

# **Mérnökgeodézia 8.**

## **Vonalas létesítmények építésének, gépészeti berendezések szerelésének geodéziai feladatai**

**Ágfalvi, Mihály**

---

# Mérnökgeodézia 8.: Vonalas létesítmények építésének, gépészeti berendezések szerelésének geodéziai feladatai

Ágfalvi, Mihály

Lektor: Dr. Dede, Károly

Ez a modul a TÁMOP - 4.1.2-08/1/A-2009-0027 „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért” projekt keretében készült. A projektet az Európai Unió és a Magyar Állam 44 706 488 Ft összegben támogatta.

v 1.0

Publication date 2010

Szerzői jog © 2010 Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar

## Kivonat

Ebben a modulban két, egymástól különböző szakterületről fogunk tanulni. A modul első részében vonalas létesítmények tervezésének és kivitelezésének geodéziai feladatait tekintjük át. Az ezt követő részben összefoglaljuk a gépészeti szerelésekhez kapcsolódó mérések sajátosságait. A feladatok közül részletesen, a hazai gyakorlatban leginkább előforduló darupálya méréseket ismertetjük. Zárásképpen foglalkozunk az un. ipari mérőrendszerekkel. Ez a műsértípus gyors, hatékony és szabatos megoldást kínál többek között gépészeti mérés technikai feladatokhoz is.

Jelen szellemi terméket a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény védi. Egészének vagy részeinek másolása, felhasználás kizárólag a szerző írásos engedélyével lehetséges.

---

# Tartalom

8. Vonalas létesítmények építésének, gépészeti berendezések szerelésének geodéziai feladatai .....	1
1. 8.1 Bevezetés .....	1
2. 8.2 Vonalas létesítmények tervezésének és kivitelezésének mérnökgeodéziai feladatai .....	1
2.1. 8.2.1 Utak, vasutak építésének geodéziai feladatai .....	2
2.1.1. 8.2.1.1 A tervezés geodéziai munkái és készítendő munkarészei: .....	3
2.1.2. 8.2.1.2 A kivitelezés geodéziai munkái. ....	5
2.1.3. 8.2.1.3 Az utak korszerűsítésének földmérési munkái .....	7
2.2. 8.2.2 A vasútépítés fontosabb földmérési munkái. ....	7
2.2.1. 8.2.2.1 Az új vasút építésével kapcsolatos földmérési munka .....	8
2.2.2. 8.2.2.2 A vasutak korszerűsítésének földmérési munkái .....	8
2.3. 8.2.3 Vízépítési feladatokkal kapcsolatos földmérési munkák .....	8
2.3.1. 8.2.3.1 A vízszabályozások tervezésének geodéziai munkái .....	9
2.3.2. 8.2.3.2 Az új csatornák tervezésének és kitűzésének földmérési feladatai .	11
2.4. 8.2.4 Vonalas létesítmények építésének befejezése utáni geodéziai munkák .....	11
3. 8.3 Gépészeti berendezések szerelésének, ellenőrzésének (geodéziai) mérési feladatai .....	12
3.1. 8.3.1 Darupályák szerelését irányító és ellenőrző mérések .....	13
3.2. 8.3.2 Darupálya vízszintes értelmű kitűzése .....	13
3.2.1. 8.3.2.1 Kitűzés terepi alapponthálózatról .....	14
3.2.2. 8.3.2.2 Kitűzés a darupálya szinten létesített hálózatról .....	15
3.2.3. 8.3.2.3 A darupálya magassági kitűzése .....	17
3.3. 8.3.3 Darupályák ellenőrző mérése .....	17
3.3.1. 8.3.3.1 A szintengelyek vízszintes kigyózás mérése .....	17
3.3.2. 8.3.3.2 A sinszálak magassági kigyózásának mérése .....	19
3.4. 8.3.4 Ipari mérőrendszerek. ....	20
4. 8.4 Összefoglalás .....	24



---

# 8. fejezet - Vonalas létesítmények építésének, gépészeti berendezések szerelésének geodéziai feladatai

## 1. 8.1 Bevezetés

A modulban összefoglalt tananyag 2. fejezetének tanulmányozása előtt nézze át a Mezőgazdasági infrastruktúra alapjai című tantárgy 2., 3. és 6. moduljában, valamint a Nagy-méretarányú térképezés 14. moduljában írottakat.

A modul két, logikailag nem összefüggő részből áll. Az első részből megismerhetik a vonalas létesítmények közül az utak, vasutak vízfolyások létesítésének, korszerűsítésének mérnökgeodéziai feladatait. Áttekintve az egyes témákat megismerhetik a tervezésekhez szükséges térképek, vázlatok készítésének célját, tartalmi sajátosságait, a készítésükhöz szükséges mérnökgeodéziai technikákat. A tervezési munkák után áttekintjük az új létesítmények kivitelezésének, majd a meglévő építmények korszerűsítésének mérnökgeodéziai feladatait. Rövid összefoglalást adunk a mérőállomások használatának a lehetőségeiről útépitéseknél. Ezek ismeretében képesek lesznek hasonló feladatok geodéziai munkáinak elvégzésére, a kivitelezések geodéziai munkáinak végrehajtására, a gyakorlat megszerzése után ilyen munkák irányítására.

A modul második részében gépészeti szerkezetek szerelésének és ellenőrzésének a mérnökgeodéziai munkáit foglaltuk össze. E feladatok megoldása során megismerhetik a mérnökgeodéziai módszerek és mérőeszközök mérés-technikai (metrológiai) alkalmazását. A munkák sajátosságainak összefoglalója után, bemutatjuk a hazai gyakorlatban leggyakrabban előforduló gépészeti szerkezetnek, a futódarupályák szerelésének és ellenőrzésének a feladatait.

A befejező rész az ipari mérőrendszereket (industrial measuring system) mutatja be. Ezek a rendszerek az elektronikus geodéziai műszerek és a számítógépek kombinációját jelentik. Velük a gépészeti szakterületen talált újabb tevékenységi területet a mérnökgeodéta társadalom. Ez utóbbi részek ismeretében alkalmasak lesznek darupályák szerelési és ellenőrző mérési munkáinak a végrehajtására, különböző gépészeti mérési feladatok megoldására.

## 2. 8.2 Vonalas létesítmények tervezésének és kivitelezésének mérnökgeodéziai feladatai

A vonalas létesítmények térbeli elhelyezkedésüket, rendeltetésüket tekintve igen változatos mérnöki alkotások. Jellemzőjük, hogy hosszirányú kiterjedésük lényegesen nagyobb, mint a keresztmetszeti méreteik.

Térbeli helyzetüket tekintve épülhetnek:

- a felszín felett (villamos távvezetékek, hőtáv-vezetékek, nagyvárosi magas vasutak, utak stb.),
- a felszínen (utak, vasutak, csatornák, árvízi töltések stb.),
- a felszín alatt (alagutak, földalatti vasutak, közműszakági vezetékek stb.).

Rendeltetésük az előbbi felsorolásból kitűnően is sokféle lehet. Szolgáltathatják az:

- ipari üzemek, a mezőgazdaság és a települések energia ellátását,
- települések és a települések közötti teher- és személyszállítást stb.

A vonalas létesítmények telepítése, tervezése, építése, és a munkálatokat megalapozó, a megvalósításukat segítő geodéziai tevékenység nagyon sokrétű feladat. Ahogy erről az MGE 1. modul 1.2 fejezetében tanultunk, e feladatoknak a megoldásakor a hatékony munka érdekében különösen fontos, hogy a geodéziai ismereteken túl a geodéta ilyen mérnöki szakterületeken is rendelkezzen bizonyos mélységű szakismeretekkel.

Természetesen nem tudtuk célként kitűzni, hogy minden egyes munkafolyamatot részletesen bemutassunk, igyekeztünk azonban a leglényegesebb ismereteket összefoglalni.

A bevezető felsorolásból látható, hogy térbeli elhelyezkedésük, rendeltetésük meglehetősen különböző, ennek ellenére a megvalósításuk során végzett mérnökgeodéziai munkák több tekintetben azonos sajátosságokat mutatnak. Ezt foglaljuk össze a következőkben:

**A vonalas létesítmények alapponthálózatát** a létesítmény tengelyvonala mentén kell kitűzni és meghatározni. A vízszintes alappontok hagyományos, sokszögeléssel végzett meghatározását nagyrészt felváltja a mérőállomásokkal és/vagy GNSS technikával mért alapponthálózatok kialakítása. A műholdas helymeghatározás számára kedvezőtlen (fedett) tereprészekben mérőállomásokkal mérünk és vagy sokszögeléssel, vagy szabadálláspont meghatározással sűrítjük a hálózatot. A magassági értelmű alappontsűrítés az országos magassági alapponthálózat pontjai között, a pontossági igénytől függően történhet, IV. vagy V. rendű vonalszintezéssel, trigonometriai magasságméréssel, műholdas technikával. A műholdas magasságmeghatározást a munkálatok bizonyos részeiben (földmunka kitűzések, előzetes kitűzések stb.) használhatjuk biztonsággal.

**A vonalas létesítmények tervezése** vagy a meglévő és ellenőrzött, hagyományos topográfiai térképek segítségével, vagy digitális adatbázis alapján végezhető. Utak, vasutak tervezésekor a nyomvonalak lehető legideálisabb helyét kell „megkeresni” (ezt a műveletet „nyomozásnak” hívják). Ha nem áll rendelkezésünkre megfelelő tartalmú (digitális vagy hagyományos) térkép, akkor a „nyomozást” a terepen is elvégezhetjük.

**A nyomvonal kiválasztása után** a részletes tervezéshez terepi felmérést kell végeznünk. Természetesen a földhivatalokból, FÖMI-ből beszerzett állami alapadatok (országos alapponthálózati pontok, földmérési alap- és topográfiai térképek, fotogrammetriai alapanyagok) képezik elsődlegesen a felméréshez felhasználható adatokat. Ezek tartalmát kell a részletes felméréssel aktualizálni. A részletes felméréskor az általános földmérési szempontok mellett azonban figyelemmel kell lenni az adott vonalas létesítménnyel kapcsolatos sajátosságokra is. A felmérés előtt a tervezővel konzultálva lehet ezekkel megismerkedni .

**A vonalas létesítmények tervezésekor és kivitelezésekor** sok speciális számítási- és kitűzési feladat jelentkezik. Ezeket ebben a modulban nem tárgyaljuk, de a bevezetésben hivatkozott modulokból egy részüket megtanulhatják.

**Az elkészült létesítmény felmérésével** két igényt kell kielégíteni:

- az üzemeltetés céljaira alkalmas tartalmú térképet kell készíteni, ugyanakkor,
- szolgálnia kell a földmérési térképek tartalmában bekövetkezett változások átvezetésének munkáját is.

**A vonalas létesítmények építése során** egyéb sajátos célú – kisajátítással és szolgalmi jog létesítésével kapcsolatos - földmérési feladatot is el kell végezni.

## 2.1. 8.2.1 Utak, vasutak építésének geodéziai feladatai

Utak és vasutak építéséhez kapcsolódó geodéziai munkák – különösen elveikben - sok azonosságot mutatnak, ezért célszerű azokat együtt tárgyalni. Ilyen feladatok egyaránt jelentkezhetnek új vonalas létesítmények építésekor és meglévők korszerűsítésekor. Mint minden mérnöki létesítmény megvalósítása, így az utak, vasutak építése is két alapvető időszakra bontható:

- tervezésére és
- kivitelezésre.

A kivitelezés utáni fontos geodéziai feladat, ahogy azt a bevezetőben is írtuk, az elkészült létesítmény felmérése. (Megvalósulási térkép készítése)

**A tervezés geodéziai munkáit** összefoglalva, a következő feladatokat kell megoldani:

- tervek, és helyszínrajzok beszerzése, tartalmuk aktualizálása; új tervek, térképek készítése,
- alappontsűrítés,

- hossz- és keresztshelvény készítés,
- tervezési kitűzések végrehajtása.

**A kivitelezés geodéziai munkái** összefoglalóan (nem időrendben):

- nyomvonal kitűzése,
- ívek és egyenesek kitűzése,
- műtárgyak kitűzése,
- földtömegszámítás,
- kisajátítási munkák elvégzése.

