

Topográfia 8.

Topográfiai felmérési technológiák II.

Mélykúti, Gábor

Topográfia 8.: Topográfiai felmérési technológiák II.

Mélykúti, Gábor

Lektor: Alabér, László

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

Felmérési technológiák

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

Tartalom

8. Topográfiai felmérési technológiák II.	1
1. 8.1 Bevezetés	1
2. 8.2 Topográfiai felmérésnél alkalmazott magasságmérési eljárások	1
2.1. 8.2.1 Szintezés	3
2.1.1. 8.2.1.1 Vonalszintezés szintezőműszerrel	4
2.1.2. 8.2.1.2 Mérés mérőasztal felszereléssel szintezési üzemmódban	4
2.2. 8.2.2 Trigonometriai magasságmérés	5
2.3. 8.2.3 Tahiméteres magasságmérés	6
3. 8.3 Numerikus (digitális) felmérés	6
3.1. 8.3.1 Optikai tahiméterrel végzett részletmérés végrehajtása	7
3.2. 8.3.2 Elektronikus tahiméterrel végzett részletmérés végrehajtása	8
3.3. 8.3.3 GPS berendezéssel végzett részletmérés	8
4. 8.4 Fototopográfiai eljárások kialakulása	8
4.1. 8.4.1 Kombinált eljárás	9
4.2. 8.4.2 Differenciált eljárás	9
4.3. 8.4.3 Univerzális eljárás	10
4.4. 8.4.4 A fototopográfiai eljárások áttekintése	10
5. Digitális térképezési eljárások	11
6. Összefoglalás	12

A táblázatok listája

8-1. táblázat A földgömbület és a refrakció együttes hatása méter egységben (r). A földgömbület és a refrakció együttes hatása méter egységben (r)	5
--	---

8. fejezet - Topográfiai felmérési technológiák II.

1. 8.1 Bevezetés

A Topográfiai felmérési technológiák II. modul a Topográfia c. tantárgy részét képezi. Az ebben a modulban leírtak megértéséhez célszerű, ha ismeri a Topográfia c. elektronikus jegyzet korábbi moduljaiban leírtakat, a Geodézia és a Fotogrammetria c. tantárgyakban tanultakat.

Ebben a modulban megismerhetjük

- a topográfiai felmérések során alkalmazott magasságmérési eljárásokat;
- a terepi, numerikus felmérési módszerek végrehajtását;
- a sík és terepfotogrammetriai eredmények felhasználását a topográfiai felmérések során;
- a digitális térképezési eljárásokat.

A modul elsajátítása után áttekintést kapunk mind a klasszikus, mind a digitális topográfiai technológiákról.

Tartalom

2. 8.2 Topográfiai felmérésnél alkalmazott magasságmérési eljárások

A topográfiai felmérések során a tereppontoknak, a domborzat jellemző pontjainak, és sok esetben a tereptárgyak magasságainak a meghatározása is feladat. A részletpontok magasságainak meghatározását csak akkor lehet elvégezni, ha a műszerállásponthoz is ismert minden esetben a magassága.

Magasságmérést tehát

- az alappontok magasságának meghatározására, magassági **alappontsűrítésre, és**
- a részletpontok magasságainak meghatározására, **részletmérésre is használunk.**

A magasság fogalmát a földmérésben úgy értelmezzük, hogy van egy választott alapszintfelület, a középtengerszint (geoid), és az egyes tereppontoknak a helyi függőleges mentén ettől mért távolságát nevezzük **abszolút magasságnak**. (Lásd: 1.7 fejezet)

Mérési módszereink csak a pontok magasságkülönbségeinek, a relatív magasságoknak a meghatározására alkalmasak. Ahhoz, hogy egy pontnak ki tudjuk számítani az abszolút magasságát, ismernünk kell a területünkön néhány magassági alappontot. Az ismert abszolút magasságú alappontokból kiindulva, a relatív magasságok meghatározásával ki tudjuk számítani az új pontok abszolút magasságait.

Tételezzük fel, hogy A pont az álláspontunk, melynek ismerjük az abszolút magasságát (M_A) és P pont az irányított pont, melynek abszolút magasságát (M_P) szeretnénk meghatározni. Ha a két pont távolsága nem nagy, akkor közöttük az alapszintfelületet síknak tekinthetjük.

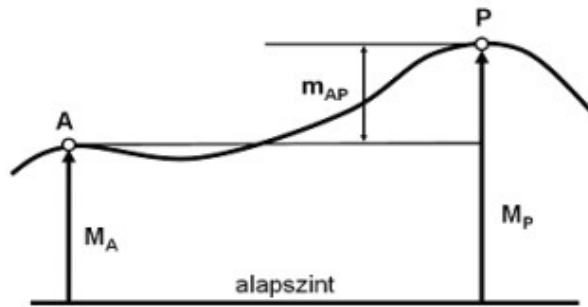
Ekkor a két pont abszolút magasságának a különbsége (m_{AP}):

$$m_{AP} = M_P - M_A$$

értéke akkor pozitív, ha az irányított pont magasabban van, mint az álláspontunk.

Ha az A pont abszolút magasságát ismerjük, és megmérjük az A és a P pont m_{AP} *magasságkülönbségét*, akkor számítható a P pont abszolút magassága:

$$M_P = M_A + m_{AP}$$

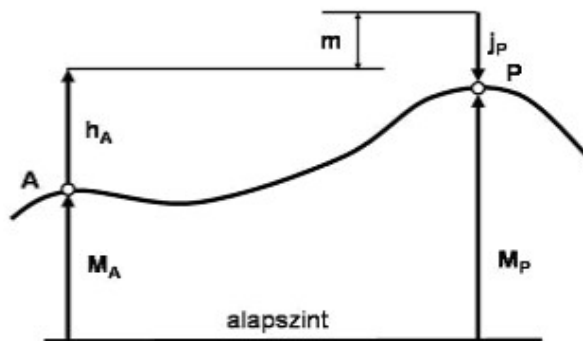


8-1. ábra P tereppont magasságának meghatározása az A terepponthez viszonyítva, ha az alapszintfelületet síknak tekinthetjük

A magasságméréseket azonban közvetlenül a tereppontok magasságai között nem tudjuk elvégezni. Az álláspont fölé (ritkábban alá) mérőműszert állítunk, a **magasságkülönbség mérések, a magassági szögmérések, a műszer fekvőtengelyének magasságára (a műszerhorizontra) vonatkoznak. Az állásponton a tereppont és a műszerhorizont magasságkülönbsége (függőleges távolsága) a h műszermagasság.** A műszermagasság pozitív, ha a műszer a pont fölött helyezkedik el. A mérések megkezdése előtt **az állásponton a tereppont abszolút magasságához a h műszermagasságot mindig hozzá kell adni** (előjel helyesen), hogy megkapjuk a műszerhorizont magasságát.

