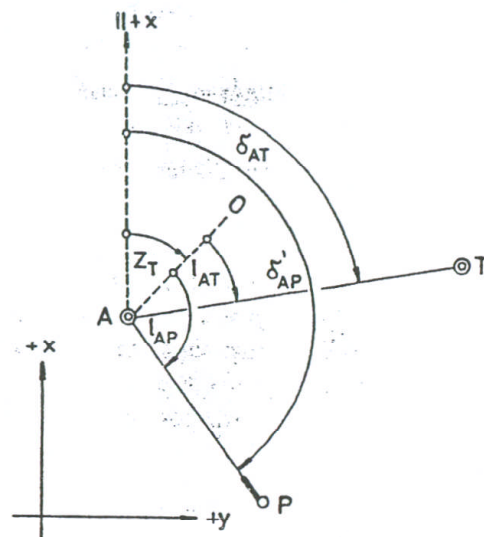
A geodéziai számítások második alapfeladatával számítható a tájékozó irány  $\delta$  irányszöge. Ezután az ábra alapján számítható először a *tájékozási szög*:

$$z_T = \delta_{AT} - l_{AT}$$

(tájékozási szög = irányszög mínusz irányérték); majd a másik mért iránynak, esetünkben a meghatározó iránynak az irányszöge, melyet a továbbiakban *tájékozott irányértéknek* nevezünk, megkülönböztetésül a koordinátákból számított irányszögtől

$$\delta'_{AP} = l_{AP} + z_T$$

(tájékozott irányérték = irányérték plusz tájékozási szög.)



78. ábra

A tájékozás alap gondolatának előző ismertetése után nézzük most a tájékozás gyakorlati végrehajtását, amikor nem egy, hanem több tájékozó irányt mérünk (79. ábra).

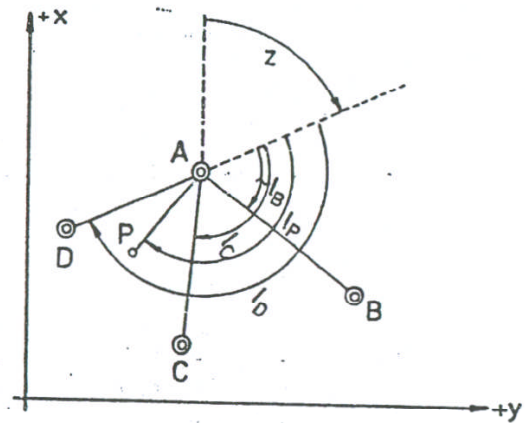
Ekkor tájékozási szöget mindhárom tájékozó irányból tudunk számítani.

$$z_B = \delta_{AB} - l_B$$

$$z_C = \delta_{AC} - l_C$$

$$z_D = \delta_{AD} - l_D$$

Az így számított tájékozási szögek a szögmérési hibák miatt kismértékben különböznek egymástól. Ezekből a súlyozott számtani középértéket kiszámítva megkapjuk a **Z középtájékozási szöget** (alakilag a limbusz O vonásának irányyszöge)



79. ábra

$$Z = \frac{p_B \cdot z_B + p_C \cdot z_C + p_D \cdot z_D}{p_B + p_C + p_D}$$

azaz általánosan

$$Z = \frac{[p_i z_i]}{[p_i]}$$

(A képletben szereplő szögletes zárójel mint már utaltunk rá összegzést jelent)

A  $p_i$  súly az irány hosszával arányos, ezért súlyként általában az irány hosszát km-ben (100 m élességgel) kifejezve szokás felvenni.

Ezek után a tájékozott irányérték:  $\delta_{AP} = Z + l_P$

A tájékozás műveletét egy másik, de ugyancsak P-re mért állásponton is elvégezve a koordináta számítását a 77. ábra alapján levezetett képletekkel végezzük.

## 19. VÍZSZINTES SZÖGMÉRÉS

### 19.1. TEODOLIT FELÁLLÍTÁSA

A teodolittal mérést végezni valamely állásponton csak akkor lehet, ha helyesen állítottuk fel, vagyis az *állótengely függőleges* és meghosszabbítása a *megméréendő szög csúcspontján (állásponton) megy át*.

