

## 4. előadás: Egyenesek, szögek, magasságok, kitűzése. A mérőállomások kitűzést segítő programjai.

A kitűzés a felmérés fordítottja, feladata valamilyen tervezett alakzat pontjainak megjelölése a terepen. Kitűzéskor az ideális „kell” állapotot közelítjük mindaddig, amíg a „kell” és a „van” állapot eltérése az adott feladatra vonatkozó hibahatár alá csökken; a kitűzést tehát minden esetben a kitűzött pontok ellenőrzése követi. A kitűzés fajtái:

### 1. Geometriai feltétellel adott pontok kitűzése:

- ♦ egyenes kitűzése: a kitűzött pontok legyenek egy olyan egyenesen, ami két pontjával már meg van jelölve;
- ♦ vízszintes szögek kitűzése: a kitűzendő szög „másik” szárának kitűzése; a szög csúcsa és az „egyik” szögcső már meg van jelölve.

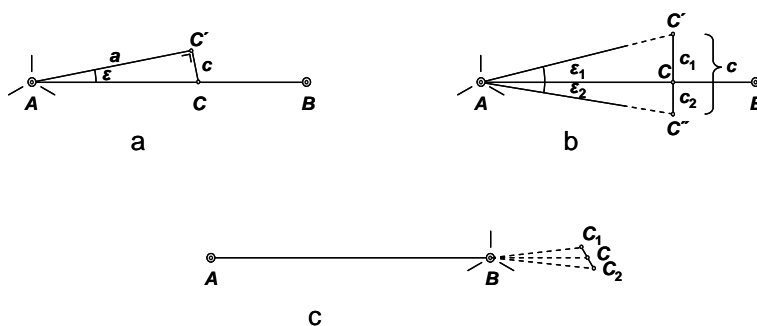
### 2. Koordinátákkal adott pontok kitűzése:

- ♦ adott vízszintes koordinátájú pontok kitűzése helyi vagy országos síkkoordináta-rendszerben;
- ♦ adott magasságú pontok kitűzése helyi vagy országos magassági rendszerben.

### 4.1. Egyenes vonalak kitűzése

Feltételezzük, hogy az egyenes két megjelölt pontja összelátszik, vagy legalább a kitűzendő pont(ok) környékéről látható. Csak a műszeres (teodolittal végzett) egyeneskitűzéssel foglalkozunk.

**Egyenesbe intés** (11-1. ábra) akkor végezhető, ha az egyenes két pontja összelátszik, és a műszer legalább az egyikén felállítható.



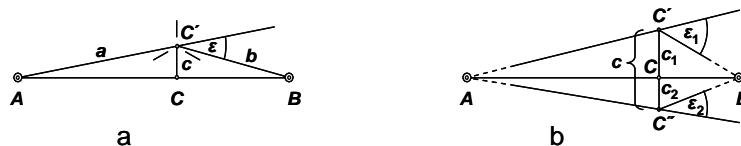
12-1. ábra. Egyenesbe intés: a – a távolság ismert, b – a távolság ismeretlen, c – kitűzés az  $AB$  szakasz meghosszabbításán

- ♦ ha a közelítő  $C'$  ponthelyre az  $AC' = a$  távolság viszonylag egyszerűen meghatározható, akkor két távcsóállásban megmérjük az  $\varepsilon$  szöget, kiszámítjuk és a  $C'$  pontban az  $AC'$  egyenesre merőlegesen felmérjük a  $c = a \tan \varepsilon$  kitűzési javítást;