A magassági értelmű irányzást a műszer távcsövében elhelyezett függőleges szál és a megfelelő vízszintes irányú szál metszéspontjával kell elvégezni. (Ez a szál műszertípusonként változó. Szintezőműszereknél, teodolitoknál, néhány tahiméternél ez a vízszintes szál a látómező közepén, de pl. a MOM diagram-tahiméternél a látómező alján metszi a függőleges szálat.) A továbbiakban a magassági irányzáshoz használandó szálat **alapszálnak** fogjuk nevezni, és így az ismertetett képletek, eljárások minden esetben értelemszerűen alkalmazhatók lesznek.

A mérendő pontot (magassági értelemben) az alapszállal irányozzuk meg, és a mért magasságkülönbség arra a pontra fog vonatkozni, ahová az alapszállal irányoztunk. Az irányzott pont az esetek többségében nem azonos a meghatározandó terepponttal, mert azt nem látjuk megfelelően, vagy a méréseket nem tudjuk akkor elvégezni. Az irányzott pont a mérendő pont függőlegesében, általában fölötte (ritkábban alatta) helyezkedik el. A meghatározandó tereppont és a megirányzott pont függőleges távolságát **j_P jelmagasságnak** nevezzük. A jelmagasság pozitív, ha az irányzott pont a tereppont fölött helyezkedik el. A mérésekkel az irányzott pont magasságát határozzuk meg, ebből a pontból mindig le kell vonni (előjel helyesen) a **j_P jelmagasságot**, hogy megkapjuk a keresett pont terepmagasságát.



8-2. ábra P tereppont magasságának meghatározása az A tereppontból, a műszermagasság és a jelmagasság figyelembevételével (az alapszintfelület sík)

Egy ismert A terepponttól egy ismeretlen P tereppont abszolút magasságát úgy határozhatjuk meg, hogy

$$M_P = M_A + h_A + m - j_P$$

ahol

- M_A az álláspont (terep, kő) abszolút magassága,
- h_A a műszermagasság,
- m a műszerhorizont és az alapszállal megirányzott pont magasság-különbsége, (Előjeles mennyiség! Akkor pozitív, ha az irányzott pont magasabb, mint a műszerhorizont.)
- j_P a jelmagasság.

A magasságkülönbség méréseket a topográfiában kétféle módon használjuk:

- a műszerrel **ismert magasságú ponton állunk** fel és határozzuk meg egy másik pont magasságát, ezt nevezzük **magassági előremérésnek**, ennek képletét láttuk az előbb;
- a műszerrel **ismeretlen magasságú ponton állunk**, és az álláspont magasságát határozzuk meg ismert magasságú pontokra végzett magasságmérésekkel, ez a **magassági hátramérés**.

Magassági hátramérésnél:

- az A pont, az álláspont abszolút magassága ismeretlen,
- a P pont, az irányzott pont abszolút magassága ismert,
- a j_P jelmagasság a megirányzott P pontra vonatkozik,
- az m magasságkülönbséget változatlanul úgy értelmezzük, hogy akkor pozitív, ha az irányzott pont magasabb, mint a műszerhorizont,
- a h_A műszermagasság az A álláspontra vonatkozik!

A magassági hátraméréskor az álláspont magasságát az alábbi képlet segítségével számíthatjuk:

$$M_A = M_P + j_P - m - h_A$$

Az m magasságkülönbség meghatározására alkalmazott mérési módszerek:

- **szintezés**
- **trigonometriai magasságmérés,**
- **tahiméteres magasságmérés.**

Az egyes magasságmérési módszerek abban különböznek egymástól, hogy **más elven határozzák meg a műszerhorizont és az alapszállal megirányzott pont m magasságkülönbségét.**

2.1. 8.2.1 Szintezés

A **szintezés** az a művelet, amikor műszerünkkel az állásponton egy vízszintes síkot állítunk elő, és ehhez a vízszintes síkhoz képest határozzuk meg a tereppontok függőleges távolságát. A vízszintes irányt a távcső irányvonalának vízszintessé tételével állítjuk elő, az irányzott ponton a függőleges távolságot a függőleges helyzetű mérőlécen tett leolvasással határozzuk meg. A lécleolvasás (a léccosztása lentől felfelé növekszik) közvetlenül megadja a műszerhorizontnak és annak a tereppontnak a magasságkülönbségét, amelyen a lécc áll. A léccleolvasást mm élesen végezzük, a magasságkülönbséget is mm élesen kapjuk közvetlenül.

A **szintezést**, mint mérési módszert többféleképpen is használhatjuk a topográfiai felmérések során:

- a) **szintezőműszerrel** magassági alappontsűrítés végrehajtására, vonalszintezéssel;
 - b) **mérőasztal felszereléssel**, vízszintes távcsőállással, részletes felmérés közben
- **részletpontok magasságának** meghatározására (magassági előremérés),

- az álláspont magasságának meghatározására ismert magasságú pontról (magassági hátramérés).

2.1.1. 8.2.1.1 Vonalszintezés színtezőműszerrel

A topográfiai részletmérések megkezdése előtt nemcsak vízszintes, hanem magassági értelemben is elegendő sűrűségű (néhány száz méter sűrűségű) alapponthálózatra van szükségünk a felméréendő területen. Hiszen minden egyes műszerálláspontnak abszolút magasságát is ismerni kell. Egy felméréendő területen (~20-25 km²) mindenütt biztosítani kell, hogy részletmérés közben a legkisebb ráfordítással, a lehető legrövidebb idő alatt meghatározható legyen a műszerálláspont magassága. Ehhez szinte minden esetben magassági előkészítést, magassági alappontsűrítést kell végezni. Sík és dombvidéken a magassági alappontsűrítés leghatékonyabb módszere a vonalszintezés.

