

Geomorfológiai térképezés

**Dr. Varga, Gábor, PTE TTK Földrajzi Intézet Természetföldrajz és
Geoinformatika Tanszék <gazi@gamma.ttk.pte.hu>**

**Dr. Fábián, Szabolcs Ákos, PTE TTK Földrajzi Intézet Természetföldrajz és
Geoinformatika Tanszék <smafu@gamma.ttk.pte.hu>**

**Dr. Kovács, István Péter, PTE TTK Földrajzi Intézet Természetföldrajz és
Geoinformatika Tanszék <vonbock@gamma.ttk.pte.hu>**

Radvánszky, Bertalan, PTE Rektori Hivatal <radberti@gamma.ttk.pte.hu>

Geomorfológiai térképezés

írta Dr. Varga, Gábor, Dr. Fábián, Szabolcs Ákos, Dr. Kovács, István Péter, és Radvánszky, Bertalan

Publication date utolsó módosítás: 2013.06.10.

Szerzői jog © 2013

TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1 MSc Tananyagfejlesztés

Interdiszciplináris és komplex megközelítésű digitális tananyagfejlesztés a természettudományi képzési terület mesterszakjaihoz

Tartalom

Előszó	xii
I. Elméleti alapok	1
1. A geomorfológiai térképezés kialakulása és fejlődése	4
1. Bevezetés	4
1.1. Kulcsszavak	4
2. Háttér	4
3. A geomorfológiai térképezés fejlődése a kezdetektől napjainkig	5
4. A geomorfológiai térképek tipizálása és csoportosítás	8
5. A klasszikus geomorfológiai térképezés jellemzői országok szerint	11
5.1. Lengyelország	11
5.2. A korábbi Német Demokratikus Köztársaság (NDK)	12
5.3. Az egykori Csehszlovákia	12
5.4. Franciaország	13
5.5. Az egykori Szovjetunió	13
5.6. Belgium és Hollandia	13
6. A magyar geomorfológiai térképezés fejlődése	14
6.1. Az áttekintő geomorfológiai térképezés (1: 100 000-es és 1:200 000 méretarányban)	15
6.2. A részletes geomorfológiai térképezés (1: 10 000-es és 1:25 000 méretarányban)	15
6.3. Mérnökgeomorfológia Magyarországon	16
7. Digitális magassági adatok és modellek	17
7.1. Bevezetés és cél	17
7.1.1. Kulcsszavak	17
7.2. Alapok	18
7.3. Magassági pontok	18
7.4. Szintvonalak	19
7.5. Távérzékelés	20
8. Önellenőrző kérdések	22
2. A geomorfológiai térkép készítésének tervezése, hagyományos lépései	23
1. Bevezetés	23
1.1. Kulcsszavak	23
2. Alapok	24
3. A projekt tervezése	24
4. Előkészítési fázis	25
4.1. A topográfiai térképek geomorfológiai elemzése	25
4.2. A távérzékelési adatok használata	26
4.3. Morfológikus és -metrikus térképek készítése	26
4.3.1. A lejtőhajlás	26
4.3.2. Reliefenergia térkép	32
4.3.3. A lejtőhajlás és a relatív relief közötti korreláció	33
4.3.4. Völgymélység térkép	33
4.4. Geomorfológiai és topográfiai metszetek	33
5. Terepi térképezés	34
6. Irodai munkafázis	35
7. Önellenőrző kérdések	38
3. A geomorfológiai térképezést segítő számítógépes domborzatelemzési eljárások	39
1. Bevezetés	39
1.1. Kulcsszavak	39
2. Mozgóablakos műveletek (<i>neighborhood analysis</i>)	39
3. Lejtés (<i>slope</i>)	42
4. A lejtőkitettség (<i>aspect</i>)	45
5. A felszín elsődleges görbületei (<i>curvatures</i>)	46
6. Keresztszelvény (<i>cross section</i>) készítés	47
7. Vízgyűjtő (<i>watershed area</i>) lehatárolás	48
8. Domborzatárnyékolás (<i>hillshading</i>)	50

9. Összetett felszínelemzési eljárások	51
10. Önellenőrző kérdések	52
4. A geomorfológiai térkép jelkulcsa	53
1. Bevezetés	53
1.1. Kulcsszavak	53
2. Háttér	53
3. A mérnökgeomorfológiai térkép jelkulcsa	59
4. Önellenőrző kérdések	72
5. A geomorfológiai térkép magyarázója és annak szerkezete	73
1. Bevezetés	73
1.1. Kulcsszavak	73
2. A magyarázó felépítése	74
3. Önellenőrző kérdések	75
II. Gyakorlati feladatok	76
6. Manuális térképezési gyakorlatok	78
1. Bevezetés	78
1.1. Kulcsszavak	78
2. Térképrendszerek (katonai, polgári) szelvényezése	79
3. A térképek méretaránya. Távolságmérés a térképen. Tereppontok tengerszint feletti magasságának meghatározása.	80
4. Lejtőszög számítás	82
5. Keresztshelvény készítés (különböző torzítási értékekkel)	83
6. Vízyűjtő és vízválasztó vonalak jelölése a térképen. A domborzat idomai.	85
7. A feladatok megértését elősegítő és a megoldásokat ellenőrző animációk	88
8. Önellenőrző kérdések	92
7. Digitális, GIS alapú feladatok	93
1. Bevezetés	93
1.1. Kulcsszavak	93
2. 1. feladat	93
3. 2. feladat	94
4. 3. feladat	94
5. 4. feladat	94
6. 5. feladat	94
7. 6. feladat	95
8. 7. feladat	95
III. Esettanulmányok	96
8. A sík, alluviális területek formáinak geomorfológiai térképezése	98
1. Bevezetés	98
1.1. Kulcsszavak	98
2. Az allúvium	98
3. Az ártér formái	99
4. Az ármentesítő munkálatok geomorfológiai vonatkozásai	101
5. A Hármas-Körös esettanulmány	102
6. Önellenőrző kérdések	105
9. A folyóvízi teraszos területek geomorfológiai szintjeinek térképezése hagyományos és digitális alapon	106
1. Bevezetés	106
1.1. Kulcsszavak	106
2. A folyóvízi teraszok	106
3. A magyarországi teraszok	107
4. A teraszok formakincse	108
5. Teraszok GIS-ben	111
6. Önellenőrző kérdések	112
10. Sík, eolikus területek geomorfológiai térképezése és formáinak elkülönítése	113
1. Bevezetés	113
1.1. Kulcsszavak	113
2. Az eolikus területek helyzete Magyarországon	114
3. Az eolikus formaképzés ideje	114
4. A Duna-Tisza közti síkvidék eolikus formái Fülöpháza környékén	114
5. Önellenőrző kérdések	118

11. Karsztos térszínek geomorfológiai formái és térképei	119
1. Bevezetés	119
1.1. Kulcsszavak	119
2. A karsztokról általában: karsztosodás és a karsztípusok	119
3. Jellegzetes felszíni karsztformák	123
4. Felszín alatti karsztformák	127
5. Hazai karsztos területek és morfológiai képük	127
6. Önellőrző kérdések	128
12. A dombsági területek geomorfológiai szintjeinek és formáinak elkülönítése	129
1. Bevezetés	129
1.1. Kulcsszavak	129
2. A terület elhelyezkedése	129
3. Általános természetföldrajzi jellemzők	130
4. A geomorfológiai térkép	131
5. Önellőrző kérdések	133
13. Középhegységi területek geomorfológiai térképezése	134
1. Bevezetés	134
1.1. Kulcsszavak	134
2. A Nyugat-Mecsek felszínfejlődésének vázlata	134
3. Számítógépes domborzatelemzési eljárások alkalmazása a Nyugat-Mecsek déli előtere geomorfológiai szintjeinek vizsgálatában	135
4. Önellőrző kérdések	146
14. Geomorfológiai térképezés a társadalom szolgálatában	148
1. Bevezetés	148
1.1. Kulcsszavak	148
2. A geomorfológiai térképek alkalmazása	148
3. Antropogén geomorfológia	149
4. Önellőrző kérdések	154
IV. Tesztfeladatok	156
15. Egyszerű választás	158
16. Többszörös választás	163
17. Négyféle kapcsolat	167
18. Igaz-hamis állítás	171
V. A felhasznált és hivatkozott irodalmak jegyzéke	173
Irodalomjegyzék	175
A. Megoldások	183

Az ábrák listája

1.1. Az NDK morfogenetikus térképe, Berlin 1:200 000 [Gellert – Scholz 1960: cf. Map 2.2 on p. 17 In: Smith et al. 2011].*	9
1.2. Lengyelország részletes geomorfológiai térképe, Dél-Lengyelország 1:25 000 – 1:50 000 [Klimaszewski 1956: cf. Map 2.1 on p. 17 In: Smith et al. 2011].*	10
1.3. Total station-nel felmért pataktérások és vízfolyás (a körök a felmért pontokat jelölik).	19
1.4. 1 : 50 000-es topográfiai térkép szintvonalaira épülő domborzatmodell. (Az alapadatok forrása: MH Tóth Ágoston Térképészeti Intézet DDM-10)	20
1.5. 3 szögmásodperc felbontású SRTM felvételből készített árnyékolt domborzatmodell. (Az alapadatok forrása: http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp)	21
1.6. 1 méteres horizontális felbontással interpolált lidar felvétel, amelyen jól elkülöníthetők a fontosabb természetes (kisebb facsoportok stb.) és antropogén elemek (utak, farmok). Az alapadatok forrása: Iowa Lidar Mapping Project http://geotree2.geog.uni.edu/lidar/	21
2.1. A lejtőháromszög általános képe, ahol a = az adott két pont (B;A) távolsága [m]; b = a két pont magasságkülönbsége [m]; c = a lejtő hossza [m], amennyiben egyenes; h_1 , h_2 = a két határoló szintvonal magassága [m] β = lejtőszög [°].	26
2.2. GRASS GIS 6.4.5 szoftver segítségével készített lejtőhajlástérkép [%] adott mintaterületről.	27
2.3. GRASS GIS 6.4.5 szoftver segítségével készített lejtőhajlástérkép [°] adott mintaterületről.	27
2.4. A magyar mérnökgeomorfológiai térképeken alkalmazott lejtőkategóriák fekete-fehér megjelenítéssel [Balogh – Schweitzer 1996].	29
2.5. A magyar mérnökgeomorfológiai térképeken alkalmazott lejtőkategóriák színes megjelenítéssel (Balogh – Schweitzer 1996).	30
2.6. A részletes magyar geomorfológiai térképek ajánlott jelkulcsa a különböző lejtőkategóriákra (Pécsi et al. 1963): épülő, akkumulációs lejtők.	30
2.7. A részletes magyar geomorfológiai térképek ajánlott jelkulcsa a különböző lejtőkategóriákra (Pécsi et al. 1963): pusztuló lejtők.	31
2.8. A részletes magyar geomorfológiai térképek ajánlott jelkulcsa a különböző lejtőkategóriákra (Pécsi et al. 1963): stabilis lejtők, sziklás lejtők.	31
2.9. A magyar részletes geomorfológiai térképeken alkalmazott lejtőkategóriák színes megjelenítéssel a formajelek alatt (Schweitzer 1992).	31
2.10. A Somló digitális domborzatmodelljének 3D animációja, különböző fedvényekkel.	33
2.11. Atkár és környékének interaktív geomorfológiai térképe [Fábián et al. 2008].	36
2.12. Összefoglaló folyamatábra.	37
2.13. Geomorfológiai vázlat Vári felett a Tisza mentén.	38
3.1. Négyzet és „kör” alakú, 5×5 raszter méretű mátrixban végzett móduszsámítás különböző eredményei	40
3.2. 31×31 raszter méretű mátrixban végzett móduszsámítás DDM-re feszítve. A = magas szórásértékek (meredek lejtőkön) b = alacsony szórásértékek (terasz és hegyláb felszín-maradványokon).	40
3.3. A domborzatmodellen végzett átlagolás eredménye. a = eredeti DDM és raszterértékei, a kék négyzetek a 3×3, valamint 5×5-ös mátrix méretét jelöli, b = 3×3 mátrixban futtatott átlagolás eredménye, c = 5×5 mátrixban futtatott átlagolás eredménye.	41
3.4. Lejtőszögtérkép, 1 méteres felbontással, az értékek az egyes raszterek lejtésértékeit jelölik.	42
3.5. "E" és szomszédos rasztereinek vázlata.	42
3.6. A számításához felhasznált egységnyi raszterméretű DDM részlete.	43
3.7. Grass GIS-el számolt lejtőkitettség.	45
3.8. Különböző viszonyítási ponttal számított lejtőkitettség irányok.	46
3.9. A felszín görbületének értelmezése: <i>profile curvature</i> .	46
3.10. A felszín görbületének értelmezése: <i>plan curvature</i> .	46
3.11. A felszín görbületének értelmezése: <i>profile curvature</i> és <i>plan curvature</i> kombinációja.	46
3.12. Egyszerű szelvénykészítés (Grass 6.4.2); eredeti DDM a szelvény nyomvonalával, valamint az elkészített szelvény	47
3.13. Egyszerű szelvénykészítés (Grass 6.4.2 d.profile modullal); eredeti DDM a szelvények nyomvonalával, valamint az elkészített szelvények.	47
3.14. Vízyűjtő-területek lehatárolásához használható, DDM-ből származtatott térképek és az r.watershed modullal számolt eltérő nagyságú vízgyűjtők. A = lejtőkitettség, B = lejtőszög, C = profile curvature, D = minimum 10 000 m ² -es küszöbértékkel számolt vízgyűjtők, E = minimum 50 000 m ² -es küszöbértékkel számolt vízgyűjtők, F = minimum 100 000 m ² -es küszöbértékkel számolt vízgyűjtők, G =	

minimum 10 000 m ² -es küszöbértékkel számolt vízgyűjtők (vektoros) határai (pirossal) a felszíni lefolyástérképre feszítve, H = minimum 50 000 m ² -es küszöbértékkel számolt vízgyűjtők (vektoros) határai (pirossal) a felszíni lefolyástérképre feszítve, I = minimum 100 000 m ² -es küszöbértékkel számolt vízgyűjtők (vektoros) határai (pirossal) a felszíni lefolyástérképre feszítve.	48
3.15. A felszíni lefolyási irány meghatározásának két alapvető eljárása.	49
3.16. Domborzatárnyékolási technikák. I/A = DDM, I/B = lejtőkitettség, I/C = profile curvature (33×33 mátrix segítségével számolva), A/II-től A/V-ig = domborzatárnyékolás 45, 135, 225 és 315°-os megvilágítási iránnyal, 25°-os napállással a horizont felett, B/II-től B/V-ig = <i>profile curvature</i> az előbbi domborzatárnyékolott állományokra feszítve, C/II-től C/V-ig = előbbi oszlop adatai kiegészítve a 10 méterenként húzódó szintvonalakkal.	50
3.17. A Wood-féle (1996) algoritmus eredményeként kapott morфомetriai elemek. a = 7×7 ablakméreten futtatva, b = 11×11 ablakméreten futtatva, c = 31×31 ablakméreten futtatva, d = 63×63 ablakméreten futtatva, 0 = Null, azaz nincs érték, 1 = sík (<i>plane</i>), 2 = felszíni mélyedés (<i>pit</i>), 3 = csatorna (<i>channel</i>), 4 = nyereg (<i>pass</i>), 5 = gerinc (<i>ridge</i>), 6 = csúcs (<i>peak</i>).	52
4.1. Tihany-Ovár keleti peremének fosszilis és recens formáinak geomorfológiai térképe 1:10 000 méretarányú topográfiai térkép alapján [szerk. Fábíán 2010]. 1 = bazalt plató, 2 = Balaton, 3 = vizenyős terület, 4 = lejtő, 6 = instabil lejtő, 6 = fosszilis csuszamlás, 7 = recens csuszamlás, 8 = szakadási front, 9 = egykori partvonal, 10 = eróziós vízmosás, 11 = forrás, 12 = épített partvonal, 13 = műút, 14 = tanösvény (1996 előtt), 15 = tanösvény (jelenlegi), 16 = épített tanösvény, lépcsők (1996–2007), 17 = fő szintvonalak (m tszf.)	56
4.2. A 4.1. ábra színes csuszamlásos területének részletes geomorfológiai térképe [szerk. Radvánszky 2010]. 1 = fő szakadási front, 2 = tanösvény, 3 = támfal, 4 = mozgó tömeg, 5 = vizenyős terület, 6 = lejtő, 7 = abrázios szint, 8 = vízfolyás, 9 = új vízfolyás a mozgást követően, 10 = kisebb szakadási front, 11 = Ciprián-forrás, 12 = új forrás a mozgást követően, 13 = kisebb törmelékkúp.	57
4.3. Lejtők állaga [Ádám 1985 nyomán]. 1 = stabilis lejtők; 2 = labilis (instabil) csuszamlásos lejtő; 3 = csuszamlásveszélyes lejtő; 4 = aktív csuszamlásos lejtő; 5 = törmelékmozgásos lejtő; 6 = barázdás eróziós lejtő; 7 = határozott lejtőszög változás	60
4.4. Hegyidomtan formák [Ádám 1985 nyomán]. 8 = fennsík (300 m tszf.), 9 = alacsony fennsík (200 m tszf.), 10 = sasbérc, 11 = hegygerinc (300 m tszf., szélessége 100 m), 12 = alacsony gerinc (150 m tszf., szélessége 100 m), 13 = hegyhát (300 m tszf., szélessége 100 m), 14 = völgyközi hát (150 m tszf., szélessége 100 m), 15 = lejtőpihenő, 16 = hegyláb felszín, hegyláb lejtő, 17 = hegyláb lépcső, 18 = természetes tereplépcső, 19 = kőbörc, 20 = tanúhegy (eróziós-deráziós), 21 = dombtető, 22 = hegytető, 23 = erodált síkok, 24 = nyereg	61
4.5. Akkumulációs formák általában [Ádám 1985 nyomán]. 25 = ártéri sík általában, 26 = vizenyős területek (laposok) általában, 27 = ártérnél magasabb síksági felszínek általában	64
4.6. Alacsony teraszok [Ádám 1985 nyomán]. 28 = I/b terasz, 29 = II/a terasz, 30 = II/b terasz, 31 = III terasz	64
4.7. Magas teraszok [Ádám 1985 nyomán]. 32 = IV terasz, 33 = V terasz, 34 = VI terasz, 35 = VII terasz	65
4.8. Idős hordalékkúpok maradványfelszíne és a törmelékkúpok [Ádám 1985 nyomán]. 36 = idős hordalékkúp 125–160 m tszf., 37 = idős hordalékkúp 160–180 m tszf., 38 = idős hordalékkúp >180 m tszf., 39 = lejtőalji törmelékkúp, 40 = medencetalpi törmelékkúp, 41 = lejtőoldali törmelékkúp, 42 = gravitációs törmelékkúp	65
4.9. Medrek és völgyek [Ádám 1985 nyomán]. 43 = eróziós vízmosás (2 méternél sekélyebb), 44 = eróziós árok (2 méternél mélyebb), 45 = meredek partú patakmeder, 46 = kisebb vízfolyások elhagyott medrei, 47 = jelenkori holtágak, 48 = meander maradvány, 49 = eróziós völgy (20 méternél sekélyebb), 50 = eróziós völgy (20 méternél mélyebb), 51 = lapos, széles eróziós völgy, 52 = kisebb medencetalp pereme, 53 = eróziós-deráziós völgy, 54 = deráziós völgy, 55 = deráziós fülke	66
4.10. Tóparti formák [Ádám 1985 nyomán]. 56 = tavi turzás, 57 = tavi abrázios terasz	68
4.11. Karsztos formák [Ádám 1985 nyomán]. 58 = szárazvölgy, 59 = szurdokvölgy, 60 = korróziós mélyedés, 61 = víznyelő (aktív), 62 = dolina, 63 = zsomboly, 64 = uvala, 65 = forrásbarlang, 66 = szárazbarlang, 67 = karrosodott lejtő, 68 = mészkőplató, 69 = karsztosodott formák általában, 70 = völgyzáró, 71 = löszdolina	69
4.12. Homokformák [Ádám 1985 nyomán]. 72 = szélbarázda, 73 = lapos deflációs mélyedés, 74 = széllyuk, 75 = maradékgerinc, 76 = garmada, 77 = hosszanti garmadabucka, 78 = parabolabucka, 79 = lepelhomok	70
4.13. Antropogén formák [Ádám 1985 nyomán]. 80 = település, 81 = út, vasút, 82 = mélyút, 83 = álterasz, 84 = külszíni bánya művelés alatt, 85 = időszakosan művelt bánya, 86 = külszíni bánya felhagyott, 87 = feltöltött bánya	71
6.1. A lejtőszög számításának gyakorlására kijelölt szakaszok.	82

6.2. Gyakorló szintvonalas térkép	84
6.3. Gyakorló szintvonalas térkép	86
6.4. Minta térképábrázolat a domborzati idomok felismeréséhez	87
6.5. A gyakorló mintaterület digitális domborzatmodelljén megjelenített lejtőhajlás és -kategóriák fokban számolva. Az animáció kattintásra indul.	88
6.6. A gyakorló mintaterület digitális domborzatmodelljén megjelenített lejtőhajlás és -kategóriák százalékban számolva. Az animáció kattintásra indul.	89
6.7. A gyakorló mintaterület 7. feladatban szelvényvonalai mentén készült keresztaszelvények animációja egyszeres, négyszeres és nyolcszoros magassági torzítással.	90
6.8. A gyakorló mintaterület 250 méteres lépésközü keresztaszelvényei É-D irányban.	91
6.9. A gyakorló mintaterület 250 méteres lépésközü keresztaszelvényei Ny-K irányban.	91
6.10. A gyakorló mintaterület digitális domborzatmodellje körbeforgatva.	92
8.1. Az ártér fontosabb formái. 1 = morotva tó, 2 = elhagyott meder, 3 = sziget, 4 = aktív meder, 5 = mocsár, 6 = hordalékkúp, 7 = alacsony ártér, 8 = magas ártér	99
8.2. Belvíz által kirajzolt ártéri formák Decs határában [fotó: Varga Gábor].	100
8.3. Mentett ártéri területen kora nyári belvízfolt után kiszáradó terület sókiválással, Szelevénytől délre [fotó: Kovács István Péter 2007].	102
8.4. A szabályozott Hármas-Körös kis vízállásnál Öcsöd határában [fotó: Kovács István Péter 2007].	102
8.5. A békésszentandrás duzzasztó alatt egykori árterébe mélyen bevágódva kanyargó Körös [fotó: Kovács István Péter 2007].	103
8.6. A magas- és alacsony árteret elválasztó lejtő Öcsöd határában [fotó: Kovács István Péter 2007].	104
8.7. A 2006. április 21-i katasztrofális árvíz emlékoszlopa Szelevény főterén. Az oszlop tetején húzódó fekete vonal 86,4 mBf tetőző árvízszintet jelöl [fotó: Kovács István Péter 2007].	105
9.1. A Mohácsi-sík (II/a terasz) és a Nyárádi-sík találkozása Nagynyárádnál [fotó: Varga Gábor 2002]. Szépen megfigyelhető a terasz és a magassík (a templom szintje) találkozását jelző lejtő.	107
9.2. Az ún. sárközi teraszok helyzete az alluviális sík peremén Pécsi (1959) szerint. Az I. sz. jelzett felszín a sárközi terasz, mely a valódi ártér és a II/a terasz közé ékelődik, ide tartozik a műholdképen látható Decs és Öcsény egykori szigete is.	107
9.3. Egy folyóvízi terasz vázlata. 1 = a völgy pereme, 2 = a terasz felszíne, 3 = a terasz pereme, 4 = a terasz lejtője, 5 = recens ártér, 6 = alapkőzet, 7 = folyóvízi üledék (kavics, homok).	108
9.4. A mintaterület digitális domborzatmodellje "körbepörgetve".	109
9.5. A térképezett völgy digitális domborzati metszetei.	109
9.6. Mintaterület szintvonalas térképe teraszok rajzolásához.	109
9.7. Interaktív animáció a mintaterület manuális teraszterképezési megoldásával. (Az ábrára kattintva indul az animáció.)	110
9.8. A mintaterület digitális domborzatmodellje és lejtőhajlása. (Kattintásra indul az animáció.) Figyeljük meg a manuálisan megrajzolt térkép és a lejtőhajlás összefüggését!	111
9.9. A teraszok ki- és átalakulása Bugya (2009) szerint, bemutatva a csúcsok keresése alkalmazásának lehetőségét.	112
10.1. Szélbarázdák és garmadák rendszere Fülöpházánál digitális domborzatmodellen.	115
10.2. A fenti domborzatmodell körbeforgatva.	116
10.3. A fenti terület árnyékolt digitális domborzatmodellen.	116
10.4. A fenti domborzatmodell árnyékolásának körbeforgatása.	116
10.5. A 10.3. ábra árnyékolt domborzatmodelljének körbepörgetése.	117
11.1. Az Úrkút melletti Csárda-hegy reliktum trópusi kúpkarstjának részlete [fotó: Varga Gábor 2012].	122
11.2. A Macska-lik víznyelője Úrkút közelében [fotó: Kopecskó Zsanett 2013].	122
11.3. Karmező Aggtelek mellett [http://hg2ecz.ham.hu/kirandulas/aggtelek-josvafo/masnap/ordogszantast.jpg].	124
11.4. Az "Ördögszántás" a Nagyharsányi-hegy déli lejtőjén [fotó: Czigány Szabolcs 2013].	124
11.5. A mészkőterület karstos fejlődésének egy szakasza a kialakuló karstformákkal	127
12.1. Völgytípusok keresztmetszete és szintvonalas rajzolata. A = fiatal, völgytalp nélküli, B = érett, C = fejlett, széles völgytalpú, D = aszimmetrikus. A D típus kifejezetten jellemző Nagykónyi és környékére Kelet-Külső-Somogyban.	130
12.2. Nagykónyi és környékének geomorfológiai térképe [Fábián et al. 2009]. 1 = stabilis lejtő, 2 = alacsony fennsík, 3 = völgyközi hát, 4 = lejtőpihenő, 5 = ártérnél magasabb síksági felszínek általában, 6 = I/b. terasz, 7 = II/a. terasz, 8 = lejtőalji törmelékkúp, 9 = meredek partú patakmeder, 10 = eróziós völgy (20 m-nél mélyebb), 11 = eróziós völgy (20 m-nél sekélyebb), 12 = eróziós-deráziós völgy, 13 = deráziós	

völgy, 14 = a hirtelen áradás által leginkább sújtott Bársony utca völgye, 15 = település (Nagykónyi), 16 = tereplépcső/felhagyott homokbánya fala, 17 = földút, 18 = átereszt a Bársony utca völgyét keresztező töltésezett földút alatt.	131
12.3. A földút feletti deráziós völgyszakasz a hirtelen áradás után [Fábián et al. 2009].	133
13.1. Háromszorosan túlmagasított, 10 m felbontású DDM.	135
13.2. A DDM értékeiből készített hisztogram (10 méterenként túlsúlyozva).	135
13.3. Az általános lejtésirányban szerkesztett keresztmetszvények	136
13.4. Az általános lejtésirányra merőlegesen készített szelvények	137
13.5. DDM-re feszített lejtőtérkép (a világosabb raszterek alacsonyabb lejtőszögre utalnak).	137
13.6. Profile curvature a DDM-re feszítve (sárga-piros = pozitív, zöld = negatív értékek).	138
13.7. A terület jellemző morфомetriai elemei. (kék= csatorna, sárga = gerinc, piros = csúcs, szürke = sík térszín).	138
13.8. Profile curvature a DDM-re feszítve (sárga-piros = pozitív, zöld = negatív értékek).	139
13.9. A gerincek (ridge) magassági értékei hisztogramon ábrázolva.	139
13.10. A vizsgált terület interaktív geomorfológiai térképe.	140
13.11. A Jakab-hegy előterében kibillent színűlőn a billenés irányában szerkesztett keresztmetszvények. A, B = magasabban fekvő színűlő keresztmetszvényei; C, D = alacsonyabban fekvő színűlő szelvényei.	141
13.12. A magasabban fekvő színűlő felszíneinek magasságát legjobban reprezentáló értékek. A = a felszínek magasságának móduszértékei; B = 2,11°-os billenés mellett számított várható magassági értékek.	143
13.13. Az alacsonyabban elhelyezkedő színűlő felszíneinek magasságát kevésbé reprezentáló értékek. A = a felszínek magasságának móduszértékei; B = 0,899°-os billenés mellett számított várható magassági értékek.	143
13.14. Az alacsonyan elhelyezkedő felszín típus felszíneinek magasságát legjobban reprezentáló értékek. A = a felszínek magasságának maximumértékei; B = 0,899°-os billenés mellett számított várható magassági értékek.	143
13.15. A Jakab-hegy kelet-északkeleti, valamint nyugat-délnyugati kitettségű völgyoldalainak lejtőmeredekség térképe, a lejtőkitettség térképre feszítve. Jelmagyarázat: 1 = a völgy középvonala (és azonosítója); 2 = az alacsonyan elhelyezkedő színűlők határa; 3 = a magasabban elhelyezkedő színűlők határa; 4 = völgyoldalak lejtésértékei három fokként csoportosítva (0–3°-tól 36–39°-ig)	144
13.16. A Jakab-hegy alacsonyan és magasabban elhelyezkedő színűlőit szabdaló eróziós és deráziós völgyek, a lejtőkitettség térképre feszítve. Jelmagyarázat: 1 = a völgy középvonala (és azonosítója); 2 = az alacsonyan elhelyezkedő színűlő határa; 3 = a magasabban elhelyezkedő színűlő határa; 4 = deráziós jellegű völgy; 5 = eróziós völgy.	144
13.17. Intenzív bevágódás következtében kiformált mélyre vágódott patakmeder és -terasz a nagyobb mértékben emelkedő felszínrészeket harántoló völgyben.	145
14.1. A rendezett, teraszosított, parkosított dunajvárosi magaspárt (fotó: Varga 2013).	149
14.2. Recens felszínmozgás hatása Táborállás üdülőfalura (fotó: Varga 2013).	150
14.3. Árvíz a dunaszekcsői magaspárt lábánál (fotó: Radvánszky 2013).	151
14.4. Rézsűvel és kőszákokkal biztosított dunaszekcsői magaspárt (fotó: Radvánszky 2013).	151
14.5. A dunaszekcsői magaspárt környezetének geomorfológiai térképe (szerk. Radvánszky – Varga 2010). 1 = lejtő, 2 = csuszamlásveszélyes lejtő, 3 = plató, 4 = recens szakadásfront, 5 = korábbi szakadásfront, 6 = löszfal, 7 = ártér, 8 = korábbi csuszamlás, 9 = rotációs csuszamlás, 10 = eróziós völgy, 11 = szárazvölgy, 12 = vízmosás, 13 = terasz, 14 = hordalékkúp, 15 = patak, 16 = híd, 17 = félsziget, 18 = mélyút, 19 = nyereg, 20 = főút, 21 = Duna, 22 = mérési terület, 23 = kikötő, 24 = magassági pont, 25 = folyópart, 26 = antropogén bevágás, 27 = csuszamlás halmaza, 28 = szintvonal.	152