**Az elkészült létesítmény felmérése.**

A létesítmények tervezését a geodézia különböző méretarányú, és tartalmú térképek, munkarészek készítésével támogatja. A tervezéshez készítendő térképnek a tervezéshez szükséges adatokat (természetes, és mesterséges tereptárgyakat) olyan sávszélességben kell ábrázolnia, ahogy azt a tervezők előírják (pl. vasutak esetében ez legalább 50- 50 m a tervezett tengelyvonalától jobbra és balra). Ha a felmérés célja a vonalas létesítmény korszerűsítéséhez szükséges anyagok (tervek, térképek, helyszínrajzok) elkészítése, akkor nemcsak a meglevő létesítményt, hanem annak minden tartozékát (jelzőtáblák, építmények vagy vasutaknál valamennyi vágány stb.) fel kell mérni.

### **2.1.1. 8.2.1.1 A tervezés geodéziai munkái és készítendő munkarészei:**

#### **Megvalósíthatósági tanulmány**

A munkarész készítésének a célja döntés előkészítés, érdekes-e változatokat kidolgozni egy adott feladatra. A tanulmány összeállítása ritkán igényel geodéziai tevékenységet.

#### **Tanulmányterv**

Célja: összehasonlítható, többféle szempont szerinti változatok kidolgozása egy adott feladatra. A feladatot pontosítja. Változatokat tartalmaz, a nem megvalósíthatók kizárásával.

A változatokra hatástanulmány, költség-haszon elemzés készül, majd javaslat a megvalósításra.



8-1. ábra Tanulmányterv részlet

Készítéséhez külterületen általában elég egy 1: 10 000 méretarányú térkép Részletes felmérést legfeljebb a keresztező utak, vízfolyások, földutak stb. beméréséhez; vízfolyások fenékszintjének, utak pályaszintjének stb. magassági bemérésére (ezek esetleges pontosítása céljából) kell végezni. Az eljárás előnyei: gyors, olcsó, nagy területet fed le, a terepet jól jellemzi. Belterületen a meglévő térképek használhatók fel. A tervezésnek ebben a fázisában elsősorban helyszínrázi tervezés folyik, nem magassági. A közművekről ebben a fázisban nem kellene pontos adatok

### **Engedélyezési terv**

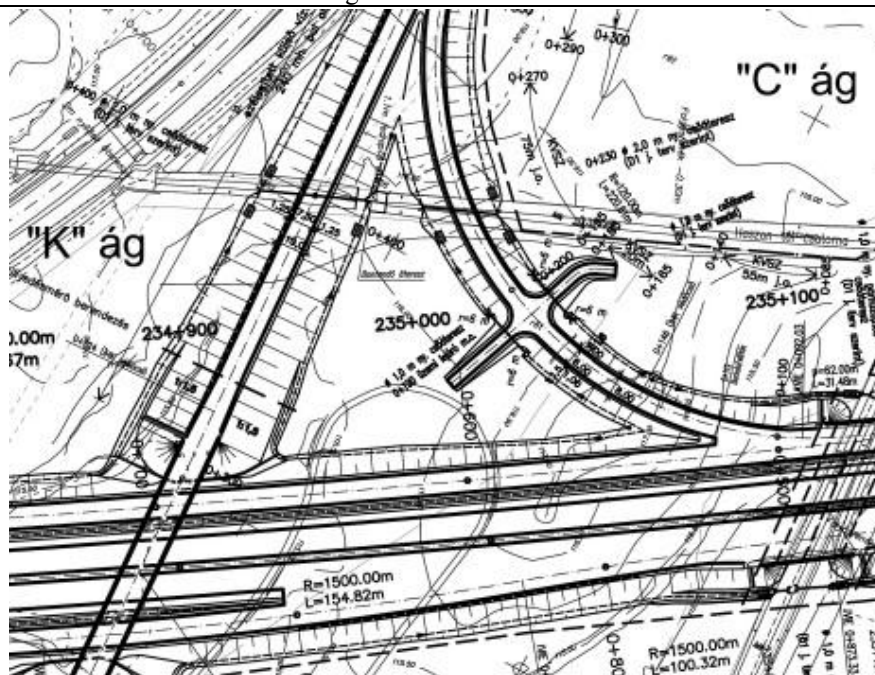
Készítésének alapja a tanulmányterv, célja, hogy segítségével beszerezhető legyen minden érintett hatóság, kezelő, tulajdonos nyilatkozata a munkálatok elkezdéséhez. Emiatt a tervnek kellően részletesnek kell lennie. Készítéséhez részletes és pontos vízszintes felmérések szükségesek, pl. a létesítmény vonalvezetésének a pontosításához. A magassági részletmérést terepen  $\pm 10$  cm, keresztezett vonalas létesítményeknél  $\pm 3-4$  cm pontossággal kell végrehajtani (a csatlakozások, utak, vasutak, hajózási úrszelvények miatt). A méréseket úgy kell végrehajtani, hogy az a következő tervfázisban készülő kiviteli terv készítéséhez is felhasználható legyen.

### **Kiviteli terv**

Készítésének alapja az engedélyezési terv. Minden részletre kiterjedő részletességgel kell megszerkeszteni, mert pl. a végleges területszerzési tervnek is alapját adhatja. Rendszerint ez alapján pályáztatják a kivitelező cégeket.

A részletes felmérésnek teljes körűnek és pontosnak kell lennie. Magassági értelemben a terepfelszínt  $\pm 10$  cm, egyéb vonalas létesítményeket, műtárgyakat  $\pm 1-2$  cm pontosan kell felmérni. Külön ritkán készül, csak ha az engedélyezési tervi mérés nem készült el, de ekkor is szükség lehet kiegészítő mérésekre.





8-2. ábra Kiviteli terv (részlet)

### Tender terv

Közbeszerzésnél a kivitelező ezt kapja meg, ezt is ismerve ad ajánlatot. A terv tartalmazza a kivitelezéshez szükséges szabványokat. A terv melléklete a kiviteli terv. A legpontosabb terv, ami alapján különböző mennyiségek a legjobban számolhatók. Rendszerint ez alapján pályáztatják a kivitelező cégeket

### Megvalósulási térkép

Ez a munkarész a kivitelezést befejező időszakban készül el véglegesen, mégis célszerű ebben a részben felsorolni. Az egyes elkészült létesítményszakaszok részletes felmérése azért fontos, nem kivárva a teljes befejezést, mert ezzel lehet felderíteni a már kivitelezett részek tervtől való esetleges eltéréseit.

### 2.1.2. 8.2.1.2 A kivitelezés geodéziai munkái.

A kivitelezés időszakában változatos mérési feladatokat (alappontsűrítés, kitzűzés és ellenőrző mérések) kell megoldani. A mai geodéziai gyakorlat a korszerű mérőműszerekkel (mérőállomások, GNSS technikák és a kettő kombinációja) olyan lehetőséget kapott, amellyel a kivitelezések geodéziai feladatai lényegesen könnyebben oldhatók meg, még nehéz terepviszonyok között is. A mérőállomásokba telepített programok célja és feladata a felhasználó munkájának könnyítése. A programok egy része minden mérőállomásban, gyártótól függetlenül, megtalálható. Vannak azonban olyanok is, amelyek gyártófűggők, csak egy egyedi mérőállomás típus jellemzőnek.

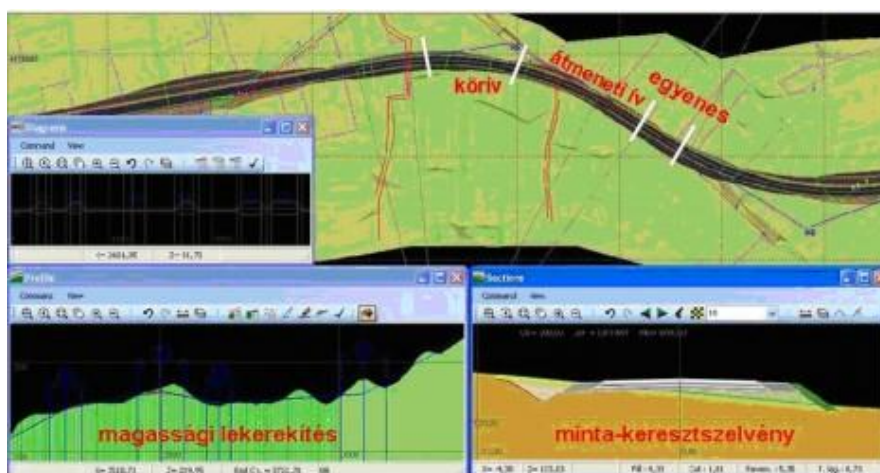
Tekintsük át röviden a lehetőségeket. A hagyományos geodéziai gyakorlatban a kitzűzési feladatokat **alappontsűrítés** előzik meg. Klasszikus módszere a vonalas létesítmények alappontsűrítésének a sokszögelés. Ezt a módszert egyre gyakrabban váltják fel a korszerű műszerekkel mért hálózatok. A hálózatba foglalt pontok egy részét kell csak állandósítani. A hálózatban meghatározott, így kiegyenlített számítható pontok relatív középhibája jobb a klasszikus módszerrel meghatározottaknál (a meghatározó mérések nagyobb száma miatt). Az alappontokat a kitzűzéshez vagy ellenőrző méréshez legkedvezőbb helyre lehet telepíteni. Ezeket az alappontokat ugyan sokszor veszélyeztetheti az építési tevékenység, de a mérőállomások szabad álláspont meghatározó programjaival a környező, épen maradt alappontokról, magaspontokról ismételt (sokszor csak a munkavégzés idejére) meghatározhatók alappontok.

A kivitelezés első, és legfontosabb feladata a tengelyvonal kitzűzése. A tengelyvonal vezetését szigorú műszaki előírások határozzák meg. Ezek az előírások a létesítmény rendeltetésétől, és jellemző adataitól függenek (így például más előírások vonatkoznak a vasútvonalakra és más előírások az utakra). A merev műszaki előírásokon túl ugyanakkor nagyon fontos szempont, hogy az út, a vasút harmonikusan illeszkedjék be a tájba. Ne legyen merev, tagoltabb terepen használja ki a táj adottságait, lendületes legyen a vonalvezetése. Ezt a hatást csak a

vonalvezetés változatosságával, az egyenes pályaszakaszok közé beiktatott ívekkel lehet elérni, ezért a vonalas létesítmények tengelyvonala egyenes és az egyenes szakaszok közé iktatott íves szakaszokból áll. Az ívek ritkán közvetlenül, általában átmeneti ívek közbeiktatásával csatlakoznak az egyenesekhez.

A mérőállomásokkal a felsorolt feladatokat programozottan végezhetjük. Az útépítéssel összefüggő, beépített programok:

- a műszerben már meglévő, előzőleg definiált út kiválasztása,
- az út jellemző adatainak felmérése poláris részletméréssel,
- keresztaszelvény mérése: megadott keresztaszelvény távolság alapján az út keresztaszelvény pontjainak felmérése poláris részletméréssel.
- Út definiálás: a nyomvonal vízszintes és magassági értelmű meghatározása és keresztaszelvények megadása.
- Út adatok szemléje: az út definíció áttekintése.
- Minta-keresztaszelvény definiálása: új minta keresztaszelvény létrehozása, vagy már meglévő módosítása.
- Minta-keresztaszelvény szemle: meglévő mintakeresztaszelvények áttekintése.



8-3. ábra Útelemek definiálása: hosszaszelvény, minta-keresztaszelvény, magassági lekerekítés

A tengelyvonal (középvonal) definiálása vízszintes értelemben egymáshoz kapcsolódó elemek megadásával, amelyek lehetnek pontok, egyenesek, ívek, átmeneti ívek.

A tengelyvonal (középvonal) megadása magassági értelemben, magassági ívek és parabolák sorozatával. Az egyenes szakaszokat nulla hosszúságú görbéként kell definiálni. A magassági nyomvonalnak nem kell feltétlenül ott kezdődnie, ahol a vízszintes nyomvonalnak, lehet, hogy a vízszintes nyomvonal a 0+100-as szelvénynél kezdődik, a magassági pedig a 0+90-nél.

