

Kutassy Emese¹ 

Topográfiai térképek megbízhatósága terepmodell előállításához

Reliability of Topographic Maps to Produce a Terrain Model

A tanulmányban áttekintem az I. katonai felméréstől napjainkig készített topográfiai felméréseket. Összehasonlítom ezek geodéziai alapjait, a használt eszközöket, és az általuk biztosítható pontosságokat. Bemutatom a II. világháború utáni katonai és polgári topográfiai felmérések és térképezések különbségeit. A topográfiai térképek felhasználása a környezeti katasztrófák elhárítása során is fontos, ezért vizsgálom a pontossági követelményeiket és gyakorlati alkalmazási lehetőségeiket. Célom a topográfiai térképek felhasználhatóságát vizsgálni a hullámtéri árvízlevezető képesség modellezéséhez készítendő terepmodell létrehozásához.

Kulcsszavak: katonai topográfia, polgári topográfia, terepmodell, pontosság

In this study, I review the topographic surveys conducted from the First Military Survey to the present day. I compare their geodetic foundations, the tools used, and the accuracies they can provide. I present the differences between military and civilian topographic surveys and mappings after World War II. The use of topographic maps is also important in response to environmental disasters, so I am examining their accuracy requirements and application possibilities. My goal is to investigate the usability of topographic maps to create a terrain model for modelling floodplain flood drainage.

Keywords: military topography, civilian topography, terrain model, accuracy

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar, e-mail: kutassy.emese@uni-nke.hu

1. Bevezetés

A topográfia szó görög eredetű. A „toposz” helyet, helyszínt, a „grafein” rajzolást, leírást jelent, tehát a topográfia szóösszetétel helyszínrajzkészítést jelent. A föld felszínén található természetes és mesterséges tárgyak (tereptárgyak) – beleértve a terep domborzatát is – geometriai helyének és tulajdonságainak meghatározásával és ábrázolásával foglalkozó tudomány és szakterület. A topográfia feladata a tereptárgyak felmérése és térképi ábrázolása.² Ismeretes, hogy a topográfiai térképek katonai és polgári célú felhasználás tekintetében is rendkívül jelentősek. Az utóbbi években a környezetszennyezéssel járó katasztrófák,³ valamint ár- és belvizek kártételei elleni védekezésben is ezeket használták.⁴

Kutatásom aktualitását adja, hogy a topográfiai térképeket napjainkban széles körben a gazdasági élet számtalan területén is alkalmazzák: erdőgazdálkodási feladatok ellátásakor, vízügyi tervezésekhez, vízgyűjtő területek áttekintésére, árterületek ellenőrzésére, közlekedés-tervezéshez, út- és vasúttépítési munkák tervezéséhez, energiaellátó hálózatok kialakításához, környezeti hatásvizsgálatokhoz. A topográfiai térképeket azon feladatoknál lehet a legelőnyösebben használni, ahol a terep természetes és mesterséges alakulatainak és domborzati viszonyainak áttekintő jellegű, de viszonylag részletes és a természetbeni állapotának megfelelő ismeretére van szükség.⁵

2. A topográfiai térképekről általában

A topográfiai térkép a tereptárgyakat felülnézetben, méretarány szerinti kicsinyítésben, ahol szükséges, jelkulcsok, jelek segítségével, a domborzattal együtt ábrázolja. A topográfiai térkép tartalma síkrajzból, domborzatrajzból, névrajzból, szelvénykeretből, szelvényhálózatból és a kereten kívüli megírásokból áll.

A felmérések során a síkrajz és a domborzat meghatározása történik, amelyek mind megjelenési formájukban, mind a meghatározásukhoz alkalmazott mérési módszerekben különbségeket mutatnak. A megjelenítésnél a síkrajz alaprajzszerű jelkulcsi ábrázolással, a domborzat rajzolása pedig szintvonalakkal történik. Ez az ábrázolási módszer az utóbbi évszázadban gyakorlatilag nem változott.⁶ A szintvonalak gondolatát Nikolaes van der Heyde vezette fel, 1674-ben, tengeri kikötők zátonymentes hajóútvonalainak kijelölésével kapcsolatban. 1730-ban Nikolaus Samuelis Cruquius készítette el az első szintvonalas mélységtérképet, a szárazföld domborzatának első szintvonalas ábrázolása Millet de Mureau, Dufouruis és Du

² Mélykúti Gábor: *Topográfia 3. Térképek jellemző tulajdonságai*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010a. 20.

³ Beke Dóra – Földi Alexandra – Kuti Rajmund: Közúti balesetek során bekövetkező talajszennyezések és kárelhárítási eljárások vizsgálata. *Hadmérnök*, 14. (2019), 3. 13–20.

⁴ Kuti Rajmund: Időjárási extrémítások és a vízbázisok védelmének összefüggései. In Földi László – Hegedűs Hajnalka (szerk.): *Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019. 501–548.

⁵ Mélykúti (2010a): i. m. 21.

⁶ Mélykúti Gábor: *Topográfia 7. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010b. 1.

Carla nevéhez fűződik. Az alkalmazandó alapszintvonal (szintköz) értéke elsősorban az ábrázolandó domborzat lejtőszögétől és a térkép méretarányától függ. Közelítő meghatározására az

$$S_z = \frac{M \cdot tg \alpha_{max}}{1000K}$$

képlet szolgál, amelyben M a térkép méretaránya, α_{max} az előforduló legnagyobb lejtőszög, K a kartográfiai tényező. A fenti képlet, valamint tapasztalati eredmények figyelembevételével a topográfiai térképeken használatos alapszintvonal-értékeket az 1. táblázat tartalmazza.⁷

1. táblázat: A topográfiai térképeken használatos alapszintvonal értékei

Terep jellege	Méretarány			
	1:4000, 1:5000	1:10 000	1:25 000	1:50 000
sík, morotvás	1 m	1 m	5 m	10 m
hullámos, buckás	1 m	1–2 m	5 m	10 m
domb- és hegyvidék	2–2,5 m	2,5–5 m	10 m	20 m

Forrás: a szerző szerkesztése a MÉM OFTH (1972): i. m. alapján

2.1. Felmérési módszerek

A felmérési módszerek lehetnek helyszíni felmérések, amelyek során a méréseket közvetlenül a terepen végezzük, vagy fototopográfiai eljárások, amelyek során a térképezés túlnyomó részét fotogrammetriai mérésekkel, kisebb részét terepi munkával végezzük el. A helyszíni felmérés történhet numerikus – általában tahimetriával –, illetve grafikus – mérőasztalos – eljárással. A fototopográfianak három klasszikus módszere alakult ki, amelyek a kombinált, a differenciált és az univerzális eljárás.

A topográfiai térképkészítés felmérési munkáknál a terep domborzati viszonyait is mindig ábrázolni kell, ezért magasságmérési módszerek alkalmazására az egész térképezendő területen, felületszerűen szükség van. Mindezek mellett a kisebb térképezési méretarány kisebb pontossági követelményeket támaszt, ugyanakkor a topográfiai térképnek nemcsak geometriai feltételeket kell kielégítenie, hanem a terep, a táj jellegét is vissza kell tükröznie, ezért a közvetlenül a terepen (például grafikus felméréssel, légi fényképek terepi minősítésével) készített térképek, illetve a terepi ellenőrzések szerepe megnő.⁸

2.1.1. Grafikus felmérés

A grafikus felmérés lényege, hogy a mérési eredményeket már a terepen, közvetlenül a felmérési térképlapra szerkesztik fel, és a méréssel egyidejűleg, folyamatos rajzolással készül

⁷ MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal: *A földmérési alaptérképek domborzati tartalma és pontossága*. Budapest, Földmérési Intézet, 1972. 13–14.

⁸ Mélykúti (2010b): i. m. 2.

a térkép. Ennél az eljárásnál a vízszintes iránymérés, a távmérés és a magasságkülönbségek meghatározása külön munkafázis.