A táblázatok listája

1.1. A geomorfológiai térképek csoportosítása	11
1.2. A digitális magassági adatok és modellek angol és magyar elnevezései, valamint rövidítéseik	18
2.1. A fenti szövegrészben használt intézményi rövidítések feloldása és a kutatóhelyek honlapja, ha releváns.	24
2.2. Lejtőkategóriák a részletes geomorfológiai térképekhez Scholz (1972) alapján.	29
2.3. Domborzattípusok a relatív relief függvényében	32
2.4. A reliefenergia és az átlagos lejtőszög összefüggése	33
6.1. A térképlap szelvényezése	79
6.2. A térképlap szelvényezése	80
14.1. A felszínalakító társadalmi hatások három fő típusa Szabó (2006) alapján.	154

Az egyenletek listája

2.1. Az adott lejtő (BA) vízszintessel bezárt szögének kiszámítása.	27
2.2. Az adott lejtő (BA) hosszának kiszámítása.	28
3.1. A lejtőszög számítása gépi algoritmussal [Burrough – McDonell 1998].	42
3.2. A lejtőkitettség számítása gépi algoritmussal [Burrough – McDonell 1998].	45

Előszó

A jelen digitális tananyag a TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0025 számú, "Interdiszciplináris és komplex megközelítésű digitális tananyagfejlesztés a természettudományi képzési terület mesterszakjaihoz" című projekt részeként készült el.

A projekt általános célja a XXI. század igényeinek megfelelő természettudományos felsőoktatás alapjainak a megteremtése. A projekt konkrét célja a természettudományi mesterképzés kompetenciaalapú és módszertani megújítása, mely folyamatosan képes kezelni a társadalmi-gazdasági változásokat, a legújabb tudományos eredményeket, és az info-kommunikációs technológia (IKT) eszköztárát használja.



"Interdiszciplináris és komplex megközelítésű digitális tananyagfejlesztés a természettudományi képzési



terület mesterszakjaihoz"

Ez a digitális tananyag a TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0025 sz. pályázat keretében a Geográfus mesterszak (MSc) képzési és kimeneti követelményeinek megfelelően készült a Geomorfológus szakirányos hallgatók speciális követelményeire is igazodva.

Környezetünk, a földrajzi környezet egyik legfontosabb eleme a domborzat. Ezen élünk és itt játszódnak le az ehhez kapcsolódó társadalmi tevékenységek is. Közben – igaz általában elég lassan – a természeti folyamatok és napjainkban egyre inkább az ember hatására folyamatosan változik. Ezért szükséges a felszín, illetve felszíninformák fejlődésének tudományos jellegű és a gyakorlat számára is hasznos kutatása. Az eredmények bemutatására az egyik legjobb módszer tematikus térkép készítése, amely kezdetben papír alapon, manuálisan (analóg) történt, majd egyre inkább – a számítástechnika fejlődésével – a térinformatikai (GIS) alkalmazások (digitális) segítségével. Így olyan speciális tematikus, úgynevezett geomorfológiai térképek készültek, melyek alkalmasak egy vizsgált terület domborzatának megjelenítésére. A térkép, mint domborzatminősítő tematikus térkép a vizsgálat helyének, területének és céljának megfelelően lehet általános, illetve komplex geomorfológiai térkép, felszínmozgásos geomorfológiai térkép, mérnökgeomorfológiai térkép, valamint antropogén geomorfológia térkép.

A geomorfológia fejlődésével összhangban a geomorfológiai térképezés módszere nemzeti kereteken belül kezdett fejlődni. Az 1960-as évek elején indult el szervezett keretek között az a nemzetközi törekvés, amely megpróbálta a kutatási módszereket és az alkalmazott jelkulcsot egységesíteni. Ebben a munkában Magyarország aktív szereplő volt. Már 1963-ban elkészült a "Magyarország részletes geomorfológiai térképeinek jelkulcsa" című kiadvány az MTA Földrajztudományi Kutatócsoportjának munkájaként, majd az ország területét lefedő geomorfológiai térképek is elkészültek. A elmúlt 50 év alapján megállapítható, hogy a geomorfológiai kutatások szinte elengedhetetlen módszerévé vált a geomorfológiai térképezés. Ugyanakkor leginkább már nem általános, hanem valamilyen probléma megoldását elősegítő speciális (mérnökgeomorfológiai-, felszínmozgásos) céltérképek készülnek. Napjainkban a térinformatikai módszerek alkalmazása válik elengedhetetlen részévé a geomorfológiai térképezésnek.

Annak ellenére, hogy már fél évszázados múltja van a geomorfológiai térképezésnek, kevés kiadvány szolgálja az ismeretszerzést úgy hazánkban, mint nemzetközi téren. Sokáig az egyetlen könyv formában megjelent részletes munka 1972-ben készült el "Manual of Detailed Gemorphological Mapping" a cseh Jaromir DEMEK szerkesztésében. Közel 40 év elteltével, 2011-ben jelent meg a "Geomorphological mapping: methods and

applications” című, térinformatikai alkalmazásokat felvonultató könyv Mike J. SMITH, Paolo PARON és James S. GRIFFITHS szerkesztésében.

Hazánkban az oktatás területén, az egyetemi (BSc, MSc) képzésben csak alig egy-két intézmény képzésében szerepel tantárgyként a geomorfológiai térképezés. Inkább a BSc képzés természetföldrajzi törzsmoduljában szereplő geomorfológia kurzus részeként, vagy az MSc képzés valamelyik szakirányához kapcsolódóan foglalkoznak vele. Az oktatás (képző) és a tanulás (hallgató) részéről is kihívást jelent a geomorfológiai térképezés, mivel – a fentebb megfogalmazott okok miatt is – kevés a módszertannal foglalkozó kiadvány. Leginkább a geomorfológiai kutatásokban részt vevő oktatók tapasztalatának, ismeretanyagának átadásáról van szó a gyakorlati képzés során.

Éppen ezért, hiánypótló munkaként készült el ez a tananyag, amely a lehető legrészletesebben, lépésről-lépésre próbálja átadni és egyben gyakoroltatni is a geomorfológiai térképezéshez kapcsolódó ismeretanyagot. Ez mégsem jelenti azt, hogy szükségszerűen az elejétől a végéig, tehát lineárisan kell a tananyagot feldolgozni, mindamellett, hogy ennek is megvan a lehetősége. A tananyag szerkezetéből fakadóan sorrend nélkül is, vagy csak egy adott rész kiragadásával, felhasználásával is megoldható a megfelelő szintű ismeretszerzés, persze attól függően, hogy milyen előismerettel rendelkezik a felhasználó.

A tananyag öt fő részből és egy függelékből áll.

- I. Elméleti alapok. Ez a térképkészítést megalapozó rész öt fejezetből áll (1–5) és tartalmazza a térkéyszerkesztés technikai kivitelezését is. A tananyag tartalma elsősorban a hazai geomorfológiai térképezéssel és térképekkel foglalkozik, de ebben a fejezetben nem tekinthetünk el a módszer kialakulásának és fejlődésének tárgyalásakor a nemzetközi fejlemények ismertetésétől, hiszen ez meghatározta a hazai munkát is (1). A fejezetekben részletesen tárgyalja a hagyományos (2) és a számítógépes domborzatelemzési eljárásokkal (3) támogatott térképezést, az értelmezéshez szükséges jelkulcsrendszer bemutatását (4) és a térképhez készítendő magyarázó tartalmát, szerkezetét (5). A negyedik fejezetben nem az általános geomorfológiai térkép jelkulcsa, hanem a kutatómunkákban napjainkig talán leggyakrabban megjelenő mérnökgeomorfológiai térképezés jelkulcsa kerül bemutatásra.
- II. Gyakorlati feladatok. A két fejezetből álló (6–7) második részben a térképezéshez szükséges ismeretek bővítése képességfejlesztéssel társul hiszen mind a hagyományos (6), mind a digitális (7) térképkészítéshez szükséges részfeladatok elvégzését gyakoroltatja konkrét példákon keresztül. Minden levezetett példához tartozik olyan feladat, amit a hallgatónak saját magának kell megoldania. Ezt le is ellenőrizheti, hiszen a megoldás is elérhető a tananyagban! Fontos, hogy a két fejezet több feladattípusa egymással párhuzamosan ugyanarról a területről készült. Így a kinyomtatott gyakorló térképszelvényről manuálisan megoldott feladat és a térinformatikai alkalmazással készült eredménytérkép összehasonlíthatók egymással!
- III. Esettanulmányok. A harmadik rész hét fejezete (8–14) igyekszik lefedni a magyarországi tájtypusokat egy-egy esettanulmánnyal. A témák kifejtése nem egységes és nem egyforma részletességű. Ez egyes fejezetek esetében elméleti megközelítést jelent hazai, gyakorlati példákkal, a többi esetben konkrét kutatási területről hagyományos és számítógéppel támogatott domborzatelemzési eljárásokkal készült geomorfológiai térkép elemzését jelenti. A fejezetek a sík, alluviális területek (8), a folyóvízi teraszos területek (9), a sík, eolikus térszínek (10), a karsztos felszínek (11), valamint a dombsági (12) és középhegységi (13) területek geomorfológiájával és geomorfológiai térképezésével foglalkoznak. Az utolsó fejezet (14) nem geomorfológiai tájtypust vizsgál, hanem az ember (társadalom) egyre jelentősebb felszínátalakító munkáját tárgyalja.
- IV. Tesztfeladatok. Az egyes fejezetek végén megjelenő önellenőrző kérdések mellett az egész tananyag témáját és ismeretanyagát számonkérő kérdéssort tartalmazza a negyedik rész. Az egyszerű és többszörös választás, a négyféle kapcsolat és az igaz-hamis állítások típusaiba rendezett feladatsor a tananyag különböző részeiből összeállított kérdésekkel ellenőrzi a feldolgozás minőségét.
- V. A felhasznált és hivatkozott irodalmak jegyzéke. Az utolsó rész az egész tananyag 168 tételből álló irodalomjegyzékét tartalmazza.
- A. Megoldások. A függelékként megjelenő megoldások a gyakorlófeladatok (6–7. fejezet) és a tesztfeladatok (15–18 fejezetek kérdéstípusok szerint) eredményét tartalmazza, lehetőséget adva a hallgatónak saját munkája ellenőrzésére!

A tananyag jóval több, mint egy elektronikus jegyzet. A megértést segítő képletek, ábrák, animációk és interaktív animációk mellett rengeteg kiegészítő információ becsatolására és megjelenítésére (hiperlink) van lehetőség, ami fokozhatja a téma feldolgozásának eredményességét. A világhálót elérő mobil eszközök számos változatán (pl.: tablet, okostelefonok) lehet a tananyag minden funkcióját működtetni, ezzel “bárhol” járunk is, a tananyag helyhez kötöttség nélkül elérhető!

Gyakorlati tanácsok a tananyag használatához

A hiperlinket jelölő kék színű kiemelésre kattintva megjelenik a kívánt weboldal. A visszalépéshez – ha újra a tananyagot szeretnénk látni – nem kell a “dokumentumot” bezárni, hanem a böngésző visszaléptető gombját (nyíl, háromszög stb.) kell használni! A hiperlinkre kattintva akkor is a honlap/dokumentum eleje jelenik meg, ha a hivatkozás a dokumentum valamely köztes ábrájára, képére hivatkozik. Ennek megfelelően az adott ábrát, képet a száma alapján meg kell keresni a dokumentumban! A tananyag képeinek megjelenítéséhez és animációinak lejátszásához nincs szükség semmiféle teendőre, mivel azok automatikusan, közvetlenül a szöveg közé ágyazva jelennek meg, illetve működnek. Az interaktív animációk a dokumentumban elhelyezett kisméretű képének felületére kattintásával indulnak. Ezzel megjelenik egy kezelőfelület, ahol választhatunk, hogy animációként játsszuk le az ábrasort, vagy a zöld mezőben megjelenő pipákkal, illetve a piros mezőben megjelenő x jelölés segítségével láttatjuk – akár tetszőleges sorrendben – az ábra különböző elemeit.

Tankönyv, v1.0, TÁMOP 4.1.2.A/1-11/1-2011-0025

Lektorálta: **Dr. Tóth Gábor (PhD, egyetemi docens)**

I. rész - Elméleti alapok

Tartalom

1. A geomorfológiai térképezés kialakulása és fejlődése	4
1. Bevezetés	4
1.1. Kulcsszavak	4
2. Háttér	4
3. A geomorfológiai térképezés fejlődése a kezdetektől napjainkig	5
4. A geomorfológiai térképek tipizálása és csoportosítás	8
5. A klasszikus geomorfológiai térképezés jellemzői országok szerint	11
5.1. Lengyelország	11
5.2. A korábbi Német Demokratikus Köztársaság (NDK)	12
5.3. Az egykori Csehszlovákia	12
5.4. Franciaország	13
5.5. Az egykori Szovjetunió	13
5.6. Belgium és Hollandia	13
6. A magyar geomorfológiai térképezés fejlődése	14
6.1. Az áttekintő geomorfológiai térképezés (1: 100 000-es és 1:200 000 méretarányban)	15
6.2. A részletes geomorfológiai térképezés (1: 10 000-es és 1:25 000 méretarányban)	15
6.3. Mérnökgeomorfológia Magyarországon	16
7. Digitális magassági adatok és modellek	17
7.1. Bevezetés és cél	17
7.1.1. Kulcsszavak	17
7.2. Alapok	18
7.3. Magassági pontok	18
7.4. Szintvonalak	19
7.5. Távérzékelés	20
8. Önellenőrző kérdések	22
2. A geomorfológiai térkép készítésének tervezése, hagyományos lépései	23
1. Bevezetés	23
1.1. Kulcsszavak	23
2. Alapok	24
3. A projekt tervezése	24
4. Előkészítési fázis	25
4.1. A topográfiai térképek geomorfológiai elemzése	25
4.2. A távérzékelési adatok használata	26
4.3. Morfológikus és -metrikus térképek készítése	26
4.3.1. A lejtőhajlás	26
4.3.2. Reliefenergia térkép	32
4.3.3. A lejtőhajlás és a relatív relief közötti korreláció	33
4.3.4. Völgymélység térkép	33
4.4. Geomorfológiai és topográfiai metszetek	33
5. Terepi térképezés	34
6. Irodai munkafázis	35
7. Önellenőrző kérdések	38
3. A geomorfológiai térképezést segítő számítógépes domborzatelemzési eljárások	39
1. Bevezetés	39
1.1. Kulcsszavak	39
2. Mozgóablakos műveletek (<i>neighborhood analysis</i>)	39
3. Lejtés (<i>slope</i>)	42
4. A lejtőkitettség (<i>aspect</i>)	45
5. A felszín elsődleges görbületei (<i>curvatures</i>)	46
6. Keresztszelvény (<i>cross section</i>) készítés	47
7. Vízgyűjtő (<i>watershed area</i>) lehatárolás	48
8. Domborzatárnyékolás (<i>hillshading</i>)	50
9. Összetett felszínelemzési eljárások	51
10. Önellenőrző kérdések	52
4. A geomorfológiai térkép jelkulcsa	53
1. Bevezetés	53

1.1. Kulcsszavak	53
2. Háttér	53
3. A mérnökgeomorfológiai térkép jelkulcsa	59
4. Önellenző kérdések	72
5. A geomorfológiai térkép magyarázója és annak szerkezete	73
1. Bevezetés	73
1.1. Kulcsszavak	73
2. A magyarázó felépítése	74
3. Önellenző kérdések	75

1. fejezet - A geomorfológiai térképezés kialakulása és fejlődése

1. Bevezetés

Ebben a fejezetben megismerkedhet a nemzetközi geomorfológiai térképezés fejlődésével. A történeti áttekintés lehetőséget biztosít a különböző országokhoz, valamint iskolákhoz köthető geomorfológiai térképezés módszerek megismeréséhez. A fejezet elsajátítását követően képes lesz felismeri egy terület geomorfológiai adottságainak kartográfiai ábrázolását, valamint megfelelő elméleti háttérrel szerez az analóg geomorfológiai térkép tartalmi megalkotásához.

Szükséges alapismeretek:

- földrajztudomány történeti ismeretek (meghatározó hazai és külföldi geomorfológusok munkássága);
- geomorfológiai és természetföldrajzi ismeretek;
- térképészeti ismeretek (analóg és tematikus térképek).

Felelevenítendő fogalmak:

- tematikus térkép
- méretarány
- jelkulcs
- tömbszelvény
- morfogenetika
- morfostruktúra
- morfometria
- morfodinamika
- ciklus elmélet
- relief
- erózió
- recens

1.1. Kulcsszavak

történeti fejlődés, geomorfológiai térképezés, térképfajták

2. Háttér

A geomorfológia alapvető feladata a felszín formakincsének leírása, vizsgálata, valamint a felszínfejlődés folyamatának értelmezése a recens domborzat kialakulásának magyarázatával. Az általános geomorfológia tárgyköréből származó alapvető következtetések és törvényszerűségek érvényesek, illetve jellemzők egy meghatározott terület egységén belül is, de a terület mérete és elhelyezkedése a Földön erőteljesen meghatározó. Ez a regionális geomorfológia vizsgálati eredményeiben jelenik meg.

A vizsgálati módszerek alapján beszélhetünk analitikus- (a belső és külső erők felszínfejlődésre gyakorolt hatásait vizsgáló) és szintetizáló (a formátípusok rendszerezését követően az endogén és exogén erők egységes hatására kialakult felszín, felszíneket szintetikusán magyarázó) geomorfológiáról.

Ha a formákat kialakító folyamatokat vesszük alapul, akkor az általános és regionális geomorfológia osztható szerkezeti-, morfolitológiai-, klimatikus- és antropogén geomorfológiára [Pécsi 1991].

A hagyományos geomorfológiai kutatások eredményei eleinte értékelő és magyarázó munkák formájában jelentek meg. Ezek a geomorfológiai munkák általában vastag monográfiák voltak, amelyekben a felszínalakok és a felszínfejlődés részletes feldolgozására került sor. E munkák fő hiányossága volt, hogy nem lehetett teljesen visszatükrözni a vizsgált terület geomorfológiai térbeliségét. A komplex geomorfológiai kutatások eredményeinek hatékonyabb ismertetésére, megjelenítésére az eredmények térképen való ábrázolása tűnt a legjobb módszernek.

A gyakorlati igény és a térképezési megoldások tették lehetővé a geomorfológiai térképezés kifejlődését [Pécsi 1975, 1991]. A geomorfológiai térképezés az 1950-es évektől jelentős szerepet töltött be a geomorfológiai kutatásokban és végül a tudományág legfontosabb módszerévé vált. A geomorfológiai térképezés során tematikus (szak-) térképek készülnek, amelyek fő mondanója nem a topográfiai-földrajzi alapra, hanem a földfelszíni vizsgálatok adatainak tér- és időbeliségére, a domborzat részleteire, a geomorfológiai mozgásfolyamatokra, a felszín minőségi és mennyiségi paramétereire, valamint a korára vonatkozik [Pécsi 1975, 1991, Demek 1982, Stegena 1998]. A mai értelemben vett analóg geomorfológiai térképet megelőzték – annak kialakulását bevezették, lehetővé tették – a geomorfológiai vázlatok, tömbszelvények, a földről vagy levegőből készült fényképek, hiszen ezek információt hordoznak a Föld felszínéről. A geomorfológiai térképek ma már nem csak illusztrációs ábrázolási lehetőségek, hanem az elméleti és alkalmazott geomorfológia elengedhetetlen eszközei [Hayden 1986].

3. A geomorfológiai térképezés fejlődése a kezdetektől napjainkig

A XIX. század végén és a XX. század elején a geomorfológiai kutatások főleg leíró jellegűek voltak. Többen elismerték, sőt külön-külön bizonyították a belső- és külső erők felszínre gyakorolt folytonos együttes hatását, mint pl. Powell, J. W. (1834–1902) amerikai geológus a Colorado-kanyonnál (The exploration of the Colorado River and its canyons), valamint kortársa Hayden, V. F. (1829–1887) a Yellowstone parkban (ld. részletesen Hayden Yellowstone parki kutatása). Európában is a geológusok munkája révén érintették a geomorfológiai kérdéseket, mint például Agassiz, L. (1807–1873), aki a glaciális erők formaképző jelentőségét tárta fel az Alpokban. Ugyancsak az Alpokhoz kötődik Heim, A. (1849–1937) munkássága is, aki a völgyek és a hozzájuk kapcsolódó teraszokat kutatta. A kutatások eredményeinek bemutatása ebben az időben általános földtani- (közettani, rétegtani) tematikus térképeken történt [Hayden 1986, Stegena 1998] (ld. pl. A Felső-Geyser völgy térképe). Nagy fordulatot hozott Davis, W. M. (1850–1934) munkássága, aki az eróziós-ciklus elméletével (The Geographical Cycle, 1899) az elsők között adott magyarázatot a felszín általános fejlődésmenetére. Ekkor még nem léteztek geomorfológiai térképek, de például a német nemzetiségű Passarge, S. (1866–1958) és a francia de Martonne, E. (1873–1955) munkássága révén már készültek olyan művészi gondossággal kivitelezett helyszínrajzok, szelvények (pl. Fig.2 In: [Merriam et al. 2005]), tömbszelvények, melyek rengeteg új, önmagukban értelmezhető információt hordoztak a vizsgált területről. Az első részletes geomorfológiai térkép elkészítése a már említett Passarge (1914) nevéhez köthető. A térkép a „Morphologischer Atlas” című könyvben jelent meg 1914-ben, egy térképsorozat részeként. A térképsorozat nyolc darab 1:50 000-es méretarányú térképből áll:

1. orográfiai-topográfiai térkép növény borítottsággal,
2. lejtőszög térkép (0–5°; 5–10°; 20–35°; 35° felett),
3. völgyformák térképe,
4. rétegtani térkép,
5. fizikai ellenállás térkép,
6. kémiai ellenállás térkép,

7. közzétani térkép,

8. domborzatfejlődési térkép.

Ez a térképsorozat egy összegző mű, amely bemutatja a környezet elemeinek összefüggéseit. A térkép eltér a mai geomorfológiai térképtől, mert nem tartalmazza a ma használatos összes geomorfológiai szempontot és csak a formák méretét mutatja be [Verstappen 2011]. Passarge-zsal egy időben készítette el **Gehne (1912)** Thale környékének geomorfológiai térképét. A térkép információval szolgál a morfológiai viszonyokról, a felszín alatti viszonyok szerkezetéről és a morfológiáról (a formákról és eredetükről) [Klimaszewski 1982].

A fényképezés technikájának fejlődése révén az 1920-as évekre a fotózás a geomorfológiai térképezés egyik módszerévé fejlődött. A tömbszelvényekkel szemben a fényképek jelentős hátránnyal rendelkeztek az akkori minőségük és nehézkes elkészítésük miatt. Az első ismert légifotót a francia Gaspar Felix Tournachon (becenevén "Nadar") készítette 1858-ban, 80 m magasból Petit-Becetre nevű faluról. Az ő kezdeményezése alapján kezdték alkalmazni a légifotókat a térképek készítésénél. **Heim (1898)** is légifotókat, hőlégballonból készített fotókat használt fel az Alpok szerkezetének vizsgálatában. Eduard Spelterinivel keltek át hőlégballonjukkal az Alpok felett 5000–6000 m tszf-i magasságban és az utazáskor elkészített felvételeken vizsgálta, elemezte a geomorfológiai formákat. Ezzel a légifotózást, mint módszert ő honosította meg, a geomorfológiai kutatásokban (lsd. Tavayanaz település légifelvétele, Svájc; [Spelterini 1898]). 1909-ben Wright, W. készített légifelvételeket repülőgépre erősített kamerával. Ezt követően még nagyobb léptékben folytatódott a légifotózás fejlődése, amit az I. világháborús események csak tovább fokoztak.