- ha az  $a$  távolság nem mérhető meg egyszerűen, akkor két közelítő ponthelyet ( $C'$  és  $C''$ ) jelölünk meg, majd megmérjük a  $c = C'C''$  távolságot, két távcsőállásban megmérjük a  $\varepsilon_1$  és  $\varepsilon_2$  szögeket, kiszámítjuk a  $c_1 = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} \cdot c$  és a  $c_2 = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} \cdot c$  ki-tűzési javításokat (számítási ellenőrzés:  $c_1 + c_2 = c$ ), végül a megfelelő közelítő ponthelyről kitűzzük a  $C$  pontot;
- ha az  $AB$  szakasz meghosszabbításán kell a  $C$  pontot kitűzni, akkor az egyik vég-ponton ( $B$ ) felállva első távcsőállásban megirányozzuk a másik végpontot ( $A$ ), a távcsövet áthajtva kitűzzük a  $C_1$  pontot. A műveletet második távcsőállásban megismételve kitűzzük a  $C_2$  pontot, majd a  $C_1C_2$  szakasz felezőpontjaként kitűz-zük a  $C$  pontot.

Az **egyenesbe állással** (11-2. ábra) végrehajtott kitűzéshez elegendő, ha a kitűzendő  $C$  pont kör-nyékéről láthatók az  $A$  és a  $B$  pontok, és a teodolit is felállítható. A kitűzés menete:

- ha az  $a$  és a  $b$  távolságok egyszerűen meghatározhatók, akkor a  $C'$  közelítő pont-helyen felállva két távcsőállásban megmérjük a  $C'A$  és  $C'B$  irányok által bezárt szöget, majd kiszámítjuk az  $\varepsilon$  kiegészítő szöget. Ezután kiszámítjuk a  $c = \frac{ab}{a+b} \cdot \frac{\varepsilon''}{\rho''}$  kitűzési javítást, amelyet a hosszabb szögszárra merőlegesen fel-mérve kitűzzük a  $C$  pontot;
- ha az  $a$  és a  $b$  távolságok nem mérhetők meg egyszerűen, akkor két közelítő pont-helyet ( $C'$  és  $C''$ ) jelölünk meg, majd megmérjük a  $c = C'C''$  távolságot, két táv-csőállásban megmérjük az  $\varepsilon_1$  és  $\varepsilon_2$  szögeket, kiszámítjuk a  $c_1 = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} \cdot c$  és a  $c_2 = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} \cdot c$  kitűzési javításokat (számítási ellenőrzés:  $c_1 + c_2 = c$ ), majd a meg-felelő közelítő ponthelyről kitűzzük a  $C$  pontot.

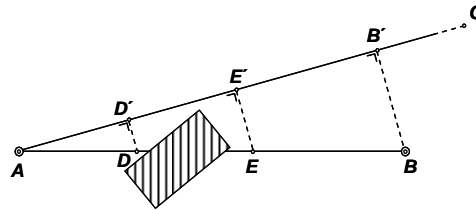


12-2. ábra. Egyenesbe állás: a távolságok a – ismertek, b – ismeretlenek

**A kitűzés ellenőrzése:** a  $C$  ponton felállva két távcsőállásban megmérjük a  $CA$  és a  $CB$  irányok által bezárt szöget. Hibátlan kitűzés esetén az  $AB$  szakasz közbülső pontjának kitűzésekor  $180^\circ$ -ot, szakaszon kívüli pont kitűzésekor  $0^\circ$ -ot kell kapjunk. Az eltérés és a szükséges pontos-ság ismeretében a kitűzés pontosítható.

**Kitűzés akadályon át** (11-3. ábra): megjelöljük a  $C$  pontot úgy, hogy az  $AC$  egyenes minél kö-zelebb haladjon az  $AB$  egyeneshez. Megkeressük a  $B'$  talppontot, és megmérjük a  $B'A$  és a  $B'B$  távolságokat. Megjelöljük a  $D'$  és az  $E'$  pontokat, majd megmérjük a  $D'A$  és az  $E'A$  távolságo-kat. Ezután kiszámítjuk és a megfelelő pontban merőlegesen felmérjük a  $D'D = \frac{B'B}{B'A} \cdot D'A$  és az