Mérőállomásokkal megoldható ívek kitézése is. Az ív kezdőpontjának megadása után definiálnunk kell az ívet a megfelelő paramétereivel. Meg kell adnunk a kitézés haladási irányát, amely lehet bal irányú – az óramutató járásával ellentétes -, és lehet jobb irányú – az óramutató járásával egyező. A kezdőpont és az irány megadását követően az ív paraméterek közül legalább egy kitézés kötelező. Ezek lehetnek: az ív vége, ív középpontja, az érintők metszéspontja (tangenspont). Az ív további részleteinek számítását már a program fogja elvégezni. Ha a fent nevezett három paraméternél kevesebbet adunk meg, akkor a következő hat paraméter valamelyikét kell választani az ívkitézés végrehajtásához. Ezek lehetnek: sugár, középponti szög, ív eleje és ív vége közötti távolság az íven mérve, ív eleje és ív vége közötti távolság a húron mérve, érintőhossz (tangenshossz), az ív eleje pontról a sarokpontra menő irányiszög. A szükséges adatok megadása alapján a program számítja az ív további részleteit, és a felhasználó által kért pontok koordinátáit. A részletpontok kitézése többféle módon történhet: ívhossz megadásával, amely a részletpont kezdőponttól mért távolságát jelenti az íven mérve. Ha mindehhez egy ordináta értéket is megadunk, akkor a definiált ívvel párhuzamos íven lévő pontot tudunk kitézni. Lehetőség van húr-ív eltérés megadására, amely a szomszédos ívpontok által meghatározott húr és a hozzá tartozó ívhossz közötti eltérést maximalizálja. Ez természetesen geometriailag megadott darabszámú pont

kitűzését jelenti, azonban az is lehet, hogy a kitűzendő pontok darabszámát adjuk meg, és a műszer ehhez képest határozza meg a húr-ív viszonyt. A lehetőségek függenek attól, hogy az egyes programok milyen kitűzési lehetőségekre vannak felkészítve.

### 2.1.3. 8.2.1.3 Az utak korszerűsítésének földmérési munkái

Az utak korszerűsítése irányulhat:

- a vízszintes vonalvezetés korszerűsítésére,
- a magassági vonalvezetés korszerűsítésére,
- a szélesség növelésére.

A korszerűsítési feladatok leggyakrabban együtt jelentkeznek. Az útkorszerűsítési tervek elkészítéséhez a tervezőnek elsősorban a korszerűsítés előtti állapotot kell ismernie. Ezért el kell készíteni számára a meglévő út részletes helyszínrajzát és hossz-szelvényét.

A *részletes helyszínrajznak* tartalmaznia kell az út környezetéből mindazt, ami hatással lehet az út korszerűsítésének a tervezésére. Ha előre tudjuk, hogy csak kismértékben változtatjuk meg az út vonalvezetését, akkor a környezetből (pl. épületekből) elég csak annyit feltüntetni, amennyi a tervezéshez kell. Ez elsősorban belterületi átvezető útszakaszokon (az ún. átkelési szakaszon) fordul elő. Ha a korszerűsítés miatt az út épületet metszene, akkor pótlólag az érintett épület teljes felmérését el kell végezni.

A helyszínrajz készítéséhez minden olyan részletet mérnünk kell, amelyet a tervező kért (burkolat széle, járda széle, árok széle, közművek aknája, a felszín alatti és felszín feletti vezetékek, kerítések, kapuk, fák stb.) Az ilyen részletes térképek általában *1:500 méretarányban* készülnek.

Külterületen - sík vidéken - a tervező szabadabban valósíthatja meg az út vízszintes és magassági vonalvezetésének korszerűsítését bizonyos előírások alapján (pl. az úton ne legyen 500 m-nél kisebb sugarú ív vagy 5 %-nál nagyobb emelkedő).

A helyszínrajzok elkészítéséhez *a meglévő földmérési alaptérképeket* kell felhasználni. Ha valamilyen ok miatt ez nem lehetséges, akkor a meglévő út mellett végzett alappontsűrítésre támaszkodva mérjük be mindazokat az adatokat (részletpontokat), amelyeket a tervező kért. Ezt térképezve tudunk megfelelő munkarészt adni a tervezőnek a korszerűsítés változatainak kidolgozásához. A megfelelő változatok kidolgozása után a földmérő újra bekapcsolódik a munkába a változatoknak megfelelő részletesebb felmérés elvégzésére.

Különösen sík területen - de domb- és hegyvidéken is - a korszerűsítés hosszabb szakaszokon is *új vonalvezetéssel* járhat. Ilyen esetekben is a földmérő feladata az új szakaszok részletes felmérése.

Az útvonal magassági korszerűsítésekor is hasonló módon járunk el. Ha kisebb pontosságra van szükség, akkor leggyorsabban mérőszalaggal és szintezőműszerrel érhetünk el eredményt. Új hossz-szelvényt készítünk, kitűzzük és mérjük a 25 méterenkénti út tengelypontokat, valamint a jellemző vízszintes és magassági részletpontok magasságát.

A hossz-szelvényt, a szokásos módon, 1:10 000–1:2000 méretarányban és **torzított magassági léptékkel** készítjük. A tervező ebből megállapíthatja, hogy az út hol lépi túl a megengedett emelkedőket illetve, hogy a megengedett függőleges ív sugara hol kisebb a megengedettnél. A hossz-szelvény alkalmas arra is, hogy vizsgálják, hogyan lehet csökkenteni a veszített magasságokat.

A feladatban gyakran kapcsolódik egymáshoz a vonalvezetés vízszintes és magassági korszerűsítése. Feladatunk ekkor is a megfelelő vízszintes és magassági felmérés elvégzése, a hossz-szelvény elkészítése.

A korszerűsítéshez is hozzátartozik a keresztező létesítmények felmérése és feltüntetése, hiszen ez korlátozást jelenthet a tervezésben, vagy feltárja, hogy szükség van-e a keresztező létesítmény áttervezésére.

## 2.2. 8.2.2 A vasútépítés fontosabb földmérési munkái.

A vasútépítések során végzett földmérési tevékenység lényegileg nem különbözik az útépítés földmérési munkájától. Az eltérés a feladat jellegéből adódik. A vasútnál, a kötött pálya sajátosságaiból adódóan, lényegesen kisebb emelkedőket engednek meg a tervezési előírások (ezrelékben fejezve ki az emelkedőt, pl.

alföldeken 3‰, sík vidéken 6-7‰), és a megengedett legkisebb sugár is nagyobb, mint az utaknál (pl. 100 km/h kiépítési sebességnél 600 m, 160 km/h kiépítési sebességnél 1600 m).

A vasúti pályatest alépítménye hasonlít az utak alépítményéhez, de általában annál keskenyebb. A vasutak tervezésekor, építésekor lényegében kétféle feladattal állunk szemben:

- új nyomvonal tervezése,
- régi nyomvonal korszerűsítése.

### **2.2.1. 8.2.2.1 Az új vasút építésével kapcsolatos földmérési munka**

Az új vasúti vonalak tervezésekor is az új utak tervezéséhez szükséges feladatokat végezzük el, ugyanúgy tűzzük ki a tengelyvonalat, az egyeneseket, átmeneti íveket és köríveket. A mérőállomások „utas” programjai vasutak esetében is használhatók. Az alépítmény építéséig a munkafázisok közel megegyeznek az útépités hasonló építési időszakának munkálataival.

A vasútnál azonban az alépítményre zúzottkő ágyazatot helyeznek el, majd erre kerülnek a keresztaljak és a sínek. Ehhez az elhelyezéshez nagyon pontos **vízszintes és magassági kitézést** kell végezni, gyakran milliméter-élességű munkát követelnek a földmérőtől.

A nyomvonal tervezési változatait kis méretarányú topográfiai térképen, majd a végleges változatot vagy változatokat 1:25 000 és 1:10 000 méretarányú topográfiai térkép alapján dolgozzák ki.

A tervezett vonal sávjában - ha arról nincs részletes szintvonalas térkép - terepfelmérést végzünk, és részletes helyszínrajzot készítünk. Ezen újra semleges vonalat nyomoznak, megtervezik a tengelyvonalat (nyomvonalat), próba hossz-szelvény készül és ennek alapján korrigálják a tengelyvonal helyét.

A földmunkákhoz a vasútépítésnél is ki kell tűzni az esetleg elpusztult tengelypontokat, a töltések és bevágások szélső pontjait. A vasútépítésnél külön kell figyelni az elkészült alépítményre kerülő felépítmény kitézésére, ezen belül is a túlelemelésekre és a nyombővítés kitézésére (ívekben a síneket az ív sugarával fordított arányban egymástól fokozatosan távolabb kell elhelyezni).

Az egyéb földmérési munkát az útépitésnél tanult módon kell elvégezni.

### **2.2.2. 8.2.2.2 A vasutak korszerűsítésének földmérési munkái**

Napjaink jellemző vasútépítési munkája a meglévő vasutak korszerűsítése, elsősorban a vasutak villamosítása kapcsán. E feladat közben lényegesen meg kell változtatni a korszerűsítésre kerülő vasút vízszintes és magassági vonalvezetését, szélesíteni kell a kisajátított területet, át kell építeni a felépítményt.

A kiindulás a topográfiai térképen készített tanulmányterv. A részletes tervezés alapja, ebben az esetben is a vasútvonal részletes *helyszínrajza, hossz-szelvénye és kereszt-szelvényei*. Ha ezek nem állnak rendelkezésre, akkor a tervező által adott irányelvek szerint terepi felméréssel el kell készíteni a hiányzó munkarészeket.

Ezek alapján a tervező megvizsgálja a meglévő vasút vízszintes és magassági vonalvezetését. Kijelöli azokat a szakaszokat, amelyekben nagyobb sugarú íveket és átmeneti íveket kell kialakítani. Úgyszintén meghatározza azokat a részeket, ahol a magassági vonalvezetést kell megváltoztatni. A korszerűsítés során szükségessé válhat közbenső állomások meghosszabbítása vagy átépítése is.

Vasút-korszerűsítés közben gyakran elég nagymértékben el kell térni a meglévő pályáktól, hiszen a nagy sugarú ívek beiktatásával a régi nyomvonalon már nem lehet továbbhaladni, így a korszerűsítés után egyes szakaszok új nyomvonalon haladnak. Ezekről az új nyomvonal részekről ugyanolyan előkészítő munkarészeket kell készíteni, mint az új vonalokról.

Külön figyelmet kell fordítani az állomások korszerűsítésére, vágányhálózatuk kitézésére, az állomás egyéb sajátos munkálatainak elvégzésére.

## **2.3. 8.2.3 Vízépitési feladatokkal kapcsolatos földmérési munkák**

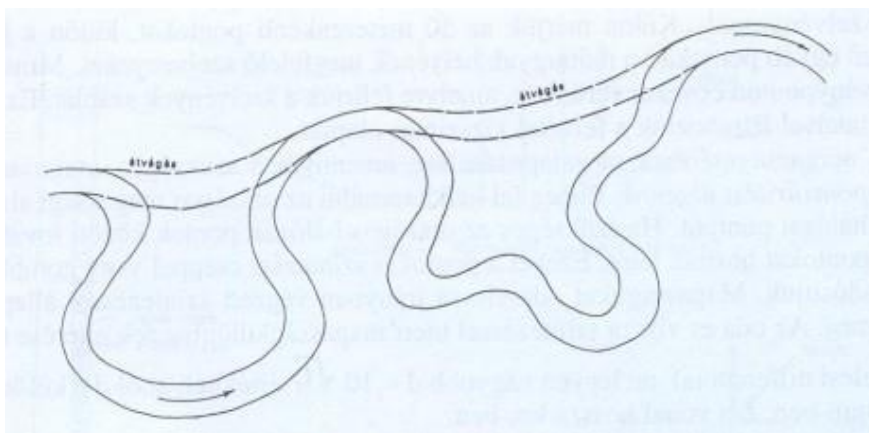
A vízépitési feladatok körébe igen sokféle munka tartozik: patak- és folyószabályozás, csatornahálózat építés, tárolók és halastavak, stb. építése.

A geodéziai munkák a tervezést, a kivitelezést és az üzemeltetést segítik, ami változatos mérnökgeodéziai tevékenységre ad alkalmat. A feladatok egy részében (vízierőművek, völgyzárógáták építése során) a munkák jellege az ipartelepek geodéziai munkáihoz hasonlítható. A feladatok más körében a munkák a vonalas létesítmények geodéziai tevékenységéhez áll közelebb.