A két világháború között **Smolenski (1919)** az észak lengyel területekről készített geomorfológiai térképet. Munkája során megfogalmazta, hogy a különböző domborzatú területek részletes geomorfológiai térképeinél eltérő kartográfiai megoldásokat, geológiai és közzétani tanulmányokat kell folytatni. Weber, H. javasolta, hogy speciális geomorfológiai térképek készüljenek, amelyek eltérnek az általános geomorfológiai térképektől. Javaslatát követően, Mayer, R. készítette el Isztria 1:25 000-es méretarányú geomorfológiai térképét [Klimaszewski 1982].

A Szovjetunióban ekkor még mindig geológiai és földtani térképeket készítettek. **Markov (1929)** javasolta, hogy ezek a térképek tartalmazzanak morfológiai információkat, a formakincsek eredetére és korára vonatkozó adatokat, valamint különüljenek el az eltérő domborzat-típusok. Az USA-ban is tovább folyt a geomorfológiai térképek készítése. A térképkészítést megelőző kutatások a táj egyes részleteire összpontosítottak, nem pedig egy természeti egység felszínének, felszínfejlődésének átfogó kérdéseire.

Fontos még kiemelni, hogy ebben az időben a geomorfológusok nem fordítottak különös figyelmet az időre, mint fontos tényezőre, ezért a recens felszínfejlődés a háttérbe szorult. A kutatási eredményeket egyaránt megjelenítették természetföldrajzi tömbszelvényeken (lsd. Fig. 1 In: [Loebeck et al. 1930]) és a formakincset ábrázoló térképeken (lsd. Raisz E. térképét a Sierra Nevada vonulatáról). A tömbszelvényen történő ábrázolás előnyt élvezett, mert látványosabb volt és érthetőbben szemléltette a felszín formakincsét, ugyanis főleg természetföldrajzi jelenségeket ábrázolt [Raisz 1931, Hayden 1986, Thrower 2008, Verstappen 2011].

Közben egyre növekedett a geomorfológiai térképek száma, melynek során a megjelenítés és értelmezés sokfélesége folytán bábeli kavalkád alakult ki. A nehézségek megszüntetése érdekében **Swariczewska (1937)** javaslatot tett egy egységes jelkulcsrendszer kidolgozására az 1:50 000-es és az 1:500 000-es méretarányú térképekhez. Lengyelországban erőteljes fejlődésnek indult a geomorfológiai térképezés és megállapítható, hogy a lengyel geomorfológiai iskolák úttörőkké váltak a modern geomorfológiai térképezésben. Több 1:100 000-es méretarányú szaktérkép készült a második világháborút megelőzően Lengyelországban. A lengyel geomorfológusok 1939-ben, a Tátrában található *Biala Woda* (Fehér-víz) völgyének részletes felszínalaktani kutatása során elkészítették a völgy 1:25 000-es méretarányú részletes geomorfológiai térképét [Klimaszewski 1982].

A második világháború idején kettévált az elméleti és alkalmazott geomorfológia. A háború során alkalmazott mobil hadviselés lehetővé tette a légifotózás további gyors fejlődését és a technikai fejlődést a felszínalaktani kutatásokban is hasznosították. A geomorfológusok – főleg az európaiak – a felszíninformációt regionálisan kezdték elemezni, melynek során megvizsgálták a táj minden egyes komponensét. A múlt és a jelen felszíninformáló erői közötti kapcsolatot keresték. A domináns felszíninformációt figyelembe véve, az eltérő tájakat egymással összevetették és választ kerestek arra, hogy a vegetáció, a hidrográfia vagy az ember milyen hatással van a felszínre. A felmerülő kérdések paradigmaváltásra kényszerítették a geomorfológiát, egyben a geomorfológiai térképezést is, mivel a táj felszínének komplex vizsgálata és értelmezése és az eredmények térképen való megjelenítése újabb módszer meghonosítását követelte meg. A részletes leírások és az elkészített

tömbszelvények által nyújtott lehetőségek és a korai geomorfológiai, illetve geomorfológiai jellegű térképek már kevésnek bizonyultak a felszíninformációt elemző kutatások eredményeinek bemutatására. E változások eredményezték az 1950-es években az újabb geomorfológiai térképezés kezdetét [**Klimaszewski 1982, Hayden 1986, Verstappen 2011**]. Az első újabb szemléletű geomorfológiai térkép **Helbling (1952)** doktori dolgozatában jelent meg a svájci Sernf völgyről. A lengyel kutatók közben tovább folytatták termékeny munkájukat Klimaszewski, M. (1908–1995) vezetésével. A munka révén elkészült Lengyelország több területének 1:50 000-es térképe. Az ország északi, síksági területeiről Galon, R. (1906–1986) készített geomorfológiai térképet. Európa más országaiban (Franciaország, Németország, Magyarország, Csehszlovákia, Szovjetunió) is fejlődött a geomorfológiai térképezés, főleg 1:10 000 és 1:100 000 méretarányban készültek új térképek [**Verstappen 2011**].

Látható, hogy az 1950-es és 1960-as években az elemző geomorfológia fő módszerévé vált a geomorfológiai térképezés. Az elemző geomorfológiai kutatásnak öt alapkoncepciója volt:

- morfológia: táj megjelenése és formái;
- morfometria: a formák alakja, méretei és egyéb paraméterei;
- morfogenezis: a formák kialakulásának genetikája;
- morfokronológia: a formák létrejöttének kora;
- morfodinamika: a jelenlegi felszínfejlődés sebessége és ennek jövőbeli hatása.

A komplex geomorfológiai térképeken ezek a tényezők jelennek meg nehéz grafikai és kartográfiai megoldások révén. A geomorfológiai térkép, mint tematikus térkép elméletének fejlődése, a kartográfiai megoldások és a jelkulcsrendszer megalkotása sok időt és energiát követelt a szakemberektől. A kutatók között közös egyetértés született a részletes geomorfológiai térkép elkészítésében, de jelentős nézeteltérések alakultak ki a térkép tartalmával, elkészítési módjával és a jelkulcsrendszer kialakításával kapcsolatban [**Hayden 1986**].

A Nemzetközi Földrajzi Unió (IGU) Alkalmazott Geomorfológiai Bizottsága úgy döntött Stockholmban 1956-ban, hogy létrehozza a Geomorfológiai Térképezés Albizottságot. Az albizottság célja, hogy elősegítse a geomorfológia gyakorlati alkalmazását. Az albizottság vezetőjének a krakkói Klimaszewskit választották. A stockholmi konferencián három pontban határozták meg az albizottság feladatait:

- a geomorfológiai térképezés módszerének kidolgozása és fejlesztése;
- a geomorfológiai térképezés kompatibilitása érdekében egy egységes formakincs/jelkulcs rendszer kialakítása;
- a geomorfológiai térképezés alkalmazásának megerősítése a helyi és a regionális gazdasági fejlesztések terén [**Klimaszewski 1982**].

1962-ben kezdte el munkáját az albizottság, melynek első két ülésén (Krakkó és Strasbourg) a geomorfológiai térképezés legfontosabb alapelveit és a kivitelezési megoldásokat kívánták rögzíteni [**Pécsi 1963, Gellert 1972, Klimaszewski 1982, Hayden 1986**]. A már elkészült geomorfológiai térképek főleg gazdasági vagy gyakorlati igények szempontjából készültek, melyeket az addigi tapasztalatok alapján hasznosan alkalmaztak a mezőgazdaságban, a településfejlesztésben, a vonalas infrastruktúra építésénél. Az albizottság első ülésén a geomorfológiai térkép tartalmáról tárgyaltak Krakkóban.

- Értékeltek az eddigi geomorfológiai térképeket és meghatározták a részletes geomorfológiai térkép tartalmát. Ezek szerint a térképnek tartalmaznia kell a felszín morfometrikus adatait, a topográfiai térképpel azonosan, valamint a hegyrajzi és vízrajzi adatokat. Az ábrázolt terület morfometrikus adatai közé tartozik a lejtők dőlésének értéke, amit úgyszintén fel kell tüntetni. A részletes geomorfológiai térképnek ismertetni kell a vizsgált terület össz felszíninformációját morfografikusan.
- A térképek méretaránya alapján meghatároztak három térképtípust:
 - a részletes térképet (1:10 000 – 1:25 000),
 - az általános térképet (1:50 000 – 1:100 000),

- az áttekintő térképet (1:200 000-nél kisebb).
- Megállapodott a résztvevő tízenöt ország képviselője, hogy a felszíninformákat genezisük szerint csoportosítják. Ábrázoláskor a felszíninformák eredete és fejlődése megállapítható, és ezáltal egyértelművé válik a formáló erők jellege, minősége.
- A legnagyobb vitát a felszínt alkotó kőzetek ábrázolásának kérdése váltotta ki. A lengyelek, csak az akkumulációs formák esetében tettek javaslatot a kőzet típusának ábrázolására, de a többi résztvevő ettől eltérően szorgalmazta a domborzat litológiájának megjelenítését.
- Közös megegyezés született abban, hogy a részletes geomorfológiai térképnek tartalmaznia kell a felszíninformák korára vonatkozó információkat is.

A konferencián a résztvevők a lefektetett alapelvek alapján további mintatérképek készítésében egyeztek meg, amelyek alapján majd javaslatot tesznek az egységes jelkulcsrendszer kialakítására. A morфомetriai, morfográfiai, morfogenezist tartalmazó, kronológiai és litológiai adatok egyszerre való ábrázolása a részletes geomorfológiai térképen csak megfelelő kartográfiai módszerrel történhet [**Pécsi 1963, Gellert 1972, Klimaszewski 1982, Hayden 1986**]. A strasbourgi konferenciára, a francia Tricart professzor egy jelkulcsrendszer tervezetét készített el és mutatott be, amely egy későbbi egységes nemzetközi jelkulcsstervezetnek az alapját képezte [**Pécsi 1963**].

Az 1960-as években az albizottság rendszeresen ülésezett. 1968-ban az IGU konferencián Új-Delhiben az albizottság tagjai javaslatot tettek egy geomorfológiai térképezés kézikönyv elkészítésére, valamint egy egységes jelkulcsrendszer megalkotására az európai országokra vonatkozóan 1:2 500 000-es méretarányban. A jelkulcs elkészítésében több európai geomorfológus tevékenykedett és munkájuk eredményét 1971-ben publikálták [**Bashenina 1971**]. Az első teljes értékű geomorfológiai térképezést kézikönyvet Demek, J. szerkesztésével húsz szerző munkájának eredményeként 1972-ben publikálták ([**Demek (szerk.) 1972**]).

A geomorfológiai térképezés során a geomorfológiai folyamatok vizsgálata kapta a legnagyobb hangsúlyt, de mellette fontossá váltak a formák strukturális tényezői, különösen a közepes és a kis méretarányú térképeken. Ez magyarázza a szovjet geomorfológiai térképezésben a morfostrukturális osztályozás – mint a felszíninformák kategorizálásának legjelentősebb formája – elterjedését a kis méretarányú térképeknél [**Gerasimov 1970, Spiridonov 1970, Bashenina 1972**]. Ez a módszertani megoldás – az adatvesztéssel járó generalizálás mellett – másfajta megközelítést igényelt szemben a nagy méretarányú térképekkel. Az ekkor készült geomorfológiai térképek komplexek voltak, hiszen a morfostrukturára, a morфомetriára, a korra és a litológiai viszonyokra vonatkozó információkkal is rendelkeztek. A különböző országokban és iskolákban alkalmazott geomorfológiai térképkészítési eljárások vezettek tehát a tematikus térképek sokszínűségéhez, amit az IGU Alkalmazott Geomorfológiai Bizottság albizottsága próbált meg egységesíteni [**Hayden 1986, Verstappen 2011**].

Az 1970-es évektől a geomorfológiai térképezés elméleti és gyakorlati jelentősége fokozatosan növekedett. Egyre jobban előtérbe került az endogén és az exogén folyamatok együttes értelmezése. A szemléletmódváltást a megjelenő lemeztektonikai elmélet is befolyásolta [**Demek 1982**]. A térképezésen belül hangsúlyt kapott a gazdasági környezet felszínének elemzése, ami magával vonta az ember, mint antropogén tényező domborzatra kifejtett hatásának vizsgálatát. Ez az új irányzat volt az alapja a mérnökgeomorfológia megszületésének és fejlődésének.

A mérnökgeomorfológia megjelenésével új eljárási módszerek honosodtak meg, a légifotók, az űr- és radarfelvételek számítógépes feldolgozása révén. Ezek a modern módszerek digitális térképeket produkálnak, amelyeken felgyorsult a geomorfológiai elemzések sebessége [**Hayden 1986**]. A technika fejlődése révén egyre nehezebb megtalálni a közös pontokat a geomorfológiai térképek módszertanában, tartalmában és ábrázolásában. **Demek (1982)** felhívta a figyelmet a közös nevezők lefektetésére a geomorfológiai kutatás és térképezés jövőbeni fejlődésének érdekében. **Gustavsson et al. (2006)** kidolgoztak egy új jelkulcsrendszert a GIS alapú geomorfológiai térképezés számára. Az új jelkulcsrendszer rugalmas, ugyanis ötvözi a grafikai eljárás módokat a több adat megjelenítése érdekében. 2011-ben Smiths, M. J. és munkatársai elkészítették a „*Geomorphological Mapping, Methods and Applications*” című művet, amely jelenleg a legújabb kézikönyv a modern GIS alapú geomorfológiai térképezés témakörében. Ez a mű összefoglalja az eddigi ismereteket és lehetőséget nyújt a szakembereknek a modern módszerek megismerésére és alkalmazására.

4. A geomorfológiai térképek tipizálása és csoportosítás

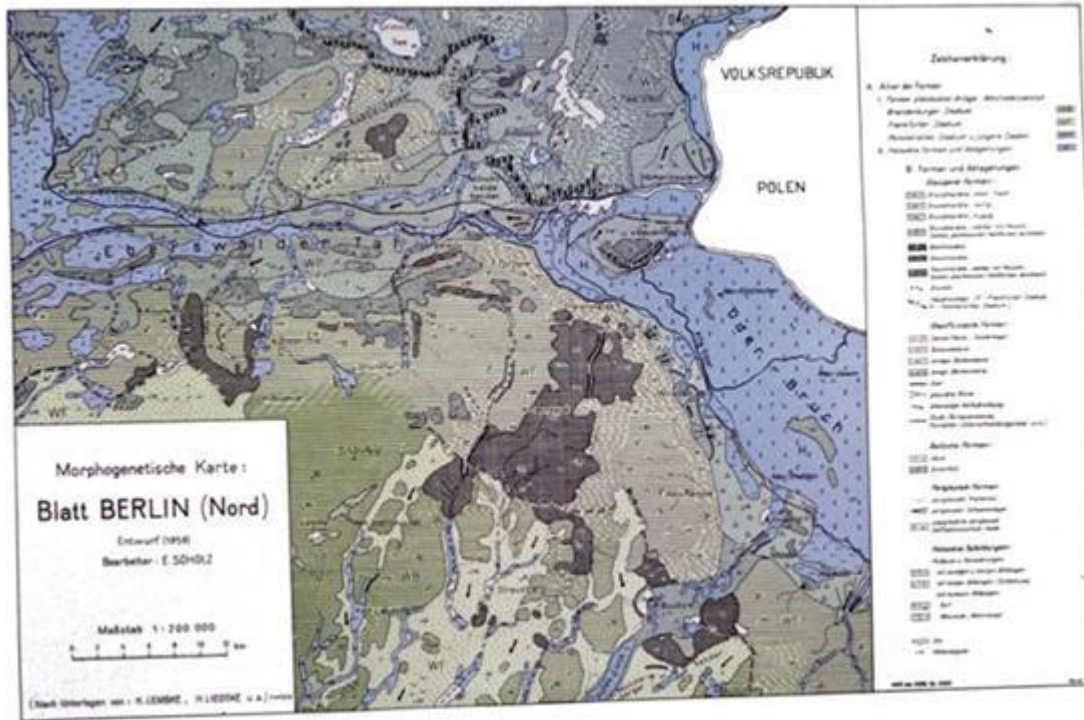
A különböző geomorfológiai térképek csoportosítási lehetőségeit meghatározza, hogy mi a célja, tartalma vagy éppen méretaránya a térképnek, így megkülönböztetünk általános vagy alkalmazott, illetve komplex vagy részletes geomorfológiai térképeket.

A geomorfológiai térképeket tartalmuk és céljuk szerint általános és alkalmazott csoportokra oszthatjuk. Az általános geomorfológiai térképek, melyek morfografikus-, és morfometriai adatokat tartalmaznak, a geomorfológiai formák fejlődésére és korukra vonatkozó információk mellett. Az alkalmazott geomorfológiai térkép témájának megfelelően csak kiválasztott adatokat ábrázol a felszínre vonatkozóan, mivel általában a műszaki gyakorlati igényeket szolgál ki. A térképek további osztályozása:

- általános geomorfológiai térképek
 - kvantitatív, morfometrikus térképek, melyek konkrét, gyakorlati céllal készített térképek
 - domborzattípus térképek, melyek minőségi mutatók alapján értékelik a domborzat nagyobb egységeit
 - klasszikus geomorfológiai térképek
- alkalmazott geomorfológiai térképek
 - mérnökgeomorfológiai térképek speciális jelkölcsöt alkalmaznak
 - építésföldtani célú geomorfológiai térkép
 - felszínmozgásos geomorfológiai térkép
 - antropogén geomorfológiai térkép
- derivált és interpretációs térképek
 - lejtőkategória, illetve lejtőszögtérkép
 - lejtőkitettség térkép
- a speciális geomorfológiai térképek más tudományág (pl. geológia, geofizika, hidrogeológia, stb) szolgálatára készülnek.

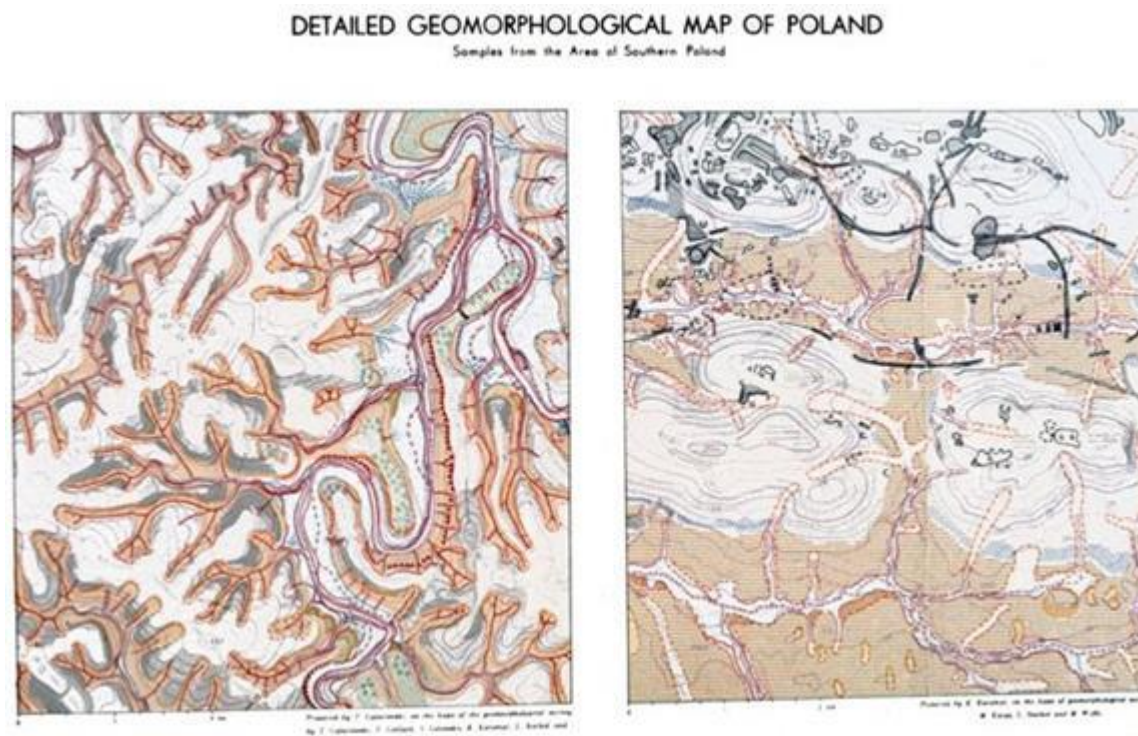
A geomorfológia hierarchikus osztályozása alapján a domborzat tíz különböző csoportba osztható, melynek alapja a vizsgált terület nagysága és a teljes terület domborzati formáinak kialakulási ideje [**Tricart 1965, Baker 1986, Dramis 2011**] (1.1. táblázat). A geomorfológiai térképek által ábrázolt területeket is az osztályozásnak megfelelően csoportosítják, amely meghatározza a szaktérkép méretarányát. A méretarány alapján a térképek három nagyobb csoportra oszthatók: kis méretarányú (1:250 000 – 1:1 000 000) (pl. Magyarország geomorfológiai térképe, 1:500 000; [**Pécsi 1972**]); közepes méretarányú (1:25 000 – 1:250 000) (1.1. ábra) és nagy méretarányú (1:5 000 – 1:25 000) (1.2. ábra) térképekre [**Gellert 1972, Demek – Embleton 1978, Dramis et al. 2011**]. **Gellert (1972)** beosztása alapján a napjainkban elfogadott három főcsoport még további három csoporttal egészül ki, az országos méretű geomorfológiai térképpel (1:1 000 000 – 1:5 000 000) (pl. Kaukázus geomorfológiai térképe 1:2 500 000; [**Spiridonov**] 1970); a kontinens méretű geomorfológiai térképpel (1:5 000 000 – 1:30 000 000) (pl. Szovjetunió geomorfológiai térképe 1:16 000 000); és a világméretű geomorfológiai térképpel (1:30 000 000-nál kisebb). Ez a beosztás jobban tükrözi a szárazföldi geomorfológia hierarchikus beosztását.

1.1. ábra - Az NDK morfogenetikus térképe, Berlin 1:200 000 [Gellert – Scholz 1960: cf. Map 2.2 on p. 17 In: Smith et al. 2011].*



*Az idézett mű ábrái a kiadás költségeinek csökkentése miatt színes változatban szabadon elérhetők az interneten: <http://www.appgema.net/index.php?n=PmWiki.ProfessionalHandbook>

1.2. ábra - Lengyelország részletes geomorfológiai térképe, Dél-Lengyelország 1:25 000 – 1:50 000 [Klimaszewski 1956: cf. Map 2.1 on p. 17 In: Smith et al. 2011].*



*Az idézett mű ábrái a kiadás költségeinek csökkentése miatt színes változatban szabadon elérhetők az interneten: <http://www.appgema.net/index.php?n=PmWiki.ProfessionalHandbook>

1.1. táblázat - A geomorfológiai térképek csoportosítása

Osztály	Terület (km ²)	A földfelszín jellemzői	Stabilitás időtartama (év)
1	10 ⁷	kontinensek és óceáni medencék	10 ⁸ –10 ⁹
2	10 ⁶	szárazföldek	10 ⁸
3	10 ⁴	közepes-méretű tektonikai egységek (üledékgyűjtők, hegységek láncolata, ...)	10 ⁷ –10 ⁸
4	10 ²	kisebb-méretű tektonikai egységek (rész-üledékgyűjtők, vulkáni kúpok, ...)	10 ⁷
5	10 ² –10	nagy-méretű eróziós/akkumulációs formák (delták, hegylábfelszínek, óriás völgyek, ...)	10 ⁶
6	10–10 ⁻²	közepes-méretű eróziós/akkumulációs formák (árterek, hordalékkúpok, morénák,)	10 ⁵ –10 ⁶
7	10 ⁻²	kis-méretű eróziós/akkumulációs formák (teraszok, dűnék, völgyhátak,)	10 ⁴ –10 ⁵
8	10 ⁻⁴	nagy geomorfológiai formák	10 ³
9	10 ⁻⁶	közepes geomorfológiai formák	10 ²
10	10 ⁻⁸	mikro geomorfológiai formák	–

5. A klasszikus geomorfológiai térképezés jellemzői országok szerint

A különböző országokban eltérő volt a geomorfológiai térképezés fejlődése, ugyanis a fejlődést meghatározták a személyi feltételek, az adott ország felszíni formakincse, valamint a technika fejlettségi szintje. A részletes geomorfológiai térképek készítésének kezdete az európai geomorfológiai iskolákhoz kötődik.

5.1. Lengyelország

Az 1940-es évek közepétől vette kezdetét a modern geomorfológiai térképezés Lengyelországban geomorfológusok és geológusok összefogása eredményeként. Az első térképek **Klimaszewski (1946)** és **Galon – Roszkówna (1953)** nevéhez fűződnek. Klimaszewski és Galon szorgalmazták, hogy minél nagyobb terület vegyenek geomorfológiai térképezés alá. E motívációnak köszönhetően 1950–68 között már az ország 25%-át (kb. 80 600 km²) geomorfológiai térképen ábrázolták [Gilewska 1978]. Az első újkori geomorfológiai térképek alapját az 1:25 000-es méretarányú térképek biztosították. A tematikus térképek tartalmukban információt hordoztak a geomorfológiai formákra, azok morfológiájára, morfogenetikájukra és morfo-kronológiájukra vonatkozóan. A térképek színesek és fekete–barna árnyalatúak voltak, amelyekhez Klimaszewski szerkesztett jelkulcsrendszert. Az alkalmazott térképeken a színek segítségével ábrázolták a felszínformák korát és egyúttal kombinálták a felszín alakító folyamatokkal: pl. a harmadkor színe a szürke, és a szürke eltérő árnyalatával érzékelték a denudációs folyamatokat. A felszínre ható folyamatokat tízennégy csoportba rendezték, amely egy

kor színének tizennégy árnyalatát követelte meg. Egyes genetikus formákat, külön szimbolikus jellel illettek, feltüntetve a forma morfometriai értékét. A térképek előnye, hogy a színekkel és árnyalataikkal megkülönböztetett korok és folyamatok szembetűnőek és egyértelműek.