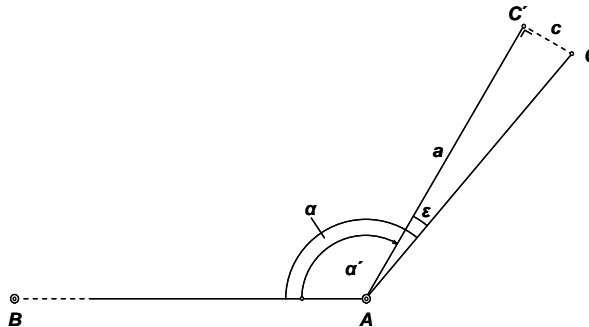
$E'E = \frac{B'B}{B'A} \cdot E'A$  távolságokat. A további pontokat az  $AD$  és az  $EB$  szakaszokon a szokásos módon tűzzük ki.



12-3. ábra. Egyenes kitűzése akadályon át

## 4.2. Vízszintes szög (műszeres) kitűzése

Tűzzük ki az  $A$  pontban az  $\alpha$  vízszintes szöget úgy, hogy a szög bal oldali szögcsára az  $AB$  egyenes legyen (11-4. ábra). Az  $A$  ponton felállított műszerrel első távcsőállásban megirányozzuk a  $B$  pontot. A vízszintes körleolvasás értékét  $\alpha$ -val megnöveljük, majd a távcsövet az új leolvasás irányába állítva kitűzzük a  $C'$  pontot. Megmérjük az  $AC' = a$  távolságot, majd két távcsőállásban megmérjük a  $BAC' = \alpha'$  szöget. Kiszámítjuk az  $\varepsilon = \alpha - \alpha'$  és a  $c = a \tan \varepsilon$  javításokat, végül a  $c$  kitűzési javítást a  $C'$  pontban a  $C'A$  egyenesre merőlegesen felmérve kitűzzük a  $C$  pontot. Ellenőrzésül két távcsőállásban megmérjük az  $AC$  és az  $AB$  irányok által bezárt szöget; az eredmény alapján dönthetünk a kitűzés pontosításáról.



12-4. ábra. Vízszintes szög kitűzése

Egy másik – talán egyszerűbb – megoldás szerint két távcsőállásban kitűzzük a jobb oldali szögcsáron lévő  $C'$  és  $C''$  pontokat, majd a  $C'C''$  szakasz felezőpontját tekintjük a  $C$  pontnak. A kitűzést természetesen ebben az esetben is ellenőrizni kell.

## 4.3. Adott vízszintes koordinátájú pontok kitűzése

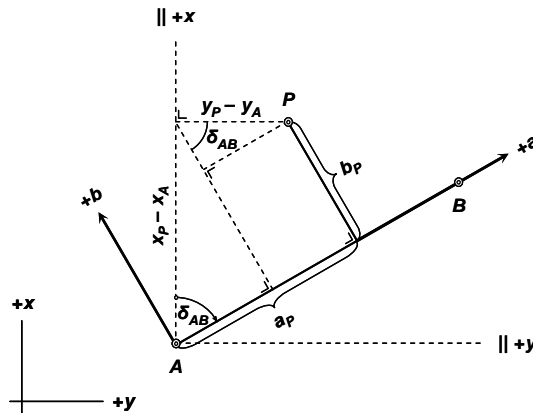
**Derékszögű** méretekkel végrehajtott kitűzésekor a kitűzendő pont koordinátáinak ismeretében a pont közelében lévő két alapponthoz képest a pont helyét egyértelműen kijelölő két derékszögű méretet keressük. Az egyik méret (az abszcissza) az alappontok összekötő egyenesén mint kitűzési vonalon az egyik alapponttól a kitűzendő pont talppontjáig mérendő távolság, a másik méret (az ordináta) pedig a kitűzendő pont és talppontja közötti távolság.