A vonalszintezés azt jelenti, hogy két ismert magasságú alappont között színtezési vonalat vezetünk. Ezt nem azért tesszük, hogy meggyőződjünk, valóban jó-e a két pont magasságkülönbsége, hanem azért, hogy útközben (max. 5-6 km) **minél több, a részletmérés közben is azonosítható tereppontnak meghatározzuk az abszolút magasságát.** A vonal végén lévő ismert magasságú pontot ellenőrzésre használjuk. Ha hibahatáron belül megkaptuk a végpont magasságát, akkor a vonalszintezés közben meghatározott pontok magasságait kiszámíthatjuk és véglegesnek tekinthetjük. Nem szükséges oda-vissza mérést végezni.

Vonalszintezés közben igyekszünk azoknak a vízszintes értelemben is jól azonosítható pontoknak a magasságát meghatározni, melyekről feltételezzük, hogy néhány hét, esetleg hónap múlva is megtaláljuk, és használni tudjuk őket (pl. km kő, kerítés sarok, útkereszteződés jellegzetes pontja, kivágott fa csonkja, stb.). A színtezési jegyzőkönyvben ezért minden ilyen pont jelét feljegyezzük, és kis vázlatot is készítünk róluk. Tehát ez a fajta vonalszintezés nem azért történik, hogy a vonal két végpontjának a magasságkülönbségét meghatározzuk, hanem éppen fordítva, azokat felhasználva, minél több közbülső pontnak tudjunk a terepen magasságot adni.

A mérést a vonalszintezés szabályai szerint hajtjuk végre. A különbség az, hogy a kötőpontokra végzett előre-hátra irányzások között ún. **középleolvasásokat** is tehetünk, melyek a **síkrajzilag is azonosítható** részletpontokra vonatkoznak. A színtezési vonalat a két végpont között a – közel egyenlő műszer-léc távolságú – kötőpontokra tett lécleolvasásokkal számítjuk, és ha az megfelelő, akkor kiszámítjuk az egyes álláspontokon a középleolvasásokkal szereplő részletpontok abszolút magasságait is. Ezeket azután bevezetjük a koordináta jegyzékünkbe is, mint ismert magasságú pontokat.

Ha fototérképen dolgozunk, akkor a színtezési vonalakat a fototérképen is azonosítható vonalak mentén (utak, töltések, stb.) vezetjük, és a fényképen jól azonosítható pontoknak a magasságát is meghatározzuk kellő sűrűségben. A pontokat a fototérképen is, a jegyzőkönyvben is ugyanazzal a pontszámmal jelöljük a későbbi azonosítás érdekében.

2.1.2. 8.2.1.2 Mérés mérőasztal felszereléssel színtezési üzemmódban

A mérőasztal felszereléssel is tudunk színtezési üzemmódban méréseket végezni. A tahiméteres vonalzó távcsővének irányvonalát vagy a **magassági körleolvasás 0 értékre** állításával (az index libella beállítása után!), vagy a távcsőre szerelt **színtező libella** beállításával vízszintesre tudjuk állítani (igazított műszer esetén a kettő ugyanazt az eredményt biztosítja). Ekkor a **távcső irányvonala egy vízszintes egyenest határoz meg** (Ha a rajztábla vízszintesé tételét is gondosan elvégeztük, akkor a műszer elforgatásával vízszintes síkot is meghatároz. Különben irányonként állítani kell a libellákat.).

Ha nem nagy a terep magasságkülönbsége, azaz a távmérőléc alja nincs magasabban, vagy a teteje nincs alacsonyabban, mint a műszerhorizont, akkor színtezni is tudunk. Ez azért előnyös, mert a két pont magasságkülönbségét mm élesen, egy lécleolvasással meg tudjuk határozni. Tahiméteres mérésnél a mm élesen elvégzett két lécleolvasás különbségét még min. 10-zel, de lehet, hogy 20-szal, vagy 50-nel szorozni kell, hogy megkapjuk a magasságkülönbséget.

A színtezést használhatjuk az álláspont magasságának ismeretében **részletpontok magasságának meghatározására** (magassági előmérés). A számítás képlete:

$$M_P = M_A + h_A - l$$

ahol l a lécleolvasás a P ponton.

(A magassági előmérés képletében most a $j_p=l$, a léceleolvasás a jelmagasság, hiszen ennyivel magasabban irányoztuk meg a lécet a tereppont fölött, és $m=0$, hiszen az irányvonal vízszintes, ezért nincs magasságkülönbség a műszerhorizont és az alpszállal megírányzott pont között.)

A szintezést használhatjuk az **A álláspont magasságának meghatározására** is. Ekkor a lécet egy ismert magasságú P pontra állítjuk, és a műszerrel vízszintes távcsőállás mellett leolvastatjuk rajta. Az álláspont magasságát a magassági hátramérés képletével számíthatjuk:

$$M_A = M_P + l - h_A$$

ahol l a léceleolvasás a P ponton. ($j_p=l$, és $m=0$)

2.2. 8.2.2 Trigonometriai magasságmérés

Trigonometriai magasságmérés esetén a műszerhorizont és az alpszállal megírányzott pont m magasságkülönbségét a két pont vízszintes távolságának és köztük mért magassági szög függvényében számíthatjuk ki:

$$m = t \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

ahol t a vízszintes távolság, és α magassági szög.

A vízszintes távolságot grafikus felmérésnél a térképről mérjük le. A magassági szöget a tahiméterrel mérjük.

Előnye a módszernek, hogy nagy magasságkülönbségek is gyorsan meghatározhatók vele, és olyan pontok magassága is meghatározható, melyeket nem lehet megközelíteni, vagy távol vannak. Magassági szöget akár néhány km-re lévő pontokra is mérni tudunk. Ilyen nagy távolság esetén azonban már figyelembe kell venni a földgörcbületből (r_1) és a légköri refrakcióból származó (r_2) magassági korrekciókat ($r = r_1 - r_2$). A magassági korrekció r értékeit 3 km-ig a 5. táblázatból olvashatjuk ki.

A trigonometriai magasságmérést alkalmazhatjuk **ismert magasságú A állásponttól** távol lévő, vagy magas, esetleg nem megközelíthető P pont (pl. torony, kémény) ismeretlen magasságának a meghatározására **magassági előméréssel**:

$$M_P = M_A + h_A + t \cdot \operatorname{tg} \alpha - j_P + r$$

ahol a már ismert mennyiségek mellett r a földgörcbület és a refrakció együttes hatása, melynek értéke mindig pozitív. (Az álláspont horizontsíkjaához viszonyítva a távoli irányzott pontot a Föld görcbülete miatt mindig alacsonyabbnak látjuk.)