A lengyelek a térképeiket nem látták el a felszínt alkotó litológiai adottságokra vonatkozó információkkal a hegyvidéki- és dombsági területeken. Ellenben az akkumulációs térszíneken jelölték a közettani adottságokat, pl. az északi területeken. Az alkalmazott geomorfológiai térképekhez csatoltak térkép magyarázókat is, amelyben a kutatási terület komplex földrajzi környezetét bemutatták [Klimaszewski 1956, Pécsi 1963, Verstappen 2011]. Az ország nagy kiterjedése és sokszínű morfológiája miatt, kisebb morfológiai régiókat hoztak létre. Ebből kifolyólag több méretarányban készítettek térképeket, az eltérő céloknak megfelelően. A nagy méretarányú (1:750 vagy 1:10 000) térképeket a recens felszínfejlődés ábrázolására és tanulmányozására készítették [Starkel 1960, Kaszowski – Kotarba 1970]. A kis méretarányú (1:300 000) térképek fő célja az ipari beruházások elősegítése és támogatása volt, hogy az elvégezendő fejlesztések helyszínét biztosító terület reliefét és az eltérő típusú domborzaton a recens felszínformáló erőket feltárják. Ezek a művek nagy formacsoportokat ábrázoltak, a neogén és kvarter időszakból származó kiemelkedési, valamint negyedidőszaki süllyedés formákat. A formák megjelenítésére a barna, a narancssárga (e színek a magassági formákat jelölik) és a zöld (galciális formákat) színeket használták. A formacsoportok négy nagyobb egységre oszthatók: a fiatal magashegységi és hegység eleji medencékre, az idősebb hegységekre és a dombvidékekre, az idősebb (Saale) glaciális területekre, valamint a fiatalabb eljegesedés során formált részekre [Gilewska 1978].

5.2. A korábbi Német Demokratikus Köztársaság (NDK)

A lengyel, különösen a toruni iskola térképezési módszeréhez hasonlóan a potsdami geomorfológusok, Gellert, J. F. (1904–1994) és Scholz, E. irányításával készültek a tematikus térképek.

A térképezett területek főleg az egykori NDK északi glaciális síkságai voltak. Az első áttekintő térképek 1:200 000, később 1:25 000 méretarányban készültek. A térképeken színekkel jelenítették meg a felszínformák korát. Ez egy logikus módszer volt, mert lényegretörően mutatták be a különböző korú glaciális formákat (ld. Luckenwalden és Lübben közötti dűneterület geomorfológiai térképe [Scholz 1970]). Részletes térképmagyarázót készítettek a térképekhez, amelyek tartalmazták a terület magassági-, hidrológiai-, geológiai viszonyait, a részletes geomorfológiai forma leírását, kialakulásának környezetét, valamint a terület részletes kutatási történetét (pl. DDR földhasználat térképe [Gellert – Scholz 1960, 1974]).

Az NDK-ban Kugler, H. 1965-ben kidolgozta a geomorfológiai térképezés rendszerét, amely során a relief adottságok teljes körű bemutatása történik. A Kugler-féle módszer alkalmazásakor több térkép készül: normál (morfográfiai és recens formák) és egyéb tematikus (morfogenetikai) térképek. A geomorfológus a célnak és a térképezett területnek megfelelően választotta meg a mértékegységet (1:10 000 vagy 1:25 000). A térképek analitikus munka eredményei. A módszerével a geomorfológiai térképezést modernizálni kívánta. Az elképzelés az egykori NDK-ban és nemzetközileg is alulmaradt más javaslatokkal szemben [Kugler 1965, Bashenina – Gilewska 1968].

5.3. Az egykori Csehszlovákia

A csehszlovák geomorfológiai iskola legnagyobb kiemelkedő alakja a cseh nemzetiségű Jaromír Demek (1930–). Az ő munkássága kiemelkedő a hazai és nemzetközi geomorfológiai térképészetben. Megszerkesztette a „*Manual of Detailed Geomorphological Mapping*” című könyvet (1972), amely még napjainkban is sok segítséget nyújt a térképező geomorfológusoknak. Ezenkívül több publikációt is készített ebben a témában [Demek – Embleton 1978, Demek 1982, Demek et al. 2009, Demek et al. 2009].

Az áttekintő geomorfológiai térképükön egységes színnel jelölték a nagyszerkezeti formákat: a variszcida egységet barnával, az alpi-kárpáti süllyedéseket sárgával, a vulkáni hegységeket viola színnel, a kárpáti flis övet sárgával, stb. Ezzel a jelölési módszerrel váltották ki a litológiai adottságokra vonatkozó adatok hiányát. A formák korát indexekkel jelölték (h-holocén, pl-pleisztocén), hasonlóan a magyar jelölési módszerhez [Pécsi 1963, Demek et al. 2009].

E módszert alkalmazva készítették el utoljára 1965-ben Demek, J. vezetésével a Cseh Köztársaság geomorfológiai térképét, 1:500 000-es méretarányban. Az államalakulat felbomlását követően Csehországban folytatták a térképezést, és fontos célként tűzték ki, hogy elkészítsék az új módszerek (GIS) és geomorfológiai ismeretek alkalmazásával államuk geomorfológiai térképét. A térkép tartalmazza a felszínformák különböző osztályait megjelenésük szerint, azok genetikáját és korát. A térképen kategorizálták a lejtőket, dőlésszögük

alapja. Az IGU Alkalmazott Geomorfológiai Bizottsága ajánlása alapján elkülönítenek tektonikus-, neovulkáni-, poligenetikus eróziós-, fluviális eróziós-, karszt- és pszeudokarszt-, gravitációs eróziós-, glaciális eróziós-, fluvio akkumulációs-, gravitációs akkumulációs-, glaciális és fluvioglaciális akkumulációs-, eolikus akkumulációs-, organikus-, valamint antropogén formákat. A formák származását eltérő színekkel; magukat a formákat és területi kiterjedésüket színes területekkel, pont és vonal szimbólumokkal ábrázolják. A térkép a neotektonikai nagyszerkezet fejlődés folyamatait és adottságait bemutatja. A szerzők jelölik a planációs felszíneket és a kriogenetikus területeket (lsd. Fig. 1. in [Demek et al. 2011 és Demek et al. 2009]).

5.4. Franciaország

Jean Tricart (1920–2003) professzor nevéhez kötődik a francia modern geomorfológiai térképezés kezdete. A franciák főleg gyakorlati célok érdekében készítettek geomorfológiai térképeket. Egy-egy esethez sajátos jelkulcsrendszert alkalmaztak. Eltérő színekkel jelölték a különböző közettani viszonyokat, ugyanis a közettani adottságok határozzák meg a felszín formakincsét [Tricart 1955, 1969]. A geomorfológiai térképen eltérő kartográfiai módszerekkel (pl. négyzet alakú szimbólumokkal, a Szenegál geomorfológiai térképe) ábrázolják a felszínformák korát. Tricart, J. (Strasbourg-i Földrajzi Intézet Alkalmazott Geomorfológiai Laboratóriuma) sok ilyen módszerrel készülő térképet alkotott, hangsúlyozva a kőzetek és üledékek szemcseméretének és a kémiai /fizikai adottságainak tulajdonságait. A Szenegáli delta térképezésénél a nagyobb négyzetű szimbólummal a durvább, és a kisebb méretűekkel pedig a finomabb üledékeket jelölte. Hasonló módszert alkalmazott, de más jelekkel a folyóvízi és eolikus üledékek ábrázolásánál. A részletes morfogenetikai és közettani ismertetés mellett, nem ábrázolta a terület morfometriai és orográfiai adatait. Vonalas szimbólumrendszert használt, különböző színekkel, a kronológia jelölésére (pl. Mucuchies geomorfológiai térképe [Tricart 1964]).

Joly (1963) kissé eltérő megközelítést használt Franciaország 1:50 000 méretarányú, részletes geomorfológiai térképének összeállításakor, a felszíni üledékek vastagságának és szemcseméretének leírására alkalmas jelmagyarázattal. A színek a különböző morfogenetikus rendszerek leírására szolgáltak, az árnyalatok pedig az időben egymást követő felszínformákra. Egy tízes számrendszert pedig a felszínformák rendszertani osztályozására talált ki (pl. Észak-Franciaország geomorfológiai térképe 1:2 500 000 [Joly 1982]).

5.5. Az egykori Szovjetunió

A szovjet geomorfológiai térképek minden egyes klimatikus övet képviseltek, így az addig megjelent jelkulcsok között a legátfogóbb és legrendszerezettebb volt. A szovjet geomorfológiai térképek két nagy csoportra oszthatók. Az első csoportba tartoznak a szintetizáló térképek, a másodikba pedig az analitikus tematikus térképek. A szakemberek az eltérő típusoknak megfelelően választották ki a méretarányt és a kartográfiai ábrázolás módját. A legtöbb térkép főleg az első osztályhoz tartozik, amelyek a nagy felszínforma egységeket, és azok morfogenetikáját ábrázolják. A belső és a külső erőkhöz kapcsolódó felszínformákat felületi színezéssel jelenítették meg, a domborzati tulajdonságokat a színes felületen szimbólumokkal ábrázolták. Az analitikus térképek mentesek a reliefre vonatkozó információktól, ezek a munkák a formák genezisést és korát mutatják be. A formák kialakulásának korát közel 30-féle színes szimbólummal érzékeltették. Az analitikus térképek fontos tartozéka a szinte művészi elkészített jelmagyarázat. A részletes geomorfológiai térképen bemutatták a térképezett terület litológiai felépítését is [Bashenina et al. 1960; Pécsi 1963].

A szovjet geomorfológusok a kutatási területet geomorfológiai régiókra, tartományokra, járásokra és kerületekre osztották. A felhasználók céljainak megfelelően születtek általános-, részletes-, domborzati- és szerkezeti geomorfológiai térképek. Ezeket a térképeket a kutatásban és a nagyobb ipari létesítmények tervezésénél alkalmazták [Spiridonov 1952, 1970]. Jelentős szovjet geomorfológiai térképek: az 1:2 500 000 méretarányú, Kaukázus geomorfológiai térképe [Spiridonov 1970], az 1:4 000 000 méretarányú, Szovjetunió geomorfológiai térképe [Bashenina 1989].

5.6. Belgium és Hollandia

Belgiumban a geomorfológiai térképeknek céljuk volt, hogy magyarázatot adjanak a felszínformák eredetére. Ennek megfelelően két kartográfiai lehetőséget alkalmaztak, színezéssel jelezték a felszínformák morfogenetikáját; a szimbólumokkal érzékeltették a formakincsek térbeliségét. A térképeknek egyértelműen ábrázolni kell a formák keletkezésének természetföldrajzi folyamatait. Ez főleg a poligenetikus formáknál számít térképészeti kihívásnak. A terepbejárás során a belga szakemberek keresik a domborzatfejlődés fontos állomásait, az üledékek pontos képződésének sorrendjét, a recens morfordinamikai folyamatok megértése érdekében. Egy-egy térkép max. 7–10 különböző morfogenetikus felszínforma csoportot ábrázolhat, a túlszűfolt színezék elkerülése érdekében. A morfogenetikus egységeket két nagyobb csoportra osztják Belgiumban. Az

első nagy csoportban az endogén hatásra képződött formakincsek tartoznak. A második csoportot a külső erők által formálódott formák képezik. A formákat tovább bontják még két alcsoportra. Ezen csoportokat úgy alakítják ki, hogy figyelembe veszik az exogén erő hatásának kifejtésben szerepet játszó geológiai viszonyokat (antiklinális, törésvonal, völgyek) és a szállító közeg típusát (vonalas-erózió, areális erózió, fluvio-glaciális erózió). A külső erőknek szentelt különös szerep miatt, a terepen végzett kutatások következtében, a geomorfológiai térképhez egy negyedidőszaki felszíni üledékek térképét is csatolnak. Az ábrázolásra került üledékek max. vastagsága 10 m. A neogéntől idősebb a furások által feltárt információt a térképen a szimbólumokkal jelölik. A kisebb felszínformák megjelenítése is fontos, ezt kicsi szögletes szimbólumokkal valósítják meg. A világos színek fedik a fiatal felszínformákat, és ezáltal érzékeltetik az aktív recens felszínfejlődési területeket [van Maercke-Gottigny 1978]. Hasonló alapelveket alkalmaztak Hollandiában az 1:50 000 méretarányú geomorfológiai térkép elkészítésénél is, amely kiegészítette a geológiai és talajtani térképek sorozatát. A hollandok munkájukban 8 nagy morfofenetikai felszín csoportot különítettek el, ezt tovább bontották kisebb alcsoportokra a morfostruktúrát figyelembe véve [Verstappen 2011].

6. A magyar geomorfológiai térképezés fejlődése

Magyarországon éppúgy, mint más országokban a geomorfológiai térképeket megelőzték a tudományos földtani tematikus térképek, amelyek kialakulása a XIX. század elejére tehető. Az első Magyarországot ábrázoló földtani térképeket – bár a mai értelemben kissé eltérnek a földtani térképtől – a lengyel Staszič, S. (1815) a francia Beudant, S. F. (1787–1850) és Boué, A. (1794–1881) kutatók készítették (részletesen lsd. http://epa.oszk.hu/00700/00775/00008/1999_08_04.html). A Magyarhoni Földtani Társulat megalakulását (1848) követően szisztematikusan elkezdődött az ország területének földtani térképezése. Ebben a munkában jelentős részt vállalt Hantken M. (1821–1893) Lóczy L. (1849–1920), Posewitz T. (1851–1917) és Szabó J. (1822–1894) is. Az előzmények után nem lehet meglepő, hogy az első geomorfológiai megfigyelések is a földtani és geológiai kutatásokhoz kapcsolódnak, mely során lassan kifejlődött a geomorfológia, mint önálló tudományág.

Az első magyarországi, valódi geomorfológiai tanulmányt Lóczy Lajos készítette, amelynek címe: „*A Bihar-hegység egy sajátos völgyalakjáról*” (1877). Lóczy az „*A Magyar Szent Korona Országainak földrajzi, társadalomtudományi, közművelődési és közgazdasági leírása*” című enciklopédiai jellegű műben foglalja össze hazánk földtanát (1918). Ehhez a munkához csatol egy „geomorfológiai” térképet, amely valójában földtani térkép [Fodor 2006]. Cholnoky J. (1870–1950) munkássága már meghaladja mestere Lóczy L. morfológiai tárgyú tevékenységét, amit Fodor (2006) már valódi geomorfológiai kutatásnak nevez. 1902-ben megjelent művében már lokális geomorfológiai vázlatokat közölt a barkánokról és a szél formálta geomorfológiai formákról. Cholnoky geomorfológiai kutatása nagy hatással volt a magyarországi természetföldrajzi megfigyelésekre is vizsgálatokra. Tevékenysége geomorfológiai iskolát teremtett, melynek tanítványai voltak: Bulla B. (1906–1962), Kéz A. (1891–1968), Láng S. (1913–1982) és Kádár L. (1908–1989), valamint több fiatal tehetséges kutató [Fodor 2006]. Cholnoky holisztikus szemléletmódja lehetőséget biztosított az ok okozati összefüggések megértésére. Az általa megtapasztalt és felismert eredmények bemutatására mesteri fokon használta és alkalmazta a tömbszelvényeket. A tömbszelvények segítségével bemutatta a felszínfejlődést, pl. a Baradla-barlang környékén [Cholnoky J. 1929, p. 356], egyes területek felszíni formakincsét, pl. a Hargita-fennsíkot [Cholnoky 1929, p. 455], a lejtők állagát, például a Kajántói-völgy tömbszelvényén [Cholnoky 1929, pp. 495], sőt a felszínformálásban fontos litológiai adottságok és külső erők harcát is, az Északkeleti-Kárpátokban [Cholnoky 1929, p. 407].

A II. világháború környékén a világban megfigyelhető trendekhez hasonlóan a magyar geomorfológusok is kutatásaikban specializálódtak, ebből kifolyólag fontos tanulmányok születtek, folyóteraszomorfológiából [Bulla 1941, Kéz 1941], karsztomorfológiából [Szabó 1956, Jakucs 1953] stb. Ez az irányzat nem kedvezett a komplex geomorfológiai kutatásoknak és gátolta az általános geomorfológiai térképezés megszületését [Pécsi 1963]. Az első geomorfológiai térképek hazánkban az 1950-es években jelentek meg, más országokhoz hasonlóan [Tricart 1955, Ádám et al. 1959, Pécsi 1959, Demek 1972, Klimaszewski 1982, Verstappen 2011]. Ezek a térképek még a kezdetekkor módszereikben és tartalmukban nem voltak egységesek, de az 1960-as években megalakult geomorfológiai albizottság célkitűzéseinek megfelelően Magyarországon is egységes módszertanra és jelkulsrendszerre törekedtek. A kezdeti időszak jelentős kutatói voltak Ádám L. (1927–1994), Pécsi M. (1923–2003), Marosi S. (1929–2009) valamint az akkor még fiatal generáció tagjai Schweitzer F., A hazai geomorfológiai kutatások – a geomorfológiai térképezéssel való összefonódása révén – többoldalúvá és gyakorlatorientáltá váltak. E változások eredményeként a magyar tematikus térképek információt hordoztak a domborzat litológiájára, a domborzatalakító dinamikus folyamatokra és az általuk kiformált formakincsre, a geomorfológiai formák korára a felszín morfometriájára és a hidrográfiájára vonatkozóan is [Pécsi 1975, 1976, 1991].

- A domborzat litológiai ábrázolása – a geomorfológiai formakincs sajátosan alakul az eltérő közettípusokon. Ez az ábrázolás eltér az általános földtani térképektől, ugyanis az üledékreteget átfogóbban részletezi, és a kibúvó kőzeteket generalizáció alá veti.
- A domborzatalakító dinamikus folyamatok és a létrehozott formák ábrázolása – ezáltal bemutatásra kerül a felszín mennyiségi és minőségi változásának dinamikája. Figyelembe kell venni a környezeti komponensek egymáshoz való viszonyát. A formakincs ábrázolásánál több elvet kell alkalmazni: a dinamikus (folyamatok szerinti) ábrázolás elvét, a formák egyöntetű (méretarányos) ábrázolásának elvét, a kihangsúlyozás ábrázolásának elvét, a komplex ábrázolás elvét, valamint a lejtőábrázolás elvét.
- A domborzat korának ábrázolása – a domborzatfejlődés üteme a geomorfológiai formák korának feltüntetésével is érzékeltethető. Megtörténhet az is, hogy a kőzetek kora eltérő a formakincs korától, pl. egy csuszamlás esetében, amikor az áthalmozott anyag idősebb, a kialakult morfológiai formáknál.
- Morfometriai és hidrográfiai elemek ábrázolása – a térképezett terület csak a legfontosabb morfolometriai (szintvonal, magasság, stb.) és hidrográfiai (vízmosság, forrás, stb.) elemeket tünteti fel, emeli ki.

A megszerzett tapasztalatok alapján 1967-ben elkészült 1:1 000 000 méretarányban Magyarország Nemzeti Atlasza, valamint a Regionális Atlaszok számára kiegészített, négy szelvényre bontott 1:500 000-es méretarányban országunk geomorfológiai térképei. A további kutatások és térképezés során különböző domborzatú típusterületekről készültek a nagy méretarányú általános geomorfológiai térképek [Borsy 1961, Buczkó 1968, Hahn 1972, Juhász 1972, 1974, Schweitzer – Szilárd 1975, Pécsi et al. 1976, Schweitzer 1988, 1992, 2011, Schweitzer et al. 1990, Scheuer – Schweitzer 1991, Gábris 1980, 2006].

6.1. Az áttekintő geomorfológiai térképezés (1: 100 000-es és 1:200 000 méretarányban)

A geomorfológusok egyes nagytípusú komplex geomorfológiai adottságait és annak dinamizmusát ábrázolták az áttekintő geomorfológiai térképen. Ezek a térképek 1:100 000-es méretarányú Gauss-Krüger vetületi lapokon készültek. A lapokat 1:200 000-es léptékűre kicsinyítették, hogy összevethetőek legyenek más tematikus térképekkel. A térképeken bemutatásra került [Pécsi 1963]:

1. az állam területének domborzatát összetevő nagy formaegyüttesek, a síkságok és hegységek különböző típusai, ezeket felépítő kőzetek litológiai tulajdonságai;
2. az egyes genetikai formák;
3. a formákat és lejtőket kialakító folyamatok;
4. a formák kora;
5. a domborzat fontosabb morfolometriai és hidrográfiai elemei.

Az áttekintő térképen a nagy formaelemek kerülnek kiemelésre. A kiemelésnél hazánk felszínalkotó viszonyait tartva szem előtt, két nagyobb morfológiai formaegyüttest lehet elkülöníteni [Pécsi 1963, 1975, 1991]:

- az elegyengetett felszíneket, síkságokat pl. a Duna és a Tisza ártere, eolikus üledékkel fedett hordalékkúpsíkságok a Duna–Tisza közén vagy a Dunántúli-dombságot tagoló széles völgyek, völgytalpak, a harmadidőszaki laza üledékek által fedett, vagy idősebb hordalékkúpok letarolt felszínei a Marcal-medencében vagy a Kemenesháton;
- a hegységeket, tönkösödött vulkáni-hegységeket, tönkösödött töréses röghegységeket, tönkösödött ősi röghegységeket.

A térkép többi tulajdonsága a részletes geomorfológiai térképezés ismertetésénél kerül bemutatásra.

6.2. A részletes geomorfológiai térképezés (1: 10 000-es és 1:25 000 méretarányban)

A részletes geomorfológiai térkép jelkulcsrendszerének megalkotását az vezérelte, hogy az eredmények a tudományos mellett a gazdasági élet szereplőinek is érthetőek legyenek. A térkép áttekinthetőségét a kartográfiai megoldások tették lehetővé.

1. A részletes geomorfológiai térképek ábrázolják a felszín formáinak litológiai tulajdonságait, ami összekapcsolódik a formáló folyamatok ábrázolásával. A litológiai adatokat grafikusán ábrázolják, a kialakító folyamatokat pedig világos tónusú színekkel tüntetik fel, az alapszín tónusai pedig a felszín kialakulásának dinamikáját mutatják be. A megjelenítési módszer lényegre törő, mert az azonos folyamatok által kialakított formakincs vagy az akkumulációs formák egy jól elkülönülő halmazt alkotnak, holott köztük eltérőek. A részletes geomorfológiai térkép jelkulcsa három fő csoportba sorolja a közettani képződményeket:
 - magmás kőzetek – effúzív és intrúzív kőzetek (piros színűek)
 - metamorfizálódott kőzetek – ortometamorf és parametamorf kőzetek (rózsaszínűek)
 - üledékes kőzetek – több típus különíthető el (szürke, okker, zöldeskék, fakókék stb.)
2. A felszínt és a formákat alakító folyamatok ábrázolását a genetikus formatípusok és a lejtők eltérő jeleivel kapcsolják össze. A lejtőket a lejtőszögnek megfelelően három kategóriába sorolják, melyeket a lejtéssel megegyezően futó vonal vastagságával érzékeltetnek. A vonalak színe a kialakító folyamatokat tükrözi. A lejtő állagát a vonalak eltérő típusával jelölik, az épülő- (folytonos vonallal), pusztuló- (szaggatott vonallal), stabil sziklás lejtőt (kettős folyamatos vonallal). Ha a felszínt több folyamat is alakítja, és nem lehet arányukat megnevezni, akkor fekete színnel kerülnek megrajzolásra a vonalak [Pécsi 1963].
3. A részletes geomorfológiai térképek a genetikus formakincseket a kialakító folyamatok alapján osztályozza és ezek recens vagy fosszilis jellegét tartalmazzák. Így lehetnek belső- (kárminvörös figurális vonalas jelek) és külső erők (deráziós, fluviatilis, deflációs, abráziós-, karsztdenudáció, areális, komplex és biogén, valamint antropogén eredetű folyamatok) által kialakított formák.
4. A részletes geomorfológiai térkép (is) betűkkel jelezi a formák korát, úgy hogy minden elkülönített felszínrészletre felkerül a betű (betűkombináció). Magyarországon csak a harmadkornál fiatalabb felszínek vannak, így a jelölés is csak a harmadkorig terjed. A legnagyobb területi kiterjedésben jelentkező negyedidőszakot (Q) a jelkulcs – a pleisztocén kor szakaszai alapján – három részre tagolja. A hármas bontás alapján alkalmazott jelölések, korai-, középső- és felső megnevezései szerint index kiegészítő jelölést kapnak (Q₁, Q₂, Q₃). A recens folyamatokat „R” betűvel jelölik, amely piros, a többi pedig fekete.
5. A részletes geomorfológiai térkép morфомetriai és vízrajzi elemei elengedhetelenek a terület pontosabb megismerése céljából. A szintvonalak minimum 50 m-es szintközzel kell szerepeljenek, hogy érzékeltessék a relatív térszíni különbségeket. Kis távolságnál eltérő magasságú relatív izovonalakkal lehet érzékeltetni a magasságot és a formák reliefenergiáját. A vízrajzi adatoknál fontos feltüntetni, hogy a vízfolyás állandó vagy időszakos, a forrás hideg vízű vagy meleg vízű. A belvízveszélyes területeket is jelölni kell a térképen!

Az általános és a részletes geomorfológiai térkép mellett sajátos információt hordozó speciális céltérképek is készültek. Ezek a térképek általában más tudományág számára, mint pl. a mezőgazdaságnak ármentesítési munkálatok céljából, vagy terület- és településfejlesztés elősegítésére készülnek [Pécsi 1970, Szilárd 1972, Keresztesi 1992, Schweitzer 1992].

6.3. Mérnökgeomorfológia Magyarországon

A technika fejlődése révén az emberiség egyre nagyobb hatással és mértékkel változtatja meg a domborzatot, mellyel megbontja a felszín időleges vagy dinamikus egyensúlyát. A felborult egyensúly a társadalomra és az épített földrajzi környezetre veszélyhelyzetet teremthet. A XIX. század végén az épített infrastruktúra megfelelő és biztonságos térbeli elhelyezésére, a gazdaság által használt területek geológiai és geomorfológiai adottságainak és folyamatainak vizsgálata céljából jött létre a műszaki földtan vagy mérnökgeológia [Pécsi 1970, Schweitzer 1992].

A mérnökgeológiai tanulmányok keretén belül fejlődött ki a mérnökgeomorfológia. A mérnökgeológiai tanulmányok nagy része a vizsgált objektum és annak telephelyének természetföldrajzi kapcsolatát vizsgálta, ami túlmutat a geológiai tárgykörén. Az elemzéskor a természeti tényezők (éghajlat, hidrológia, növényzet, domborzat) egymás közötti folyamatainak megfigyelése és az összegzése kell hogy a középpontban álljon! Ezt a feladatot a geomorfológia tudja elvégezni. Pécsi 1970-ben megfogalmazta a mérnökgeomorfológia feladatát: „A

mérnök geomorfológia tárgya a domborzaton végbemenő külső folyamatok és az általuk kialakított formák vizsgálata és értékelése a műszaki-gazdasági létesítmények optimális elhelyezése, üzemeltetése szempontjából.” A tudományág a domborzat dinamikus egyensúlyát vizsgálja, elérte-e az egyensúlyát vagy csak afelé tendál. Fontos a felszín időbeli tartóssága: időszakos, periodikus vagy epizodikus-e? Ennek megfelelően a mérnökgeomorfológiai kutatásoknak meg kell állapítani például a felszín stabilitását, vagy éppen a mozgását és annak gyakoriságát, ismerve a kiváltó természeti- és antropogén folyamatokat és azok egymáshoz viszonyított arányát. A mozgásokon belül eltérő típusokat kell elkülöníteni a mérnöki tervezés szempontjából. Ez a szemléletmód választja el a mérnökgeomorfológiát az általános geomorfológiától [Pécsi 1970; Szilárd 1972, Pécsi et al. 1976, Ádám – Pécsi 1985, Balogh et al. 1990, Schweitzer 1992, Schweitzer et al. 2003].