A 11-5. ábra alapján az  $a_P$  és a  $b_P$  kitűzési méretek az  $A$  és a  $B$  alappontok, valamint a kitűzendő  $P$  pont koordinátáinak ismeretében kiszámíthatók:

$$a_p = (y_p - y_A) \sin \delta_{AB} + (x_p - x_A) \cos \delta_{AB},$$

$$b_p = -(y_p - y_A) \cos \delta_{AB} + (x_p - x_A) \sin \delta_{AB},$$

ahol  $\delta_{AB}$  értékét a második geodéziai alapfeladat megoldásából kapjuk.



12-5. ábra. Derékszögű kitűzési méretek

A gyakorlatban rendszerint több pont kitűzési méreteit számítjuk ugyanarra a kitűzési vonalra. A számítás ellenőrzése érdekében valamennyi pont kitűzési méreteit a pontot közvetlenül megelőző pont  $a$  és  $b$  kitűzési méreteiből valamint azok  $\Delta a$  és  $\Delta b$  növekményéből számítjuk ki. Az  $i$ -edik pont kitűzési méretei:

$$a_i = a_{i-1} + \Delta y_{i-1,i} \sin \delta_{AB} + \Delta x_{i-1,i} \cos \delta_{AB},$$

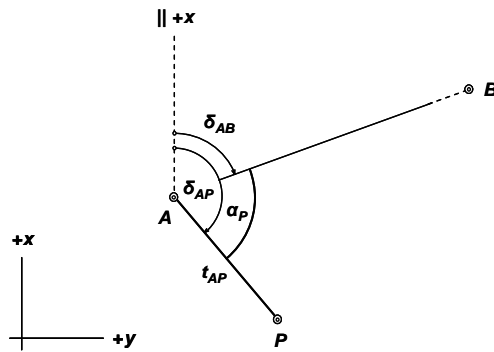
$$b_i = b_{i-1} - \Delta y_{i-1,i} \cos \delta_{AB} + \Delta x_{i-1,i} \sin \delta_{AB}.$$

A számítást mindig az  $A$  ponttal kezdjük és a  $B$  ponttal fejezzük be. Az előkészítés ellenőrzése:  $\sum \Delta y = y_B - y_A$  és  $\sum \Delta x = x_B - x_A$ . Utolsóként és ellenőrzésül a  $B$  pont „kitűzési méreteit” is kiszámítjuk:  $a_B = t_{AB}$  (értékét a  $\delta_{AB}$  irányszöggel együtt második geodéziai alapfeladattal már kiszámítottuk) és  $b_B = 0$ .

A kitűzés megkezdése előtt vázlatot készítünk, amelyen szerepelnek a kitűzési vonalak, a kitűzendő pontok és valamennyi kitűzési méret. A kitűzés ellenőrzéséül néhány kitűzendő pont koordinátákból számított távolságát hossz-méréssel ellenőrizzük: a kitűzési vázlat ezeket a számított távolságokat is tartalmazza.

A fizikai távmérés elterjedésével (különösen a mérőállomások megjelenésével) a kitűzési módszerek közül a poláris méretekkel végrehajtható kitűzés került előtérbe.

**Poláris** méretekkel végrehajtott kitűzéskor a kitűzendő pont koordinátáinak ismeretében a pont közelében lévő  $A$  alapponthoz és az alappontból irányozható  $T$  tájékozó ponthoz képest a  $P$  pont helyzetét egyértelműen kijelölő  $\alpha_P$  vízszintes szöget és a  $t_{AP}$  vetületi távolságot keressük. A szög csúcsa a közeli  $A$  alappont, bal oldali szára a tájékozó irány, jobb oldali szögcsúcsa a kitűzendő pontra mutató irány, a távolság pedig az alappont és a kitűzendő pont távolsága (11-6. ábra).