A grafikus felmérés előnye, hogy a térkép közvetlen terepi szemlélet alapján, a helyszínen készül, és jól lehet ötvözni a fotogrammetriai módszerek eredményeivel, hátránya pedig, hogy a mérési munka lassúbb, mint a numerikus felmérés, a mérési eredményeket csak a térkép őrzi grafikus formában, és érzékenyebb az időjárásra, mint a numerikus eljárás.

E módszer közvetlen kapcsolatot biztosít a felméréendő terep és a térkép között, így a terep és a készülő térkép együttes szemlélésével közvetlenül megállapíthatók az eltérések, hiányságok, és a térképi tartalom helyben kiegészíthető.⁹

2.1.2. Numerikus eljárás (tahimetria)

A kezdeti időszakban csak a kisebb területek felmérésére alkalmas optikai tahiméterek álltak a felmérők rendelkezésére, amely műszerrel végzett felméréseket nevezték numerikus felmérésnek. A tahiméterek segítségével a vízszintes iránymérés, a távolságmérés és a magasságkülönbség-mérés egy időben végezhető el.

A mérések végrehajtása, a magassági körön és a távmérő lécen tett leolvasások, valamint ezek segítségével a vízszintes távolság és magasságkülönbség számítása az alkalmazott tahiméter típusától függött. A MOM által gyártott mérőasztal-felszereléseknél a tangens tahiméter és a diagram tahiméter változatokat alkalmazták.¹⁰

2.1.3. Fototopográfiai eljárások

A topográfiai felmérési technológiák fejlődését a fotogrammetriai módszerek és lehetőségek változásai is jelentősen befolyásolták. Kezdetben csak a légifényképek nagyításaihoz jutottak hozzá a terepfelmérők, amely már nagy előrelépés volt, hiszen a légi fénykép már az aktuális terepi állapotról adott áttekintést, ezáltal segített megtervezni a mérést, felismerni a bemérendő tereptárgyakat, tájékozódni a terepen. A légi fényképek használata akkor vált igazán jelentőssé, amikor azokat már mérési célra is fel tudták használni.

A *kombinált eljárás* a fotogrammetriai és geodéziai eljárásnak a kombinációja, amelynek során egy fototérkép került a mérőasztalra. A fotogrammetria szolgáltatja a síkrájzot, a domborzatot pedig geodéziai módszerrel méri be. A terepen a fototérkép minősítésével készült a térkép síkrájza, a domborzat szintvonalrajzát is ezen a fototérképen mérték fel és rajzolták ki. Nagy előnye, hogy a síkrájzot méréssel már csak azokon a helyeken kellett kiegészíteni, ahol a tereptárgyak nem látszóttak a fényképen. A terepi mérésekhez a fotogrammetria egy transzformált fényképet szolgáltat. Minden légi fényképet a perspektív és a magasságkülönbségből eredő torzulás terhel. Síkfelület fotogrammetriai szempontból egy olyan felület, amelyen a szélső képalkotó sugár kamaratengellyel bezárt 45°-os szög esetén sem eredmé-

⁹ Mélykúti (2010b): i. m. 3.

¹⁰ Mélykúti Gábor: *Topográfia 8. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010c. 7–8.

nyez a magasságkülönbség vízszintes hibahatárt meghaladó torzulást. Ez a megállapítás egy fényképre vonatkozik és nem szelvényre vagy munkaterületre. A fototérkép a mérési munka igen nagy részét kiváltotta, és nagymértékben segítette a domborzat felmérését, mivel a légi felvételen a talaj elszíneződései, a növényzet elhelyezkedése, a földutak, csapások vonalai igen sok információt nyújtottak a domborzati formákról is. Magyarország területének körülbelül 65%-án alkalmazható az 1:10 000 méretarányú felméréshez a kombinált eljárás.¹¹

Az *univerzális eljárás* során a térképszelvénynek a síkrajza és a szintvonalrajza is fotogrammetriai térkiértékelő műszerrel készült, amely műszer újabb technikai előrelépés volt. A legmegbízhatóbb és egyben a legpontosabb fotogrammetriai eljárás a sztereofotogrammetria, ahol a mérések egy képpár segítségével előállított virtuális térmodellen végezhetők. Megbízhatósága előre jelölt pontok, valamint megfelelő magasságból végzett légi fényképezés esetén vetekszik a földi, geodéziai mérésekkel. Minden területen alkalmazható és a síkrajz és a domborzat egyidejű kiértékelésére is alkalmas, célszerű olyan területeken alkalmazni, ahol sok a szintvonal, tehát elsősorban hegy- és dombvidéken. Ilyen területekről a fotogrammetria a topográfia részére sztereomérési lapot készít, amely egy teljes topográfiai szelvény területe. A topográfus feladata főként a helyszíni azonosítási munka volt, minősítette a síkrajzi, vízrajzi vonalakat és a jelkulcsi előírások szerint tussal rajzolta ki azokat. A domborzatkiértékelést ellenőrizte, azon csak nagyon indokolt esetben – megfelelő mérésekkel alátámasztva – változtathatott.¹² Magyarország területének körülbelül 20-25%-án gazdaságos (célszerű) az univerzális felmérési eljárást alkalmazni.

A *differenciált eljárást* kis magasságkülönbséggel, de igen változatos domborzattal rendelkező, úgynevezett mikrodomborzatos, buckás területeken lehetett alkalmazni. A síkrajzi térképezés a síkfotogrammetriai módszerrel előállított fototérképen történt, a domborzat felmérése pedig fotogrammetriai térkiértékeléssel. Az eljárás elnevezése abból adódik, hogy e két feladat csak két különböző magasságban végrehajtott légifénykép-sorozat segítségével volt megoldható, ahol a fototérkép-készítés csak magasabbról készített, kisebb képméretarányú képek készítésével vált gazdaságossá (egy kép – egy szelvény). A magassági felméréshez pedig alacsonyabbról készített, nagyobb képméretarányú légi fényképekre volt szükség. A differenciált eljárás alkalmazásakor a terepen el kellett végezni a fototérkép síkrajzi minősítését, a térkiértékeléssel előállított szintvonalak ellenőrzését és az esetleges takarások miatti kiegészítő méréseket.¹³

3. A 18–19. századi felmérések

Magyarország első részletes topográfiai térképezései az úgynevezett katonai felmérések keretében történtek a 18. század második felétől kezdődően. Az elnevezés is mutatja, a térképekre való igény a katonaság részéről merült fel leginkább, és a térképezés végrehajtásához szükséges

¹¹ Buga László et al.: *A magyar katonai térképészet 100 éve*. Budapest, Zrínyi Kiadó, 2019. 185.

¹² Buga et al. (2019): i. m. 188.

¹³ Buga et al. (2019): i. m. 191.

apparátussal is a katonaság rendelkezett. Mivel a felmérések idején Magyarország az Osztrák Birodalomhoz, majd az Osztrák–Magyar Monarchiához tartozott, közös volt a hadügy, a térképezés is közösen zajlott, bécsi irányítással.¹⁴

3.1. Az I. katonai felmérés

Magyarország részletes topográfiai térképezését Mária Terézia rendelte el. Az I. katonai felmérés célja egy olyan katonai térkép készítése volt, amely tartalmazza a településeket, fő domborzati formákat, növényzetet, talajokat, utakat, hidakat, a vízrajzi elemeket stb., ami a tájékozódás mellett a katonai célokat is kiszolgálja. A térkép tartalma a felszínen fellelhető mesterséges építményeket és a helyhez kötött tárgyakat a helyén, a felszín domborzatát annak vetületében ábrázolja. A térképezés méretaránya 1:28 800 volt. A Magyar Királyság területéről 965 szelvény készült, 1782–1785 között volt a felmérés. A felmérésnél a kicsiből a nagy felé haladtak, nem volt háromszögeléssel meghatározott alapponthálózat, a felmérést grafikus háromszögeléssel, dioptrával, mérőasztal-eljárással végezték. A domborzatábrázoláshoz lendületcsíkozást alkalmaztak. Nem volt egységes jelkulcs, a jeleket a látványból vezették le¹⁵ (1. ábra). Az I. katonai felmérés hiányosságai miatt I. Ferenc 1806-ban elrendelte az új felmérést, amely az egész Osztrák Birodalmat egyben, összefüggően ábrázolja.