A trigonometriai magasságméréssel meghatározhatjuk az **A álláspontunk ismeretlen M_A magasságát**, ismert magasságú P pontról, **magassági hátraméréssel**:

$$M_A = M_P + j_P - t \cdot \operatorname{tg} \alpha - h_A - r$$

Trigonometriai magassági hátramérésnél csak az ismeretlen magasságú A állásponton kell a mérőasztalt felállítani és magassági szöget mérni a P pontra.

A magassági szögmérést mindig két távcsőállásban kell végezni. Egy új pont meghatározását **legalább három ismert magasságú pontból** kell elvégezni. Az ismert pontokból számított magasságok közötti legnagyobb eltérés a 0,4 m-t nem haladhatja meg. Az eredmény a számított magasságok súlyozott számtani középértéke lesz. A súly a ponttávolság négyzetének reciproka.

8-1. táblázat A földgörcbület és a refrakció együttes hatása méter egységben (r). táblázat - A földgörcbület és a refrakció együttes hatása méter egységben (r)

	0 m	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m	600 m	700 m	800 m	900 m
	-	-	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06

1000 m	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,25
2000 m	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,43	0,46	0,50	0,53	0,57

A trigonometriai magasságmérést alkalmazhatjuk **magassági vonalak vezetésére** is. Abban az esetben használjuk, ha ismert vízszintes helyzetű pontoknak kell a magasságát meghatározni és a terep fedettsége miatt a vonal közbülső pontjairól - a szomszédos vonalpontokon kívül - nem látunk elegendő számú magasságilag ismert pontot. A magassági vonalat két ismert magasságú és helyzetű pont között vezetjük. A trigonometriai magasságmérést leggyakrabban domb és hegyvidéken, erdős területen alkalmazzuk magassági alappontsűrítésre. (Általában sokszögvonallal vezetéssel együtt alkalmazzuk.) A magassági vonal mérésekor minden ponton felállunk, két távcsőállásban mérjük a magassági szöveget, és minden szakasz magasságkülönbségét oda-vissza irányban is megmérjük. Eredményül a számtani középértéket fogadjuk el. A szakaszok magasságkülönbségeiből a vonal két végpontja magasságkülönbségének számolásakor a szakaszokon végzett előmérések előjeleit használjuk. A számítást cm élesen végezzük. A magassági záróhiba a vonalhossz 1/10000 részét nem haladhatja meg. Az ennél kisebb záróhibát a szakaszhosszak arányában szét kell osztani.

2.3. 8.2.3 Tahiméteres magasságmérés

Diagram tahiméter alkalmazása esetén a műszerhorizont és az alapszállal megirányzott pont közötti m **magasságkülönbség meghatározásához az alapszáll, valamint a +10, +20, +50, vagy a -10, -20, -50 szorzóállandójú magassági diagramok és a függőleges szál metszéspontjában olvasunk le a távmérőlécen.** Ez a **tahiméteres magasság mérés.** Ezt a mérést igen gyorsan, a vízszintes távolságméréssel együtt el lehet végezni. Általában csak ismert magasságú álláspontból, magassági előmérésre, **részletpontok magasságának a meghatározására** használjuk.

A diagramszálnál és az alapszálnál tett lécleolvasások különbségét szorozva a megfelelő diagram értékkel, megkapjuk a keresett magasságkülönbséget. A lécleolvasásokat mindig mm élesen (négy számjeggyel) végezzük el, és akkor az eredményt méter egységben kapjuk meg helyesen.

Tahiméteres lécc alkalmazása esetén lehetőség van a lécc 0 pontját úgy beállítani, hogy annak magassága a lécc talpától mérve megegyezzen a műszermagassággal. Ez azt eredményezi, hogy ha az alapszállal a tahiméteres léccet a 0 osztásnál **irányozzuk meg**, akkor a $h_A = j_P$, és a magasságszámítás leegyszerűsödik:

$$M_P = M_A + m$$

Abban az esetben, ha a tahiméteres léccet **nem tudjuk a 0 osztásnál megirányozni**, akkor az alapszálnál tett leolvasás a jelmagasság és a műszermagasság különbsége lesz, és mint j_P **jelmagasságot** vesszük figyelembe a számításnál:

$$M_P = M_A + m - j_P$$

Ha a 0 osztás fölött olvasunk le a léccen az alapszálnál, akkor a j_P pozitív, ha alatta, akkor negatív és ezzel az előjellel helyettesítjük be a fenti képletbe.

3. 8.3 Numerikus (digitális) felmérés

A helyszíni, terepi mérések egyik formája a numerikus felmérés. A numerikus felmérés lényege, hogy a terepen minden olyan mérési eredményt rögzítünk, melyek segítségével később az irányzott pont koordinátái kiszámíthatók.

A topográfiában részletmérésre csak olyan módszereket használunk, melyek segítségével az irányzott pontok **térbeli koordinátái** meghatározhatók. Erre a célra szolgál a **tahimetria, mely együttes vízszintes és magassági felmérési eljárás.** A tahimetria feladata elvégezhető minden olyan műszerrel, amellyel a mérendő pont térbeli koordinátái meghatározhatók.

A tahimetria klasszikus műszere a tahiméter. A tahiméter a mérendő pont térbeli meghatározó adatait az állásponthoz és abból kiinduló ismert irányhoz viszonyítva határozza meg. **A tahiméterrel mérhető, egy térbeli pont helyzetét meghatározó adatok a térbeli poláris koordináták.** A tahiméterek műszertani szempontból teodolittal egybeépített távmérők. A szögérés és a távmérés fizikai megvalósításától függően megkülönböztetünk **optikai és elektronikus tahimétereket.**

A tahimetria feladata olyan műszerrel is elvégezhető, mely a mérendő pont térbeli (ortogonális) koordinátáit közvetlenül szolgáltatja. Ilyen berendezés a **GPS** (Global Position System), a globális helymeghatározó rendszer.

A numerikus felmérés műszerei tehát az

- optikai tahiméterek, az
- elektronikus tahiméterek (mérőállomások), és a
- GPS berendezések.