12-6. ábra. Poláris kitűzési méretek

A kitűzés lépései:

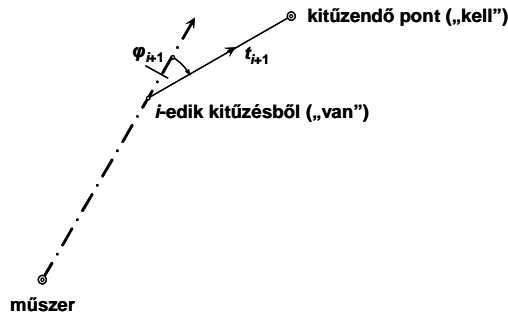
- a kitűzési méretek számítása; adottak az  $A$ , a  $B$  és a  $P$  pontok koordinátái, második geodéziai alapfeladattal kiszámítjuk a  $\delta_{AB}$ ,  $\delta_{AP}$ ,  $t_{AP}$  mennyiségeket. A kitűzési méretek közül tehát a  $t_{AP}$  távolság már ismert, a kitűzendő szög  $\alpha_P = \delta_{AP} - \delta_{AB}$ ;
- a kitűzési jegyzőkönyv összeállítása; az egy-egy műszerálláspontból kitűzendő pontok azonosítóját (pontszám) a szögek növekvő sorrendjében táblázatba foglaljuk, a pontszámok mellé írva a kitűzendő szögeket és távolságokat;
- a kitűzés végrehajtásához rendszerint mérőállomást használunk, így a tájékozó pont megirányozása után egyetlen gombnyomással nullázható a bal oldali szög-szárhoz tartozó vízszintes körleolvasás. A mérőállomás előnye az is, hogy adott nagyságú vízszintes távolságok a terepviszonyoktól függetlenül kitűzhetők. A távolságok kitűzéséhez meg kell említeni, hogy a koordinátákból vetületi távolság számítható. A **terepe**n kitűzendő és a **vetületi** távolság eltéréséből adódó ellentmondás feloldására a tervezési térképek alapfelületétül gyakran választanak olyan síkot amely az építési nulla-szint magasságában helyezkedik el. Ebben az esetben a „vetületi” (tulajdonképpen alapfelületi) távolságok vízszintes távolságokként közvetlenül kitűzhetők. A felhasznált állami alappontok koordinátáit természetesen át kell számítani az új „vetületre” (alappelületre);
- a kitűzés ellenőrzésére a kitűzött pontok közvetlen összemérése szolgál. Mérőállomást használva a programmal vezérelt mérés egyik programja szerint ugyanarról az álláspontból kitűzött két pont koordinátákból számított távolsága összehasonlítható a két távolságból és a közbezárt szögből koszinusz-tétellel számított távolsággal.

#### 4.4. A mérőállomások kitűzést támogató programjai

Említettük már, hogy a kitűzés fokozatos közelítés a terv szerinti geometriai rend, a „kell” állapot megvalósítása felé. Nem közömbös tehát, hogy milyen gyorsan jutunk a „kell” állapot elfogadható közelségébe.

A mérőállomásokban általánosan használt kitűzési program a kitűzési javításokat a 11-7. ábra szerint állítja elő: az utolsó ( $i$ -edik) kitűzött „van” ponthely koordinátáinak kiszámítása után a program kiszámítja a ponthelyről kitűzendő  $\varphi_{i+1}$  szöget és  $t_{i+1}$  távolságot. Ha  $i$ -edik ponthelyként a műszerálláspontot „tűzzük ki” magáról a műszerálláspontból (zérus távolság „kitűzésével” tetszőleges irányban), akkor már első kitűzési javításként megkapjuk a műszerálláspontból kitűzendő szöget és távolságot. Egy másik megoldás szerint két segédpontot tűzünk ki a keresett ponttól

néhány méterre, majd a kitűzési javítások közül csak a távolságokat használva, mérőszalagos „ívmetszéssel” tűzzük ki a pont helyét. Egy másik program szerint a kijelzés a vízszintes körleolvasás és a vízszintes távolság „kell mínusz van” értéke, tehát a pont helyét akkor tűztük ki, amikor mindkét kijelzés zérus. A kitűzés pontosságának igazolására az utolsó kitűzésre vonatkozó „kell mínusz van” koordinátakülönbségek valamennyi esetben automatikusan tárolódnak.