A mérnökgeomorfológia módszerei a hagyományos geomorfológiai módszerek mellett kiegészülnek matematikai-statisztikai, kísérletezéses, számítási, és mérnöki szempontú geomorfológiai és felszindinamikai térképezési módszerekkel. A mérnökgeomorfológiai térképezés a mérnökgeomorfológiai kutatások egyik fontos módszerévé vált, ugyanis az új ismeretek egyik lényegre törő kifejezőmódja. Ezeket a speciális térképeket használták és alkalmazták a tervezési fázisban és a már meglévő létesítmények biztonságos fenntartásában (Dunaújváros, Dunaföldvár, Paks, Komló, Pécs, Esztergom, Balatoni-magaspartok stb.) [Hevesi – Juhász 1973, Schweitzer – Szilárd 1975]. A térképek és mérnökgeomorfológiai vizsgálatok segítenek a döntéshozók munkájában, a gazdasági beruházásokra alkalmas területek kijelölésében.

Magyarországon a mérnökgeomorfológiai kutatás és térképezés az egykori MTA Földrajztudományi Kutató Intézet (ma MTA CSFK FI) szakembereihez kapcsolódott és kapcsolódik [Pécsi 1963, 1970, Szilárd 1972, Hevesi – Juhász 1973, Schweitzer – Szilárd 1975, Ádám – Pécsi 1985, Balogh et al. 1990, Schweitzer et al. (szerk.) 2003, Schweitzer 2010, Schweitzer (szerk.) 2011].

7. Digitális magassági adatok és modellek

7.1. Bevezetés és cél

Az alfejezet célja, hogy a hallgató megismerkedjen a domborzatmodellekkel kapcsolatos alapvető fogalmakkal. A problémakörrel az általános geoinformatikai órákon már találkoztak, így tisztában vannak a különböző típusú modellekkel és a rajtuk végezhető egyszerűbb számítási feladatokkal. Itt most bepillantást kap a geomorfometriai elemzésekben leggyakrabban használt domborzati adatok fajtáiba. Megismeri az különböző eljárásokkal gyűjtött adatok alapvető sajátosságait. Az adatok struktúráját és a domborzati modelleket létrehozó interpolációs ismereteket és típusokat e tananyagban nem érintjük. Korábbi tanulmányaik során erre vonatkozóan szereztek ismereteket a térképészet, a geoinformatika és geomatematika tárgyköréből.

Szükséges alapismeretek:

- min. Grass GIS 6.4.2. felhasználói szintű ismerete;
- alapvető térképészeti ismeretek;
- terepi felmérés műszereinek ismerete.

Felelevenítendő fogalmak:

- földrajzi szélesség és hosszúság
- GPS
- méretarány
- koordináta
- szintvonal
- felbontás

7.1.1. Kulcsszavak

DDM, DEM, DFM, DSM, DTM, SRTM, ASTER GDEM, GNSS, DGPS, RTK, digitális szintező, total station, TLS, DSZM, LIDAR

7.2. Alapok

A geomorfológia a felszíninformákat, azok eredetét, fejlődését vizsgáló, osztályozását végző, leíró, kvalitatív tudományág [MacMillan – Shary 2001]. Ennek részdiszciplínájaként fejlődött ki a geomorfometria, amely a felszíninformák számszerű elemzésével foglalkozik [Evans 1972]. A személyi számítógépek elterjedését követően e tudományág vált a geomorfológiai elemzések egyik legfontosabb kvantitatív eszközévé.

Az általánosan elterjedt, de nem minden esetben helyes angol rövidítés DEM (*Digital Elevation Model*) mindenki számára ismerősen cseng. Valójában a különféle magassági adatoknak és modelleknek az a közös jellemzője, hogy számítógépes állományként tárolják a Föld felszínét leíró egyszerű számokat, miközben a földrajzi lokáció információját is hozzárendelik [Kertész 1997]. A korábban széleskörben elterjedt analóg, szintvonal alapú térképekkel szemben roppant nagy előnyük, hogy a felbontás és adattárolás függvényében szinte elképzelhetetlenül részletes felszínt írnak le. Megfelelő felbontás mellett a korábbi térképeken egységes, generalizált jelekkel ábrázolt domborzati formák helyett valós adatokat tartalmazhat. Talán még fontosabb előnye e rendszernek, hogy a geomorfológiai elemzésekhez szükséges különféle származtatott térképeket, adatokat, mint pl. a lejtőhajlás, -kitettség és -törés, hidromorfológiai paraméterek objektív és automatikus módon állítja elő. Hátrányuk, hogy nem állnak rendelkezésre bármely kiválasztott földrajzi helyről kellő részletességgel. Pl. egy 90 méteres felbontású globális modell értelmezhetősége meg sem közelíti a részletes geomorfológiai vizsgálatokhoz használt 1:10000 méretarányú topográfiai térképekét. Sőt, jelenleg még leginkább a régi szintvonalas térképek digitalizálásával állítjuk elő e digitális állományokat.

Az alábbiakban a felszínelemzési eljárásokban leggyakrabban használt digitális magassági rendszereket tekintjük át. Az adatok modellbe foglalása során a vízszintes sík egy-egy pontjához magassági értéket rendelünk, amely leírja az adott domborzat magassági viszonyait. A magassági adatrendszerekre vonatkozóan több egymással (tévesen) szinonimaként használt alapfogalom is elterjedt, mind magyarul, mind angolul.

1.2. táblázat - A digitális magassági adatok és modellek angol és magyar elnevezései, valamint rövidítései

Angol rövidítés	Angol teljes név	Magyar rövidítés	Magyar teljes név
DEM	Digital Elevation Model	DMM	Digitális Magassági Modell
DSM	Digital Surface Model	DFM	Digitális Felszín Modell
DTM	Digital Terrain Model	DDM	Digitális Domborzati Modell
DCM	Digital Contour Model	DSzM	Digitális Szintvonal Modell

A geomorfológiai vizsgálatokban gyakran használt SRTM (*Shuttle Radar Topography*), illetve ASTER GDEM e csoportok egyikébe sem sorolható be [Ryotaro – Wataru 2010]. A digitális magassági rendszereket GIS szoftverek segítségével geomorfometriai vizsgálatokra használjuk. E vizsgálatok a hagyományosan alapvetően kvalitatív klasszikus geomorfológiai elemzéseket kvantitatív adatokkal elemzésekkel támasztják alá.

Az DDM-ek előállításánál során az alábbi három adatforrás típust különíthetjük el [Wilson – Galant 2000].

7.3. Magassági pontok

Felszínspecifikus magasságpont adatokról beszélünk akkor, ha a domborzat, valamint a felszíninformák legjellemzőbb pontjairól gyűjtünk adatokat [Clarke 1990]. Általában kisebb vízgyűjtő-területek, vagy korlátozott nagyságú kutatási területek felszíni felmérése során állítunk elő ilyen adatokat. A pontszerűen megjelenő adatok közötti interpolációt leggyakrabban TIN segítségével végezzük. Terepi felmérések során gyűjtött adatok élessége és pontossága meghaladja az egyéb felmérésekből gyűjtöttéket.

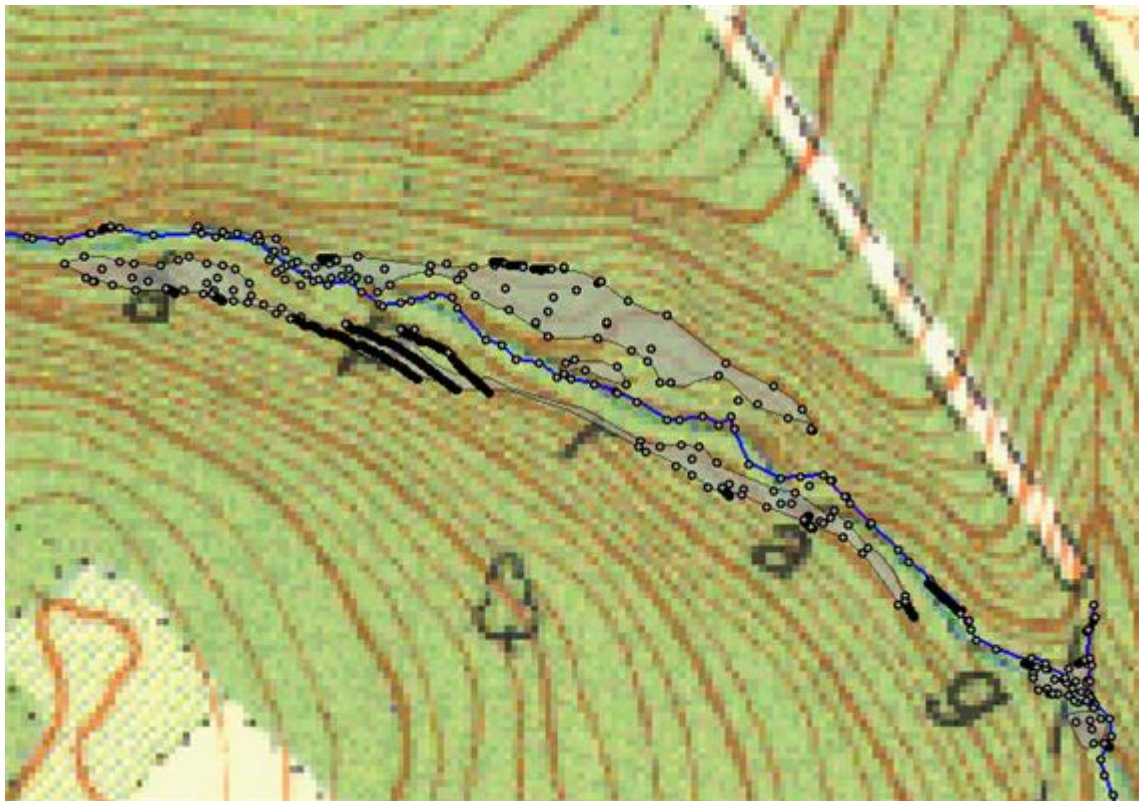
Az 1990-es évektől elterjedté váló GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) rendszerek használata a terepi felméréseknél elengedhetetlen. A kezdeti GPS műholdak mellett megjelentek a Glonass, Galileo és Compass

helymeghatározó rendszerek is. A terepi munka során egy készülékkel hozzávetőlegesen 5–10 m pontossággal gyűjthetünk adatokat. A DGPS rendszerek már két vevőegységből (bázis és rover) állnak, amelyek segítségével a mérések cm, illetve szubcentiméter pontossággal végezhetőek. E készülékekkel lehetséges valós idejű statikus vagy kinematikus (RTK) precíziós mérések végzése, illetve a terepi felvételezés eredményeit utólagosan is korrigálhatjuk (*post-processing*). A felszinformák jellemző pontjainak mérésére az egyik legegyszerűbb felépítésű műszer az analóg vagy digitális szintező (*digital leveler*). Ennek segítségével távolságot és magasságkülönbséget határozunk meg, a műszer középpontjához képest. Szinte minden szintezőberendezés képes horizontális irányszögmeghatározásra is, azonban ennek pontossága ($0,5-1^\circ$) általában nem felel meg a felmérés során támasztott elvárásoknak. Így az ilyen berendezések nagy pontosságú, főleg vonalmenti magasságkülönbségek mérésére alkalmasak. A digitális változat általában lézer segítségével, vonalkódos szintezőlécről végez mérést, amely a leolvasási hibát kiküszöbölve tovább csökkenti a felmérés során előforduló tévedéseket

A horizontális, valamint vertikális szögek mérésére alkalmas műszerek az analóg és digitális teodolit, valamint az ún. total station (TS). Ez utóbbi műszerrel X, Y, Z koordináták nyerhetők a felszinformáról (1.3. ábra). Segítségével néhány mm-es pontosságú mérések végezhetőek.

Az utóbbi évtizedben terjedt el a felszíni lézerszkennelés (*Terrestrial Laser Scanning – TLS*), amellyel néhány száz, esetleg km-es távolságból lehet felszíni adatokat gyűjteni szubcentiméteres pontossággal [Oguchi et al. 2011]. A módszer elterjedését azonban jelntősen korlátozza a felvett adatokból fakadó kimondottan nagy fájl méret, az eszköz relatív magas ára, valamint az, hogy a mérés során nemcsak a földfelszín pontjairól, hanem az azt borító növényzetről is történik adatgyűjtés.

1.3. ábra - Total station-nel felmért patakeraszok és vízfolyás (a körök a felmért pontokat jelölik).

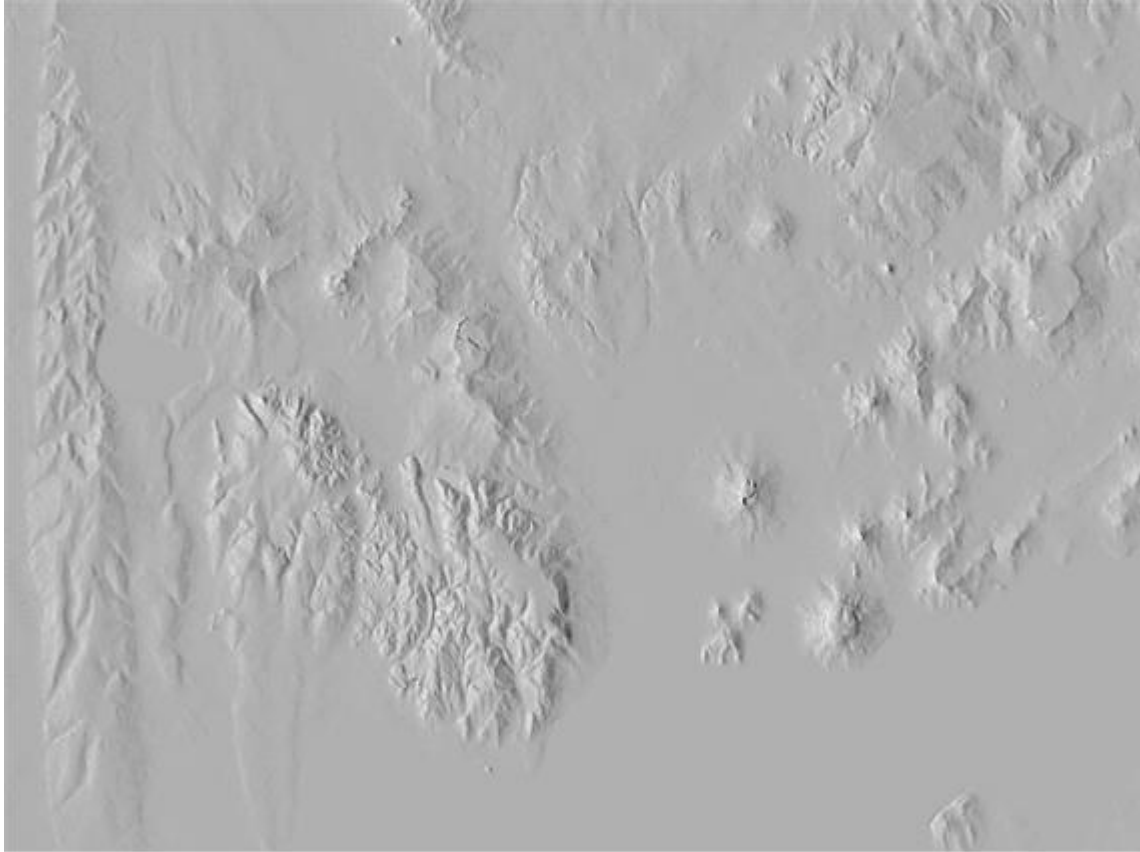


7.4. Szintvonalak

A szintvonalakból származó adatokat (DSZM) használjuk leggyakrabban a domborzat reprezentálására. Ezeket az esetek túlnyomó többségében a topográfiai szintvonalak digitalizálásával, ritkábban fotogrammetriai eljárásokkal állítjuk elő. A topográfiai térképek rendelkezésre állása miatt széleskörűen elterjedt adatforrásról van szó. A szintvonalak felszínábrázolásának sajátosságait az ezekből épített DDM-ek is hordozzák. A leggyakrabban előforduló problémát az enyhe lejtésű felszínrészek értelmezése jelenti, hiszen itt a szintvonalak

meglehetősen távol húzódnak egymástól és ez az interpoláció végeredményében is nagyfokú bizonytalanságot eredményez. Hazánkban általában az 1: 10 000 és 1: 50 000-es méretarányú topográfiai térképen alapuló DDM-et használjuk (1.4. ábra). Előbbi 5, míg utóbbi 10 méteres horizontális felbontással vásárolható meg. A fent említett interpolációs hiba itt főként az ún. teraszhatásban [Márkus 2010] jelenik meg.

1.4. ábra - 1 : 50 000-es topográfiai térkép szintvonalaira épülő domborzatmodell. (Az alapadatok forrása: MH Tóth Ágoston Térképészeti Intézet DDM-10)



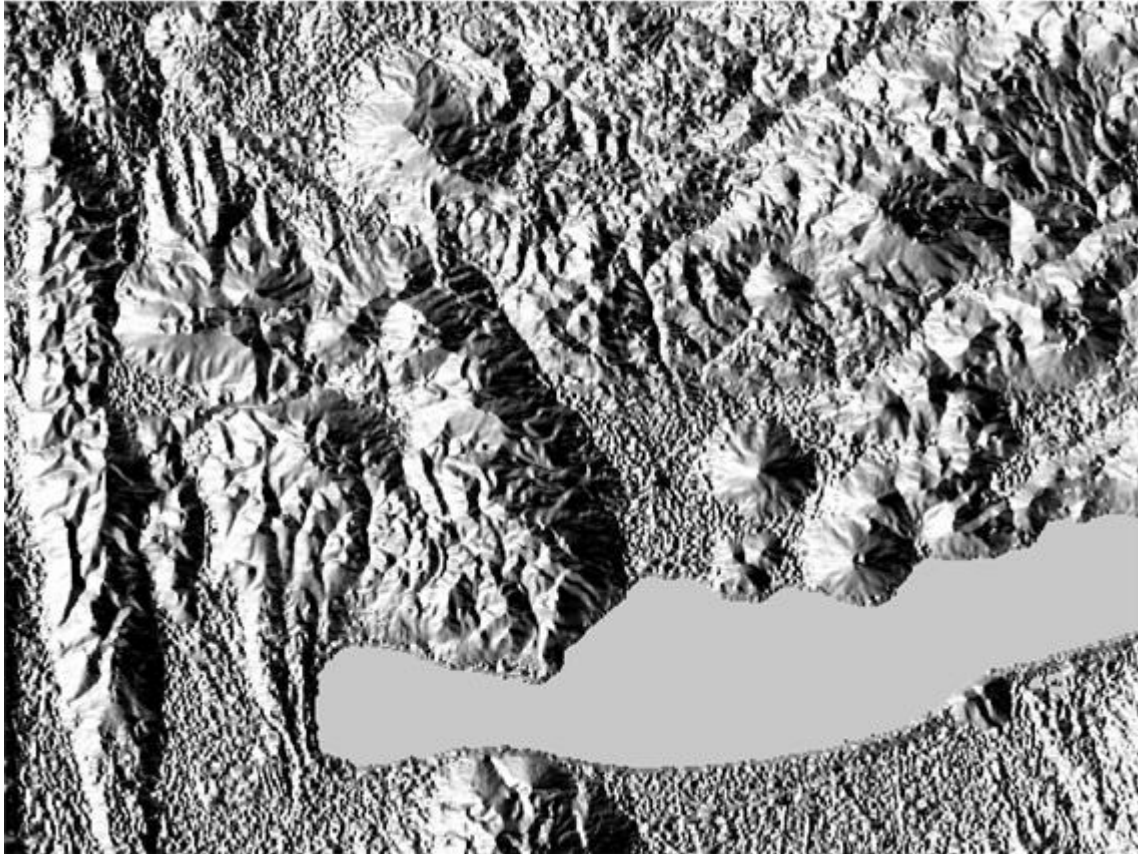
7.5. Távérzékelés

A távérzékeléssel előállított topográfiai adatok többféle eljárással gyűjthetők. A legrégebben és legszéleskörűbben használt módszer a légi felvételezés [Kelly et al. 1977, Wilson – Galant 2000], amellyel gyűjtött adatokat fotogrammetriával értékelik ki. Az 1970-es évektől egyre szélesebb körben állnak rendelkezésre a különböző radarfelvételek. Ezek közül talán a legelterjedtebb az SRTM, amely az északi félteke 60° és a déli félteke 57° között készült 1 és 3 szögmásodperc felbontású adatokat tartalmazza (1.5. ábra). A felvételezés során, illetve az adatokban a talaj (talajnedvesség), a vízfelületek, a növényzet mind megjelennek és adatot szolgáltatnak. Ezek a felszínelemzésekben mint zavaró tényezőként, hibaként jelennek meg, így eltávolításuk, szűrésük nagy fontosságú. A 3 szögmásodperc felbontású szelvények ingyenesen elérhetők, nagy léptékű morfológiai elemzésekben jól használhatóak.

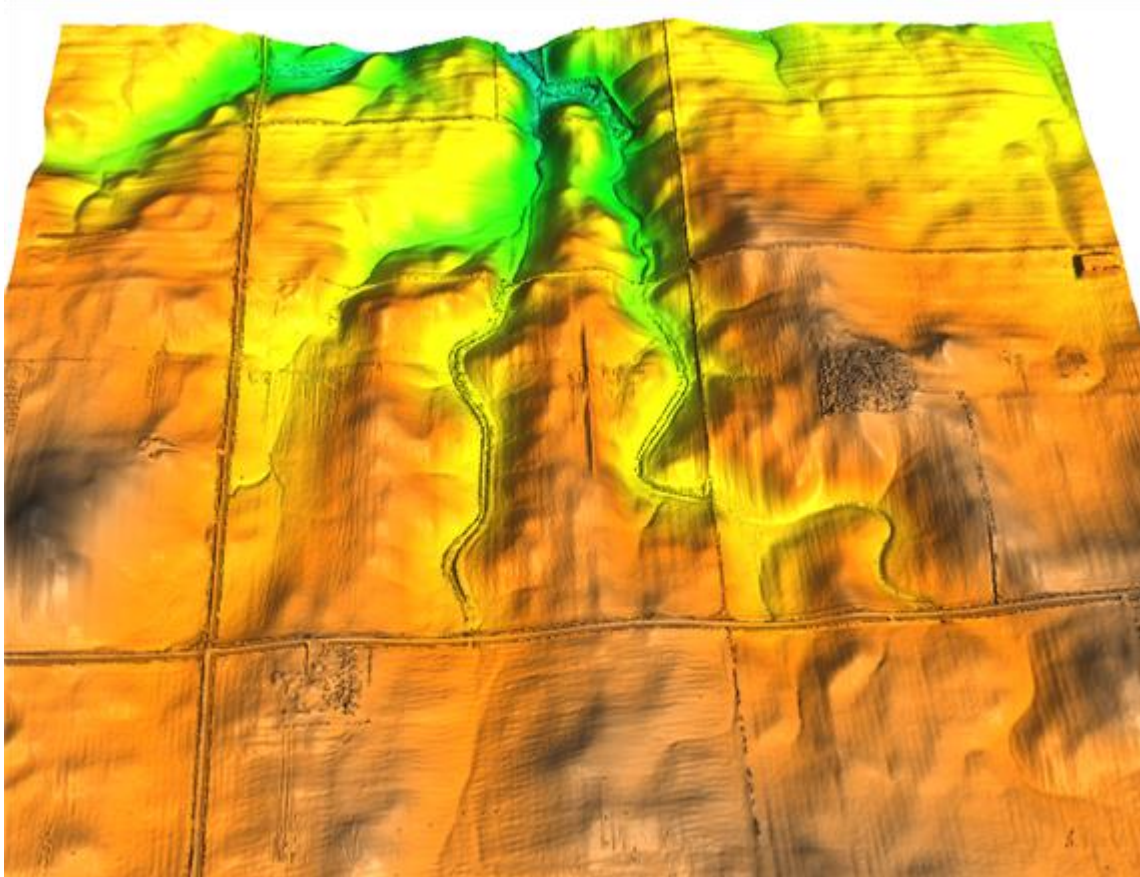
2011 második felétől elérhetők az ASTER GDEM V2 globális domborzatmodell lapjai, amelynek adatait fotogrammetriai módszerekkel állították elő. A modell Lat/Lon (szélesség/hosszúság) koordinátákkal van ellátva, felbontása horizontálisan 1 szögmásodperc (~31 m), míg vertikálisan 1 m. Szelvényei az északi és déli szélesség 83°-a közti területet fedik le. A mérés során létrejövő hibák hasonlóak, mint az SRTM esetében. A levegőből (repülőgépről, vagy helikopterről), lézerrel végzett adatnyerés (szkennelés) (LIDAR – *Light Detection and Ranging*) az utóbbi évtizedben vált elterjedté. A technológia tetemes költségei miatt azonban hazánkban csak ritkán végeznek ilyen felmérést (1.6. ábra). A lézeres domborzati adatgyűjtés a fentebb ismertetettekhez képest rendkívül hatékony eljárás, hiszen nemcsak a felszínről, hanem a felszínborításról is adatokat szolgáltat (ezek egymástól jól elkülöníthetők, szemben a korábbiakkal). Geomorfológiai szempontból ez utóbbi zajként, valamint hibaként értelmezendő. A felmérés eredménye egy ponthalmaz, amelyből interpolációs eljárások segítségével készíthetünk DDM-t. A felmérés és a DDM felbontása csupán néhány cm-es.

A geomorfometriai elemzéseket leggyakrabban a grid alapú (raszteres elven felépülő) DDM-eken végzünk. Emellett azonban elterjedtek, a már említett TIN (*Triangulated Irregular Network*) eljárással készült DDM-ek is.

1.5. ábra - 3 szögmásodperc felbontású SRTM felvételből készített árnyékolt domborzatmodell. (Az alapadatok forrása: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>)



1.6. ábra - 1 méteres horizontális felbontással interpolált lidar felvétel, amelyen jól elkülöníthetők a fontosabb természetes (kisebb facsoportok stb.) és antropogén elemek (utak, farmok). Az alapadatok forrása: Iowa Lidar Mapping Project <http://geotree2.geog.uni.edu/lidar/>



8. Önellenőrző kérdések

1. Sorolja fel a modern elemző geomorfológiai kutatás alap koncepcióját!
2. Ismertesse röviden a nemzetközi geomorfológiai térképezés jeles iskoláit!
3. Ismertesse röviden a magyar geomorfológiai térképezés fejlődését!
4. Milyen tartalmú információkat hordoz a magyar geomorfológiai térkép a térképezett területre vonatkozólag?
5. Milyen tartalmú információkat tartalmaz a mérnökgeomorfológiai térkép?
6. A fejezetben ismertetett modellek mindegyike szolgáltathat a geomorfológiai térképezés során felhasználható információkat?
7. Vajon a részletesebb (igen jó felbontású) LIDAR adatok felhasználása célszerűbb a jóval gyengébb SRTM adatokénál?