Az elektronikus tahiméterekkel és GPS berendezésekkel végzett méréseket **digitális felmérési** eljárásoknak is szokták nevezni, mert ezeknél a mérési eredményeket közvetlenül digitális formában rögzíteni lehet, mely a számítógépes feldolgozáshoz jelent előnyt. A műszerek szerkezetét és használatát a *Földmérés tan c.* tantárgy ismertette, ezért erre itt nem térünk ki ismét.

A numerikus felmérések előnyei:

- A mérési munka aránylag gyors, egyszerű,
- a mérési eredmények számszerű formában tárolásra kerülnek, később más térképezési munkákhoz, számításokhoz is felhasználhatók,
- digitális eljárás esetén a térkép a helyszínen is elkészülhet.

A numerikus felmérések hátrányai:

- A térkép kirajzolása – ha a mérési eredményeket a helyszínen csak rögzítjük – nem a terepen, közvetlen terepi szemlélet alapján történik, hanem később az irodában, a mért pontok felszerkesztése után, a terepen készített mérési vázlat (manuálé) segítségével. Ez általában több mért pontot, és nagyon jó, egyértelmű mérési vázlatot igényel.
- Nem alkalmas a fotogrammetriai módszerek előnyeinek kihasználására.

A numerikus felmérésnél a terepi munka menete, a részletmérések elvégzése, a mérési eredmények irodai feldolgozása, és a térképszerkesztés az egyes műszertípusok adottságaitól függően változik.

3.1. 8.3.1 Optikai tahiméterrel végzett részletmérés végrehajtása

Az optikai tahiméterrel történő részletmérést egy brigád hajtja végre. A brigád tagjai a **felmérésvezető, műszerkezelő, jegyzőkönyv-vezető és segéd munkások**. Az egy állásponttól felmérhető terület határa jó látási viszonyok esetén a műszerállásponttól ~200 méterre van.

A **felmérésvezető** határozza meg a mérés sorrendjét, választja ki a bemérendő részletpontokat, irányítja a segéd munkásokat, akik a mérőléceket a kiválasztott részletpontokra helyezik. A részletpontokról **mérési vázlatot** (manuálét) készít, melyen feltünteti az összes bemért részletpontot, azokkal a sorszámokkal, melyek a jegyzőkönyvben a pont mérési eredményeire mutatnak. A pontokat a mérési vázlaton a terepi vonalaknak megfelelően összeköti, hogy később az irodában a vázlat segítségével a térkép egyértelműen kirajzolható legyen. *A felmérésvezetőnek kell a legjobb tereptani és térképezési ismeretekkel rendelkeznie.*

A **műszerkezelő** állítja fel, tájékoztatja a tahimétert, irányozza meg sorban a részletpontokon felállított léceket, végzi el a szükséges leolvasásokat és diktálja be a jegyzőkönyv-vezetőnek. (A leolvasásokat az alkalmazott műszer típusa határozza meg.) Állandó kapcsolatot tart a felmérésvezetővel (aki tőle 1-200 méter távolságban is lehet), hogy mindig egyértelmű legyen, mikor melyik részletpont, milyen sorszámokkal kerül bemérésre.

A **jegyzőkönyv-vezető** ügyel a mérési eredmények egyértelmű rögzítésére, felhívja a műszerkezelő figyelmét az esetleges ellentmondásokra, hiányokra.

A **segéd munkások** követik a felmérésvezető utasításait, a mérőléceket egyértelműen és függőlegesen helyezik a műszer felé fordítva a mérendő pontra. Ha több segéd munkás is van, ügyelnek arra, hogy egymást ne zavarják, és mindig egyértelmű legyen éppen melyikükre történik a mérés, a pontszámcsere elkerülése érdekében.

Az **irodai feldolgozás** a műszerálláspontok koordinátáinak kiszámításával és a térképlapra történő felszerkesztésével kezdődik. A részletpontok derékszögű koordinátái is számíthatók a mért poláris koordináták segítségével, ez a numerikus felmérés alapelve. Ennek ellenére, ha csak grafikus térkép szerkesztése a feladat, akkor a pontok a mért poláris koordináták (vízszintes szög és távolság) segítségével poláris koordináta felrakóval közvetlenül is térképezhetők, a pontszámuk feltüntetésével. Számítani csak a pont tengerszint feletti magasságát kell, és megírni a térképi pont mellé, hogy a szintvonalak megszerkeszthetők legyenek. A síkráajz kirajzolásához a felszerkesztett és pontszámmal ellátott pontokat a mérési vázlat alapján lehet egymással összekötni, és a megfelelő jelkulcsi jellel ellátni.

3.2. 8.3.2 Elektronikus tahiméterrel végzett részletmérés végrehajtása

Az elektronikus tahiméterrel történő részletmérést szintén egy brigád hajtja végre. A brigád tagjai a **felmérésvezető, műszerkezelő, és segéd munkások**. Jegyzőkönyv-vezetőre nincs szükség, hiszen a mérési eredményeket közvetlenül számítógépes memóriában, vagy adathordozón rögzíteni lehet. Az egy állásponttól felmérhető terület határa jó látási viszonyok esetén a műszerállásponttól több száz méter is lehet, melyet nem is a műszer hatósugara, hanem a terep beláthatósága, járhatósága, a kapcsolattartás korlátoz.

A legfontosabb feladat a **felmérésvezetőre** hárul, ő irányítja a segéd munkásokat, akik a nagy távolságok miatt akár kettőnél többen is lehetnek. Ez fokozott figyelmet és szervezettséget követel, hiszen a nagy távolságok miatt a feladat meghatározásán kívül a kapcsolattartás a műszerkezelővel és a segéd munkásokkal is nehezebb. Rádiótelefon használata gyakran elkerülhetetlen. Folyamatosan készíti a **mérési vázlatot**, mely a bemért pontokat pontszámmal, és a pontok kapcsolatait is rögzíti. Ennek készítése a műszer nagy hatósugara miatt szintén nehéz és összetett feladat. Gyakran egy műszerállásponthoz több mérési vázlat is tartozik.