A földmérési munkálatok során el kell végezni a tervezéshez szükséges felméréseket, el kell készíteni a helyszínrajzokat, valamint a hossz- és keresztshelvényeket, ki kell tűzni a tervezett állapotot, támogatni kell a kivitelezési munkákat geodéziai művezetéssel, a beruházás befejezése után el kell készíteni mindazokat a mérnökgeodéziaimunkákat amelyekről korábban már volt szó.

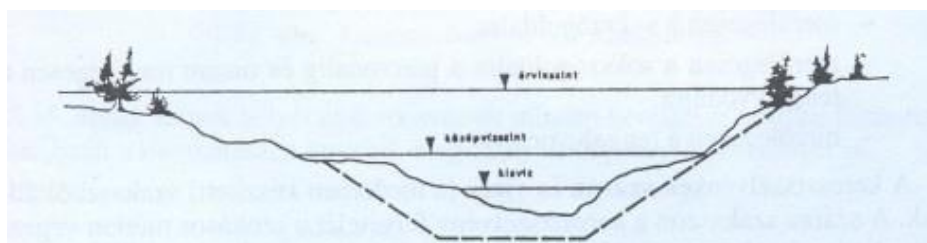
### 2.3.1. 8.2.3.1 A vízszabályozások tervezésének geodéziai munkái

A vízszabályozáskor vagy a meglévő vízfolyás medrének tengelyvonalát kell megváltoztatni és új medret kell készíteni,



8-4. ábra Medervonal szabályozása

vagy csak a medret kell korszerűsíteni, mert az eredeti meder feltöltődött.



8-5. ábra Korszerűsítés mederfeltöltés után

A tervezés első szakaszában  $1:10\ 000$  méretarányú tanulmány tervek készülnek a meglévő topográfiai térképek és légi fényképek felhasználásával. Ezek azonban nem adnak tájékoztatást a vízfolyások egyéb sajátosságairól (pl. meder mélységi viszonyairól) ezért hossz-szelvény, és a jellemző helyeken keresztshelvények készítésére van szükség.

A részletes szabályozási terv elkészítéséhez el kell készíteni a vízfolyás részletes felmérését.

Kiindulásként a **vízfolyás bal partján** (a folyás irányába tekintve baloldalon) alapponthálózatot létesítünk lehetőleg a vízfolyás közelében. Pontjai a vízügyi gyakorlatban az ún. felvételi alapvonalat alkotják. A pontokat célszerű állandósítani. A pontok akár több km hosszan is követhetik a vízfolyást, koordinátájukat az útépitések során vázolt technikákkal határozzuk meg.

A pontok között a vízfolyást folyamatosan hektóméter-szelvényezéssel szelvényezzük. Külön mérjük az 50 méterenkénti pontokat, külön a jellemző egyéb pontokat, a műtárgyak helyének megfelelő szelvényeket. Minden szelvénypontra cöveket verünk le, amelyre felírjuk a szelvény számát. Ezzel a munkával létrehoztuk a felvétel vízszintes alapját.

A magasságmérések alapponthálózata korszerű műszerek (mérőállomások, GNSS műszerek) alkalmazásával a vízszintes alapponsűrítéskor már megalapozható. Amennyiben szükséges végezhetünk magassági

alappontsűrítést színtezéssel is. Ehhez az országos magassági alapponthálózat pontjait használjuk fel. Az országos hálózati pontok között további alappontokat hozunk létre. Ezeket a pontokat a mérnökgeodéziában megszokott módon hidak, átereszek és más mozdulatlanak tekinthető műtárgyakban színtezési csappal vagy gombbal állandósítjuk. Magasságukat oda-vissza irányban végzett méréssel állapítjuk meg. Az oda-vissza színtezéssel mért magasságkülönbségek eltérése (az észlelési differencia) nem lehet nagyobb  $d = 10 \sqrt{L}$  értéknél, ahol a  $d$  magasságkülönbség mm-ben,  $L$  vonalhossz km-ben értendő.

Az így meghatározott alappontok magasságából vezetjük le a szelvényekben levert cövekek magasságát. Ezek után az előkészítő mérések után minden rendelkezésünkre áll, hogy elvégezzük a keresztshelvények felvételét.

Minden szelvényezett pontban mérünk keresztshelvényeket. A tervező igényei

szerint a keresztshelvényeket kijelölhetjük:

- merőlegesen a sokszögoldalra,
- merőlegesen a sokszögoldalra a partvonalig és onnan merőlegesen a tengelyvonalra,
- merőlegesen a tengelyvonalra.

A keresztshelvények **száraz és vizes** (a mederben készített) szakaszból állnak. A száraz szakaszon a keresztshelvény felvételét a szokásos módon végezzük. A vizes szakaszon a mérés módja attól függ, hogy milyen a meder.

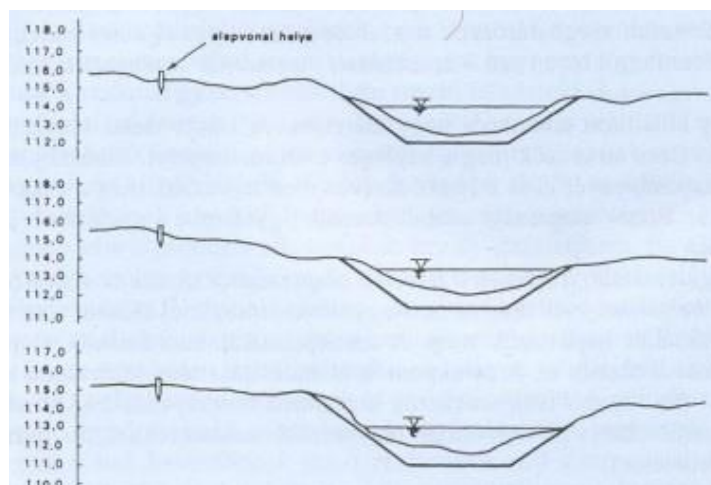
Kis mélységű vízfolyásokban a partról a színtezőlécet tovább viszik a vízbe, úgy hogy közben a mérőszalagot kifeszítik a meder felett.

Nagyobb vízfolyás vizes medrében a keresztshelvényeket **szondázással** mérjük. A szonda lehet beosztásos rúd, de elektroakusztikus mérőműszer is.

Szélesebb medernél drótkötelet feszítünk ki, és ennek mentén vezetett csónakról végezzük a szondázást. A mai műszertechnika mellett a csónak (vagy a mélységmérő eszköz) helyzetét a partról mérőállomással mérjük, vagy a csónakban elhelyezett GPS műszerrel határozzuk meg.

A keresztshelvényt a tervező által megadott szélességben (pl. a part élektől 50–50 m) mérjük. A tervező azt is megadhatja, hogy meghatározott helyeken (pl. kilométerenként) teljes völgyshelvényt kell készíteni. Ez felhasználható a vízgyűjtő terület és a vízfelvonulás tanulmányozására.

A keresztshelvényeket a 8-6. ábrán látható módon kell megszerkeszteni, ügyelve arra, hogy az alapvonal rajzban is a keresztshelvény bal oldalán legyen. Ennek helyét és a víz szintjét minden keresztshelvényen feltüntetjük. Ezen a munkarészen tervezik meg az új meder keresztshelvényét is.



8-6. ábra Vízfolyások keresztshelvénye

A tervezett meder partvonalát a természetben kijelöljük. A kivitelezéskor elvégezzük a szükséges egyéb kitzúási és ellenőrzési méréseket.

A műtárgyakról **műtárgyszelvényt** készítünk, amelyet a műtárgyról készített fényképpel is kiegészíthetünk.

### 2.3.2. 8.2.3.2 Az új csatornák tervezésének és kitűzésének földmérési feladatai

Új csatornákat és csatornahálózatot általában olyan helyen terveznek, ahol azelőtt nem volt vízfolyás, így a feladat részben hasonlít az új út vasút tervezéséhez.

Az eltérések a következők:

- vízfolyásoknál csak egyirányú lejtés lehetséges, nincs olyan jellegű nyomvonaltervezés (pl. semlegesvonal-kitűzés), mint az utaknál és vasutaknál,
- átmeneti ív főlegesen, sokkal kisebb köríveket terveznek, sőt jóformán körív nélkül csatlakozhatnak egymáshoz az egyenes szakaszok,
- a csatorna medrének két oldalán általában védtöltés készül (egyébként ez általában az élő vízfolyások szabályozása közben is így történik).

Csatornákat elsősorban sík területen építenek. A tervezéshez **topográfiai térképet** használhatunk. A topográfiai térképen megtervezett felvételi alapvonal tengelyének sarokpontjait a terepen ki kell tűzni, majd erről kell felvenni egy adott szélességű sávot.

A csatornák tervezési munkái során, előkészítéseként, szelvényezzük a felvételi alapvonalat, meghatározzuk a szelvénypontok cövekjeinek magasságát, majd - sík területről lévén szó – szintezéssel megmérjük a megadott szélességű keresztzelvényeket.

Az így előállított adatokból nagyméretarányú szintvonalas helyszínrajzot készítünk. Ezen tervezzük meg a végleges csatornatengelyt. Elkészítjük a tengely hossz-szelvényét is, és e hossz-szelvényben tervezzük meg a csatorna fenékvonalát. Ennek magassági adatait vesszük figyelembe a mederszelvény tervezésekor.

A tengelyvonalat a terepen a felvételi alapvonalról tűzzük ki. A kitűzési méreteket a helyszínrajzról mérjük le. Nagyobb csatornáknál először a sarokpontok koordinátáit határozzuk meg. A sarokpontokat koordinátáik alapján az alappontokról tűzzük ki. A sarokpontok állandósítása után kitűzzük a körívek főpontjait (ha vannak íves szakaszok a csatorna tengelyvonalán), majd a körív részletpontjait (egyszerűbb módszerekkel, pl. húrmagasság negyedeléssel).

A kivitelezéshez kitűzzük a csatorna medrének széleit, a töltések helyét. Különös gondot kell fordítani a műtárgyak kitűzésére.

### 2.4. 8.2.4 Vonalas létesítmények építésének befejezése utáni geodéziai munkák

Közvetlenül a kivitelezés befejezése után a teljes létesítményről megvalósulási térképet kell készíteni valamennyi felszíni, felszín alatti és felszín feletti részlet feltüntetésével. Ez a térkép egyúttal a létesítmény üzemi térképe is.

Ha az üzemeltetés megkívánja (pl. vasútnál), el kell készíteni a megvalósított állapot hossz-szelvényét is.

A **megvalósulási térkép** készítését össze kell kapcsolni a végleges kisajátítási terv elkészítésével, sőt a kisajátítási térkép egy példányán lehet készíteni a megvalósulási térképet is. (Részletesebben lásd még a Nagyméretarányú térképezés 17. modulját)

A létesítmény átadásakor sor kerülhet különféle ellenőrző mérésekre és különleges mérésekre (pl. terhelési próbánál a hidak süllyedésének mérésére) is.

Az **üzemeltetés folyamán** is szükség lehet különféle sajátos mérésekre, esetleg ellenőrző hossz-szelvények meghatározására, vízszintes elmozdulások vizsgálatára stb. Ezeket a méréseket mindig az üzemeltető előírásainak megfelelően kell végezni.

### 3. 8.3 Gépészeti berendezések szerelésének, ellenőrzésének (geodéziai) mérési feladatai

A modulnak ebben a részében a mérnökgeodézia egy speciális területének, a gépészeti berendezések szerelésének, ellenőrző mérésének ismereteit foglaljuk össze, majd részletesen a darupályákkal kapcsolatos feladatokkal szeretnénk megismertetni a hallgatókat. A gépészeti mérések specialitása, amely megkülönbözteti az eddig megismert feladatoktól, több dologban is rejlik.

A mérnökgeodézia szakterületének kifejlődését bemutató első modulban már utaltunk rá, hogy a geodézia a maga eszköztárával a második világháborút követő nagy ipari építkezések, városrekonstrukciók, az út- és vasúthálózatok újjáépítése majd nagyarányú fejlesztése, vízépitések stb. elsősorban az **építőmérnökök** (az általános-, vagy még régebbi megnevezéssel a kultúrmérnökök) feladatainak megoldásában jelentett hatékony segítséget. A nagy volumenű építkezések számának a csökkenésével szinte egyidőben felmerült a szakterület feladatainak újragondolása, a lehetséges új feladatok utáni tájékozódás.