2. fejezet - A geomorfológiai térkép készítésének tervezése, hagyományos lépései

1. Bevezetés

E fejezetben a geomorfológiai térképek készítésének lépéseivel ismerkedünk meg. Ezek alapvetően hagyományos eljárások, melyek eredménye a manuális – ha úgy tetszik – kézzel rajzolt geomorfológiai térkép. A tervezéstől a gyakorlati lépésekig minden részletre kiterjedően, – a végén interaktív animáció segítségével – tekintjük át a folyamatot.

Szükséges alapismeretek:

- Csillagászati földrajz és térképészeti alapok;
- Geoinformatikai alapismeretek;
- Térképtan és távérzékelés.

Felelevenítendő fogalmak:

- méretarány
- topográfiai térkép
- tematikus térkép
- lejtős tömegmozgások
- DEM
- GPS
- mérőállomás
- konkáv lejtő
- konvex lejtő
- relatív relief
- morfometria
- meander
- műholdkép
- radarkép
- lejtőhajlás
- lejtőalap
- szintvonal
- elegyengetett felszínek

1.1. Kulcsszavak

2. Alapok

Mivel jelenleg a napi gyakorlatban készülő, különböző típusú “probléma-orientált” geomorfológiai térképek általában kisebb – nagyságrendileg egytől néhány tíz km² nagyságú – területet ábrázolnak, ezért a térképkészítés menetét a részletes geomorfológiai térkép készítésének munkafolyamata alapján kerül tárgyalásra. A részletes geomorfológiai térkép szerkesztése 4 fő lépésre bontható:

- a térképezés (projekt) tervezése;
- előkészítési fázis: adatok, alapanyagok beszerzése;
- terepi geomorfológiai térképezés;
- végső irodai munkafázis.

3. A projekt tervezése

A sikeres részletes geomorfológiai térkép elkészítéséhez alaposan át kell gondolni, hogy az adott terület milyen módon alakult ki és fejlődött a mai állapot eléréséig, annak érdekében, hogy a megfelelő eszközöket választhassuk az elemzéshez.

Az alábbi lépések végiggondolása szükségszerű:

- a vizsgált terület kiválasztása és határainak pontos kijelölése, ezzel együtt a terület méretének és a vizsgálat céljának megfelelő méretarány kiválasztása (1:25 000, 1:10 000 vagy részletesebb);
- a kiválasztott terület és szűkebb környezetének geomorfológiai tárgyú, vagy a geomorfológiát is érintő szakirodalmának összegyűjtése, mind a publikált (fontosabb források: Földrajzi Közlemények, Földrajzi Értesítő), mind a kéziratok tanulmányok körében; a hazai szakirodalmak egy jelentős része az egykori MTA FKI (ma MTA CSFK FI), az FTV, a MÁFI (ma MFGI) és az egyes egyetemek földrajzi kutatóhelyeinek könyv- és levéltárában található kéziratok formájában;
- a terület felszínfejlődési és geomorfológiai problémájának meghatározása (pl. felszínmozgással súlytott-e a terület, lejtős területű szántóról van-e szó, ahol gyorsan fejlődik, változik a felszín, vagy éppen bányászati tevékenységgel háborgatott-e a terület stb.);
- az elérhető nagy méretarányú topográfiai térképek vizsgálata, részletességük ellenőrzése;
- a rendelkezésre álló tematikus térképek (pl. geológiai, biogeográfiai vagy talajtani) beszerzése, értékelése;
- a terület elérhető légi- és műholdfotóinak vizsgálata, értékelésük a térképezés szempontjából;
- a felszín alatti rétegekre vonatkozó adatok beszerzése, ún. földtani felmérések, fúrások, geofizikai adatok, vízföldtani adatok stb.;
- esetlegesen feltárások létesítése, illetve lehetőségének felmérése, helyének előzetes, tervezett kiválasztása;
- munkaterv készítése;
- pénzügyi terv készítése.

2.1. táblázat - A fenti szövegrészben használt intézményi rövidítések feloldása és a kutatóhelyek honlapja, ha releváns.

Rövidítés	Teljes név	Honlap	
MTA FKI	Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutató	–	

Rövidítés	Teljes név	Honlap	
	Intézet		
MTA CsFK FI	Magyar Tudományos Akadémia Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Földrajztudományi Intézet	http://www.mtafki.hu/	
FTV	Geotechnikai, Geodéziai és Környezetvédelmi Zrt. (A Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat jogutódja)	http://www.ftvzrt.hu/	
MAFI	Magyar Állami Földtani Intézet	–	
MFGI	Magyar Földtani és Geofizikai Intézet	http://www.elgi.hu/	

4. Előkészítési fázis

4.1. A topográfiai térképek geomorfológiai elemzése

A geomorfológiai térkép készítéséhez szükséges több alaptérkép, mind az irodai, mind a terepi munkához. A vizsgált terület topográfiai adatainak elsődleges forrása még napjainkban is a többféle méretarányban készült topográfiai térképek. A különböző digitális források (pl. globális DEM-ek, légifotók, felszín szkennelő eljárások) csak a korlátaik ismeretében és megfelelő előkészítés, tisztítás után használhatók. Legjobb eredmény az analóg, ún. hagyományos és a modern digitális források kombinációjából érhető el, ha szükséges, akkor saját terepi felméréssel kiegészítve (pl. mérőállomás, GPS). Hazánkról részletes topográfia térképek a FÖMI (Földmérési és Távérzékelési Intézet) adatbázisában érhetők el, hagyományos, vagy digitalizált változatban. Ugyanitt szerezhetünk be digitális magassági modellt a vizsgált területről. Az elérhető szelvényeket és modelleket az alábbi honlapon lehet kiválasztani: <http://www.fomi.hu/portal/index.php/kezdoldal>

A topográfiai térképeken az alábbi vizsgálatokat érdemes elvégezni [Demek 1972]:

- általános morfológiai elemek jellemzői a vizsgált területen;
- a konkáv (homorú) és konvex (domború) formák térbeli elterjedése, valamint az abszolút magasságok és a relatív relief vizsgálata;
- szerkezeti elemek, úgymint egyenes lejtők, egyenes futású völgyszakaszok és süllyedékek, valamint földtani-szerkezeti formák és sziklafelszínek (kőzetminőség) elterjedése;
- a vízgyűjtőterületek jellemzése:
 - a völgyhálózat morfológiai jellemzői, kapcsolata a kőzetekkel és a szerkezettel;
 - a völgyhálózat sajátosságai, úgymint fonatos medrek megjelenése a völgyben, szezonális vízfolyások alakította völgyek vagy a völgyaszimmetria;
 - a vízfolyások vízhozama;
 - a folyókanyarulatok és meanderek, a magaspartok (alámosások) megjelenése;
- a növényborítottság jellemzői;
- az út- és vasúthálózat szerkezete;
- a települések elhelyezkedése.

4.2. A távérzékelési adatok használata

Az előző fejezetben a távérzékeléssel nyert adatokról már szoltunk. Ezek használata még a kézi (hagyományos) geomorfológiai térképek rajzolásakor is elengedhetetlen. Egy jó műholdkép vagy légifotó vizuális interpretációja a térkép készítésének minden lépésében segítségünkre van. Kezdve a kiváztott terület topográfiai térképének frissítésétől a részletes formák, illetve szerkezeti összefüggések leírásán át, egészen a tájhasználat változásáig. Maga a terepi térképezés sem tervezhető meg e nélkül. Ma már általános célú, szabadon hozzáférhető interaktív felvételek érhetők el a világhálón (<http://maps.google.com>), valamint egyes cégek (Apple, Nokia) saját térképes alkalmazásokat fejlesztettek telefonos navigációs rendszerükhöz.

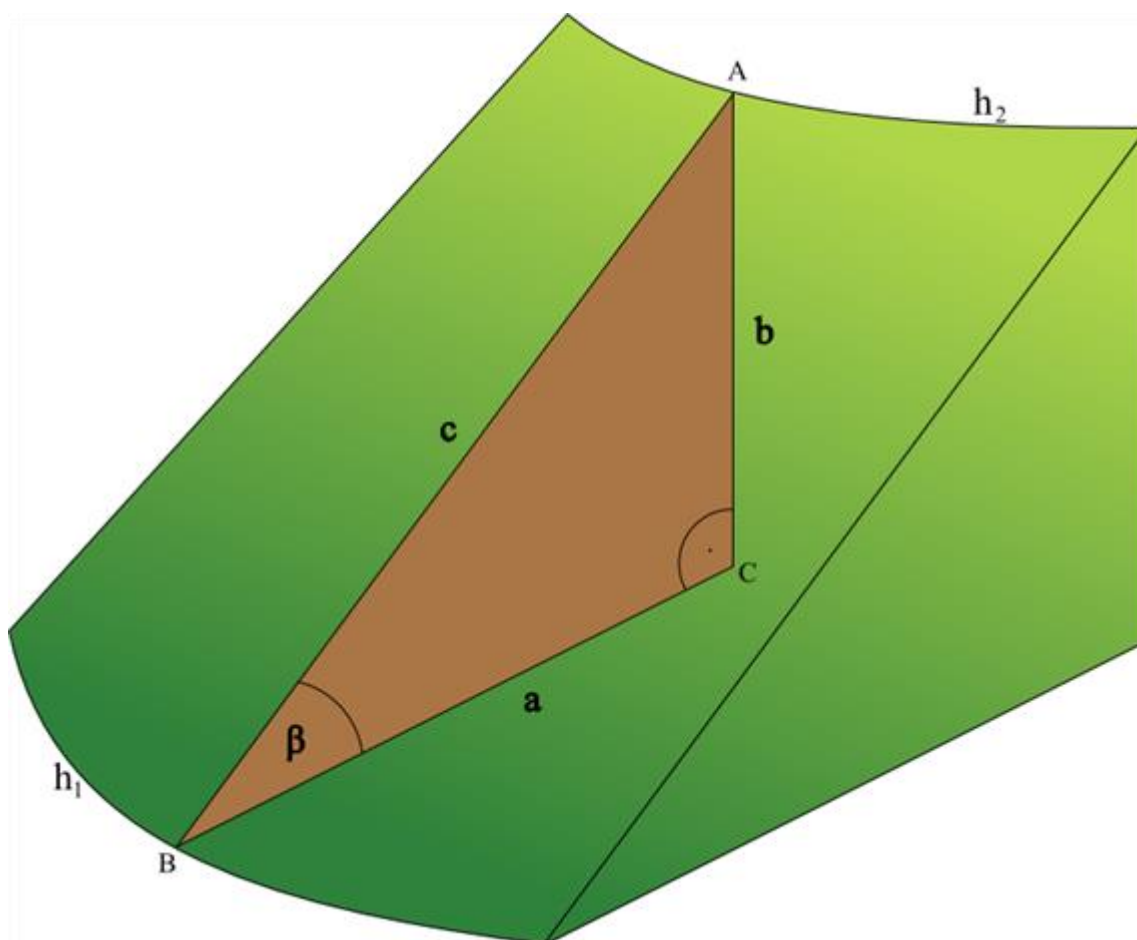
Külön csoportját alkotják az ilyen adatoknak a légifotók, melyek közt a részletes geomorfológiai vizsgálatokban a nagy felbontású (akár 18 megapixeles) digitális kamerával ellátott, kis magasságban működő rádiótávírányítású (RC) repülőgépek vagy helikopterek kiemelkedő hatékonysággal és gyorsasággal szolgáltatnak adatokat. Jelentőségük abban van, hogy a felvételekkel nem csak az aktuális domborzati viszonyokat tanulmányozhatjuk, hanem a múlt felszíni vetületeként az elmúlt évszázadok, évezredek formáit is, mintegy bepillantva a recens felszín alá.

4.3. Morfografikus és -metrikus térképek készítése

4.3.1. A lejtőhajlás

A vizsgált terület lejtőszög térképe az alapja minden általános geomorfológiai térképnek. A lejtőszög meghatározása hagyományos módon történhet a lejtőalaplammértékkel, domborzati metszetek szerkesztésével, trigonometriai számításal (2.1. ábra és 2.1. egyenlet).

2.1. ábra - A lejtőháromszög általános képe, ahol a = az adott két pont (B;A) távolsága [m]; b = a két pont magasságkülönbsége [m]; c = a lejtő hossza [m], amennyiben egyenes; h_1 , h_2 = a két határoló szintvonal magassága [m] β = lejtőszög [°].

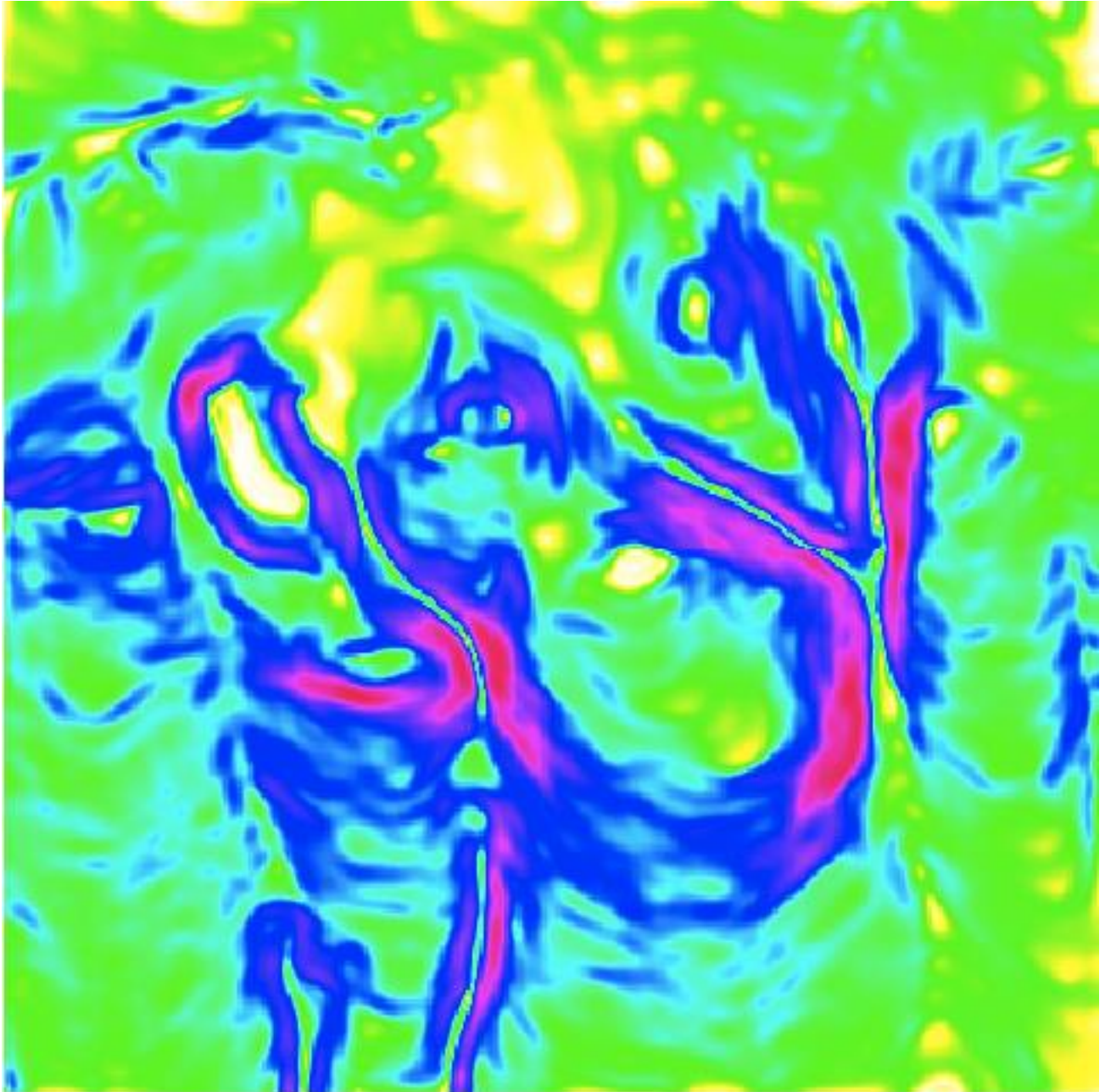


2.1. egyenlet - Az adott lejtő (BA) vízszintessel bezárt szögének kiszámítása.

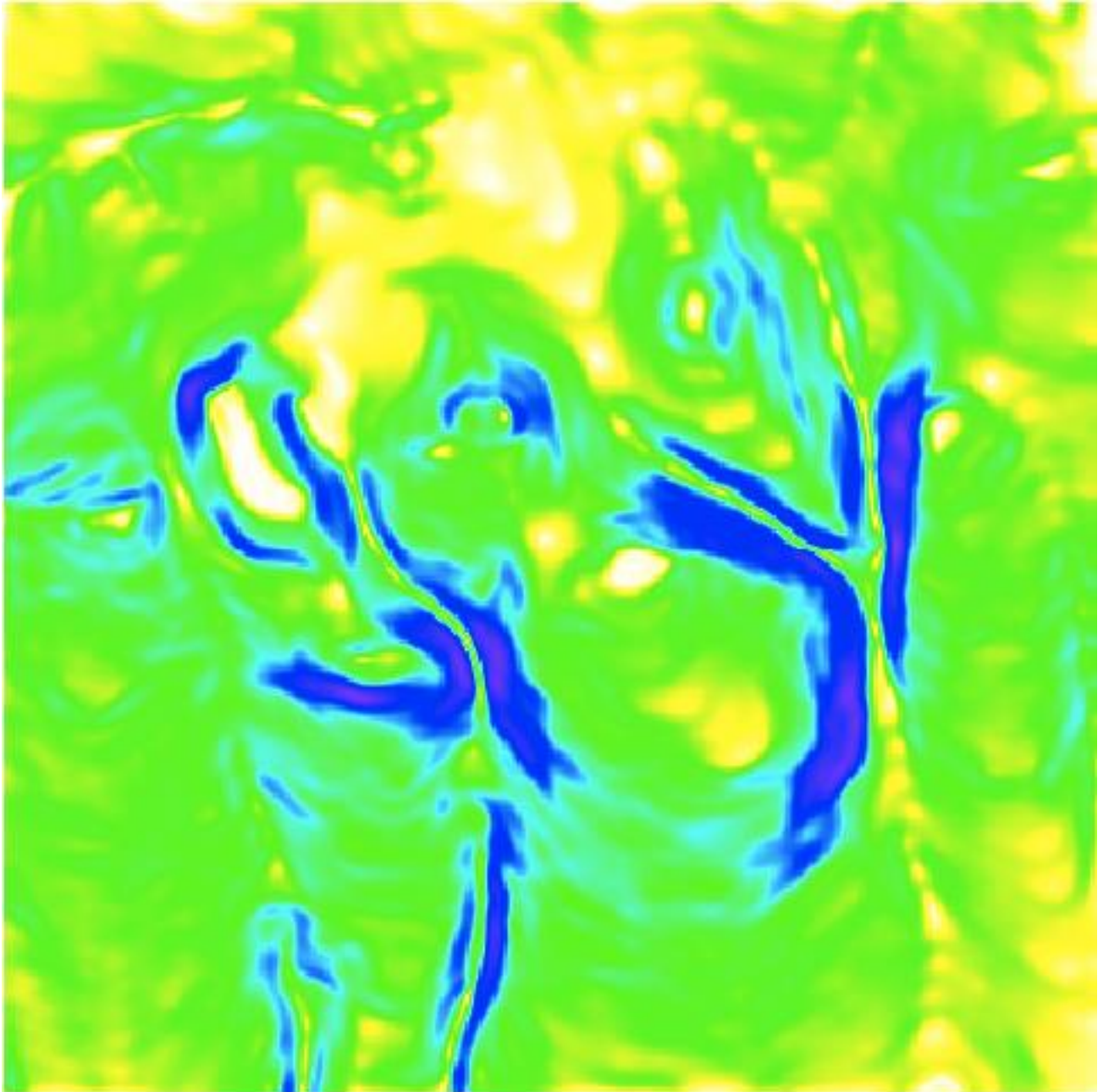
$$\beta = \arctg \frac{(h_2 - h_1)}{a}$$

A modern számítógéppel segített térképezési eljárásokban a DDM-ből derivált érték a lejtőhajlás térkép.

2.2. ábra - GRASS GIS 6.4.5 szoftver segítségével készített lejtőhajlásterkép [%] adott mintaterületről.



2.3. ábra - GRASS GIS 6.4.5 szoftver segítségével készített lejtőhajlásterkép [°] adott mintaterületről.



A hagyományos eljárásokban az azonos lejtőhajlással rendelkező pontokból kialakuló izovonalakból állt össze a térkép. E pontokat az alap szintvonalak közötti távolságból lehet származtatni. A lejtőhajlás akár százalékban (száz méterre vetített magasságváltozás), akár fokban kifejezhető. Hazánkban hagyományosan fokban használatos az általános geomorfológiai térképeken, valamint az építőipari, mérnökgeomorfológiai megközelítésekben és százalékban a mezőgazdasági témájú ábrázolásokban. A lejtőalap egyszerűen leolvasható a térképi távolságból, a lejtőmagasság pedig a szintvonalakból. A lejtő hossza pedig számítható az alábbi összefüggésből:

2.2. egyenlet - Az adott lejtő (BA) hosszának kiszámítása.

$$c = a \cdot \frac{1}{\cos \beta}$$

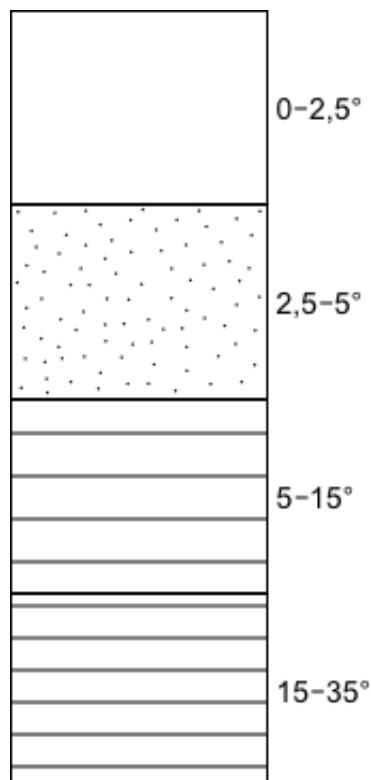
Ez természetesen csak az egyenes lejtőszakaszokra érvényes. Különböző területeken, országokban igen eltérő lejtőkategóriákat használnak a lejtőhajlás jellemzésére. **Scholz (1972)** szerint az alábbi kategóriákat lehet elkülöníteni a részletes geomorfológiai térképeken.

2.2. táblázat - Lejtőkategóriák a részletes geomorfológiai térképekhez Scholz (1972) alapján.

Lejtőkategória (°)	Megnevezés	Lejtőkategória (%)	A lejtőhossz és a - magasság aránya
0 – 0°30'	sík	–	–
0°30' – 2	enyhén lejtő	0,87 – 3,5	114,6 – 28,6
2 – 5	enyhén hajló	3,5 – 8,7	28,6 – 11,4
5 – 15	jelentősen hajló	8,7 – 26,8	11,4 – 3,7
15 – 35	meredek	26,8 – 70	3,7 – 1,4
35 – 55	nagyon meredek	70 – 143	1,4 – 0,7
55 – 90	függőleges	143 – ∞	0,7 – 0
90 –	túlhajló	–	–

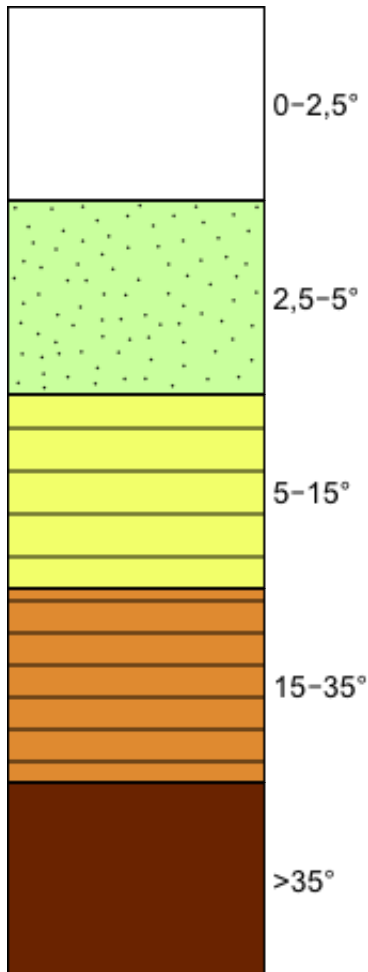
A hazai alkalmazásokban ettől jelentősen eltérő kategóriákat és jelkulcsot lehet találni. A lejtőszög térkép segítségével azonosíthatók a meredek lejtők, az elegyengetett felszínek, völgyi aszimmetriák stb. A határozott lejtőszög változás, lejtőátmenet (7. jel – 4.1. ábra) utal a formákat kialakító folyamatok megváltozására. A völgymélységi térképpel és a völgyssűrűség térképpel együtt a lejtőleöblítés és a lineáris erózió mértékéről, azaz a talajerózióról tájékoztat. A lejtőtérkép hasznos a klíma-morfogenetikus régiók jellemzésénél, a talajképződés vizsgálatánál, a jelenlegi felszínfejlődési folyamatok intenzitásának értelmezésénél. A lejtőhajlás térkép különböző kvantitatív elemzésekkel értékelhető: pl. az azonos lejtőkategóriába tartozó területek aránya számítható. A számítógéppel segített eljárásokban (GIS) mindez könnyen és gyorsan számolható (ld. 3. fejezet).

2.4. ábra - A magyar mérnökgeomorfológiai térképeken alkalmazott lejtőkategóriák fekete-fehér megjelenítéssel [Balogh – Schweitzer 1996].

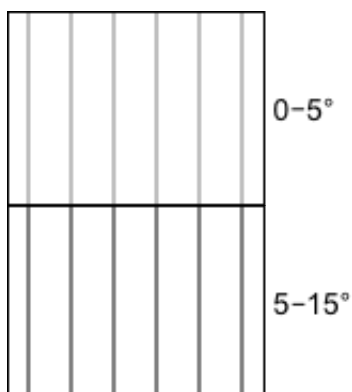




2.5. ábra - A magyar mérnökgeomorfológiai térképeken alkalmazott lejtőkategóriák színes megjelenítéssel (Balogh – Schweitzer 1996).

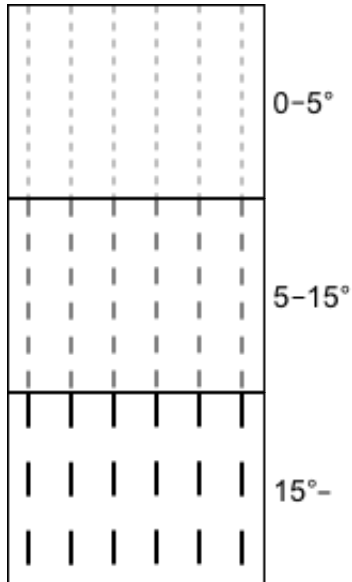


2.6. ábra - A részletes magyar geomorfológiai térképek ajánlott jelkulcsa a különböző lejtőkategóriákra (Pécsi et al. 1963): épülő, akkumulációs lejtők.