1. ábra: Az I. katonai felmérés 1:28 800 méretarányú térképe

Forrás: <https://maps.arcanum.com/>

3.2. A II. katonai felmérés

A II. katonai felmérést 1806–1869 között hajtották végre, méretaránya ennek is 1:28 800 volt. A Magyar Királyság felmérése 1819–1869 között történt. Ezek a felmérések már részletesebbek és pontosabbak, mint az I. katonai felmérés szelvényei, de vetület nélküli rendszerben készültek.

¹⁴ Jankó Annamária: *Magyarország katonai felmérései 1793–1950*. Budapest, Argumentum Kiadó, 2007.

¹⁵ Mélykúti Gábor: *Topográfia 11. Magyarország térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010d.

A bécsi Stephansdom kezdőmeridiántól már néhány száz kilométerre kilométer nagyságrendű eltérések mutatkoztak. A domborzatábrázolásnál már a Lehmann-féle csíkozást is használták.¹⁶ 1860-tól a Monarchia területén új háromszögelési hálózat kialakítása kezdődött, amely biztosította a térképrendszer egységes geometriai, geodéziai alapját.¹⁷ A terepen grafikus mérőszal-felvételekkel dolgoztak, és a felméréshez 1827-től egységes jelkulcshasználatot alakítottak ki. A domborzatábrázolás a felmérés kezdetekor a lejtők meredekségének kifejezésére megfelelő úgynevezett lendületcsíkozással, a magasabb hegységekben a felvételezés többnyire szemmértékkel történt (2. ábra). 1827-től már a lejtőszögeket lejtésmérő alkalmazásával állapították meg. 1833-ban kezdtek trigonometriai magasságméréseket végezni, amelynek az alapszintje az Adriai-tengerre vonatkozott, a magasságokat bécsi ölben adták meg.¹⁸



2. ábra: A II. katonai felmérés 1:28 800 méretarányú térképe

Forrás: <https://maps.arcanum.com/>

3.3. A III. katonai felmérés

A III. katonai felmérést 1869-ben rendelték el, mivel a több mint 60 évig tartó II. katonai felmérés elején készült térképek tartalmilag elavultak. A felmérés 1869-től 1887-ig tartott az Osztrák–Magyar Monarchia területén. A birodalom teljes területére összefüggően készültek el a felmérési szelvények.¹⁹ A felmérés méretaránya 1:25 000, méterrendszerű volt, míg a kiadásra tervezett térképé 1:75 000 méretarányú (3. ábra). A magasságmérések alapszintje az Adriai-tenger középtengerszintje volt. A domborzatábrázoláshoz szintvonalas ábrázolást is alkalmaztak. A háromszögelés számításához a Bessel-ellipszoid földrajzi koordinátáit használták, a térképezéshez poliédervetületet használtak.²⁰ Magyarország egy részén a II. katonai

¹⁶ Jankó (2007): i. m.

¹⁷ Mélykúti (2010d): i. m. 5.

¹⁸ Jankó (2007): i. m.

¹⁹ Jankó (2007): i. m.

²⁰ Mélykúti (2010d): i. m. 5.

felmérés 1:28 800 méretarányú szelvényeit fényképészeti úton 1:25 000 méretarányúra nagyítva felmérési szelvényeket készítettek a mérések végrehajtásához. Az alappontsúrírtés mérőasztalon előre-, illetve oldal metszéssel történt, a további pontsúrírtésnél hátrametszést is alkalmaztak, és a domborzati idomvonalakat is bemérték.²¹ A méréseket dioprával, mérőasztalon, grafikusán végezték, a távolságokat lépéssel vagy becsléssel határozták meg.²²



3. ábra: A III. katonai felmérés 1:25 000 méretarányú térképe

Forrás: <https://maps.arcanum.com/>

4. A 20. századi felmérések

A III. katonai felmérés is még némi kívánni valót hagyott maga után, hiszen a háromszögelés és a részletmérés nem volt elég pontos, így elrendelték a IV. katonai felmérést 1896-ban. Ez azonban az I. világháború kitérése miatt abbamaradt, és a III. katonai felmérés térképeit egészen az 1950-es évekig használták.²³

4.1. Topográfiai térképezés az I. világháború után

Az I. világháború után 1919-ben a szakképzett térképészeket „Magyar Katonai Térképészeti Csoport” néven önálló csoportba sorolták. A későbbiekben már „Magyar Katonai Térképező Csoport” néven szerepelt, és közvetlenül a Hadügyminisztériumhoz tartozott. Topográfiai, kartográfiai, földleíró, műszaki és közigazgatási alcsoportjaiban tisztek, hivatalnokok, legénységi állományúak mellett polgári alkalmazottak is dolgoztak.²⁴

²¹ Jankó (2007): i. m.

²² Mélykúti (2010d): i. m. 5.

²³ Mélykúti (2010d): i. m. 5.

²⁴ Buga et al. (2019): i. m. 91. és 113.

A Magyar Katonai Térképező Csoport több szervezeti átalakítás és névváltozás után, egyéb feladatai mellett, 1927–1940 között topográfiai új felmérést végzett mérőasztal-felméréssel és az akkor kialakult, eredményeit tekintve máig korszerűnek tekinthető sík- és terepfotogrammetriai technológiával. Ez a munka azonban az ország területének csak alig több mint 10%-át érintette.

4.2. Topográfiai térképezés a II. világháború után

A II. világháborút követően a topográfiai térképezés két – katonai és polgári – ágon zajlott.

4.2.1. Katonai topográfiai térképezés

1947-ben már csak a háborúban megmaradt térképek álltak rendelkezésre a hadsereg igényeinek kielégítésére, amelyek a területi lefedettséget illetően hiányosak és heterogének voltak. Nagy szükség lett a megfelelő térképekre, ezért 1950-ben megkezdődött az 1:50 000 topográfiai térképek korszerűsítése, amely egy térképhelyesítési eljárás volt, egységes konstrukciójú és jelkulcsú térképmű létrehozására. A helyesbítéshez először a két világháború között készített térképek szolgáltak, majd a jobban alkalmazható fototranszformátumok használatára tértek át. A megfelelő síkrajzi kirajzolás mellett a domborzatábrázolás azonban alacsony színvonalú volt. A 10 méteres alapszintközű szintvonalak irodai tervezéssel készültek, amelyeket estenként a terepen „szemmértékkel” javítottak. Mindezek ellenére a végeredmény tartalmilag és formailag egységes térképmű lett.

A felmerült hiányosságok miatt 1952–1959 között új felmérést végeztek, azonban az idő rövidege miatt nem az ország teljes területére. Azokon a területeken, ahol az 1930-ban készült térképek rendelkezésre álltak, térképhelyesbítést hajtottak végre. Az új felmérésnél a fototopográfiai eljárást alkalmazták. A munkálatok eredménye egy pontos topográfiai térképmű lett (1:25 000 – 1:500 000), amely az egész országot lefedte.

A térképek tartalmi elavulása miatt 1964–1968 között az 1:50 000 méretarányú térképek újabb térképhelyesbítésére került sor, terepi bejárással. A nagymértékű változással érintett területeken fotogrammetriai kiértékeléssel dolgoztak. A domborzatábrázolás javítását szükség szerint az 1:10 000 méretarányú polgári topográfiai térképek alapján végezték.