A **műszerkezelő** végzi a műszer felállítását, tájékoztatást, irányozza meg a részletpontokra felállított prizmákat és regisztrálja a mérési eredményeket a technológiai utasításban rögzített formátumban. Külön figyelmet fordít a pontszámozási és az esetleg meghatározott kódszámozási rendszer megfelelő alkalmazására. Ennek elvégzése a feldolgozásnál nehezen kideríthető és nehezen javítható ellentmondásokra vezethet. Ezért is és a nagy távolság miatt is fokozott jelentősége van a felmérésvezető és a műszerkezelő közötti jó kapcsolattartásnak és összehangolt munkának.

A **segéd munkások** követik a felmérésvezető utasításait, a prizmát egyértelműen és függőlegesen helyezik a műszer felé fordítva a mérendő pontra. Ha több segéd munkás is van, a nagy távolságok miatt fokozottan ügyelnek arra, hogy mindig egyértelmű legyen éppen melyikükre történik a mérés, a pontszámcserek elkerülése érdekében. Célszerű, ha mindig csak az prizma áll a részletponton a műszer felé fordítva, amelyikre a mérés történik.

A műszerkezelőt és akár a segéd munkásokat is kiválthatja egy olyan műszerrendszer („one-man” system), melyben a műszer automatikusan követni tudja a prizmát, és a műszerfunkciók vezérlése a prizmánál elhelyezett számítógépről elvégezhető.

A manuálé rajzolását pedig az aktuális mérési eredmények felhasználásával egy kisméretű, hordozható számítógép segítheti (Pen computer), melynek képernyőjén egy „tollal” közvetlenül rajzolni is lehet.

3.3. 8.3.3 GPS berendezéssel végzett részletmérés

A GPS berendezés megfelelő üzemmódjának megválasztása és üzembe helyezése után, egy mozgó antennával felkeressük a terep mérendő pontjait, és a mérési módszernek megfelelő ideig észlelést végzünk. A mérési eredményt, mely lehet közvetlenül a pont geodéziai koordinátája is, rögzítjük, és felkeressük a következő pontot. A mérések rögzítésén kívül a terepről mérési vázlatot készítünk, amely egy hordozható számítógépen (Pen computer) is történhet. A topográfiai térképezés pontossági igényeit ma már a navigációs GPS berendezések is ki tudják elégíteni, a részletpontokon gyakorlatilag csak addig kell időzni, amíg a pont azonosítóját megadjuk, és a mérési vázlaton rögzítjük a helyét. A térkép végleges formában történő szerkesztése később, az irodában történik.

4. 8.4 Fototopográfiai eljárások kialakulása

A térképezési munka során kiváló és lelkes szakemberek dolgoztak azon, hogy a felmérési technológiákat a topográfiai felmérés sajátosságainak megfelelően folyamatosan fejlesszék. Az éppen rendelkezésre álló,

folyamatosan fejlődő eszközállomány műszaki adottságait maximálisan igyekeztek kiaknázni. Ezzel magyarázható, hogy 1952-től kezdve több, egymásra épülő technológia alakult ki, mely változásoknak a fő motorja a fotogrammetriai módszerek fejlődése volt. Ezért **a topográfiai felmérési technológiák fejlődését csak a fotogrammetriai módszerek és lehetőségek változásainak ismeretében érthetjük meg.**

A kezdeti időszakban csak a kisebb területek felmérésére alkalmas optikai tahiméterek álltak a felmérők rendelkezésére. Ezzel a műszerrel végzett felméréseket nevezték numerikus felmérésnek. A topográfiai felmérések végzésére alkalmasabb mérőasztal-felszerelések beszerzése után a numerikus felmérést a grafikus felmérés váltotta fel. Ezeknél az eljárásoknál a felmérő csak a területen található geodéziai alappontokra támaszkodhatott. A terepről előzetesen csak a területről rendelkezésre álló régi topográfiai térképek, vagy kataszteri térképek nyújtottak információt. A grafikus felmérésnél ezt a módszert „fehérlapos” felmérésnek is nevezték, hiszen a felmérő egy „üres” térképszelvényvel ment ki a területre és mind a síkrajzot, mind a domborzatot neki kellett felmérnie és kirajzolni.

A fotogrammetria termékei közül először a **légifényképek nagyításaihoz** jutottak csak hozzá a terepfelmérők. Már ez is jelentős előre lépés volt a „fehérlapos” felmérés időszakában, hiszen a légifénykép már az aktuális terepi állapotról adott áttekintést, segített megtervezni a mérést, felismerni a bemérendő tereptárgyakat, tájékozódni a terepen.

A légifényképek használata akkor vált igazán jelentőssé, amikor azokat már **mérési célra** is fel tudták használni. Először képátalakító műszert, majd később térkiértékelő műszereket sikerült beszerezni, melyek fokozatos beüzemelésével kialakult három ún. **fortopográfiai eljárás**:

- **kombinált eljárás,**
- **differenciált eljárás,**
- **univerzális eljárás.**

Korszakos jelentőségű lépés volt, amikor képátalakító műszer segítségével sík területről, optikai képátalakítással, a felmérés méretarányában fototérképet lehetett készíteni. Ez önmagában is több fejlődési stádiumon ment keresztül (montírozás, egy felvétel – egy szelvény, illesztőpont korrekcióval, övenkénti képátalakítás), melynek eredményeként a kezdeti 3 méteres értékről 15 méterre változott az a magasságkülönbség, amely esetén egy kép területén belül a terepet még síknak lehetett tekinteni, és a megadott hibahatáron belül síkfotogrammetriai eljárással fototérképet lehetett készíteni. Ez Magyarország igen nagy területén volt már alkalmazható.

4.1. 8.4.1 Kombinált eljárás

A *kombinált eljárás* kialakítását a térképszelvény méretű fototérkép előállításátette lehetővé. A fototérkép került rá a mérőasztalra, és **a terepen**

- **afototérkép minősítésével készült a térkép síkrajza,**
- a domborzat **szintvonalrajzát mérőasztal-felszereléssel** a fototérképen mérték fel és rajzolták ki,
- a síkrajzot méréssel már csak azokon a helyeken kellett kiegészíteni, ahol a tereptárgyak nem látszóttak a fényképen.

A fototérkép tehát már nemcsak a tájékozódást segítette, hanem a mérési munka igen nagy részét kiváltotta, és nagymértékben segítette a domborzat felmérését, hiszen a légifelvételen a talaj elszíneződései, a növényzet elhelyezkedése, a földutak, csapások vonalai, igen sok információt nyújtottak a domborzati formákról is. Tehát a topográfiai **térképszelvény kirajzolása a terepen történt.** A felmérő addig nem mehetett tovább egy állásponttól, amíg az onnan látható tereprészlet sík- és domborzatrajza el nem készült, és azt le nem ellenőrizte.