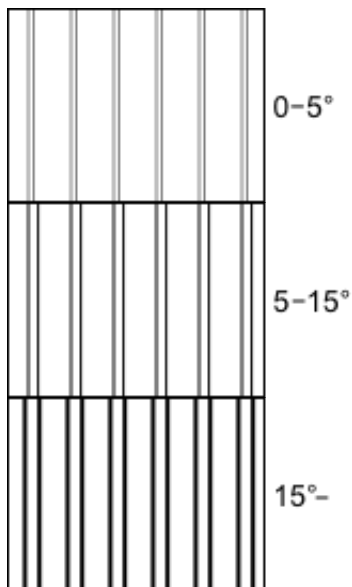




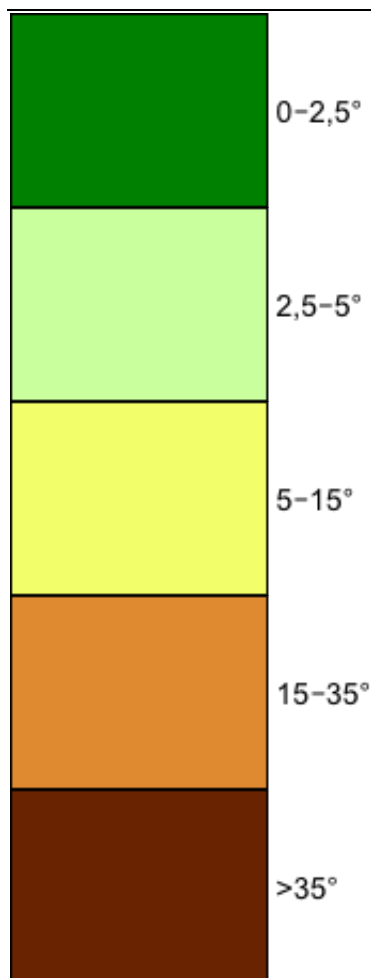
2.7. ábra - A részletes magyar geomorfológiai térképek ajánlott jelkulcsa a különböző lejtőkategóriákra (Pécsi et al. 1963): pusztuló lejtők.



2.8. ábra - A részletes magyar geomorfológiai térképek ajánlott jelkulcsa a különböző lejtőkategóriákra (Pécsi et al. 1963): stabilis lejtők, sziklás lejtők.



2.9. ábra - A magyar részletes geomorfológiai térképeken alkalmazott lejtőkategóriák színes megjelenítéssel a formajelek alatt (Schweitzer 1992).



4.3.2. Reliefenergia térkép

Egy adott domborzat abszolút magassági adatai sok esetben kevés információt árulnak a domborzatfejlődést befolyásoló geomorfológiai folyamatokról. Sokkal inkább érdekes, hogy az adott területen, lokálisan vagy regionálisan, milyen magasságkülönbségeket észlelünk. Hagyományosan több módszert használtak az értékek megállapítására. Hazánkban a nemzetközi ajánlásoknak megfelelően az ún. négyzetháló alapú értékelés terjedt el. Nagy mértetarány esetében 1 km²-es hálót fektettek a topográfiai térképre és leolvasták a pozitív felszínformák (gerincek, háta, tetők) maximális magasságát ($H_{\max}$), majd megállapították a negatív felszínformák minimális mélységét ($H_{\min}$) és a kettő különbségéből kapták meg a relatív relief (R) értékét:

$$R = H_{\max} - H_{\min}$$
 Természetesen nem minden méretarányban és nem minden típusú domborzat esetében van értelme a km²-enkénti számításnak, ezért bevett gyakorlat a 4 km²-es, valamint a 16 km²-es négyzetháló alkalmazása. Ez utóbbi esetén a domborzat az alábbi kategóriákra osztható [Kurdnovská 1969]:

2.3. táblázat - Domborzattípusok a relatív relief függvényében

0	–	30	m	sík
30	–	75	m	enyhén hullámos dombság
75	–	150	m	felszabdalt dombság
150	–	200	m	enyhén hullámos középhegység
200	–	300	m	felszabdalt középhegység

A geomorfológiai térkép
készítésének tervezése,
hagyományos lépései

300	–	450	m	enyhén hullámos hegység
450	–	600	m	felszabdalt hegység

Hazánkban az alföldi területeken 5–10 m/km², a dombsági területeken 50–100 m/km² és a középhegységi területeken 100–250 m/km² között változik a relatív relief értéke.

4.3.3. A lejtőhajlás és a relatív relief közötti korreláció

Az 1 km²-re jellemző átlagos lejtőhajlás, abban az esetben számítható ki, ha a reliefenergia értéke az 1 km oldalhosszúságú négyzet átlójának felére vonatkozik. Ugyanis két pont közötti legnagyobb távolság nem lehet több egy ilyen négyzetben több mint $\sqrt{2}$ km, azaz a négyzet középpontjából mért maximális távolság kerekítve 707 m. A 2.1. egyenlet-be helyettesítve az átlagos jellemző lejtőhajlást megkapjuk az 1 km²-nyi terület reliefenergiájának és 707 hányadosának inverz tangens függvényéből. A fentiekből következik az alábbi táblázat:

2.4. táblázat - A reliefenergia és az átlagos lejtőszög összefüggése

0	–	25	m/km ²	=	0°	–	2°
25	–	75	m/km ²	=	2°	–	6°
75	–	150	m/km ²	=	6°	–	12°
>		150	m/km ²	=		>	12°

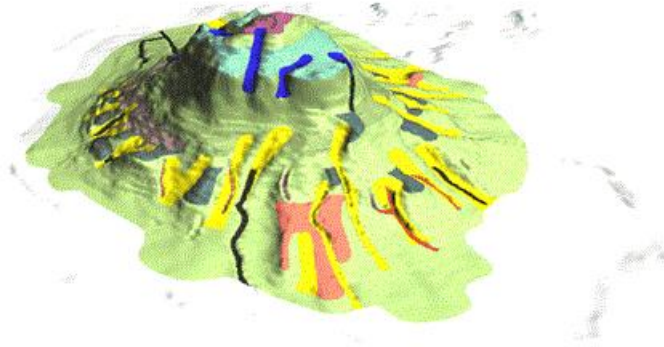
4.3.4. Völgymélység térkép

Az adott völgy legmélyebb pontja (vízgyűjtő vonal) és a vízválasztó közötti magasságkülönbség a legmeredekebb lejtőhajlású lejtőkön. A völgymélység megmutatja a domborzat fejlődésének intenzitását, a különböző völgytípusok jellemzésében elengedhetetlen az értelmezése. Szerkesztése a következő: a vízgyűjtő vonalat és a vízválasztó vonalat összekötő és a szintvonalakra mindig merőleges ún. lejtőirányvonalak (maximális lejtőszög) és az alapszintvonalak metszéspontjait azonos relatív magasságban összekötjük. Külön kell szerkeszteni a völgy mindkét oldalára. Mind a hossz-, mind a keresztmetszvényben bekövetkező morfológiai változásokra következtethetünk belőle.

4.4. Geomorfológiai és topográfiai metszetek

Nagyon gyakori probléma a geomorfológiai térképezés során, hogy az egyes formák, formacsoportok értelmezéséhez meg kívánjuk jeleníteni a domborzat madártávlati képét, azaz, hogy is néz ki valójában a terület, amit a szintvonalak "kusza" hálózata képez le az alaptérképünkre. Ez hagyományosan domborzati metszetekkel, tömbszelvényekkel, újabban 3D megjelenítéssel vagy fly-through interaktív animációkkal, videókkal történik.

2.10. ábra - A Somló digitális domborzatmodelljének 3D animációja, különböző fedvényekkel.



Az általános domborzati metszet készítése során megengedett bizonyos fokú magassági torzítás alkalmazása, tudniillik igen enyhe lejtők, illetve gyenge reliefű domborzat esetében a magasságtorzítás nélküli szelvények egyáltalán nem vagy szinte használhatatlanok. Más a helyzet egy geomorfológiai metszet esetében, ami már több szempontból (közettan, szedimentológia, hidrológia, növényzet stb.) értelmezett és az előbbiekre vonatkozó információt is tartalmazhat, illetve az egyes formákat, formacsoportokat is jelöli. Ebben az esetben nem megengedett a magassági torzítás használata, csak a legszükségesebb mértékben (max. 5-szörös), mert hibás következtetések levonásához vezet (ld. részletesebben In: Balla et al. 1993).

5. Terepi térképezés

A hagyományos geomorfológiai térképek készítésének alapját jórészt a terepi vizsgálatok képezték. Ma már a digitális térképészet eszköztára annyira kibővült, hogy egyes esetekben csökkent ezek jelentősége, azonban az alábbi körülmények miatt teljesen nem hagyható el! A vizsgált terület topográfiai térképén azonosított formák részletessége függ az alaptérkép méretarányától és jelkulcsától. Valójában a részletesnek tekintett [Pécsi 1963] 1:10 000 méretarányú topográfiai térképek sem alkalmasak egyes formák (eróziós vízmosások, karsztos térszínek stb.) megfelelő részletességű ábrázolására, így a lehető legpontosabb rögzítéshez és megjelenítéshez szükséges a terepi megfigyelés, felmérés. Ugyancsak a terepen történhet meg bizonyos formák kialakításában játszott külső- és belső erők szerepének, valamint a jelenlegi felszínfejlődés dinamikájának tisztázása is. Ez összefüggésben áll a formák korának és a felszínfejlődés menetének (irányának) megállapításával, hiszen egy adott terület egység formakincse nem csak recens formákból, hanem korábbi, ma már fosszilisnak tekintett formákból vagy a kettő közötti valamilyen szintű átmeneti formákból áll. A típusos formákat, formacsoportokat, vagy éppen jellegzetes elegyengetett felszíneket kialakító stabil egyensúlyi állapotokat, jelentős változásokkal járó, formaátalakítást végző instabil állapotok (periódusok) választják el egymástól (geomorfológiai küszöbelmélet). Az átalakulás (kiinduló állapot) felismerése és az átformálódás kvantitatív és kvalitatív paramétereinek, a felszínfejlődés lépcsőfokának megállapítása szintén terepi munkát kívánó feladat.

A terepi térképezésnek nem utolsó sorban célja a vizsgált területről rendelkezésre álló topográfiai térkép frissítése (természetes és antropogén folyamatok okozta változások észlelése, a térkép pontatlan ábrázolásának helyesbítése). A terepi felmérés során az első fázisban megrajzolt előzetes formatérképet pontosítjuk. A formák határait az adott lejtőszakaszban hirtelen bekövetkező relatív változások adják. E módszer esetében a rajzolást az alacsonyabb területekkel kezdve végezzük, így először a völgytalpakat, teraszokat, völgyoldalakat és -lejtőket, majd a különböző vízválasztó formákat azonosítjuk. A jól megrajzolt völgyhálózat kirajzolja a domborzat vázát is, mert a vízválasztó idomok, formák kötelezően ezekhez igazodnak. A terepi vizsgálatok során megkeressük a már meglévő természetes vagy a mesterséges feltárásokat, ahonnan szükség esetén mintákat lehet gyűjteni az alapvető laboratóriumi vizsgálatokhoz (szemcseösszetétel, szervesanyag tartalom, karbonáttartalom, vízfellevő képesség vizsgálata, lumineszcens és radiokarbon mérések stb.).

6. Irodai munkafázis

A végső fázisban készre rajzoljuk a geomorfológiai térképet és elkészítjük a térkép magyarázóját, amiben fel tudjuk használni mindazt a dokumentációt, amit áttekintettünk az előkészítési fázisban és vázlatokként megrajzoltunk a további munkafázisokban (pl. lejtőkategória, -kitettség, magasság szerinti osztályozás, völgymélység térkép). A térképrajzoló fázis technikai kivitelezésének részletes leírása nagy segítséget jelent a gyakorlati megvalósításban. Tegyük fel, hogy a vizsgálat helyszínének és a vizsgálat céljának ismeretében már kiválasztottuk a megfelelő méretarányú topográfiai térképet (ld. előkészítési fázis) és a terepi vizsgálatok is megvalósultak már.

A következő eszközök használata jellemző a térképrajzolás során:

- rajztábla,
- pauszpapír,
- ragasztószalag (cellux),
- jó minőségű, puha radír,
- rotring ceruza (0,5–0,3 mm-es),
- a rotring ceruza grafit betéte legyen enyhén puha (javasolt a “B” jelzésű),
- vonalzó,
- számológép.

A topográfiai térképen kívül tehát szükségünk van a területet lefedő méretű pausz papírra, amit a térképre helyezünk és legalább az egyik oldalán (több ponton vagy az oldala mentén végig) ragasztószalaggal (cellux) rögzítünk. Mielőtt elkezdjük a rajzolást a pauszpapíron legalább két átellenes ponton (ez lehet a keretvonalak találkozási pontja vagy a kilométervonalak találkozási pontja) jelölést teszünk, hogy a pauszpapír és/vagy a térképlap elmozdulása esetén a helyes pozícióba tudjuk visszahelyezni a rajzolt térképet a folytatáshoz.

A konkrét térképrajzolás első lépéseként a vízfolyások átrajzolása következik, ami kapcsolódik a korábban elvégzett vízgyűjtő vonalak, egyáltalán a vízgyűjtő idomok meghatározásához. Ennek folytatásaként indul a völgytalpak megrajzolása. Ehhez célszerű kiválasztani a rajzolni kívánt terület valamelyik sarkát. Ettől valamelyik irányban elindulva a térkép vagy térképkivágat szegélyén addig haladunk, amíg el nem érjük az első vízgyűjtő vonalat/idomot. A völgytalpak kirajzolását innen indítjuk, mégpedig úgy, hogy a völgytalp peremén haladunk és menet közben minden mellékvölgyet/teknőt kirajzolunk. A völgyek elágazását a szintvonal ívében megjelenő kettős hullám jelzi. Ezzel az adott vízgyűjtőhöz, illetve részvízgyűjtőhöz kapcsolódó teljes völgyhálózatot megrajzoljuk, melynek végén a völgytalp rajzolásának indulási pontja mellett, a völgytalp túloldalán érünk vissza a térkép szegélyére. Innen a szegélyt követve továbbhaladunk mindaddig, amíg el nem érjük a következő völgytalpat. Kezdődik az újabb völgytalp rajzolása. Ha következetesen a kiválasztott irányban haladunk a térképen és annak pereméről indítjuk a rajzolást, akkor mire körbeérünk a térkép szegélyén, az összes völgytalp kirajzolása megtörténik. Már látható a térkép váza.

Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy egy dombsági vagy alacsony középhegységi területet térképezünk (2.11. ábra). Ebben az esetben a legmagasabb “pontok” tetőfelszínek, melyek leginkább lepusztulási felszínként értelmezhetők. A következő művelet ezeknek a felszíneknek a megrajzolása. Tehát olyan, relatíve magasan elhelyezkedő sík felszínek keresése zajlik, melyeket a topográfiai térkép egymástól távol elhelyezkedő alapszintvonalai jeleznek. Gyakori hiba ilyenkor, hogy a rajzoló a munka során szigorúan ragaszkodik a szintvonal futásirányához. Ezzel szemben akkor járunk el helyesen, ha figyelünk a lejtőátmenetre és ennek vonalában – helyenként a szintvonalak szükségszerű átmetszésével – rajzoljuk meg a felszínt. Itt figyelni kell arra is, hogy ezeken a felszíneken is előfordulnak völgyek (eróziós vagy deráziós völgyek stb.), melyeket nem keresztezhet a felszín peremének vonala. Ha sikerült ezeket a felszíneket megrajzolni, akkor a terület legalacsonyabb és legmagasabb területei kerültek eddig kijelölésre.

A következő lépés a két szint közötti területek vizsgálatához kapcsolódik. A legmagasabb és a legalacsonyabb területeket a különböző típusú lejtők kötik össze. Ezeket a lejtőket több esetben újabb, de kisebb méretű sík felszínek (pl. lejtőpihenő, alacsonyabb helyzetű hegyláb felszín, terasz felszín stb.) vagy vízválasztó idomok (pl.

borda, hegyorr) szakítják meg. A felszínek elkülönítésénél szükségünk lehet lejtőszög számításra is. Miután megrajzoltuk a völgytalpakat, a különböző magasságban elhelyezkedő sík felszíneket és a többi domborzati formát, a lejtőt jelölő vonalak megrajzolása következik. Ezek – a lejtő hajlására és/vagy a lejtőt formáló folyamatokra is utaló jelzéssel ellátott – egyenes vonalak, kivétel nélkül a topográfiai térkép szintvonalaira merőlegesen futó, a különböző magasságban elhelyezkedő felszíneket egymással, illetve a völgytalppal összekötő vonalak. Ha a különböző szintek között meghúzott, lejtőt jelölő vonalak vagy egy szakaszuk nem merőlegesen fut a szintvonalakra, akkor valamit nem jól jelöltünk, vagy nem vettünk észre a térképen. Így a lejtővonalak segítenek a formák helyes megrajzolásában is. Ezzel eljutottunk a vizsgált terület formáinak megrajzolásáig, de még hiányzik az egyik legfontosabb rész, mellyel értelmezhetővé válik a térkép.

A következő lépés tehát a formák, formacsoportok jelkulccsal történő ellátása. Attól függően, hogy mi a térkép célja szükség lehet az antropogén formák (települések, utak, bányák, meddőhányók stb.) jelölésére is. Hogy a geomorfológiai térképünk teljesen kész legyen, szükség van még az égtáj, a méretarány (vonalas aránymérték) és a jelkulcs maradéktalan jelölésére. Mire eljutunk idáig, a kézzel szerkesztett térképünk a munka következtében (radírozás, kezünk dörzsölése) a szürke különböző árnyalataiban “pompázik”. (Már a lejtők, illetve a kitöltő jelkulcs berajzolása előtt érdemes egy kicsit letisztázni (radírozni) a nagyobb felületű kitöltetlen részeket! A pontos és esztétikailag is elfogadható megjelenítés érdekében szükséges a geomorfológiai térkép valamilyen vektorgrafikus programmal (CorelDraw, Inkscape) történő átrajzolása. Ezzel elkészült a kézzel szerkesztett, analóg geomorfológiai térképünk.

A 2.11. ábra mutatja be interaktív animáció formájában egy letisztázott analóg geomorfológiai térkép készítésének, felépítésének menetét az egyes alkalmazott jelkulcs kategóriákon keresztül. A részletes hagyományos geomorfológiai térkép szerkesztésének lépéseit 2.12. ábra foglalja össze. A fejezet utolsó ábráján (2.13. ábra) egy műholdkép és topográfiai térkép alapján, a Felső-Tisza alluviális területéről (Vári) készített animált geomorfológiai vázlat látható.

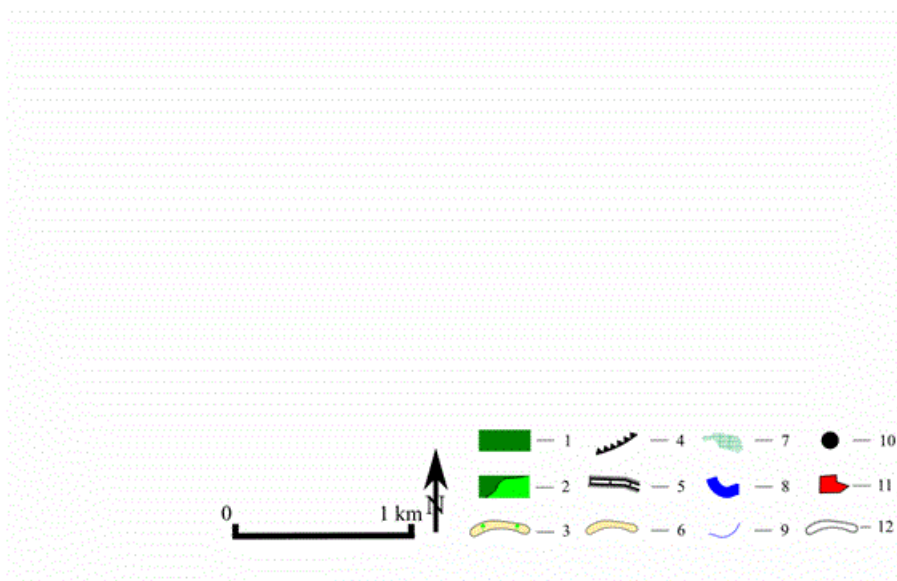
2.11. ábra - Atkár és környékének interaktív geomorfológiai térképe [Fábián et al. 2008].



2.12. ábra - Összefoglaló folyamatábra.

Tervezés

2.13. ábra - Geomorfológiai vázlat Vári felett a Tisza mentén.



7. Önellenőrző kérdések

1. Sorolja fel, milyen eszközök szükségesek a kézi geomorfológiai térkép rajzolásához!
2. Milyen négy fő lépésből áll a geomorfológiai térkép szerkesztése?
3. Milyen vizsgálatokat érdemes a topográfiai alaptérképen elvégezni a térképszerkesztés előtt?
4. Milyen tematikus térképek segíthetik a vizsgált terület geomorfológiai térképének elkészítését?
5. Milyen eszközök szükségesek a hagyományos (analóg) geomorfológiai térkép készítéséhez?
6. Milyen szerkesztési sorrend betartása ajánlott a konkrét térképrajzolás során?

3. fejezet - A geomorfológiai térképezést segítő számítógépes domborzatelemzési eljárások

1. Bevezetés

Ebben a fejezetben megismerkedhet a geomorfológia térképezés során használt számítógépes geomorfometriai módszerek alapvetéseivel. Ezek kvantitatív megfigyelési, számszerűsítési lehetőséget kínálnak az alapvetően kvalitatív, hagyományos geomorfológiai vizsgálatok kiegészítésére. A fejezet sikeres elsajátítását követően képes lesz önálló geomorfometriai számítások elvégzésére, valamint az analóg úton végzett térképezés során tett megfigyeléseinek ezekkel történő alátámasztására.

Szükséges alapismeretek:

- min. Grass GIS 6.4.2. felhasználói szintű ismerete;
- alapvető matematikai és statisztikai ismeretek megléte.

Felelevenítendő fogalmak:

- location
- mapset
- régióbeállítások
- felbontás
- importálás
- exportálás
- raszter
- vektor
- lekérdezés
- újraosztályozás
- átlag
- módusz
- medián
- szórás

1.1. Kulcsszavak

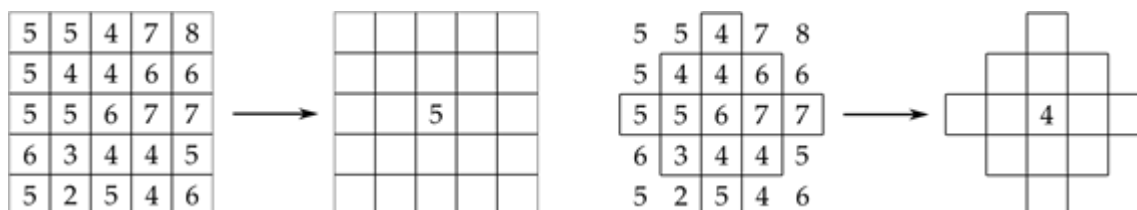
konvolúciós mátrix, lejtőhajlás, lejtőkitettség, plan curvature, profile curvature, keresztaszelvénny készítés, vízgyűjtő-terület lehatárolás, domborzatárnyékolás, összetett felszínelemzési eljárások

2. Mozgóablakos műveletek (*neighborhood analysis*)

A mozgóablakos műveletek során egy tetszőlegesen megválasztott nagyságú, páratlan számú konvolúciós mátrix elemein végzünk statisztikai vizsgálatot, amelynek eredménye a középen elhelyezkedő raszterbe kerül.

Ebből következik, hogy a mátrix elemeinek száma minden esetben páratlan kell, hogy legyen. A művelet megismétlődik az egész raszteres állományon, majd végeredményül új állományt kapunk, amely a számított értékeket tartalmazza. Egyes programokban, programmodulokban lehetséges nemcsak négyzet, hanem kör alakú mátrix meghatározása is (3.1. ábra). Ez további finomhangolását eredményezheti az elvégzett műveleteknek.

3.1. ábra - Négyzet és „kör” alakú, 5×5 raszter méretű mátrixban végzett móduszsámítás különböző eredményei



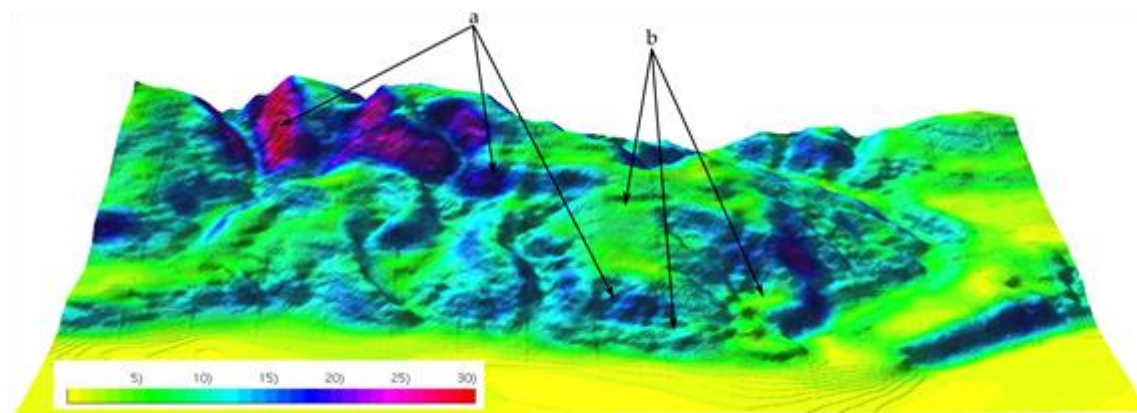
A mátrixon belüli műveletek végzése egyszerű statisztikai számításokat vagy bonyolultabb függvényillesztéseket jelent. Ezek közül csak a legfontosabbakat, a domborzatelemzés szempontjából nélkülözhetetleneket emeljük itt ki.

Az átlag számtani vagy aritmetikai középértéket számol. Leggyakrabban a DDM-ek simítására használjuk, hiszen futtatásával a mátrixon belüli különbségek redukálódnak (3.3. ábra). Minden esetben elővigyázatosságot igényel a használata, mivel alkalmazása a domborzat jelentős torzulásához, a DDM finomabb részleteinek elvesztéséhez vezethet!

A módusz-számítással a leggyakrabban előforduló értéket kapjuk eredményül. Talán ez az egyik leghasznosabb statisztikai számítás, mivel elég sok lehetőséget rejt magában. A DDM-ek simításakor az átlagnál jóval visszafogottabb eredményre számíthatunk. Többszöri futtatásával a domborzat markánsabb magasságai emelhetőek ki. A különféle lepusztulási vagy felhalmozódási szintek értelmezésében is fontos segítséget nyújthat. Ezeket szabad szemmel megfigyelve nem a magassági értékek átlagát látjuk, hanem a formákat az azokon leggyakrabban előforduló értékekkel (módusz) azonosítjuk. A medián-szűrést gyakran alkalmazzák olyan DDM-ek hibaszűrésére, melyek pontszerűen előforduló hibát tartalmaznak.