A teodolit használatakor (általában) háromlábú állvány fejezetére helyezzük (ritkán pillérre), majd az összekötőcsavarral erősítjük a fejezethez. Az összekötőcsavar vagy közvetlenül a műszertalpba vagy a talpcsavarok alá helyezett talplemezbe csavarható.

A teodolit felállítása két műveleti részből áll:

1. Pontra állás
2. Az állótengely függőlegessé tétele.

### 19.2. PONTRA ÁLLÁS

A pontra állás megtörténhet függővel vagy az alhidádéba (esetleg műszertalpba) épített optikai vetítővel.

#### 19.2.1. PONTRA ÁLLÁS FÜGGŐVEL

1. Állvány előkészítése: a változtatható állványlábak hosszát úgy állítjuk be, hogy a műszer ráhelyezése után a távcső okulárja a szemünk magasságában legyen.
2. A műszerállványt megközelítőleg a pont fölé állítjuk, ügyelve arra, hogy fejezete (szemre) közel vízszintes legyen.
3. A fejezet nyílásának közepére helyezzük az összekötő csavart és ráakasztjuk horgára a függőt.
4. A függő csúcsának a pontjelhez viszonyított eltérését irányra és nagyságra az állványlábak csúcsánál is megjelöljük (közel vízszintes és sík terep esetében).
5. A lábak csúcsát egymás után az új helyzetbe (33. ábrán  $A_2$ ,  $B_2$ ,  $C_2$ ) visszük. Gondos munka eredményeként a függő csúcsa (elegendő pontossággal 1-2 cm) a pontra (P) fog mutatni. (Nagyobb eltérés esetén a 4. és 5. pont megismétlendő). A lábakat betaposzuk a földbe.
6. A teodolítot az állvány fejezetére helyezzük, az összekötő csavart a műszerbe csavarjuk, de nem húzzuk meg. (A műszert még tudjuk csúsztatni a fejezeten.)
7. Az alhidádélibella buborékját közelítőleg középre hozva műszert addig tologatjuk a fejezeten, míg a függő a mérés pontossági követelményeinek megfelelően a pontra nem mutat 1-2 mm-en belül, majd meghúzzuk az összekötőcsavart és az állótengelyt függőlegessé tesszük.

### 19.2.2. PONTRA ÁLLÁS OPTIKAI VETÍTŐVEL

1. Állvány előkészítése: az állványlábak hosszát úgy állítjuk be, hogy a műszer ráhelyezése után a távcsőokuláris a szemünk magasságában legyen.
2. A teodolitot az állvány fejezetére helyezzük, az összekötőcsavart a műszerbe csavarjuk és meghúzzuk.
3. Az optikai vetítőbe nézve a műszert közelítőleg a pont fölé helyezzük, ügyelve arra, hogy az állvány fejezete közel vízszintes legyen.
4. A teodolit talpcsavarjainak csavarásával az optikai vetítővel beirányozzuk az álláspontot.
5. A műszerlábak hosszának változtatásával a szelencés libella buborékját középre állítjuk (megközelítőleg).
6. A talpcsavarokkal a szelencés libella buborékját gondosan középre állítjuk.
7. Összekötőcsavar meglazítása után a műszernek a fejezeten való eltolásával az optikai vetítővel ismét beirányozzuk az álláspontot. Összekötő csavart meghúzzuk.
8. Az állótengelyt gondosan függőlegessé tesszük a csöves alhidádé libellával.
9. Ellenőrizzük az optikai vetítővel a pontraállást. Ha nem állunk a ponton, a 7. ponttól ismételjük a műveleteket.

Amint a fentiekből kitűnik, az optikai vetítővel történő pontraállítás befejeztével az állótengelyt is függőlegessé tettük. Az optikai vetítővel való pontraállást számos előnye miatt (pl. a függő gyakran elmozdul, szeles időben a függő lengését folyamatosan csillapítani kell) széles körben alkalmazzák a gyakorlatban, így elsajátítása fontos.