4.2. 8.4.2 Differenciált eljárás

A következő nagy technológiai váltás a fotogrammetriai térkiértékelő műszerek beszerzése után következett be. Ezek a műszerek lehetővé tették, hogy a lefényképezett terep térmodelljén történjen a mérés. A műszer térbeli mérőjelét végig lehetett vezetni

- a síkrajzi vonalakon, ezzel a tereptárgyak vízszintes síkra vett vetülete, az alaprajza, folyamatos vonalas kiértékeléssel előállítható volt, valamint
- megadott magasságban, a szintvonalakon, és ezzel a domborzat vízszintes vetületi képét is közvetlenül ki lehetett rajzolni.
- *A térkiértékelő műszerek alkalmazása két további technológia kialakítását tette lehetővé.*

Az egyik a *differentiált eljárás*, amelyet kis magasságkülönbséggel rendelkező, de igen változatos domborzattal rendelkező, **mikrodomborzatos**, buckás területeken lehetett alkalmazni (pl. Duna-Tisza-köze, Nyírség). A kis magasságkülönbség lehetővé tette a terület **síkrajzi térképezéséhez a fototérkép** síkfotogrammetriai módszerrel történő előállítását, de a rengeteg apró domborzati forma terepi felmérése már sok időt és fáradságot igényelt volna. A **domborzat felmérésére a fotogrammetriai térkiértékelés** gazdaságosabb volt. Az eljárás elnevezése abból adódik, hogy e két feladat csak két különböző magasságban végrehajtott légifénykép sorozat segítségével oldható meg. A fototérkép készítés csak magasabbról készített, kisebb képméretarányú képek segítségével volt megoldható gazdaságosan (egy kép – egy szelvény). A magassági felméréshez pedig alacsonyabbról készített, nagyobb képméretarányú légifényképekre volt szükség, a magasságmeghatározáshoz szükséges nagyobb pontosság biztosítása érdekében. A differentiált eljárás alkalmazásakor **a terepen**

- a **fototérkép síkrajzi minősítését**,
- a térkiértékeléssel előállított **szintvonalak ellenőrzését**, és
- az esetleges takarások miatti **kiegészítő méréseket** kellett elvégezni.

4.3. 8.4.3 Univerzális eljárás

A térkiértékelésre alapozott másik technológia az *univerzális eljárás*. Ennek során a térképszelvénynek **mind a síkrajza, mind a szintvonalrajza fotogrammetriai térkiértékelő műszerrel készült**, ugyanabból a képanyagból. A **terepi munka**

- a térkiértékelő műszerrel előállított ún. „**sztereomérési lapnak**” a **helyszíni minősítéséből**, ellenőrzéséből és
- az esetleges **kiegészítő mérésekből** állt.

Az univerzális eljárást kezdetben a domb és hegyvidékek felmérésénél, később, a fotogrammetriai technológia fejlődésével, hatékonyságának, gazdaságosságának növekedésével, már sík területeknél is alkalmazták.

4.4. 8.4.4 A fototopográfiai eljárások áttekintése

A topográfiai felmérési és a fotogrammetriai eljárásokkal együtt, melynek a fő állomásai a

mérőasztalos felmérés – fototérkép készítés – térfotogrammetriai kiértékelés,

a gazdaságosan alkalmazható térképezési eljárások is folyamatosan fejlődtek, melyeket a terep domborzati tulajdonságainak függvényében lehetett fokozatosan bevezetni, illetve idővel elhagyni.

E fejlődési folyamatot, időben balról jobbra haladva, szemlélteti a 8-4. ábra:

1		3			
GRAFIKUS ELJÁRÁS		DIFFERENCIÁLT ELJÁRÁS			
sík, domb és hegyvidék		mikrodomborzatos terep			
síkrajz	domborzat	síkrajz	domborzat	síkrajz	
mérőasztala	mérőasztal	fototérkép	térfotogr.	térfotogr.	

1							
		sík vidék			sík, domb és hegyvidék		
		KOMBINÁLT ELJÁRÁS			UNIVERZÁLIS ELJÁRÁS		
		2			4		

5. Digitális térképezési eljárások

A fejlődés következő szintjét a *digitális térképezési* eljárások jelentik a topográfiában is. A topográfiai térképek felújításánál már ezek közül az eljárások közül választhatunk. Az elektronika és a számítástechnika mind a geodéziai, mind a fotogrammetriai műszerek és feldolgozási eljárások terén nagy fejlődést eredményezett.

Széles körben alkalmazzuk az **elektronikus mérőállomásokat** (elektronikus tahimétereket), melyek mérni és regisztrálni tudják a megírányzott pont vízszintes és magassági irányértékeit, valamint a ferde távolságát. Ezekből az adatokból – az álláspont koordinátáinak és a műszer tájékozásának ismeretében - meghatározhatók az irányított **pont térbeli geodéziai koordinátáit**.

Ugyancsak meghatározhatók egy tereppont térbeli geodéziai koordinátái **GPS műszer** (Global Positioning System – globális helymeghatározó rendszer) segítségével, így a GPS technikával a tahiméteres felmérésnek megfelelő tartalmú és szerkezetű adatállomány jön létre. Ezt tahimetrálásnak is nevezhetjük, hiszen a részletpontok kiválasztásának szempontjai és a végeredmény azonosak.

A fotogrammetria és a számítástechnika fejlődése lehetővé tette, hogy ma már domborzatos, **hegyvidéki területről is** készítsünk fototérképet, ún. **ortofototérképet**. Ezzel a **síkrajzi térképezés az ország egész területén megoldható az ortofototérképek terepi minősítésével**.

A **domborzat kiértékelése** változatlanul **térfotogrammetriai módszerrel**, de már számítógéppel vezérelt analitikus műszeren (analitikus plotteren), vagy digitális fotogrammetriai munkaállomáson **térkiértékeléssel** történhet.

A digitális képfeldolgozási technika lehetővé teszi a két szomszédos, az egymást részben átfedő légifényképen látható **tereptárgyak** (talaj, növényzet, épületek, stb.) **magasságainak automatikus** (vagy félig automatikus) előállítását (az eljárás angol neve: **matching**, illesztés, a két szomszédos kép összeillesztésére utal).