12-7. ábra. Kitűzési javítások poláris kitűzéshez

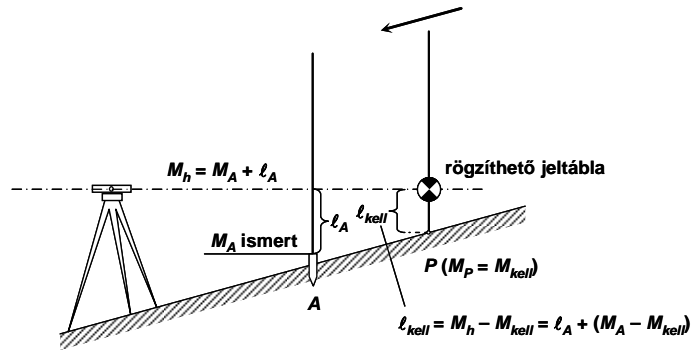
A kitűzést fényvetítő (*Tracklight*) és egyoldalú fénytelefon (*Unicom*) is segíthetik. A prizmat tartó figuráns a műszer felé fordulva vörös vagy zöld fényt lát aszerint, hogy jobbra vagy balra tért el a „kell” iránytól. A „kell” irány közelében már fehér fény látható, és működik a fénytelefon is, amelynek segítségével a műszer kezelője a prizmat a kitűzendő pontba irányíthatja.

A mérőállomások „magasságmérés távolból” (*Remote Object Elevation, ROE*) elnevezésű programjával magasság tűzhető ki, ha előzetesen mérést végezhetünk a kitűzendő pont függőlegesében bárhol elhelyezett, ismert magasságú prizma. A módszer tehát függőleges magasságtvitelre szolgál, és a mérnökgeodézia területén használatos. A prizma végzett mérés célja a műszer és a kitűzendő pont közötti vízszintes távolság meghatározása. Ennek ismeretében a prizma magasságának bevitel után a magassági körleolvasás pillanatnyi értékéből a program kiszámítja és folyamatosan kijelzi az irányvonal és a pontbeli függőleges pillanatnyi metszéspontjának magasságát. A távcsövet tehát addig forgatjuk a fekvőtengely körül, amíg a kijelzett érték a kitűzendő magasság lesz.

#### 4.5. Adott magasságú szintfelület és a terep metszéspontjának kitűzése

Legyen a feladat egy völgyzárógát felvív felőli oldalán a legmagasabb duzzasztási szint mellett a vízzel borított terület határvonalának kitűzése. A szint magassága adott, így egy ismert magasságú szintvonal pontjait kell a terepen megjelölni. A megoldás lépései:

- ♦ kellő sűrűségben magassági alappontokat (a 11-8. ábrán az A jelű pont) határozzunk meg a kitűzendő magasság közelében;
- ♦ a szintezőműszert felállítva leolvasunk az A pontra állított lécen ( $l_A$ ), majd kiszámítjuk az  $M_{kell}$  magassághoz tartozó  $l_{kell} = l_A + (M_A - M_{kell})$  lécleolvasást. Ezt a lécleolvasást a szintezőléchez rögzíthető tárcsával megjelöljük;
- ♦ a függőlegesen tartott lécet a terepen az esésvonal mentén addig mozgatjuk, ameddig a tárcsával megjelölt lécleolvasás a műszer horizontsíkjaiba nem kerül, majd a lécz talpánál megjelöljük a kitűzendő határvonal egy pontját.



12-8. ábra. Ismert magasságú szintvonal pontjainak kitűzése

Az előadás anyaga az ajánlott irodalomban:

Krauter: Geodézia; 12.2 alfejet