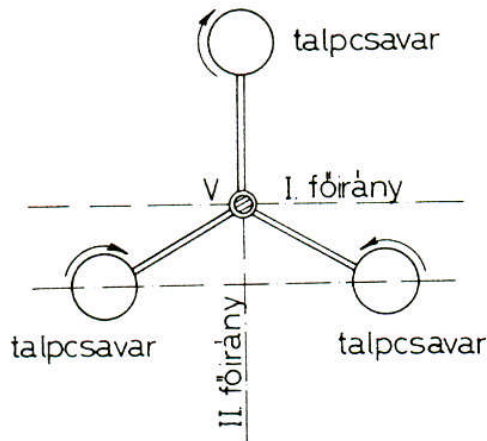
Gyakorlattal elérhetjük, hogy a 3. pont végrehajtásánál a pont fölé helyezés 1-2 cm-en belül sikerül, ugyanakkor a fejezet közel vízszintes. Így az optikai pontraállítás lerövidül.

Ekkor az 1., 2. és a 3. pont azonos

4. A szelencés libellával az állótengelyt közel függőlegessé tesszük.
5. Az összekötőcsavar meglazítása után a műszernek a fejezeten való eltolásával az optikai vetítővel beirányozzuk az álláspontot.
6. Az állótengelyt szabatosan függőlegessé tesszük.
7. Ellenőrizzük az optikai vetítővel a pontraállást. Ha nem állunk a ponton az 5. ponttól ismételjük.

### 19.3. ÁLLÓTENGELY FÜGGŐLEGESSÉ TÉTELE

A geodéziai műszerek állótengelyének függőlegessé tételére az alhidádélibellát használjuk (kötött csöves libella, mely az állótengely körül átforgatható). A függőlegessé tételhez szükséges, hogy az állótengely kis mértékben dönthető legyen. Ezt a három talpcsavar segítségével végezzük el. A függőlegessé tétel során a döntést az első és második főirányban végezzük (80. ábra). Vegyük észre, hogy három első és három második főirány van.



80. ábra

A döntést az első főirányban a két talpcsavar egyenlő mértékű, de ellentétes irányú csavarásával, a második főirányban egy talpcsavar csavarásával végezzük.

Amint előzőekben már láttuk a *normálpont a libellaív azon pontja, amelyhez tartozó érintő merőleges az állótengelyre*. Ha tehát a libella buborékját két - célszerűen egymásra merőleges - síkba (I. II. főirányban) a normálpontra állítjuk, az állótengely térbelileg függőleges lesz. (Mivel C-hez tartozó érintő a helyi vízszintest jelöli ki  $C \equiv N$  esetén az megegyezik N érintőjével, így a rá merőleges állótengely függőleges lesz, ha fenti egybeesés két síkra fennáll.)

Az állótengely függőlegessé tételét az alábbi fő lépésekben végezzük:

- I. Állótengely közel függőlegessé tétele
- II. Normálpont meghatározása
- III. Tulajdonképpeni függőlegessé tétel.



A műveletek egymásutánja:

Előkészítés: célja libellát olyan helyzetbe hozni, hogy a buborékvégek leolvashatók legyenek.

1. A libellát valamely két talpcsavart összekötő egyenessel párhuzamos első főirányba hozva a talpcsavarokkal a buboréket középre állítjuk (a főirányhoz tartozó két talpcsavart egyidejűleg egyenlő mértékben, de ellentétes értelemben csavarjuk).
2. Elforgatjuk a libellát  $90^\circ$ -kal a második főirányba és a buboréket itt is középre állítjuk (a harmadik talpcsavarral).
3. A libellát visszaforgatjuk az első főirányba, s ha nagy kitérést tapasztalunk az 1 és 2 pontot megismételjük. Vizsgálat: célja a normál ponthoz tartozó pozitív buborékvég állásának meghatározása.
4. Az első főirányba forgatott libellán leolvassuk a buborék pozitív végének állását ( $a_1$ ).
5. A libellát átforgatjuk  $180^\circ$ -kal (tehát ugyanabba a főirányba vagyunk) és amint a buborék megnyugodott, újra leolvassuk a pozitív véget ( $a_2$ ).
6. Számítjuk a normálponthoz tartozó pozitív buborékvég állását.

$$a_n = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

7. A talpcsavarok mozgatásával az első főirányba a pozitív buborékvéget  $a_n$  értékre állítjuk.
8. A második főirányban is beállítjuk a buborékvéget  $a_n$  értékre.
9. A függőlegesség ellenőrzése - a libella lassú körülforogatásakor a pozitív buborékvég mindig  $a_n$  értéken marad.