1968–1985 között készült az 1:25 000 méretarányú új topográfiai térkép, amelynek alapja a polgári 1:10 000 méretarányú topográfiai térkép volt. A síkrajzi tartalmat légi fényképek alapján, terepi bejárással aktualizálták, a domborzattervezést pedig a polgári szelvények alapján.



4. ábra: Bátaszék 1941-es katonai térképe

Forrás: <https://maps.arcanum.com/>

1984–1997 között térképfelújítást végeztek az előző időszak alatt létrehozott topográfiai térképeken. Ennek során a térképi tartalmi változások átvezetése elsősorban a légi fényképek alapján történt helyszíneléssel kiegészítve. A térképek alapfelülete a Kraszovszkij-féle forgási ellipszoid, vetülete a Gauss–Krüger-féle hengervetület, nemzetközi szelvényezési rendszerben. Magassági alapfelülete a balti alapszint. A domborzatábrázolás a – jellemző pontok magasság megírásával kiegészített – szintvonalakkal történt.²⁵

1995-ig elkészült az 1:50 000 méretarányú térkép vektoros, digitális változata (DTA-50), és egy rácsnálós digitális domborzatmodell is, amelyet a szintvonalainak digitalizálásával hoztak létre. 2003 végére befejeződött a DTA-50 tartalmának helyesbítése. Elkészültek azok az 1:50 000 méretarányú topográfiai térképek, amelyek már a NATO-előírásoknak is megfeleltek. Ezeknél a térképeknél már a WGS-84 ellipszoidot és az UTM vetületi rendszert alkalmazták. 2004-ben a Gauss–Krüger-vetületű térképeket kivonták a forgalomból.²⁶

Magyarországon a II. világháborút követően végrehajtott, az ország egész területét lefedő új felméréseket és azok felújításait foglalja össze a 2. táblázat.

2. táblázat: A katonai topográfiai felmérések jellemzői

Módszer	Vetületi rendszer	Méretarány	Időszak
gyors helyesbítés	Gauss–Krüger	1:50 000	1947–1951
új felmérés	Gauss–Krüger	1:25 000	1952–1959
helyesbítés	Gauss–Krüger	1:25 000	1968–1982
felújítás	Gauss–Krüger	1:25 000	1984–1996
helyesbítés	UTM	1:50 000	1998–2003

Forrás: a szerző szerkesztése

²⁵ Alabér László: *A topográfiai térképrendszer átalakításának lehetőségei a Magyar Honvédség igényeinek és a NATO-csatlakozás követelményeinek figyelembevételével*. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2004. 18–21.

²⁶ Mélykúti (2010d): i. m. 8.

4.2.2. Polgári felmérések

A II. világháború után, az ország újrabeépítésénél megnőtt a gazdasági igény a topográfiai térképek iránt. A katonai topográfiai térképek megfeleltek volna ezen igények kiszolgálására, de a titokvédelmi előírások miatt erre nem volt lehetőség. A titkos minősítés a térképeken alkalmazott matematikai és geodéziai alapok miatt volt. A katonai topográfiai térképektől eltérő vetületi rendszerű polgári topográfiai térképek létrejöttéhez – a nemzetgazdasági érdekek kielégítésének érdekében – az 1:25 000-esnél nagyobb méretarányú térképművek voltak szükségesek. 1951-ben létrehozták a Földmérési Irodát, hogy megkezdjék az 1:5000 méretarányú állami topográfiai alaptérképek készítésének munkálatait.²⁷

A magyarországi polgári topográfiai felmérések három fő szakaszra bonthatók: 1952–1980 között történtek a felmérések, 1976-tól 1999-ig a térképfelújítások, 1995-től kezdődően pedig a térképhelyesbítések, amelyek még napjainkban is tartanak²⁸ (3. táblázat).

3. táblázat: A polgári topográfiai felmérések jellemzői

Módszer	Térképtípus	Méretarány	Időszak
új felmérés	vegyes	1:10 000	1952–1980
felújítás	EOTR	1:10 000	1976–1999
helyesbítés	EOTR	1:10 000	–

Forrás: a szerző szerkesztése

A felmérések 1952 májusában Mezőkövesd környékén kezdődtek meg. A kezdetekkor általában numerikus eljárást (ritkábban mérőasztalos eljárást) alkalmaztak. 1954-ben a felmérések nemzetközi szelvényezésben készültek, és az adriai magassági rendszert felváltotta a balti rendszer. 1955-ben a katonai térképész szolgálat a polgári topográfia rendelkezésére bocsátotta a saját feladataihoz készült légi felvételeket, ezzel is segítve a munkálatokat. 1956-ban az első fototérképek alapján megkezdődött a sík területek kísérleti felmérése kombinált eljárással. Hamarosan kiderült, hogy az ország 1:5000 méretarányú felmérése túl nagy, szinte megvalósíthatatlan munka, ezért áttértek az 1:10 000 méretarány alkalmazására.²⁹ 1960-tól az MN Térképészeti Intézet is bekapcsolódott az 1:10 000 méretarányú felmérésbe. 1961-től általánossá vált a fototopográfiai technológiák alkalmazása. 1966-ban az Állami Földmérési és Térképészeti Hivatal kiadta az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképek készítésére vonatkozó komplex utasítást, amely részletesen szabályozta az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképkészítés minden munkautemét (geodézia és illesztőpontmérés, légi fényképezés, fotogrammetria, topográfia, kartográfia, sokszorosítás).³⁰ A topográfiai munkák állami átvételét

²⁷ Alabér (2004): i. m. 22.

²⁸ Magyar Földmérési Térképészeti és Távérzékelési Társaság Topográfiai Szakosztálya: *Az 1:10000 méretarányú EOTR-térképfelújítás (második ciklus) befejezése alkalmából megrendezett Topográfiai Tanácskozás előadásainak anyaga*. Budapest, 1999. 10–11.

²⁹ Alabér (2004): i. m. 22.

³⁰ Állami Földmérési és Térképészeti Hivatal: *Komplex Utasítás az 1:10000 méretarányú topográfiai térképek készítéséhez*. 618/1966 (T.14.) ÁFTH számú utasítás. Budapest, 1966.

innentől az újonnan megalakult Földmérési Intézet végezte. 1969-ben döntés született a polgári kataszteri és topográfiai térképeknek az Egységes Országos Térképrendszerbe való foglalásáról. A térképek alapfelülete ennek értelmében az IUGG-67 ellipszoid lett, vetületeként pedig az Egységes Országos Vetületi rendszert (EOV) alkalmazták. 1980-ra az 1:10 000 méretarányú topográfiai felmérés befejeződött.³¹

A felmérés évei alatt változott a térkép méretaránya, a felmérési technológia, az alkalmazott vetületi rendszer, illetve kisebb-nagyobb mértékben az alkalmazott jelkulcsrendszer is. Ezek, valamint a terepen történt jelentős változások miatt már 1975-ben megkezdődött az 1:10 000 méretarányú térképek tervszerű felújítása és beillesztése az új Egységes Országos Térképrendszerbe (EOTR).³² A polgári topográfiai térképezés alapjainak változásait a 4. táblázatban foglaltam össze.