A múlt század nyolcvanas éveiben egyre gyakrabban jelentek meg, elsősorban a külföldi szakirodalomban, olyan publikációk, amelyek a geodézia módszereinek és technikájának új, lehetséges alkalmazásáról szóltak, és ez a gépipari alkalmazás volt. A dolgozatokban leírt tapasztalatok összegzése alapján merült fel a kérdés szakterületünkön: lehet-e a gépészet a mérnökgeodéták egyik új munkaterülete? (Werner 1987). Az elmúlt évtizedek erre a kérdésre igen szép választ adtak. A külföldi szakirodalomban azóta is számtalan publikáció foglalkozott a témával.

A geodéziai technikák e szakterületi elterjedésének, átvételének az volt az oka, hogy a **gépészmérnökök** egyre gyakrabban tapasztalták, főleg az egyre bonyolultabb (térbeli) szerkezeteik szerelése, ellenőrzése során, hogy olyan mérés-technikai feladatokkal találkoztak, amelyeket az általuk kiválóan kezelt módszereikkel, és kis mérési tartományokban hatékony, szélső pontosságú, de korlátozott mérőműszereikkel vagy nem elég hatékonyan, vagy egyáltalán nem tudtak megoldani.

A geodéziai technikák elterjedéséhez azonban ez még nem lett volna elegendő, ha ezalatt az évek alatt nem fejlődnek óriásit a geodéziai műszerek és a számítástechnikai eszközök (erről majd a fejezet végén bővebben írunk).

Mi a specialitása a gépészeti méréseknek:

- a berendezések működését meghatározó geometriai feltételek (méretek, távolságok, szögek, megmunkált felületek sík volta stb., azaz a „kell” geometria) folyamatos ellenőrzése, nemcsak a szerelés, a karbantartás, hanem gyakran a gyártási folyamat során (minőség ellenőrzéshez, folyamat vezérlésre),
- változó méretű (néhány métertől akár több száz méterig terjedő) objektumok, amelyek részben a hagyományos mérési módszerek átalakítását, más mérési instrumentáriummal, és technikákkal való kombinációjának szükségességét eredményezi,
- bonyolult (térben is erősen tagolt) nem egyedi objektumok, hanem összetett technológiai rendszerek, sok esetben működés közbeni mérését is jelentheti,
- gyakran nagy pontossági követelmények a szerelés irányításában, az ellenőrző mérések során.

Álljon itt néhány gyakori és néhány speciális feladat:

- darupálya mérések,
- nagy tároló polcrendszerek szerelése,
- turbinák és erőműi mérések,
- forgókemencék (cementgyártás, érc előkészítés) beállítása,
- atomerőművek, nukleáris berendezések mérése,
- robotok kalibráló mérése,



- hajó-, repülőgép- közúti járművek (autóbusz, személykocsi) gyártása.

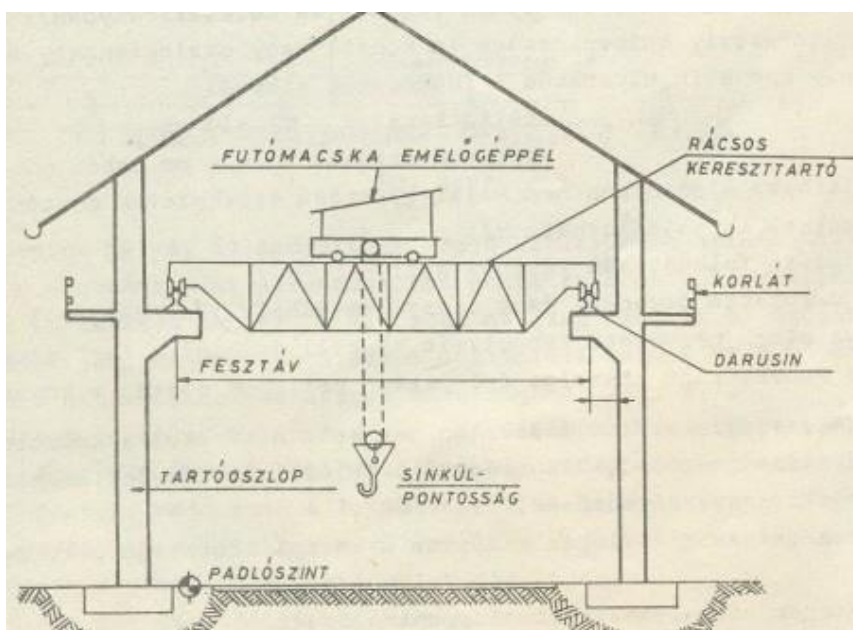
A modul tartalmi keretei miatt ebben a modulban csak a darupályák, mint a hazai gyakorlatban leggyakrabban elforduló gépeszeti témának mérési feladatait tárgyaljuk részletesen. Végül a fejezet végén rövid összefoglalót adunk olyan mérőműszerekről (ipari mérőrendszerekről), amelyekkel az előbbi felsorolásban szereplő feladatok oldhatók meg.

### 3.1. 8.3.1 Darupályák szerelését irányító és ellenőrző mérések

Az építési tevékenység, a szerelő- és üzemcsarnokok, külső rakodóterek stb., anyagmozgatásának nélkülözhetetlen eszközei a különböző típusú daruszerkezetek.

Mérési szempontból a kötőtpályás daruk, ill. szállítóberendezések érdemelnek elsősorban figyelmet. Sokféle megjelenési formájuk közül a futódaruk mutatják a legnagyobb változatosságot, és mérésük a legtöbb nehézséget. Ebben a fejezetben az utóbbiak építésének, ellenőrzésének mérési feladatait ismertetjük.

Nézzük meg egy futódaru-pálya szerkezeti felépítését.



8-7. ábra Futódaru szerkezeti felépítése

Darupályák zavartalan működéséhez mind a tartóoszlopok, mind a sínzálak (tartógerendák) elhelyezésénél meghatározott geometriai feltételeket kell kielégíteni.

Az MGE7 modul 7.2.1 fejezetében megismertük a pálya „alépitményét” jelentő tartóoszlopok beállításával kapcsolatos feladatokat. Ebben a fejezetben tekintünk át a helyesen beállított pillérsorokra kerülő, a sínzálakat tartó szerkezetek és a sínzálak kitűzését és ellenőrző bemérését

### 3.2. 8.3.2 Darupálya vízszintes értelmű kitűzése

A kitűzés célja a darupálya zavartalan működését biztosító elemek (tartók, sínzálak) adott geometriai feltételek melletti beállítása. Ennek érdekében szükséges, hogy:

- a sínzálak egyenesek és egymással párhuzamosak legyenek,
- egy adott keresztmetszetben a sintengelyek között mért vízszintes távolság a fesztávolsággal legyen egyenlő,
- a sínzálak vízszintesek legyenek,
- a sínzálak a tervezett magasságban legyenek.

Ezeket a geometriai feltételeket általában a megfelelő magyar szabványban meghatározott tűrésen belül kell kielégíteni. Darupálya tűrések a magyar szabvány szerint:

- a fesztávolság tűrése:  $\pm 5$  mm,
- a darupálya tengelyének eltérése az elméleti tengelytől:  $\pm 10$  mm,
- a magasság tűrése (a terven megadott magasságtól való eltérés mértéke):  $\pm 20$  mm,
- a pálya lejtése (hossz- és keresztirányban): 1 ezrelék,
- a szintengely külpontossága (a konzol vagy oszloptengely és a szintengely nem esik ugyanabba a függőleges síkba);

Megengedett értéke:

- acéltartónál  $\pm 10$  mm,
- vasbetontartónál  $\pm 30$  mm.

A gyakorlatban, elsősorban nem hazai gyártású szerkezeteknél, ettől eltérő értékekkel is találkozhatunk.

A kitűzési feladat két részből áll:

- a darutartó gerendák, és a sínszálak elhelyezése céljából a darupálya sínek tervezett tengelyeit ki kell jelölni a tartószerkezeten (ezek rendszerint konzolos felépítésűek lásd újra a 7.2.1 fejezetben az ábrát), így a jelölést a konzolokon kell elvégezni,
- a magassági kitűzés érdekében meg kell határozni a konzolok támaszlapjainak magasságkülönbségét (a feladattól függően abszolút vagy relatív magasságméréssel).

A szintengelyek vízszintes kitűzése a terepi adottságoktól függően elvégezhető:

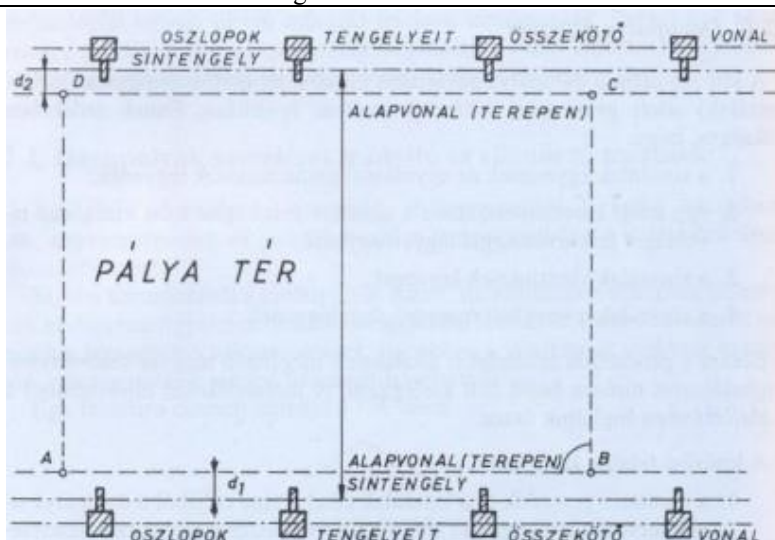
- terepszinten (csarnok padlószintjén) létesített alapponthálózatról,
- a darupálya szintjén kialakított alapponthálózatról.

Az alapponthálózat a darupálya fesztávolságától, a pálya hosszától függően lehet egyszerűbb, vagy bonyolultabb, szélső esetben (pl. rövid, kis fesztávolságú műhelydaru esetén) akár két pontból is állhat, rendszerint azonban vagy egy téglalap, vagy - hosszabb pályák esetén - téglalapok láncolata.

### **3.2.1. 8.3.2.1 Kitűzés terepi alapponthálózatról**

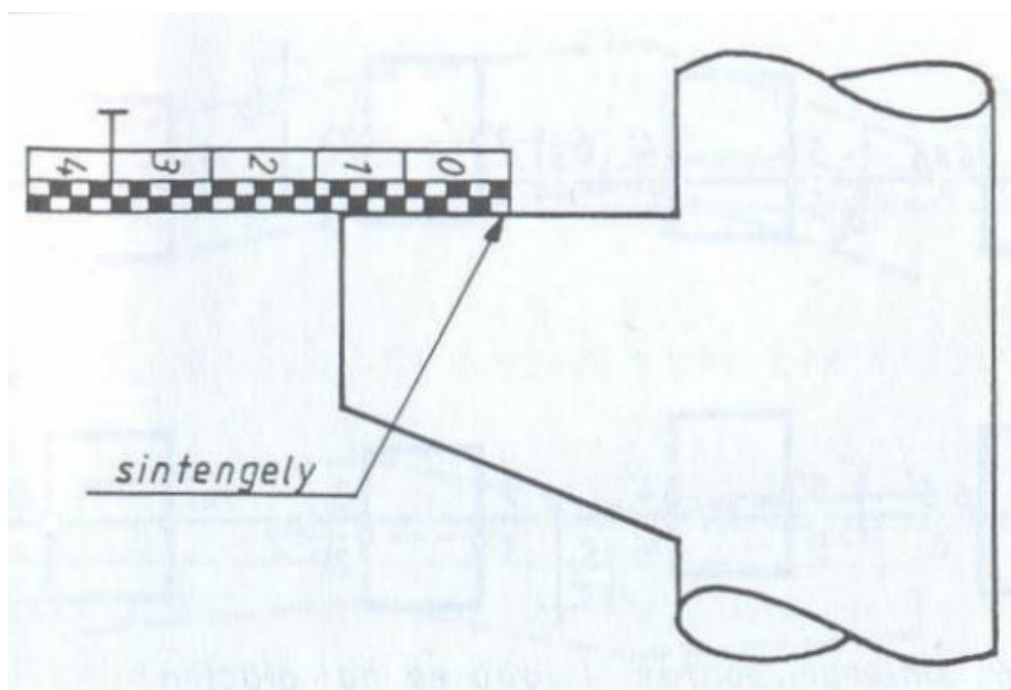
Ezt a módszert akkor alkalmazzuk, ha a darupálya szintjén nincs módunk hálózatot létesíteni, de a tartóoszlopok pályairányú tengelyeivel párhuzamos egyenes mentén összelátásunk van. Ilyenkor a konzolok szélétől a pálya közepe felé a konzolhoz minél közelebb eső, a tengellyel párhuzamos alapvonalat tűzünk ki, melyet téglalap alakú hálózattá fejlesztünk.