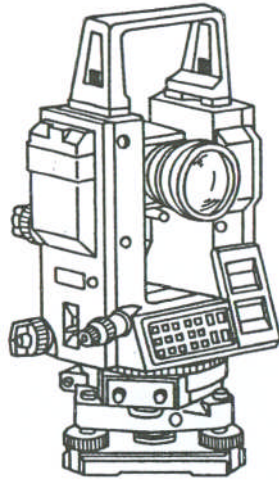
## 20. KORSZERŰ KITŰZÉSI ÉS FELMÉRÉSI ELJÁRÁSOK

### 20.1. KÜLÖNLEGES TEODOLITOK

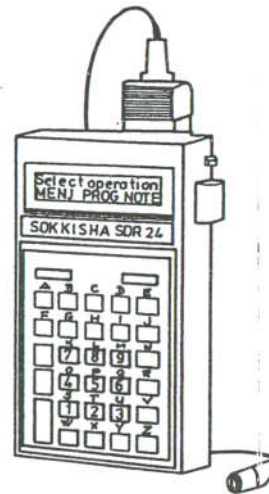
A technika gyors fejlődése a geodéziai műszerek tervezői, szakértői és gyártói számára új lehetőségeket biztosít az eddigiekben bonyolult feladatok egyszerűsítéséhez. Továbbiakban - egyáltalán nem törekedve a teljességre - azokról a rendszerint valamilyen feladatcsoport elvégzéséhez szerkesztett, vagy valamelyik szerkezet részében különleges teodolitokról lesz szó, melyekkel gyakorlati munkánk során nagy valószínűséggel találkozhatunk

#### 20.1.1. KÓDTEODOLIT

A számítógépek alkalmazása a geodéziában a számítási munkák, sőt a térképezés nagyfokú automatizálását tette lehetővé. A komplex automatizálás hiányzó láncszeme a terepi mérőműszer (teodolit) leolvasása, jegyzőkönyvezése. A mérendő pontoknak a távcsővel való megirányítása ma még nem automatizálható, az ember munkája nem helyettesíthető. Azonban a limbusz kör és magassági kör automatikus leolvasását és a további gépi feldolgozásra alkalmas rögzítést már elvégzi a kódteodolit.



81. ábra



82. ábra

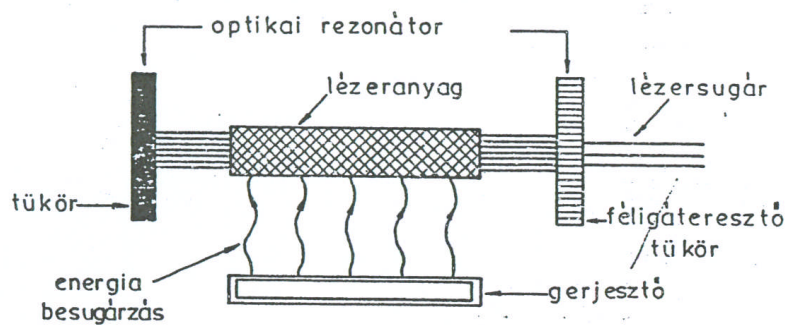
A 81. ábrán a SOKKIA DT 2 típusú kódteodolitot láthatjuk. Ezek a műszerek digitális leolvasóberendezéssel rendelkeznek, s ennek folytán megkönnyítik az adatok feldolgozását az ugyancsak digitális működésű elektronikus számítógépeken. A terepmérés során az észlelőnek lényegében csak az irányzást kell elvégeznie, a mérési adatokat, a pontazonosításkor szükséges adatokat, valamint a számításokhoz szükséges paramétereket a műszerhez csatlakoztatható adatrögzítő tárolja (82. ábra). Mérete durván 15x8x4 cm. Így a kódteodolitok azon kívül, hogy megteremtik a gyors és hibamentes kapcsolatot az adatfeldolgozó számítógépekkel, még a mérés időszükségletét is jelentősen csökkentik.

### 20.1.2. LÉZERTEODOLIT

A lézerteodolit tulajdonképpen egy olyan hagyományos teodolit, melynek irányvonalát szabad szemmel láthatóvá teszik, ily módon az iránykitűzés művelete a hosszada inas jel beintés helyett az egyszerűbb jel beállítás műveletével végezhető el. Erre a célra általában hélium-neon gázlézert alkalmazunk.