A domborzat meghatározására létezik az ún. **Laser Scanner** (lézeres letapogató), vagy más néven **LIDAR** (Light Detection and Ranging – fényérzékelés és távmérés) eljárás is, mely egy repülőgépen elhelyezett lézer távmérő adatait rögzíti. A lézer fény a repülés irányára merőlegesen, a terep irányában, pásztázó mozgást végez. A lézer sugarak a tereptárgyakra visszaverődnek. A mért távolságértékeket és az egyes lézerek sugarak térbeli helyzetét, irányát GPS (globális helymeghatározó rendszer) és INS (inerciális helymeghatározó rendszer) rendszerekkel folyamatosan rögzítik. Ezzel a rendszerrel a **tereptárgyak** (talaj, növényzet, épületek, stb.) **magasságait** a repülőgép haladási iránya mentén ~300 méter széles sávban, négyzetméterenként átlagosan 3-4 pontban, 5-10 cm-es pontossággal rögzíteni lehet.

A geodéziai mérések egyre nagyobb területen végezhetők gazdaságosan, azonban változatlanul helyszíni munkavégzést tételeznek fel, szemben a fotogrammetriai eljárásokkal. Ezért nagyobb területeken a fotogrammetriai technológiák gazdaságosabbak. A terület méretének pontos definiálása azonban nem lehetséges, mert ez több, esetenként változó paraméter függvénye. A 8-5. ábra áttekintést ad a különböző technológiákról, ahol szürke felülírással jelöltük az 1952-1980 években a topográfiai térképek készítése során alkalmazott ún. „klasszikus” technológiákat.

síkrajz felmérésének eszköze (módszere)	domborzat jellege TECHNOLÓGIA	domborzat felmérésének eszköze (módszere)

	sík és hegyvidék	
optikai tahiméter (tahimetria)	NUMERIKUS FELMÉRÉS	optikai tahiméter (tahimetria)
elektronikus mérőállomás (tahimetria)	(digitális, vagy numerikus helyszíni felmérés)	elektronikus mérőállomás (tahimetria)
GPS (tahimetria)		GPS (tahimetria)
	sík és hegyvidék	
mérőasztal-felszerelés (térképlapon)	GRAFIKUS FELMÉRÉS („fehérlepus felmérés”)	mérőasztal-felszerelés (térképlapon)
	sík terep	
síkfotogrammetria (fototérkép minősítése)	KOMBINÁLT ELJÁRÁS (grafikus)	mérőasztal-felszerelés (fototérképen)
	mikrodomborzat	
síkfotogrammetria (fototérkép minősítése)	DIFFERENCIÁLT ELJÁRÁS (grafikus)	térfotogrammetria (térkiértékelés)
	sík és hegyvidék	
térfotogrammetria (térkiértékelés)	UNIVERZÁLIS ELJÁRÁS (grafikus)	térfotogrammetria (térkiértékelés)
analitikus vagy digitális térfotogrammetria (térkiértékelés)	(digitális, vagy numerikus térkiértékelés)	analitikus vagy digitális térfotogrammetria (térkiértékelés)
	sík és hegyvidék	
digitális ortofotó (ortofototérkép minősítése)	DIGITÁLIS ADATNYERÉS, ADATFELDOLGOZÁS	digitális képfeldolgozás (matching)
		Laser Scanner (LIDAR)

6. Összefoglalás

A Topográfiai felmérési technológiák II. modulban megismerhettük a topográfiai felmérések során alkalmazott magasságmérési eljárásokat; a terepi, numerikus felmérési módszerek végrehajtását; a sík és térfotogrammetriai eredmények felhasználását a topográfiai felmérések során; a digitális térképezési eljárásokat.

A tárgyalt módszerek ismertében képesek leszünk a gyakorlatban kiválasztani és végrehajtani az adott feladathoz és körülményekhez legjobban illeszkedő technológiát.

Önellenőrző kérdések

1. Melyek a grafikus felmérésnél alkalmazható magasságmérési eljárások?
2. Melyek egy P pont magasság meghatározásának alapesetei?
3. Mi a különbség a magassági előremérés és a magassági hátramérés között?
4. Hogyan alkalmazzuk a szintezést a topográfiai felmérések magassági alappont sűrítéséhez?
5. Mi a trigonometriai magasságmérés?
6. Mi a tachiméteres magasságmérés?
7. Mik a numerikus felmérés jellemzői?
8. Hogyan hajtjuk végre a numerikus felmérést különböző műszerekkel?
9. Milyen fotogrammetria termékek használhatók a topográfiai felmérések során?
10. Mi a kombinált felmérés?
11. Mi a differenciált eljárás?
12. Mi az univerzális eljárás?
13. Melyek a digitális topográfiai térképezési eljárások?

Irodalomjegyzék

ÁFTH: 1966

Bene A.: *Topográfia*, Agroinform kiadóház, Budapest, 1981

Bene A. - Háncs L.: *Topográfia*, Mezőgazdasági szaktudás kiadó, Budapest, 1993

Blahó I.: *Topográfia I, II, BME jegyzet*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1976

Gazdag L.: *Útitársunk a térkép*, Gondolat kiadó, Budapest, 1969

Hazay I. szerk. (Futaky Z., Kunovszky E., Károssy I., Irmédi-Molnár L.): *Geodéziai kézikönyv, II, III. kötet*, Közgazdasági és Jogi kiadó, Budapest, 1960

Irmédi-Molnár L.: *Térképalkotás*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1967

Klinghammer I. - Papp-Váry Á.: *Földünk tükre a térkép*, Gondolat, Budapest, 1983

M.Kir. Állami Térképészeti Intézet: *Tereptan, terepábrázolás, terepfelmérés, térképhasználat, a M.Kir. Honvéd Ludovika Akadémia számára, Budapest 1936*

M.Kir. Honvéd Térképészeti Intézet: *A fényképmérés kézikönyve, a Térképészeti Közöny 11.sz. külömfüzete*, 1940

Németh F.: *A magyarországi erdőfelmérés története a kezdetektől 1990-ig*, Állami erdészeti Szolgálat, Budapest, 1998

Papp-Váry Á.: *Térképtudomány*, Kossuth kiadó, Budapest, 2007