4. táblázat: A polgári topográfiai térképkészítés adatai

Módszer	Év	Méretarány	Alapfelület (ellipszoid)	Vetületi rendszer	Szelvényezési rendszer	Alapszint
Új felmérés	1952	1:5000	Bessel	sztereografikus	kataszteri	adriai
Új felmérés	1954	1:5000	Bessel	sztereografikus	nemzetközi	balti
Új felmérés	1957	1:10 000	Kraszovszkij	Gauss–Krüger	nemzetközi	balti
Új felmérés	1965	1:10 000	Bessel	sztereografikus	hazai	balti
felújítás	1976	1:10 000	IUGG-67	EOV	EOTR	balti

Forrás: a szerző szerkesztése

2000-ben a felújítási munkák befejezése után elkezdődött a domborzatrajz digitális átalakítása, és egyben helyesbítése digitális ortofotók alapján, terepi bejárással. A tartalmi azonosság ellenére a polgári topográfiai térképek nem felelnek meg a katonai követelményeknek és viszont, hiszen eltérő a méretarány, az alapfelület, a vetületi rendszer és a koordináta-rendszer. A meglévő topográfiai térképek nagy része az évtizedekkel ezelőtti állapotokat ábrázolja, mivel a térképhelyesbítések időben elhúzódnak. Az elmúlt évtizedekben a felújítási, helyesbítési munkák, az adattartalom aktualizálása ortofotók és helyszínelés alapján történt, amelyeknél a terepi munka az irodai feldolgozás harmada. A kevés helyszíni munka a térképek minőségét és tartalmi megbízhatóságát negatív irányban befolyásolja.³³

4.3. A digitális domborzatmodellek (DDM)

A Magyarország területét lefedő DDM-ek a szintvonalas térképek digitalizálásával készültek. Elnevezéseiknél száma a pixelfelbontásra utal (DDM-100, DDM-50, DDM-10, DDM-5). Az 1:100 000, illetve az 1:10 000 méretarányú EOTR topográfiai térképekből előállított DDM-100 és a DDM-5 adatgazdája a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI), míg a DDM-50 és a DDM-10, amelyek az 1:50 000 méretarányú, Gauss–Krüger katonai topográfiai

³¹ Geodéziai és Kartográfiai Egyesület: *Az 1:10000 méretarányú topográfiai felmérés befejezése alkalmából megrendezett Topográfiai Tanácskozás előadásainak anyaga*. Budapest, 1981. 5–8.

³² Magyar Földmérési Térképészeti és Távérzékelési Társaság Topográfiai Szakosztálya (1999): i. m. 10–11.

³³ Alabér (2004): i. m. 23–24.

térképekből készültek, a Magyar Honvédség (HM Térképészeti NKft.) kezelésében áll. A DDM-10 pontossága domborzati kategóriákra vonatkoztatott középhibája síkvidéken kevesebb mint 0,8 m, dombvidéken 2,5 m, végül hegyvidéken 5,0 m. Minőségi hiba, hogy a DDM-10-ben a magassági értékek egész számokkal vannak megadva, így korlátozottan használható a levezetett térképeknél, különösen hidrológiai modellezési célokra. A DDM-5-nek, amely TIN-alapú lineáris interpolációval készült, a pontossága átlagosan 0,7 m. A TIN-alapú modelleknél sok helyen szögletes a felszín, ami ugyancsak a levezetett térképeknél és a hidrológiai elemzésnél jelent problémát.³⁴

A topográfiai térképek a Föld külső felszíne alkotta domborzatot ábrázolják úgy, hogy a vízzel borított felszínnek (tavak, folyók) a vízfelszín átlagos magasságát jelenítik meg. De egy másfajta nézőpont értelmében a felszín fogalmába beleértjük a felszín borító természetes és mesterséges tereptárgyakat, azaz a növényzetet és az épített objektumokat. Az egyes adatnyerési eljárások (a légifotó-kiértékelés) olyanok, hogy azokból elsődlegesen a tereptárgyakat is magában foglaló felszín határozható meg.³⁵

A legáltalánosabban használt digitális modell a digitális magasságmodell (DMM), amely a szakirodalomban többnyire angol elnevezéssel fordul elő digital elevation model (DEM) néven. Ebben a megfogalmazásba beletartozik a digitális domborzatmodell (DDM) – amely tereptárgyak nélküli földfelszín – és a digitális felszínmodell (DFM) is –, amely a tereptárgyakat is magában foglaló felszín digitális modelljét jelenti. A digitális terepmodell elnevezést használják mindkét modellre, amennyiben az alkalmazás szempontjából jelentősége van, hogy a modell melyik típusba tartozik, akkor felhasználás előtt azt definiálni kell³⁶ (5. táblázat).

5. táblázat: A digitális modellek csoportjai

Felszín	Modell neve	Közös név	Adatforrás
Domborzat	Digitális domborzatmodell (DDM)	Digitális magasságmodell (DMM)	Térképek, földi felmérések
Domborzat tereptárgyakkal	Digitális felszínmodell (DFM)	Digitális terepmodell (DTM)	Légi felvételek, űrfelvételek

Forrás: a szerző szerkesztése

A DTM-alapú hidrológiai modellezésnél egyik cél lehet az, hogy a modelltől levezessük a terület vízfolyásait, illetve meghatározzuk az egy adott ponthoz tartozó vízgyűjtőterületet. A másik cél pedig a lefolyás modellezése, azonban ehhez már szükség van más adatokra is, azaz a DTM tulajdonképpen egy összetett hidrológiai modell részévé válik.³⁷

A lefolyás modellezéséhez szükség van a vízsebesség meghatározására, amelyet általában a lejtőszög figyelembevételével lehet meghatározni. A DTM alapján meghatározható a lefolyási úthossz, amelyből a lefolyási idő értékét kiszámítani. Eróziós modellekben meghatározható a munkavégző-képesség, amelyet az alábbi képlet alapján számíthatunk:

³⁴ Telbisz Tamás – Székely Balázs – Timár Gábor: *Digitális Terepmodellek*. Budapest, ELTE TTK, 2013. 49.

³⁵ Telbisz–Székely–Timár (2013): i. m. 8.

³⁶ Telbisz–Székely–Timár (2013): i. m. 10.

³⁷ Telbisz–Székely–Timár (2013): i. m. 65.

$$\omega = A_s \cdot \tan \beta$$

ahol A_s a lokális vízgyűjtőterület és β a lejtőszög.

A DTM készítése során keletkező hibák észlelése leggyakrabban valamilyen ábrázolás alapján történik. A 3D-s megjelenítéssel a kiugró értékek könnyen felfedezhetők. A hiba helyének meghatározására a felülnézeti képek – leginkább a szintvonalas térképek – alkalmasak. Azt azonban, hogy „a valósághoz” képest mennyi a hiba, általában nem lehet megadni, viszont a két különböző módon kapott DTM egymástól való eltérése már meghatározható. Készíthető különbségtérkép, illetve ha az egyik felszín csak pontokból áll, akkor az adott pontokra statisztikai elemzés végezhető. Leggyakoribb mutatószám a négyzetes középhiba:

$$\mu = \sqrt{\frac{1}{n}(z - z_c)^2}$$

ahol n a vizsgálatba vont pontok száma; z a DTM magassága egy adott pontban, z_c az ismert pont magassága ugyanitt.³⁸

5. Katonai és polgári topográfiai térképkészítés összehasonlítása

A térképek pontosságai előírásait döntően három tényező határozza meg, amelyek a felhasználók által igényelt pontossági kívánalmak, az adott felmérési időszak műszaki, technológiai lehetőségei és a gazdaságosság.³⁹ A modellezési folyamat szempontjából a kiinduló térképi anyag kiválasztásánál négy szempontot vehetünk figyelembe a modell alapjaként szolgáló topográfiai térképeknél.

Az egyik a térképkészítés felmérési technológiái, illetve annak pontossági követelményei. A katonai és polgári topográfiai munkák történeti ismertetéséből kiderül, hogy gyakorlatilag ugyanazon technológiai módszerekkel történtek a tényleges felmérések. Pontossági követelmények szempontjából különbségek a térképek méretarányából adódó keretfeltételek miatt vannak. A másik fontos szempont az elérhető, rendelkezésre álló térképek aktuálissága, frissessége. A polgári topográfiai térképek különböző fázisainak időbeli lefolyása ugyanúgy több évtizedet ölel fel, mint a katonai célú térképeké. Bár a polgári topográfiai térképek esetén kiemelt fontosságú, illetve a jelentős változásokon áteső területeken, létesítményeknél (például autópálya-építés) történnek még felújítások – fotogrammetriai módszerrel –, de ezek lényegében csak a síkrajzi változásokat érintik, és ezek állapotának aktualizálásában merülnek ki. A harmadik igény, hogy a modellezni kívánt terület paraméterei (a terület nagysága, domborzati viszonyai) alapján válasszuk meg a megfelelő méretarányú térképanyagot.