Az alappontok helyét állandósítjuk (Az állandósított pontokra a darupálya ellenőrző mérései során is szükség lehet). A kitűzött hálózat szögeit és oldalhosszait gondosan megmérjük, majd a hálózatot kiegyenlítjük. Ezután meghatározzuk a kiviteli tervek és a hálózat méretei alapján a kitűzésekhez szükséges távolságokat ( $d_1$ ,  $d_2$ ).



8-8. ábra Síntengely kitűzése terepszintről (Ódor K. után)

A kitűzést teodolittal és a  $d_1$ ,  $d_2$  távolságok ismeretében előkészített mérőléccel végezzük. Teodolittal felállva, pl. a hálózat A pontján megirányozzuk a B pontot, majd csak a fekvőtengely körül forgatva a távcsövet az oszlopokon egyenként beintjük a mérőléccel előre kijelölt pontját.



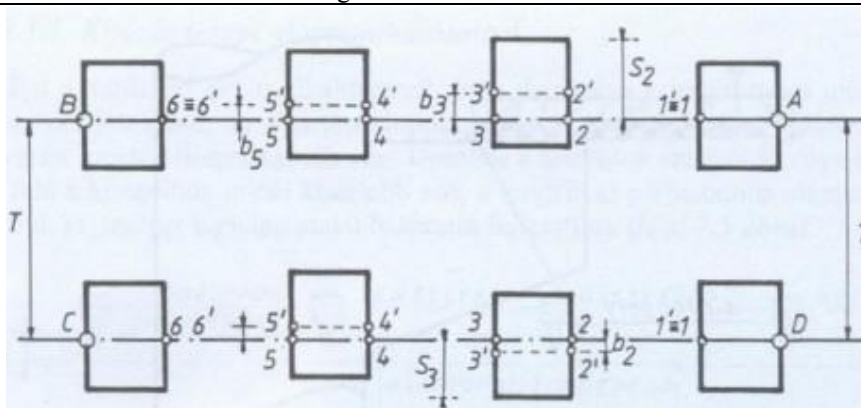
8-9. ábra Síntengely jelölés a konzolon

A léccel talpánál megjelöljük a konzolon a szintengelyt. A kitűzést két távcsőállásban végezzük el.

A kitűzést a másik két alappontonról a másik oszlopsorra is elvégezzük. Ellenőrzésként több helyen is megmérjük a kitűzött helyek közti távolságot (a fesztávolságot).

### 3.2.2. 8.3.2.2 Kitűzés a darupálya szinten létesített hálózatról

Ha az alaphálózat terepszintű kitűzésére különféle akadályok miatt nincs mód, akkor célszerű a hálózatot pályaszinten kitűzni. Előfeltétele, hogy az oszlopsorok végén műszerállások legyenek létesíthetők. Az eljárással az oszlopsor végén elhelyezkedő oszlopokon kijelöljük a tengelyeket (ha az oszlopállítást során ez nem történt meg), ill. az A, B, C, D tengelypontokat.

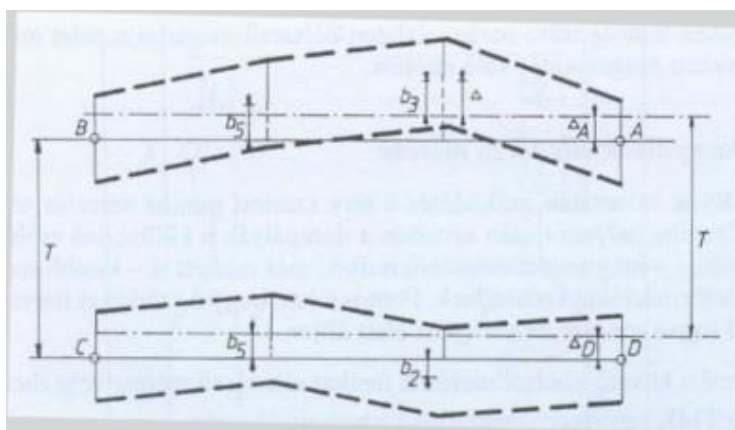


8-10. ábra Sintengely kitűzése pályaszintről (Ódor K. után)

Elvégezzük az ellenőrző összeméréseket az alappontok között és a hálózatot kiegyenlítjük. Tűrésnél nagyobb eltérés esetén a szükséges mértékben módosítjuk a ponthelyeket. Az előkészítő szakasz után műszerállást létesítünk valamelyik végponton (pl. A) és megirányozzuk a másik végpontot (pl. B.), majd a sintengely vonalában minden egyes konzolon kijelöljük a tengely helyét. Ugyanezt elvégezzük a másik oszlopsoron is. Az ábrán az 1-6 pontok az így kitűzött tengelypontok, 1'-6' pontok a darupálya tartó tengelypontjai.

A tengelyek kitűzése után a fesztávolságon kívül ellenőrző mérést végzünk:

- az űrszelvényt biztosító távolságra,
- a sintengely külpontosságára.



8-11. ábra A külpontosság grafikus meghatározás

A sintengely külpontosságát konzolonként ellenőrizzük. Ha az oszlopállítás során nem történt meg a konzolok középvonalának kijelölése, akkor azt most végezzük el, majd megmérjük a sintengely és a konzol középvonal távolságát (8-4. ábra b értékek). A tűrésértéknél nagyobb eltérés esetén korrigálni kell a kitűzést. Ezt azonban úgy kell elvégezni, hogy a sínpár egyenes voltát és a fesztáv értékét a korrekcióval ne módosítsuk. A grafikus megoldást nézzük meg a 8-11. ábrán

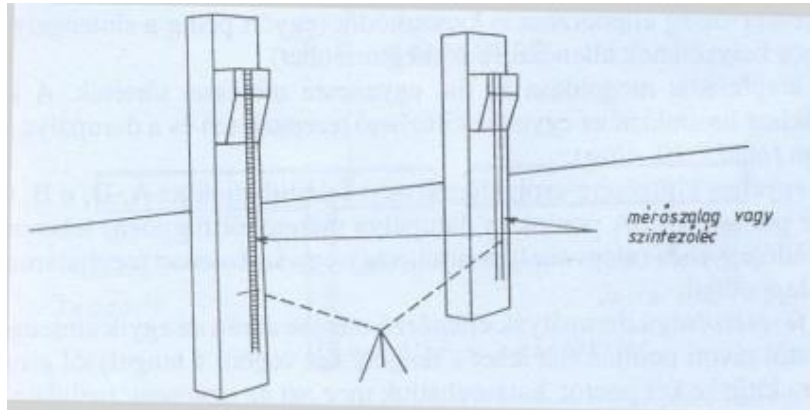
A sintengely optimális - minden feltételt kielégítő - elhelyezéséhez az előbb leírt mérések alapján először megszerkesztjük (alkalmasan választott méretarányú alaprajzon) a konzolok középvonalainak helyzetét. A kitűzési, gyártási és beállítási hibák következtében a konzolok középpontjai törtvonalat alkotnak. A következő lépésben a középpontokból megszerkeszthető a konzoltengelyek és a velük párhuzamos tűrés sávhatár képe. Ezt az ábrán szaggatott vonal jelöli.

Ebbe a sávhatárba illesztendő az a párhuzamos egyenes-pár (az ábrán eredményvonallal jelölve), melynek távolsága éppen a T fesztávolsággal egyezik. Az egyes keresztmetszetekben ez alapján meghatározható az optimális tengelyhely és konzolközéppont távolsága (pl.  $\Delta A$ ,  $\Delta D$ ). Ezt kimérve az egyes konzolokon a konzolközépponttól kapjuk a tengely korrigált helyét.

Nagy fesztávolságú, hosszú darupályák kitézésekor több pontból álló szabatos hálózatot kell létesíteni, melynek meghatározásába célszerű az oszlopsor több pontját is bekapcsolni. Így a hálózat és a darupálya kölcsönös helyzete jobban definiálható, a kitézés megbízhatóbban végezhető el.

### 3.2.3. 8.3.2.3 A darupálya magassági kitézése

Amennyiben a 7.modul 7.3 fejezetében leírtak szerint történt a tartóoszlopok magassági kitézése, úgy rendelkezésünkre állnak a pálya kitézéséhez szükséges adatok. Ellenkező esetben el kell végezni szintezéssel a konzolok magassági bemérését.



8-12. ábra Darupálya magassági kitézése

A feladatok egy részében elegendő a konzolok magasságkülönbségét meghatározni. A konzolok terepszint feletti magasságától függően kell lécezt vagy mérőszalagot elhelyezni a konzolokon (8-12. ábra) úgy, hogy a magasságmérés végrehajtható legyen.

A mérések feldolgozása során egy vázlaton célszerű megadni a mért magasságot, a tervezett magasságtól való eltérést.

## 3.3. 8.3.3 Darupályák ellenőrző mérése

Darupályák zavartalan működését a terv szerinti pontos szerelés teszi lehetővé. Üzembe helyezés után azonban a darupályák a különböző erőkhatások következtében - még rendeltetésszerű működtetés mellett is - kisebb-nagyobb mértékű deformációkat szenvednek. Fontos tehát, hogy a szerkezet üzembe helyezésétől fogva rendszeres vizsgálat alatt álljon.

A szerelést követő kontrollmérések mellett ellenőrző mérést végezhetünk:

- a tervszerű megelőző karbantartás során,
- rekonstrukció alatt,
- üzemzavar esetén.

A mérések célja a 8.3.2 pontban felsorolt geometriai feltételek ellenőrzése mellett lehet még:

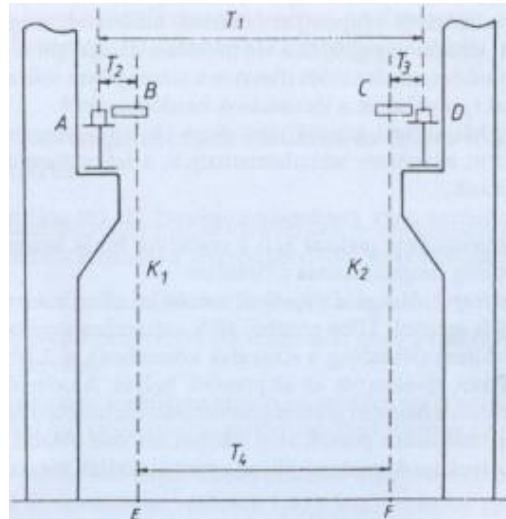
- az alépítmény ellenőrzése (oszlopok függőlegességének és süllyedésének mérése),
- a daruhíd tengelye és a pályatengely egymással bezárt szögének mérése,
- rugalmas alakváltozások mérése.

### 3.3.1. 8.3.3.1 A sítengelyek vízszintes kigyózás mérése

Az alapfeladat: a sítengelyek egyenes voltának ellenőrzése. Ehhez rendszerint a fesztávolság ellenőrzése is kapcsolódik (együtt pedig a sítengelyek párhuzamos helyzetének ellenőrzése is megtörténhet).

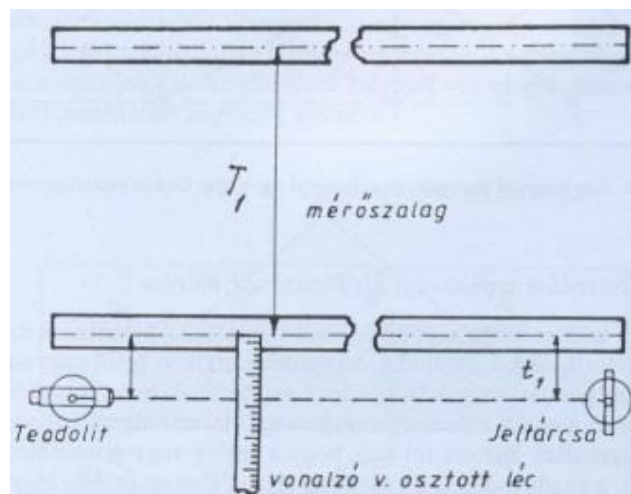
Az alapfeladat megoldása az ún. egyenesre méréssel történik. A kitűzési munkákhoz hasonlóan az egyenes kitűzhető terepszinten és a darupálya magasságában.