A lézer egy különleges fényforrás, amelynek működése az indukált emisszió jelenségén alapul, és úgy működik, hogy valamely gáz vagy szilárd test atomjainak nagyobb hányadát valamilyen módon magasabb energiaszintre gerjesztik (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

A gerjesztett atomok elektronjai eredeti pályájukra igyekeznek vissztérni, s eközben elektromágneses energiát sugároznak ki. A lézersugár fókuszálható, párhuzamossá tehető és nagy távolságra sugározható. A lézerberendezés elvi vázlatára 83. ábrán láthatjuk.

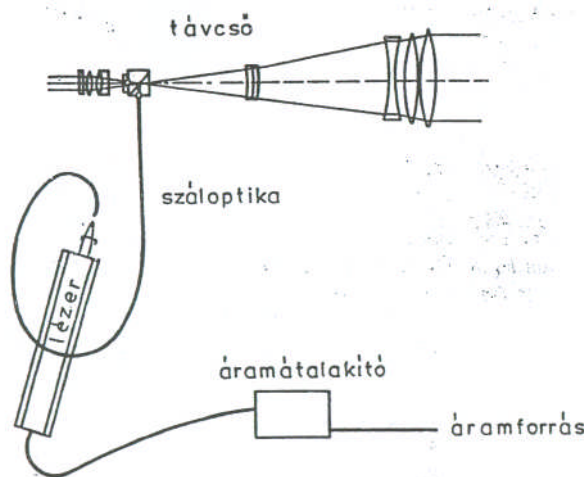


83. ábra

A lézerteodolitokkal a lézerfény irányíthatósága bármely térbeli pontra biztosítva van a tengelyek (álló és fekvő) körüli forgatással.

A lézerteodolit libelláival a műszer helyzete bármikor ellenőrizhető, elmozdulása azonnal észrevehető.

A lézerberendezést a teodolit távcsövével egybeépítik, vagy attól függetlenül (pl. a műszerállványra függesztve) helyezik el és a lézerfényt száloptikán keresztül vezetik a távcsőbe. Utóbbi megoldás elvi vázlatát láthatjuk a 84. ábrán.



84. ábra

Ha a vörös színű ernyőn felfogható és szabad szemmel jól látható fény a kibocsátás helyén 1 mm átmérőjű, a jó fókusztávolság következtében 1000 m-en még mindig nem több 40 mm-nél.

A lézerteodolit hatótávolsága több tényezőtől függ, ezek közül a legfontosabbak a lézerfény kibocsátás teljesítménye (a geodéziában alkalmazott lézereknél ez kb. 1-5 mW)

- a fókusztávolság gyújtótávolsága
- a vevőberendezés (detektor) érzékenysége
- a sugárzás közegének abszorpciója

A lézerteodolitokat az ipari geodéziai feladatok megoldásánál alkalmazzák széles körben.

### 20.1.3. GIROTEODOLIT

A giro- vagy pörgettyűs teodolitok a meridián irányának kitűzésére, illetve egy adott állásponton a mért irányok azimutjának meghatározására szolgálnak, ha az állásponton ismert tájékozási irány nem áll rendelkezésre. Működése a fizikából ismert pörgettyű elven alapszik.

Ha egy nagytömegű és igen gyorsan forgó pörgettyűt egy súrlódásmentes, három tengely körül szabadon elmozduló (tehát három szabadságfokú) rendszerbe helyezünk, az megtartja tengelyének az indításkor elfoglalt helyzetét. Ha e rendszer egyik tengelyét rögzítjük, például a pörgettyű tengelyét a vízszintes síkba kényszerítjük, akkor a tengely a föld forgásának a következtében vízszintes síkban elmozdulva a meridián irányába áll be.

A műszerekben a pörgettyű egy nagyfordulatú villanymotor forgórésze. Fordulatszámja 20-30 ezer ford/perc.

A pörgettyűs érzékelőegység és a teodolit egymáshoz való kapcsolata szempontjából megkülönböztetjük a merev egységet képező giroteodolitokat (pörgettyű a teodollal egybeépítve) és a rátétpörgettyűket, amelyek a hagyományos teodolitokra helyezhetők, ha a mérés megkívánja.