A modellter domborzati viszonyai (mikro-, illetve makrodomborzat) a domborzat jellegéből adódóan befolyással vannak a szintvonal ábrázolására is, hiszen azonos méretarány mellett más alapszintvonalat célszerű alkalmazni a hegyvidéken, mint a sík területeken. Légi fotogrammetriával 10 cm-en belüli pontosságú térképezés hajtható végre 1:1000–1:4000

³⁸ Telbisz–Székely–Timár (2013): i. m. 71.

³⁹ MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal (1972): i. m. 41–42.

méretarányban, vízszintes és függőleges értelemben egyaránt. Kijelenthető, hogy legtöbb esetben nem állnak rendelkezésre ilyen méretarányú alaptérképek. Kis kiterjedésű modellezni kívánt területeken megoldás lehet a rendelkezésre álló térképanyag pontosítása, kiegészítése, aktualizálása. Ennek korlátot szab a területre jellemző magasságkülönbség, illetve a fedettség. Amennyiben ezek jelentősek, földi kiegészítő méréseket célszerű végezni.⁴⁰ Nagyobb kiterjedésű modellezni kívánt terület esetén a kívánt pontossági, alkalmazhatósági követelményeknek megfelelően választhatók a rendelkezésre álló térképanyagok. Kisebb terjedelmű területeken a modellezni kívánt tér jellegéből fakadóan (közel sík hullámtéri terület, illetve nagyobb szintkülönbségeket mutató patakok lefolyásviszonyainak vizsgálata) is különböző paraméterű lehet a rendelkezésre álló alaptérképanyag. Végül fontosak még a térkép méretarányától függő, alkalmazható digitális terep-, illetve domborzatmodell adott pontossági mérőszámai. A polgári digitális domborzatmodell az 1: 10 000-es méretarányú topográfiai térképek szintvonalrajzaiból készített, sztereofotogrammetriai kiértékeléssel javított adatkészlet. Az alapul szolgáló topográfiai térképek felmérési ideje 1979 és 2000 közé tehető. A 2000 óta bekövetkezett komolyabb domborzati változások aktualizálása (például autópálya-építések, külszíni bányák nyitása) sztereofotogrammetriai eljárással történt. 2000-ben, 2005-ben és 2015-ben lehetőség nyílt a teljes országra végrehajtani, a többi évben történt frissítések pedig az adott évi légi felvételezések területére készülhettek el. A topográfiai térképekből létrehozott alapadatok magassági megbízhatósága átlagosan $\pm 0,7$ m, a frissítések megbízhatósága és pontossága a 40 cm-es terepi felbontású ortofotó generálásához szükségesnek felel meg.⁴¹ A kétféle topográfiai térkép készítésének geodéziai összehasonlítását a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat: A geodéziai alapok

Geodéziai alapok	Katonai	Polgári
Alapfelület	WGS 84	IUGG 67
Vetületi rendszer	UTM Egyenlítő helyzetű érintő hengervetület	EOV Süllyesztett ferdetengelyű hengervetület
Kezdőmeridián	Greenwich	Gellért-hegy
Magassági alapszint	balti	balti
Geodéziai alapszint	WGS-84, EUREF-89	HD-72
Szelvényezési rendszer	földrajzi fókálózat	kilométer-hálózat

Forrás: a szerző szerkesztése

5.1. Katonai térképek

A 4.2.1. fejezetben leírtakból is látszik, hogy a 20. század eleje óta teljes egészében új katonai topográfiai felmérés az ország teljes területére nem történt. Az 1947-ben kezdődő gyors helyesbítés után a 1952–1959 közötti új felmérést Magyarországnak csak azon részein hajtottak végre,

⁴⁰ Hársfalvai Mária et al.: *Útmutató a távérzékelési módszerek alkalmazására a meliorációs kiviteli tervezésben.* Budapest, FÖMI, 1990. 13–17.

⁴¹ Lásd: <https://lechnerkozpont.hu>

ahol nem voltak fellelhetők az 1930-ban készült topográfiai térképek, a meglévő térképeken térkép helyesbítést hajtottak végre. A magassági ábrázolás az adriai alapszintre vonatkozott, 10 m-es alapszintvonalakkal. Az 1953–1959 évek közti felmérés, az úgynevezett negyedik katonai felmérés pontossága vízszintes ábrázolásnál a térképen $\pm 0,3$ mm, ami az 1:25 000 méretaránynál 7,5 m-t jelent, magassági értelemben pedig $\pm 2,5$ m. Az új, a szocialista országok által használt jelkulcsokkal, 5 m-es szintvonalközökkel.⁴²

A katonai térképészet digitális domborzatmodellje (DDM) Magyarország területére 1992-ben készült el, és a balti alapszint feletti magasságokat tartalmazza egy 10×10 (DDM-10), illetve egy 50×50 m-es (DDM-50) oldalhosszúságú rácshálózat sarokpontjaiban. Először az 50×50 m-es hálósűrűségű modell számítását végezték el, majd ezt sűrítették interpolációval 10×10 m-esre. A DDM létrehozásához az 1:50 000 méretarányú katonai topográfiai térképek szintvonalas domborzati fóliáit használták.⁴³

A fentebb írtak alapján a katonai célú DDM-adatbázisok a katonai célú és méretarányú térképek pontossági követelményeinek megfelelő mérőszámokkal rendelkeznek.

5.2. Polgári térképek

A polgári topográfiai térképek készítésének a 4.2.2. pont alapján három üteme volt. Teljes szelvények helyesbítése nem volt jellemző. Adott szelvényen a változott területeket aktualizálták, de a szelvények túlnyomórészt hasonló korúak, mint a katonai térképek.

Ezekből a folyamatosan helyesbített és felújított térképekből készültek a különböző digitális domborzatmodellek, a méretarányból adódó szintvonalközű térképből generált domborzatmodellel.⁴⁴ A modellek pontossága sem lehet jobb, mint annak a térképnek a pontossága, amelyből készültek.

1976-ban az Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal (OFTH) kiadta a T. 1. Szabályzatot, amely meghatározta az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképeknek az Egységes országos Térképrendszerben való felújításához a műszaki alapokra, a tartalomra, a pontossági előírásokra és a kivitelre, valamint az állami átvételre leadandó munkarészekre vonatkozó előírásait. A felújítás és átdolgozás végrehajtása után a T. 1. szabályzat pontossági előírásainak megfelelő térképanyag előállításának érdekében, a munkálatok legfontosabb szempontja a megbízhatóság volt.

A Szabályzatban meghatározták a készítendő térképek pontossági előírásait vízszintes és magassági értelemben az alaphálózatra, az alappontokra, a magassági pontokra, az illesztőpontokra, a részletpontokra és a szintvonalakra vonatkozóan.

A vízszintes illesztőpontok középhibáját $\pm 0,50$ m, megengedett legnagyobb hibáját $\pm 1,00$ m-ben állapították meg, a magassági illesztő-, ellenőrző- és kóté pontok hibahatárai az alapszintközök nagyságától függenek. Ezeket tartalmazzák a 7–9. táblázatok.

⁴² Buga et al. (2019): i. m. 201.

⁴³ Zentai László: A digitális térképek Magyarországon az első digitális adatbázisoktól a kilencvenes évek végéig. *RS&GIS Távérzékelési Technológiák és Térinformatika Online*, (2012.), 1.