Az egyenes kitűzésére szolgáló műszert felállíthatjuk az A, D; a B, C vagy az E, F pontok fölé (8-13. ábra). A pontok (a darupálya méreteitől függően) lehetnek egy-egy önálló egyenes (alapvonal) pontjai, vagy egy szabatosan meghatározott hálózat alappontjai.



8-13. ábra Ellenőrző mérések: az alappontok lehetséges helyei (Tokodi A. után)

Kis fesztávolságú darupályák ellenőrző mérése során az egyik síntengely két egymástól távoli pontján (ha lehet a tengely két végén) a tengelytől azonos távolságra kitűzve két pontot (8-14. ábra), határozhatjuk meg azt az egyenest, melyhez képest a síntengelyt bemérjük.



8-14. ábra Vízszintes kigyózás és fesztávolság mérése

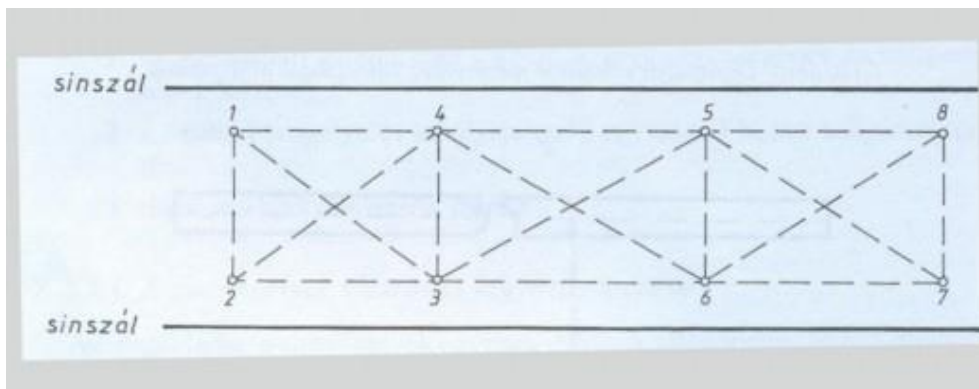
Az egyenes valamelyik végpontján felállunk műszerrel, megirányozzuk a másik végpontot. Ezután végigjárjuk a sín mentén a darupályát, s előre meghatározott távolságonként mérőeszközt illetve a síntengelyre műszerrel leolvassuk az irányvonal  $t_1$  távolságát a lécosztások kezdőpontjától.

Megmérjük a két sínszál közötti távolságot ( $T_1$ ), így mindkét síntengely helyzetét a kitűzött egyenesre vonatkoztathatjuk, s számíthatjuk mindkét sínszál vízszintes kigyózását.

A  $T$  távolság mérése nagy gondosságot igényel. Ha ezt acél mérőszalaggal mértük, a kapott eredményt javítani kell a szabályos hibák (lásd még MGE 5 modul 5.4.1 fejezet) számításba vételével, a valódi távolság meghatározása érdekében.

Hosszú, és nagy fesztávolságú darupályák esetén az ellenőrzés sok és nehézkes mérési munkát igényel. Több pontból álló, célszerűen derékszögű alaphálózatot kell kialakítani (lehetőleg a sínszálak közelében). Az

ellenőrző mérések előtt ki kell számítani a hálózati pontok koordinátáit (célszerűen helyi rendszerben). Az így meghatározott pontok által alkotott hálózati oldalak lesznek azok az egyenesek, melyekhez képest mérjük az egyes sinszálak vízszintes kigyózásának értékét.



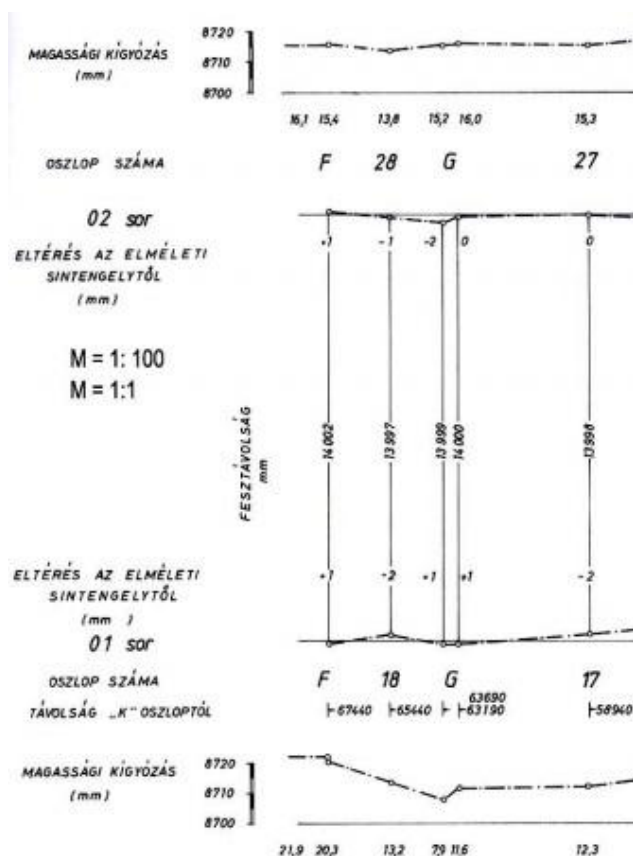
8-15. ábra Nagyméretű darupályák vízszintes ellenőrző hálózata (Ódor K. után)

### 3.3.2. 8.3.3.2 A sinszálak magassági kigyózásának mérése

A darusín korona magassági kigyózását szintezéssel határozzuk meg. Álláspontként választhatjuk a daruhidat, ha épületsarnokon belül vagyunk az épület egy magas pontját, vagy felállhatunk a szintezőműszerrel a padlószinten.

Padlószinten végzett mérésnél a magassági kitérésnél említett segédeszközöket kell használni. Biztosítani kell, hogy a szalag vagy szintezőléc függőlegesen álljon, a kezdővonások a sínkorona élének magasságában legyenek.

Mind a vízszintes, mind a magasságmérés eredményeit alkalmasan választott méretarányú alaprajzban (1: 100, 1: 200), ill. hossz-szelvényen grafikusán is ábrázoljuk. A kigyózás értékeket rendszerint, az alaprajz ill. a hossz-szelvény méretarányától eltérően, 1:1 méretarányban szerkesztjük fel.

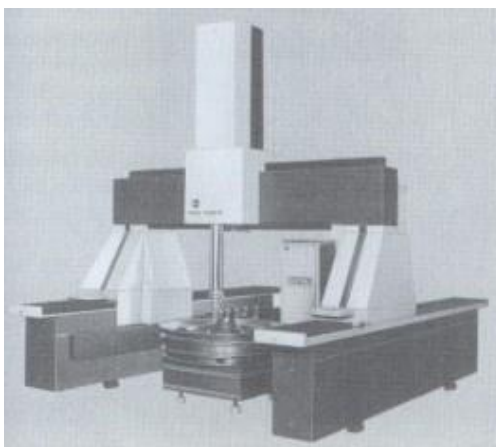


### 3.4. 8.3.4 Ipari mérőrendszerek.

Ebben az utolsó fejezetben a korszerű geodéziai mérőműszereknek egy új kategóriájáról, és a rájuk épülő méréstechnikának alkalmazásáról adunk egy rövid összefoglalót. A korszerű műszereket az elektronika eredményeinek a felhasználásával hozták létre a műszerkonstruktőrök. Alkalmazásuk a múlt század 80-as éveiben kezdődött, s az első felhasználási példákat a szakirodalom a gépészet témaköréből hozta.

A háromdimenziós koordináta-meghatározás nemcsak a geodéziában fontos művelet, hanem egyéb szakterületeken is. A gépészeti gyakorlatban régóta közismertek már a különböző koordinátamérő rendszerek (8-17. ábra). Sokcélú alkalmazásuknak két korlátja van:

- helyhez kötöttek, azaz a gépberendezésekhez hasonlóan vasbeton alapokra kell telepíteni-szerelni ezeket, így a telepítés után már nem mozgathatók (a vizsgálati tárgyat kell a mérőberendezéshez szállítani),
- korlátos a mérési tartományuk, így csak meghatározott méretű szerkezeteket tudunk vizsgálni velük.



8-17. ábra Koordinátamérő rendszer

A feladatok megoldásában áttörést jelentett, hogy a piacon az 1900-as évek végén (1974 körül) megjelentek a geodéziai műszerekre és eljárásokra épülő mérő-rendszerek, amelyeket a szakirodalom Ipari Mérő Rendszereknek (IMR) is nevez.

Az elektronika és a számítástechnika rendkívüli intenzív fejlődése hozta magával, hogy a geodéziában rohamosan tért hódítottak a hagyományosan használt optikai műszerek mellett az opto-elektronikus műszerek. Ezek megtartották a hagyományos műszerek szerkezeti elvét és elemeit, de már magas fokon elektronizáltak voltak. Az ebből származó egyik előny a hagyományos mérési munka idejének jelentős lerövidülése.

A műszerek szerkezeti felépítésüknél fogva közvetlenül összekapcsolhatók a számítógépekkel. Ezek, működési sebességük és nagy tárcapacitásuk révén, tovább növelik a feladatok gyors megoldásának lehetőségét, mert a műszerekből elektromos jelek formájában érkező mérési eredményeket a mérés helyszínén a méréssel egyidejűleg dolgozhatjuk fel és értékelhetjük ki. Megjegyzés: a mérőrendszerek újabb változataiban már magával a mikroprocesszorral van összeépítve a mérőállomás.

Ezekkel a geodéziai mérőrendszerekkel (MR vagy IMR) át lehetett lépni a hagyományos koordinátamérőknek a korlátait. Az IMR-t a legváltozatosabb helyekre lehet telepíteni. Nem jelent akadályt, ha a mérendő objektum méretei változóan nagyok, hiszen a mérési tartományuk „korlátlan”. A korszerű elemekből építkező ipari mérőrendszerek jellemzői, hogy

- mobilok (azaz tetszőlegesen telepíthetőek tetszőleges munkahelyekre),
- 3 D(imenzió)-ban, tág mérési tartományban (néhány dm-től a mérési tartományuk felső határáig) használhatók fel.

A geodéziai műszertechnika fejlődésével a mérőműszerek széles skálája jelenik meg. Az IMR azonban csak akkor hatékony az előforduló feladatok megoldásában, ha az irányzást igen gyors feldolgozás követi. Ezt a



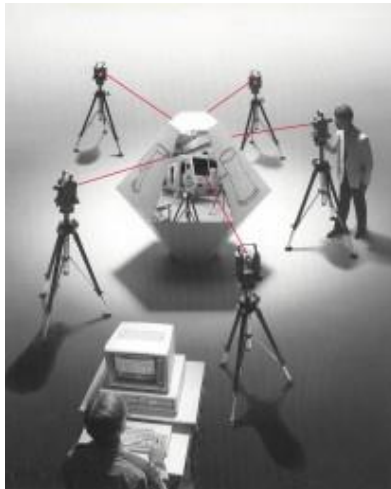
Vonalas létesítmények építésének,  
gépeszeti berendezések szerelésének  
geodéziai feladatai

megoldást a számítás-technikából jól ismert jelzővel is szokás nyomatékosítani: real time legyen a módszer, jelezve azt, hogy a mérést azonnal kövesse a mért mennyiségek (szög, távolság stb.) alapján a térbeli koordináták (X,Y,Z) és azok megbízhatósági mérőszámainak (a koordináta középhibáknak) a számítása-kijelzése.