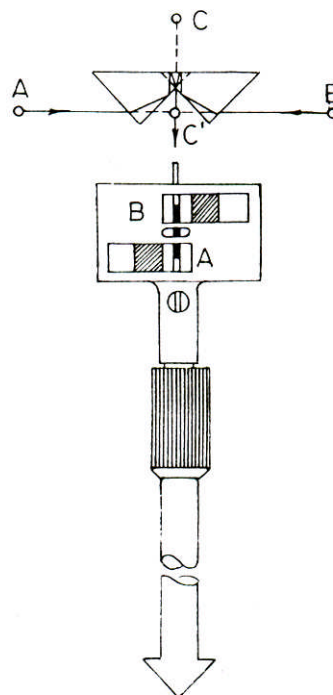
A giroteodolitokkal, típustól függően, 10"-2' pontossággal lehet egy irány azimutját meghatározni. A műszerek igen drágák, a mérési művelet bonyolult és hosszadalmas. Így a giroteodolit alkalmazása csak különleges esetben (pl. bányamérés) indokolható.

## 21. SZÖGPRIZMA HASZNÁLATA

### 21.1. SZÖGPRIZMÁVAL VÉGEZHETŐ MŰVELETEK

A geodéziai vízszintes méréseknél nagyon sok esetben megelégszünk a szög- kitűzés kisebb pontosságával is, de megkívánjuk, hogy a szögkitűzés gyorsan, egyszerű műszerrel legyen végrehajtható. Ezekkel a műszerekkel rendszerint csak bizonyos - előre beállított - szöget lehet kitűzni ( $90^\circ$  vagy  $45^\circ$ ). A gyakorlatban legelterjedtebb erre a célra alkalmas műszerek a kettős szögprizmák.

A kettős szögprizmákkal végezhető műveleteket a hazánkban legelterjedtebb Duplex prizmával mutatjuk be:



85. ábra

A prizmát általában változtatható hosszúságú vetítőbotra helyezve használják. (85. ábra) Mérés közben a prizmatot két ujjal a prizma alatt könnyedén fogjuk, ügyelve arra, hogy a bot függőleges legyen.

## 21.2. DERÉKSZÖG KITŰZÉSE

Az egyenes A és B végpontját kitűzőruddal megjelöljük. A mérőbot csúcsát C' pontra helyezzük. (de nem szúrjuk a földbe), és függőlegesen tartjuk. Ha a prizmát helyzetileg az 85. ábra szerint tartjuk az A és B kitűzőrúd képe a prizmában egy függőlegesen látszik. Feladatunk most már az, hogy egy kitűzőrudat (C) úgy intsünk be, hogy az AB kitűzőrudak képének függőlegesébe kerüljön.

## 21.3. EGYENESBE ÁLLÁS

Előző feladatnál láttuk, hogy ha egy AB egyenesbe fekvő pontra (C') állítjuk a prizmát, akkor az A és B végpontokon elhelyezett kitűzőrudak prizmabeli képe egy függőlegesbe esik.

Ezt a törvényszerűséget felhasználva egyenesbe állásnál tehát addig mozgunk az egyenesre merőlegesen előre-hátra, míg A és B képét a prizmában egy függőlegesen nem látjuk.

## 21.4. TALPPONT KERESÉS

A talppont keresés nem más, mint megkeresni egy AB vonalon egy harmadik - az egyenesen kívüli - pont (C) merőleges vetületét (C'). A talppontot tehát az jellemzi, hogy az AB egyenesbe fekszik és a C pontra merőlegesen  $90^\circ$ -ot zár be az AB egyenessel.

A talppontkeresésnél tehát addig megyünk az AB vonalra merőlegesen, amíg prizmabeli képünk egy függőlegesbe nem esik, majd ennek a helyzetnek a fenntartásával jobbra vagy balra megyünk, amíg a C jelzőrudat is a prizmák fölött, között és alatt elnézve tengelyfedésben látjuk az A és B kitűzőrudak képével.

Vegyük észre és jól jegyezzük meg, hogy a talppont keresés két műveleti részből tevődik össze, mégpedig az egyenesbe állásból (AB egyenesre merőlegesen mozgunk) és a tulajdonképpeni talppont keresésből (AB egyenesbe mozgunk). Ennek figyelmen kívül hagyásával a talppontkeresés rendszertelen próbálgatássá válik.

## 22. IRODALOMJEGYZÉK

Aradi-Novotny: .....*Geodézia I.* PMMF 1995.

Aradi: .....*Geodéziai praktikum* PMMF 1999.