⁴⁴ Lásd: <https://lechnerkozpont.hu>

7. táblázat: Magassági illesztő- és ellenőrzőpontok meghatározásának hibahatárai

Alapszintköz	Középhiba	Megengedett legnagyobb hiba
1,0 m	± 0,20 m	± 0,40 m
2,0 m	± 0,40 m	± 0,80 m
2,5 m	± 0,50 m	± 1,00 m
5,0 m	± 1,00 m	± 2,00 m

Forrás: a szerző szerkesztése

8. táblázat: A térképen megírt magassági pontok meghatározásának hibahatárai

Alapszintköz	Középhiba	Megengedett legnagyobb hiba
1,0 m	± 0,30 m	± 0,60 m
2,0 m	± 0,60 m	± 1,20 m
2,5 m	± 0,80 m	± 1,60 m
5,0 m	± 1,60 m	± 3,20 m

Forrás: a szerző szerkesztése

9. táblázat: Szintvonalak hibahatárai

Alapszintköz	Középhiba	Megengedett legnagyobb hiba
1,0 m	± 0,40 m	± 0,80 m
2,0 m	± 0,80 m	± 1,60 m
2,5 m	± 1,00 m	± 2,00 m
5,0 m	± 2,00 m	± 4,00 m

Forrás: a szerző szerkesztése

Szintvonalak esetén erdős, fedett területen a megadott hibák kétszerese a megengedett.

A fotogrammetriai munkáknál az illesztőpontok kiszúrása a légi fénykép negatívján $\pm 0,1$ mm, a magasságkülönbségből adódó síkraízi eltolódás $\pm 0,40$ mm lehetett, ami 1:10 000 méretarányánál 1,0 m, illetve 4,0 m-t jelent.

A térmodellek vízszintes tájékozása akkor befejezett, ha az illesztőpontokon a hibák szabálytalan jellegűek és sehol nem haladják meg a $\pm 0,3$ mm-t. A magassági tájékozásnál uni-

verzális eljárás esetében az ellenőrző- és illesztőpontokon mért hibáknak a $\mu = \sqrt{\frac{v^2}{n}}$ képlet-

tel számított középhibája nem haladhatja meg az 10. táblázatban foglalt értékeket. A differenciált eljárásnál 1 m-es szintköznel a $\pm 0,40$ m-nél, 2 m-es szintköznel a $\pm 0,70$ m-nél nagyobb hiba egyik illesztőponton sincs.

10. táblázat: A magassági tájékozás középhibái

Alapszintköz	Középhiba
1,0 m	± 0,22 m
2,0 m	± 0,56 m
2,5 m	± 0,78 m
5,0 m	± 1,58 m

Forrás: a szerző szerkesztése

A helyszíni eljárással meghatározott illesztőpont és a fotogrammetria által meghatározott kótált pontok magassága és a helyszíni mérés és a kiértékelt szintvonalak között interpolálással meghatározott magasságértékek közötti legnagyobb eltérést a 11. és 12. táblázat mutatja.

11. táblázat: A kótált pontoknál megengedett eltérések

Alapszintköz	Legnagyobb eltérés
1,0 m	± 0,6 m
2,0 m	± 1,2 m
2,5 m	± 1,6 m
5,0 m	± 3,2 m

Forrás: a szerző szerkesztése

12. táblázat: Szintvonalrajzolás fotogrammetriai munkáknál

Alapszintköz	Középhiba	Megengedett legnagyobb hiba
1,0 m	± 0,25 m	± 0,50 m
2,0 m	± 0,50 m	± 1,00 m
2,5 m	± 0,60 m	± 1,20 m
5,0 m	± 1,20 m	± 2,40 m

Forrás: a szerző szerkesztése

Topográfiai munkáknál szelvényenként 2 db magassági alappont meghatározásánál és vízszintes alappontot tartalmazó szintezési vonalaknál a megengedett legnagyobb záróhiba $\mu = \pm 40\sqrt{T_{km}}$, de 6,3 km-nél hosszabb vonal esetén sem haladhatja meg a 100 mm-t. Kialappontokat tartalmazó szintezési vonalaknál ez $\mu = \pm 80\sqrt{T_{km}}$, illetve 200 mm. Trigonometriai magasságmérésnél a megengedett legnagyobb hiba $\pm 0,40$ m.⁴⁵

6. Terepmodell-előállítás kívánalmai

A vízgazdálkodás tudománya régóta alkalmaz modelleket. A modellezés általános célja, hogy valamilyen előrejelzést adjon egy adott természeti jelenségről. A hidrológiai modellezés során megkülönböztetünk 1D, 2D és 3D névvel jelölt modelleket, annak függvényében, hogy a vízrendszerünk mely paramétereit, milyen mozgási jelenséget, mennyire összetett környezetet, illetve milyen irányú változáskövetést szeretnénk vizsgálni. A valóságot legpontosabban leíró modellek a 3D megközelítésűek, amelyek a tér mindhárom fő irányában képesek a változások követésére.⁴⁶

Folyók és tavak hidraulikai és hidrológiai vizsgálatait terepi mérésekkel, illetve 1D, 2D és 3D numerikus áramlástanai modellezéssel lehet végrehajtani. E vizsgálat a folyóknál kiterjed

⁴⁵ MÉM OFTH: *T. 1. Szabályzat*. Budapest, 1976. 18–29.

⁴⁶ Czifány Szabolcs: Hidrológiai modellek I. Hidrológiai modellezés alapjai. In *Modellek a geoinformatikában*. 2011. 56–57.

a folyamhidraulikai, valamint folyószabályozással összefüggő vizsgálatokra, így elsősorban a lefolyásmodellezésre, hidrodinamikai modellezésre, az árvízi levezetőképesség meghatározására, az árvízi veszélytérképezésre, a hullámterez vízfolyások elöntési folyamatainak modellezésére, a hordaléktranszport-számításokra, a szennyező anyagok elkeveredésére, műtárgy-hidraulikai számításokra. A tavaknál jellemző alkalmazás például a sekély tavak vízmozgásának és vízcserefolyamatainak feltárása, a vízkészletváltozások meghatározása, a szél hatására kialakuló vízszintingadozások meghatározása, a szél keltette hullámozás becslése, az üledékvándorlás számítása, valamint a tavak hő- és energia-háztartási folyamatainak számítása.

Az árvízi levezetőképesség modellezéséhez a terep geometriáján kívül szükséges a terület hidraulikai érdességének és a hullámtéren lévő létesítményeknek az ismerete.

7. Összegzés

A hullámtér – amely a folyók, vízfolyások partvonalára és az árvédelmi fő védvonal közötti terület – magassági viszonyainak, változásának ismerete, állapotértékelése a nagyvízi mederkezelési tervet megalapozó tervdokumentációhoz is szükséges.⁴⁷

A hullámterek levezetőképessége szempontjából fontos folyamatok, morfológiai változások (például feltöltődés) komplexek, amelyek számos, a vízgyűjtő szintjén és lokálisan, a hullámtér adott szakaszán ható tényezők együttes eredményeként mennek végbe. A hullámtér, ártér egy adott szakaszán érvényesülő tényezők hatása lokálisabb.⁴⁸

Alapvetően befolyásolja a modellezéshez felhasználható térképi anyag kiválasztását maga a modellter, annak kiterjedése, elhelyezkedése, domborzatviszonyai, növényzettel való fedettsége.

A vízfolyások menti hullámterek lokális, kisebb tervezési, modellezési egységként foghatók fel (például Gemenc, amely 30 km hosszú, 6 km széles, mintegy 180 km² területű), lehatárolható kontúrokkal, határokkal. Mérete miatt általánosan egységes növényzeti fedettséget feltételezhetünk (például ártéri erdő). Domborzatviszonyaira leginkább a sík, illetve buckás, morotvás paraméterek a jellemzők.