Ezt három feltétel teszi lehetővé:

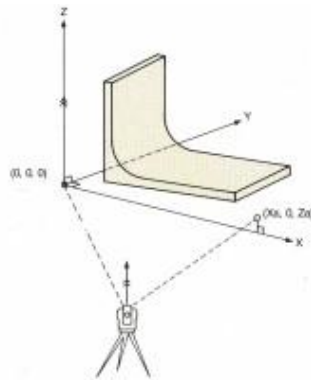
- az elektronikus mérőműszerek elektromos jelként nagy sebességgel regisztrálható "leolvasása",
- a mérőeszközök közvetlen (on line) kapcsolata megfelelő paraméterű számítógéppel,
- az alkalmas szoftver.

Az újabb mérőrendszereket mérőállomások alkotják. Az elektronikus teodolitokból összeállított rendszerek koordináta meghatározása az előmetszés volt,



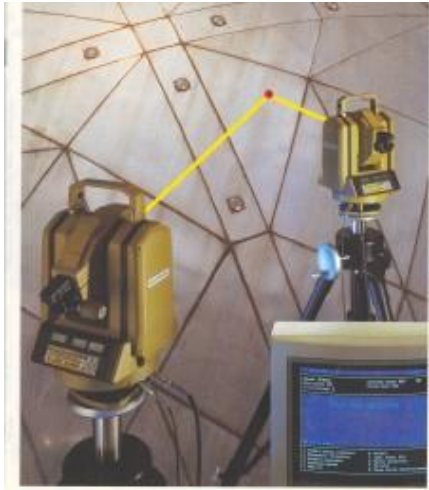
8-18. ábra Mérőrendszer elektronikus teodolitokból

míg a mérőállomásoké a poláris koordináta mérés lett.



8-19. ábra Mérőrendszer mérőállomással (poláris koordinátamérés)

A mérőrendszerek nagy többségénél a szokásos észlelési technikával folynak a mérések. A mérendő pontokat vagy előre kijelöljük a szerkezeten, vagy az újabb műszereknél egyre gyakoribb, hogy egy fényjelet bocsátanak ki (rendszerint a „kibocsájtó” He-Ne lézer) a műszerből.

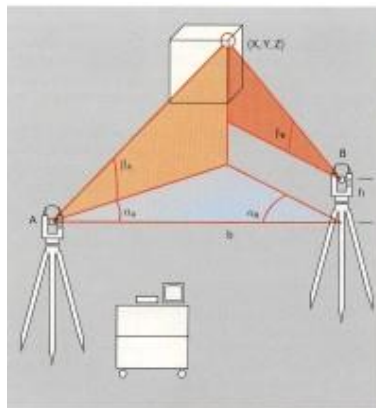


8-20. ábra Mérés lézerjelre

Az előre meghatározott észlelési terv szerint végigjárva a lézerponttal az építmény mérésekre kijelölt pontjait, a fényjelet irányozzuk. Korszerű műszerek esetében az irányzás-észlelés bonyolultabb, s bizonyos fokig már automatizált eljárás.

A mérést megfelelő programnak kell támogatnia, amely a mérési eredmények gyors regisztrálásán túl hibaszűrést és ezt felhasználva "folyamatvezérlést" is végez, (azaz nem engedi tovább a mérést mindaddig, amíg pl. egy előre megadott hibahatárt túllép az észlelés).

A munkálatok egyik része a szerkezetek mért pontjaihoz tartozó térbeli adatok (az esetek többségében koordináták) számítása. Ez a számítás geodéziai szempontból a teodolit álláspontok által meghatározott koordinátarendszerben a legkézenfekvőbb



8-21. ábra Műszerhez kötött koordinátarendszer

Gyakran nem is a koordinátákra van szüksége a megrendelőnek, hanem a méretadatokra, az egyes elemek: élek, felületek, síkok térbeli helyzetére (vízszintes vagy függőleges voltakra), egyes szerkezeti részek megmunkálásának minőségére (egyenes-e, sík-e a vizsgált szerkezeti rész felülete?). Így gyakran transzformációkkal folytatódik a számítás, amelyek a teodolitok rendszeréből a szerkezetek rendszerébe való áttérést jelentik. Ilyen feltételek mellett különösen fontos szerep jut a kiszolgáló programnak.

A programoknak a következőket kell (többek között) elvégeznie:

- a mérési eredmények rögzítését,
- a mérési folyamat vezérlését,
- gyors koordináta-meghatározást a teodolitok koordináta-rendszerében,
- alkalmas transzformációt számítani a szerkezeti-rendszerbe való áttéréshez,

- a transzformált adatok különböző szempontok szerinti feldolgozását.

A mérések feldolgozását azonnal elvégezve az eredmény a térbeli X, Y, Z koordináta és ezek középhibái. Ez utóbbi adatok ( $m_x$ ,  $m_y$ ,  $m_z$ ) egyben a folyamat vezérlésének elemei is lehetnek, hisz ezeket pl. össze lehet vetni előre megadott tűrésértékekkel. Tűrésen belüli középhiba esetén rögzíthető a mérési adat, s az ily módon szűrt érték használható fel az interpretációs szakaszban. A nagy műszergyártók a mérőrendszereiket szoftverrel együtt szállítják. Gyakran ki kell egészíteni, azonban olyan alkalmazói programokkal, melyek már az adatokkal való "manipulálást" végzik:

- adatbázis létrehozása,
- kezdő adatok változtatásának lehetősége,
- koordináta transzformáció tetszőleges pontthalmazzal,
- a mérendő pontok szabad kiválasztása,
- az irányzás pontosságának az ellenőrzése.

A mérőrendszerek alkalmazása igen sokirányú lehet. Ezt számtalan példán keresztül lehetne bemutatni. Gyakran egészen szokatlan alkalmazási területekről is lehet olvasni. Az új technika új lehetőségeket teremt a geodéták számára és így válhat a földmérő szakember a mérés technika (a metrológia) művelőjévé is.

Befejezésül álljon itt összefoglalóan néhány alkalmazási példa.

### **Robotika**

- robotkalibrálás és –ellenőrzés,
- teach-in és off-line robot-programozás,
- automatikus pálya követés.

### **Szerkezetépítés**

- nagyméretű szerkezeti elemek (többek között pl. űrhajók, repülőgépek építő elemei; jármű és hajó "karosszéria" elemek) dinamikus mérése,
- tetszőleges formájú felületek "digitalizálása" (pontonkénti letapogatása), pl. parabola antennák, profil idomok, karosszéria elemek, vagy "designmodellek" mérése (reverse engineering).

### **Általános gépészet**

- periódikusan visszatérő ellenőrző mérések mesterdarabokon, sablonokon, szerszámokon a minőségbiztosításhoz,
- geodéziai mérések acél- és szerkezetépítésben,
- nagyméretű NC/CNC szerszámgépek, és koordinátamérő-berendezések kalibrálása,
- nagyméretű szerkezetek és gépek szerelése és beállítása során végzett mérések.

### **Kutatás-fejlesztés**

- szélcsatornában levő mérőszondák "felügyelete",
- nukleáris technikához épített geometriai rendszerek bemérése.



8-22. ábra Robotkalibrálás

## 4. 8.4 Összefoglalás

A modulban két mérnöki szakterület geodéziai feladatait tekintettük át. Az első részben utak, vasutak vízfolyások tervezésének és kivitelezésének, valamint korszerűsítésének feladatait foglaltuk össze. Ismertettük a geodéziai munkáknak azokat a közös sajátosságait, amelyek az egyébként eltérő rendeltetésű létesítmények létrehozását jellemzik. Megfogalmazzuk a tervezésekhez szükséges térképek, vázlatok készítésének célját, tartalmi sajátosságait, majd ismertettük elkészítésük geodéziai technológiáját. A tervezési munkák után áttekintettük az új létesítmények kivitelezésének, majd a meglévő építmények korszerűsítésének mérnökgeodéziai feladatait. Rövid összefoglalást adtunk a mérőállomások útépitéseknél használható lehetőségeiről. A fejezet befejező részében a vasutak, vízfolyások útépitéstől eltérő sajátosságait, majd a munkálatok befejezésekor végzendő mérnökgeodéziai feladatokat foglaltuk össze.

A modul második részében gépészeti szerkezetek szerelése és ellenőrzése közben szükséges geodéziai mérések jellemzőit ismertük meg. Rövid ismertetést adtunk a geodéziai mérési módszerek e szakterületen való elterjedésének okairól. A munkák sajátosságainak összefoglalója után, megismerhettük a hazai gyakorlatban leggyakrabban előforduló gépészeti szerkezetnek, a futódarupályák szerelésének és ellenőrzésének a feladatait. A befejező részben az ipari mérőrendszerek (IMR) kialakulásának történetét ismertettük röviden. Ezek a rendszerek az elektronikus geodéziai műszerek és a számítógépek kombinációjaként valósultak meg. Megismertük az IMR-ek legfontosabb jellemzőit, néhány típusát és alkalmazásukra mutattunk be vázlatosan néhány példát.

Önellenőrző kérdések

1. Definiálja a vonalas létesítmény fogalmát!
2. Foglalja össze a vonalas létesítmények tervezéséhez, kivitelezéséhez szükséges alappontmeghatározás sajátosságait!
3. Mi a célja a semleges vonal nyomozásának?
4. Sorolja fel a vonalas létesítmények tervezésének geodéziai munkáit!
5. Sorolja fel a vonalas létesítmények kitézésének geodéziai munkáit!
6. Sorolja fel az úttervezéshez szükséges tanulmányokat, terveket!
7. Milyen, az utak kitézésével, építésével kapcsolatos programok vannak a mérőállomásokban?
8. Mire irányulnak az útépitések korszerűsítésének munkái?
9. Mire irányulnak a vasútépitések korszerűsítésének munkái?
10. Ismertesse összefoglalóan a vízfolyásokkal kapcsolatos geodéziai munkákat!

11. Ismertesse a vonalas létesítmények építésének befejezése után szükséges geodéziai munkákat!
12. Melyek a gépészeti mérések specialitásai?
13. Ismertesse a darupályák zavartalan működésének geometriai feltételeit!
14. Ismertesse a darupályák tűrés értékeit!
15. Ismertesse a sínszálak vízszintes kitűzésének módszereit!
16. Ismertesse a sínszálak magassági kitűzését!
17. Mi a célja meglévő darupályák ellenőrzésének?
18. Ismertesse a sínszálak vízszintes kigyózásának mérését!
19. Ismertesse a sínszálak magassági kigyózásának mérését!
20. Mik a jellemzői a geodéziai műszerekből felépülő ipari mérőrendszernek (IMR-nek)?
21. Milyen feltételek teszik lehetővé az IMR hatékony alkalmazását?
22. Melyek az IMR programjainak sajátosságai?
23. Soroljon fel példákat az IMR-ek alkalmazására!

## Irodalomjegyzék

- Ágfalvi M.: *Mérnökgeodézia I*, EFE FFFK, Székesfehérvár, 1994.
- Ágfalvi M.: *Földmérés tan V*, FVM Agrárszakoktatási Intézet, Budapest, 2000.
- Basics Gy. szerk.: *Geodéziai mérési praktikum. Kézirat.*, NyME GEO, Székesfehérvár, 2009.
- Deumlich F. – Staiger, R.: *Instrumentenkunde der Vermessungstechnik.*, Wichmann Verlag, Heidelberg, 2002.
- Detrekői Á. – Ódor K.: *Ipari geodézia I-II*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.
- Forintos E.: *Városi szabályozási terv geodéziai feladatai. Kézirat.*, NyME GEO, Székesfehérvár, 2007.
- Hallermann L.: *Beiträge zur Durchführung technischer Vermessungen*, DGK Reihe C: Dissertationen Heft Nr. 217, München, 1976.
- Hennecke F. et al: *Handbuch Ingenieurvermessung Band 6. Maschinen- und Anlagenbau.*, Wichmann Verlag, Karlsruhe, 1992.
- Paulinyi L.: *Vonalas létesítmények geometriája – geodéziája. Kézirat*, NyME GEO, Székesfehérvár, 2010.
- Tarsoly P.: *Építési geodézia – Vonalas létesítmények. Kézirat.*, NyME Geo, Székesfehérvár, 2010.
- Tokodi A.: *Darupályák geodéziai ellenőrző mérése lézertechnika felhasználásával.*, Műszaki egyetemi doktori értekezés, Budapest, 1986.
- M1 Szabályzat*, MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal, Budapest, 1975.
- Ódor K.: *Ipari geodézia I.*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1974.
- Darupályák kitűzése és ellenőrző mérése. Tervezési segédlet.*, FTV, Budapest, 1967.