A modellezési folyamathoz alapként felhasználni kívánt topográfiai térképeknél a pontosságot nagyban befolyásolja az alkalmazott méretarány.

A katonai topográfiai térképek legnagyobb méretaránya 1:25 000. Ebből adódóan is kimondható, hogy e térképek főként a katonai igények kielégítésére szolgálnak, hiszen ebből a célból is készültek. Mindezek mellett a belőlük készíthető terepmodellek globális szinten alkalmazhatók egyéb környezeti hatások vizsgálatához, például egy nagyobb árhullám esetén a várható elöntési terület előrejelzéséhez, az időbeni lefolyáshoz, ezáltal a védekezés tervezéséhez, a szükséges erőforrások lokalizálásához.

⁴⁷ 83/2014. (III. 14.) Korm. rendelet a nagyvízi meder, a parti sáv, a vízjárta és a fakadó vizek által veszélyeztetett területek használatáról, hasznosításáról, valamint a folyók esetében a nagyvízi mederkezelési terv készítésének rendjére és tartalmára vonatkozó szabályokról 1. §, 1. melléklet.

⁴⁸ Nagy Judit: *Hullámtéri akkumuláció és az azt befolyásoló tényezők vizsgálata az Alsó-Tiszán*. Doktori (PhD-) értekezés. Szeged, Szegedi Tudományegyetem, 2020. 17.

A polgári topográfiai térképek pontossági szempontból ugyanúgy a térkép méretarányából fakadó, alkalmazandó alapszintköz értékéből adódó pontossággal rendelkeznek. De amint már szó volt róla, más szintvonalköz is előfordulhat egy szelvényen belül, a domborzat jellegétől függően. Nyilván ez a szintvonalakból előállított DDM-re is hatással van.

A polgári topográfiai térképek inkább alkalmasak kis kiterjedésű, lokális területeken lezajló folyamatok modellezésének térképi alapjául. De ebben az esetben is fontos szerepet játszik maga a modellezni, vizsgálni kívánt folyamat, illetve a folyamat lefolyásának helyet adó tér kiterjedése, domborzati, fedettségi (például hullámtéri erdők) viszonyai.

Természetesen a modellezni kívánt folyamat, illetve a modellezéssel elérni kívánt cél paraméterei is jelentős mértékben meghatározzák a felhasználni tervezett alapokkal szemben támasztott követelményeket. Kérdés, hogy a modellezni kívánt terület magassági paramétereit milyen pontossággal akarjuk megismerni. A vízszintes és magassági értelemben egy adott pontosságú ortofotó készítéséhez különböző repülési magasság szükséges (lásd differenciált eljárásnál). De e felvételek elkészítése is sok tényezőtől függ (időjárási körülmények, a terület fedettsége stb.). A modellezni kívánt hullámterek időbeni változása is jelentős. A vizsgálat alá vont terület, hullámtér magassági viszonyainak két egymást követő árhullám közötti változása – például a hordalék lerakódása miatt – is megnehezítheti akár a terület korrekt magassági modelljének ismeretét.

Felhasznált irodalom

- Alabér László: *A topográfiai térképrendszer átalakításának lehetőségei a Magyar Honvédség igényeinek és a NATO–csatlakozás követelményeinek figyelembevételével*. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2004.
- Állami Földmérési és Térképészeti Hivatal: *Komplex Utasítás az 1:10000 méretarányú topográfiai térképek készítéséhez*. 618/1966 (T.14.) ÁFTH számú utasítás. Budapest, 1966.
- Beke Dóra – Földi Alexandra – Kuti Rajmund: Közúti balesetek során bekövetkező talajszennyezések és kárelhárítási eljárások vizsgálata. *Hadmérnök*, 14. (2019), 3. 13–20. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.3.2>
- Buga László – Hegedűs Ábel – Jankó Annamária – Mihalik József – Rojkó Annamária – Suba János – Szabó Béla – Szabó Gyula – Szabóné Szalánczi Erika – Tremmel Ágoston – Várszegi Lajos: *A magyar katonai térképészet 100 éve*. Budapest, Zrínyi Kiadó, 2019.
- Czigány Szabolcs: Hidrológiai modellek I. Hidrológiai modellezés alapjai. In *Modellek a geoinformatikában*. 2011. Online: www.geo.u-szeged.hu/~joe/pub/Tamop/Jegyzet/ch05.html#id390086
- Geodéziai és Kartográfiai Egyesület: *Az 1:10000 méretarányú topográfiai felmérés befejezése alkalmából megrendezett Topográfiai Tanácskozás előadásainak anyaga*. Budapest, 1981.
- Hársfalvai Mária – Horváth Jenő – Kovács Alajos – Licskó Béla – Pál János – Szilágyi Andrea – Vekerdy Zoltán: *Útmutató a távérzékelési módszerek alkalmazására a meliorációs kiviteli tervezésben*. Budapest, Földmérési Intézet 1990. Online: www.researchgate.net/publication/262412985_Utmutato_a_taverzekelesi_modszerek_alkalmazasara_a_melioracios_kiviteli_tervezesben
- Jankó Annamária: *Magyarország katonai felmérései 1793–1950*. Budapest, Argumentum Kiadó, 2007. Online: <https://bit.ly/3gPo6ic>
- Kuti Rajmund: Időjárási extrémítások és a vízbázisok védelmének összefüggései. In Földi László – Hegedűs Hajnalka (szerk.): *Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019. 501–548.

- Magyar Földmérési Térképészeti és Távérzékelési Társaság Topográfiai Szakosztálya: *Az 1:10000 méretarányú EOTR-térképfelújítás (második ciklus) befejezése alkalmából megrendezett Topográfiai Tanácskozás előadásainak anyaga*. Budapest, 1999.
- Mélykúti Gábor: *Topográfia 3. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010a. Online: https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7587/0027_TOP3.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mélykúti Gábor: *Topográfia 7. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010b. Online: https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7701/0027_TOP7.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mélykúti Gábor: *Topográfia 8. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010c. Online: https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8027/0027_TOP8.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mélykúti Gábor: *Topográfia 10. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010d. Online: https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7767/0027_TOP10.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mélykúti Gábor: *Topográfia 11. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010e. Online: https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8090/0027_TOP11.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal: *A földmérési alaptérképek domborzati tartalma és pontossága*. Budapest, Földmérési Intézet, 1972.
- MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal: *T.1. Szabályzat az 1:10000 méretarányú földmérési topográfiai térképek felújítására az egységes országos térképrendszerben*. Budapest, 1976. Online: <https://lechnerkozpont.hu/data/sites/default/files/doc/iny/szabalyzatok/T1.pdf>
- Nagy Judit: *Hullámtéri akkumuláció és az azt befolyásoló tényezők vizsgálata az Alsó-Tiszán*. Doktori (PhD-) értekezés. Szeged, Szegedi Tudományegyetem, 2020. Online: http://doktori.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/10469/1/Disszertacio_Nagy_Judit.pdf
- Telbisz Tamás – Székely Balázs – Timár Gábor: *Digitális Terepmodellek*. Budapest, Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézet Természetföldrajzi Tanszék, 2013. Online: https://tef.elte.hu/phocadownload/TelbiszSzekelyTimar_DigitalisTerepmodellek.pdf
- Zentai László: *A digitális térképek Magyarországon az első digitális adatbázisoktól a kilencvenes évek végéig. RS&GIS Távérzékelési Technológiák és Térinformatika Online*, 2012. Online: www.rsgis.hu/RS&GIS-2012-1-3.html

Jogi forrás

- 83/2014. (III. 14.) Korm. rendelet a nagyvízi meder, a parti sáv, a vízjárta és a fakadó vizek által veszélyeztetett területek használatáról, hasznosításáról, valamint a folyók esetében a nagyvízi mederkezelési terv készítésének rendjére és tartalmára vonatkozó szabályokról