A szórás a domborzati különbségeket emeli ki. Segítségével lehetőségünk nyílik az enyhébb és meredekebb lejtők elkülönítésére. A hirtelen változó, meredek lejtőhöz érő mátrixban jelentős különbségeket mutatnak az egyes raszterértékek, így a szórás itt nagy lesz. Ezzel szemben az enyhe lejtésű völgytalpakon, teraszokon, fiatalabb lepusztulási szinteken áthaladó mátrixon belül csak kis különbségek jelentkeznek az egyes raszterértékek között, így ezek szórása alacsony marad (3.2. ábra).

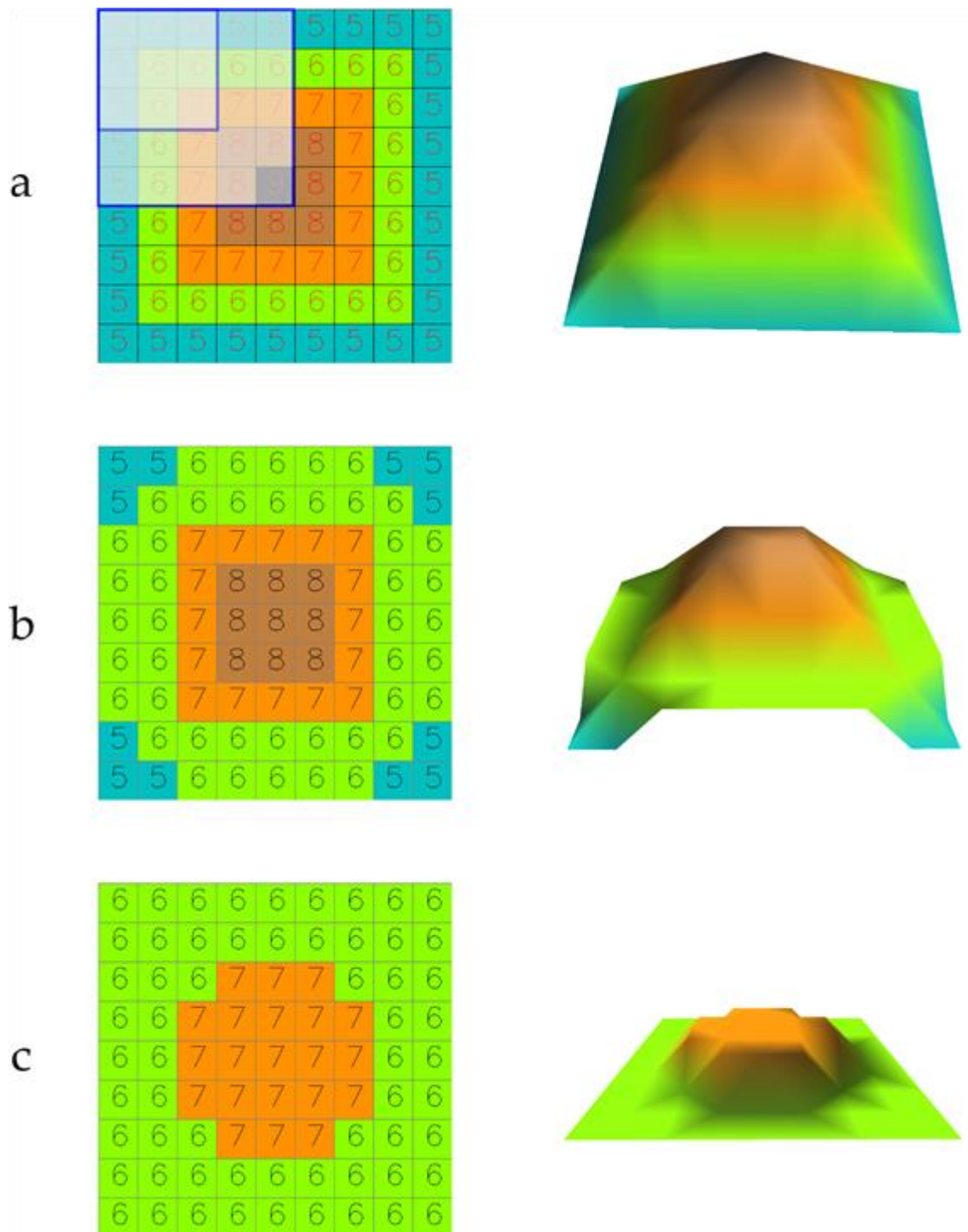
3.2. ábra - 31×31 raszter méretű mátrixban végzett móduszsámítás DDM-re feszítve. A = magas szórásértékek (meredek lejtőkön) b = alacsony szórásértékek (terasz és heglábfelszín-maradványokon).



A kiválasztott mátrix mérete alapvetően befolyásolja az elvégzett művelet végeredményét. Ez könnyen belátható, hiszen egyáltalán nem mindegy, hogy pl. 9, vagy adott esetben 25 raszter értékeiből számoltunk pl.

átlagot. A mátrix első esetben 3×3 , a másodikban 5×5 raszterből állt, mégis markáns különbséget kaptunk eredményül (3.3. ábra).

3.3. ábra - A domborzatmodellen végzett átlagolás eredménye. a = eredeti DDM és raszterértékei, a kék négyzetek a 3×3 , valamint 5×5 -ös mátrix méretét jelöli, b = 3×3 mátrixban futtatott átlagolás eredménye, c = 5×5 mátrixban futtatott átlagolás eredménye.



A mozgóablakos műveletek során szükségünk lehet egyes raszterek súlyozására, például olyan esetben, ha súlyozott átlagot kívánunk számolni. Ekkor a konvolúciós mátrix méretének és alakjának megfelelő, egyszerű szöveges állományba mentjük el a kívánt súlyokat, majd a modullal futtassuk azt.

3. Lejtés (slope)

A lejtők megfelelő értelmezése, azok milyenségének meghatározása a geomorfometria legalapvetőbb műveletei közé tartozik. Mindez, már a lejtőszögek kiszámításának elvében is szorosan kapcsolódik a korábban ismertetettekhez. A lejtőszögszámításnál, úgy ahogy minden további morfometria vizsgálatnál, különösen fontos a megfelelő domborzatmodell előállítás és szükséges esetekben annak simítása, filterezése. Az alkalmazott felbontás alapvetően meghatározza az elvégzett műveletek végeredményét!

A lejtőszögszámításhoz a korábban ismertetett mozgóablakos eljárást használjuk, amely kötötten, 3×3-as ablakméretben futtatható. A számítás a mátrix közepén található és a vele szomszédos raszterek közti maximális változást mutatja meg. Ez azzal a következménnyel jár, hogy a domborzatmodell szélén fekvő raszterek esetében szükségszerűen nem – vagy csak a valóságot jelentősen torzítva – tudunk lejtésértéket számolni (3.4. ábra). Előbbi esetet jelzik az ábra Null (azaz, nincs érték) jelölésű cellái.

3.4. ábra - Lejtőszögtérkép, 1 méteres felbontással, az értékek az egyes raszterek lejtésértékeit jelölik.

Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null
Null	35.3	41.5	45.0	45.0	45.0	41.5	35.3	Null
Null	41.5	35.3	41.5	45.0	41.5	35.3	41.5	Null
Null	45.0	41.5	35.3	36.9	35.3	41.5	45.0	Null
Null	45.0	45.0	36.9	0.0	36.9	45.0	45.0	Null
Null	45.0	41.5	35.3	36.9	35.3	41.5	45.0	Null
Null	41.5	35.3	41.5	45.0	41.5	35.3	41.5	Null
Null	35.3	41.5	45.0	45.0	45.0	41.5	35.3	Null
Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null

3.1. egyenlet - A lejtőszög számítása gépi algoritmussal [Burrough – McDonell 1998].

$$\alpha = \arctg \sqrt{\left(\frac{V_z}{V_x}\right)^2 + \left(\frac{V_z}{V_y}\right)^2} \cdot \frac{180}{\pi}$$

ahol:

V_z/V_x = x irányban történő változás mértéke;

V_z/V_y = y irányban történő változás mértéke;

α = a lejtőszög fokban kifejezve;

3.5. ábra - "E" és szomszédos rasztereinek vázlata.

A	B	C
D	E	F
G	H	I

továbbá:

$$\frac{V_z}{V_x} = \frac{(C + 2F + I) - (A + 2D + G)}{8 \cdot P}, \text{ ahol:}$$

P = raszterméret (x irányban);

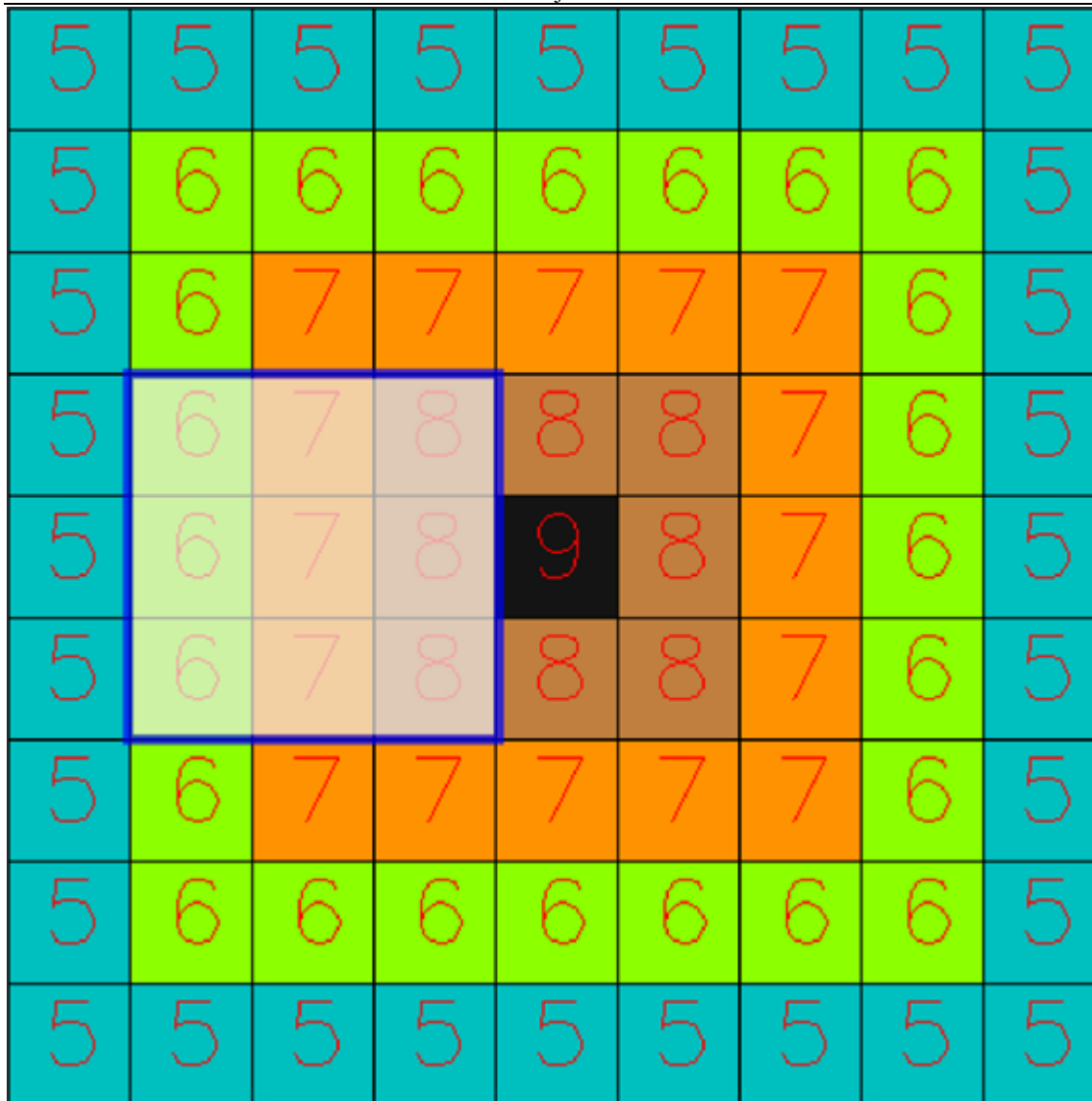
valamint:

$$\frac{V_z}{V_y} = \frac{(G + 2H + I) - (A + 2B + C)}{8 \cdot P}, \text{ ahol:}$$

P = raszterméret (y irányban).

Mindez a domborzatmodellünk (3.6. ábra) egy raszterére számolva az alábbi:

3.6. ábra - A számításhoz felhasznált egységnyi raszterméretű DDM részlete.



$$\frac{V_z}{V_x} = \frac{(8+16+8)-(6+12+6)}{8} = 1$$

$$\frac{V_z}{V_y} = \frac{(6+14+8)-(6+14+8)}{8} = 0$$

ebből a 3.1. egyenletet felhasználva következik, hogy

$$\alpha = \arctg \sqrt{1^2 + 0^2} \cdot \frac{180}{\pi} = 45^\circ$$

További megfontolást kíván még a valóságban enyhe (csupán néhány fokok) lejtők lejtésértékeinek meghatározása. Ilyen felszínrészek leggyakrabban a folyók árterén, völgytalpakon, kevésbé tagolt fiatal teraszfelszíneken, valamint hordalékkúpokon fordulnak elő. Ha a domborzatmodellünket topográfiai térkép szintvonalainak interpolálásával állítottuk elő, akkor e területeken a szintvonalak közti nagyobb távolságok

miatt már a modell is számos interpolációs hibát tartalmazhat. Ezek a hibák hatványozottan tükröződhetnek a lejtőtérképen is. Fontos annak az ismerete, hogy az adott program vagy programmodul kezel-e tizedesértékeket (*floating point*) vagy egész számokra (*integer*) kerekíti a kiszámolt lejtésértékeket. Utóbbi esetben szükségtelenül és tévesen megnő a sík vagy síkhoz közeli területek nagysága. Az építészetben és mezőgazdaságban használt lejtőszög-kategóriák a lejtőszögtérképből újraosztályozással válogathatóak le (ld. a kapcsolódó gyakorlati feladatot).

4. A lejtőkitettség (*aspect*)

A lejtőkitettség a legnagyobb magasságkülönbség-változás irányát határozza meg a 3×3 méretű mátrix közepén elhelyezkedő raszterre vonatkoztatva. Egyszerűbben fogalmazva a lejtőkitettség a lejtés irányát jelenti. Algoritmus [Burrough – McDonell 1998] a lejtőszögszámításnál használthoz rendkívül hasonló.

3.2. egyenlet - A lejtőkitettség számítása gépi algoritmussal [Burrough – McDonell 1998].

$$L = \frac{180}{\pi} \cdot \arctg^2\left(\frac{V_z}{V_y}, -\frac{V_z}{V_x}\right)$$

, ahol V_z/V_y és V_z/V_x a fentiekben ismertetett módon számolható.

Fontos, hogy az algoritmus eredményeként kapott értékeket egy egyszerű szabályrendszer alapján át kell számolni valós földrajzi irányokra! Ezt az alábbiak alapján tudjuk megtenni:

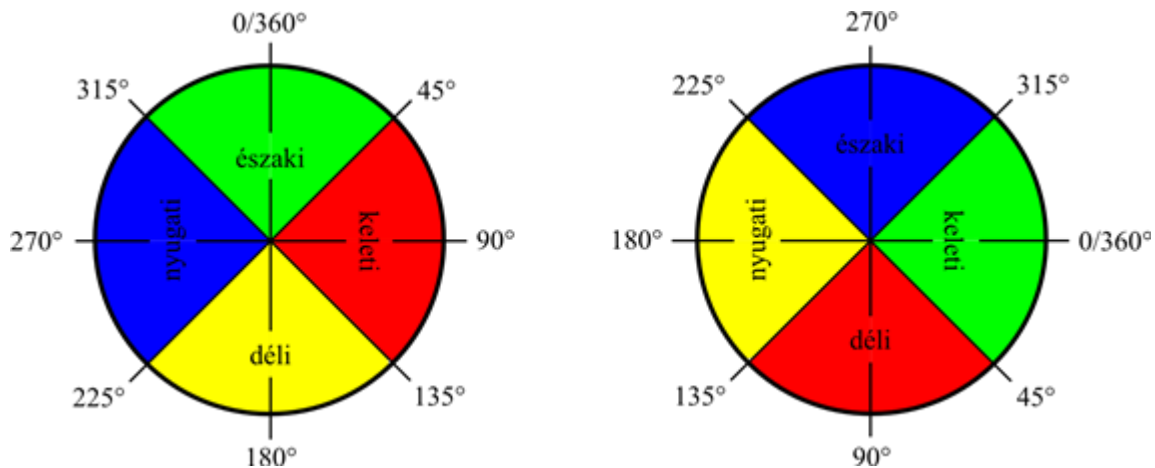
- ha a lejtőkitettség > 0, akkor raszterérték = 90 - számított lejtőkitettség;
- ha a lejtőkitettség > 90, akkor raszterérték = 360 - számított lejtőkitettség + 90;
- minden más esetben raszterérték = 90 - számított lejtőkitettség.

A térinformatikai szoftverek futtatásakor tekintettel kell lenni arra, hogy egyes szoftverek a 0°, illetve 360°-os iránya nem északi, hanem keleti (3.7. ábra és 3.8. ábra)! Azon felül, hogy a lejtőkitettségek megmutatják a lejtés irányát, rendkívül jól alkalmazhatóak a DDM-ek interpolációs hibáinak detektálására, amelyet vizuális interpretációval végzünk.

3.7. ábra - Grass GIS-el számolt lejtőkitettség.

Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null
Null	135.0	98.1	90.0	90.0	90.0	81.9	45.0	Null
Null	171.9	135.0	98.1	90.0	81.9	45.0	8.1	Null
Null	180.0	171.9	135.0	90.0	45.0	8.1	360.0	Null
Null	180.0	180.0	180.0	0.0	360.0	360.0	360.0	Null
Null	180.0	188.1	225.0	270.0	315.0	351.9	360.0	Null
Null	188.1	225.0	281.9	270.0	278.1	315.0	351.9	Null
Null	225.0	281.9	270.0	270.0	270.0	278.1	315.0	Null
Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null

3.8. ábra - Különböző viszonyítási ponttal számított lejtőkitettség irányok.



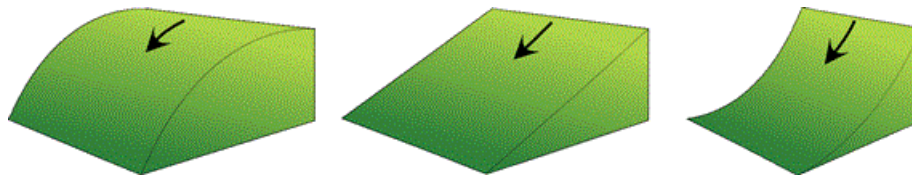
5. A felszín elsődleges görbületei (*curvatures*)

A *profile curvature*-t a lejtők geomorfológiai szempontból legalapvetőbb tulajdonságának (konvex, konkáv, egyenes) meghatározására használjuk. Információt szolgáltat a jellemző felszínformák határaitól, hiszen megmutatja a lejtőszög- (lejtőalak-) változások pontos helyét (tehát az inflexiós pontokat). A *plan curvature*-rel kombinálva pontos képet kaphatunk a domborzati elemek alakjáról, valamint definiálhatjuk is azokat. Számításuk szintén mozgóablakos eljárással történik, azonban a lejtőszög és lejtőkitettség számításától eltérően itt szabadon változtathatjuk az ablakméretet.

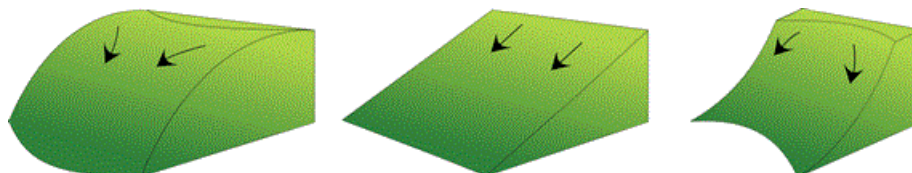
A *plan*, valamint *profile curvature* a másodlagos derivátumai a domborzatnak. A *profile curvature* a legnagyobb lejtés irányával megegyező, azzal párhuzamos görbület, míg az *plan curvature* a legnagyobb lejtés irányára merőleges. Másképpen fogalmazva a *profile curvature* a lejtés lejtéseként értelmezhető [Kimerling et al. 2011]. Előbbi a vizek lefolyásának gyorsaságára, míg utóbbi azok összefolyására, vagy éppen széttartására utal.

A *profile curvature* vizsgálatakor a pozitív görbületi érték azt jelenti, hogy a felszín egy pontja (a vizsgált raszter) a magasabban lévő raszter irányába konkáv. A negatív görbület azt jelenti, hogy a felszín egy pontja (a vizsgált raszter) a magasabban lévő raszter irányába konvex (3.9. ábra). Ezzel szemben a *plan curvature* pozitív és negatív értékeit pont fordítva kell értelmeznünk. Nulla értékű raszterek mindkét esetben egyenes lejtőre utalnak (3.10. ábra és 3.11. ábra).

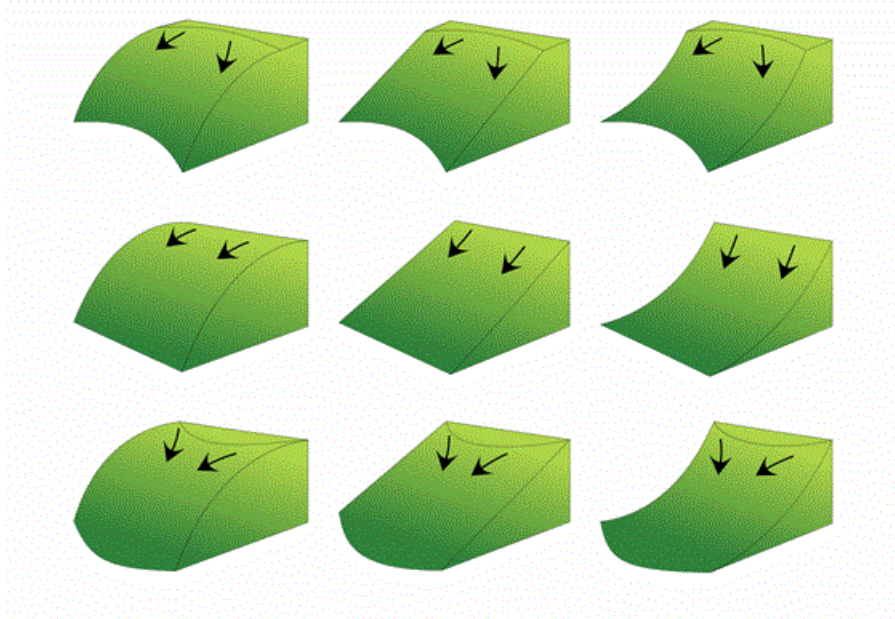
3.9. ábra - A felszín görbületének értelmezése: *profile curvature*.



3.10. ábra - A felszín görbületének értelmezése: *plan curvature*.



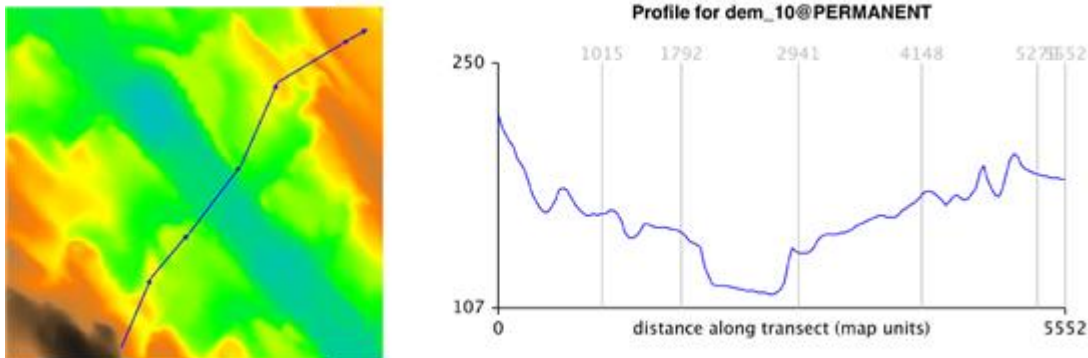
3.11. ábra - A felszín görbületének értelmezése: *profile curvature* és *plan curvature* kombinációja.



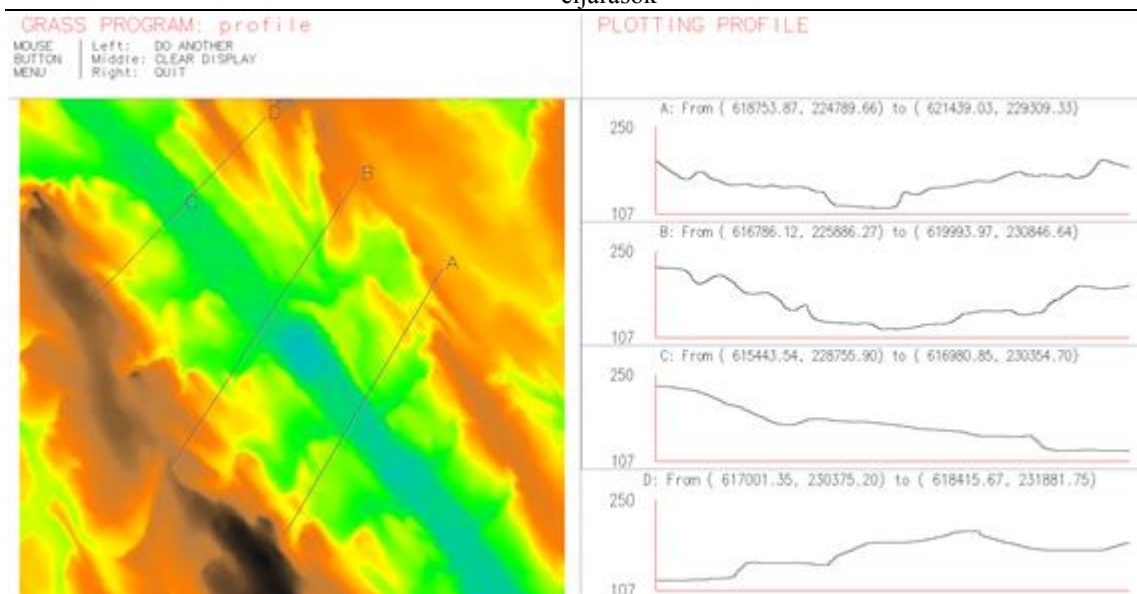
6. Keresztszelvény (*cross section*) készítés

A két és fél dimenziós domborzetmodelleken végzett, a felszínről történő kereszt-szelvény-készítés a térinformatikai szoftverekkel gyorsan és hatékonyan elvégezhető feladat. Használatával egyszerűen és gyorsan juthatunk domborzati információkhoz (lepusztulási szintek, teraszok helyzete, völgy-aszimmetria stb.). Majdnem minden szoftver lehetőséget biztosít egyszerű szelvénykészítésre (3.12. ábra).

3.12. ábra - Egyszerű szelvénykészítés (Grass 6.4.2); eredeti DDM a szelvény nyomvonalával, valamint az elkészített szelvény



3.13. ábra - Egyszerű szelvénykészítés (Grass 6.4.2 d.profile modullal); eredeti DDM a szelvények nyomvonalával, valamint az elkészített szelvények.

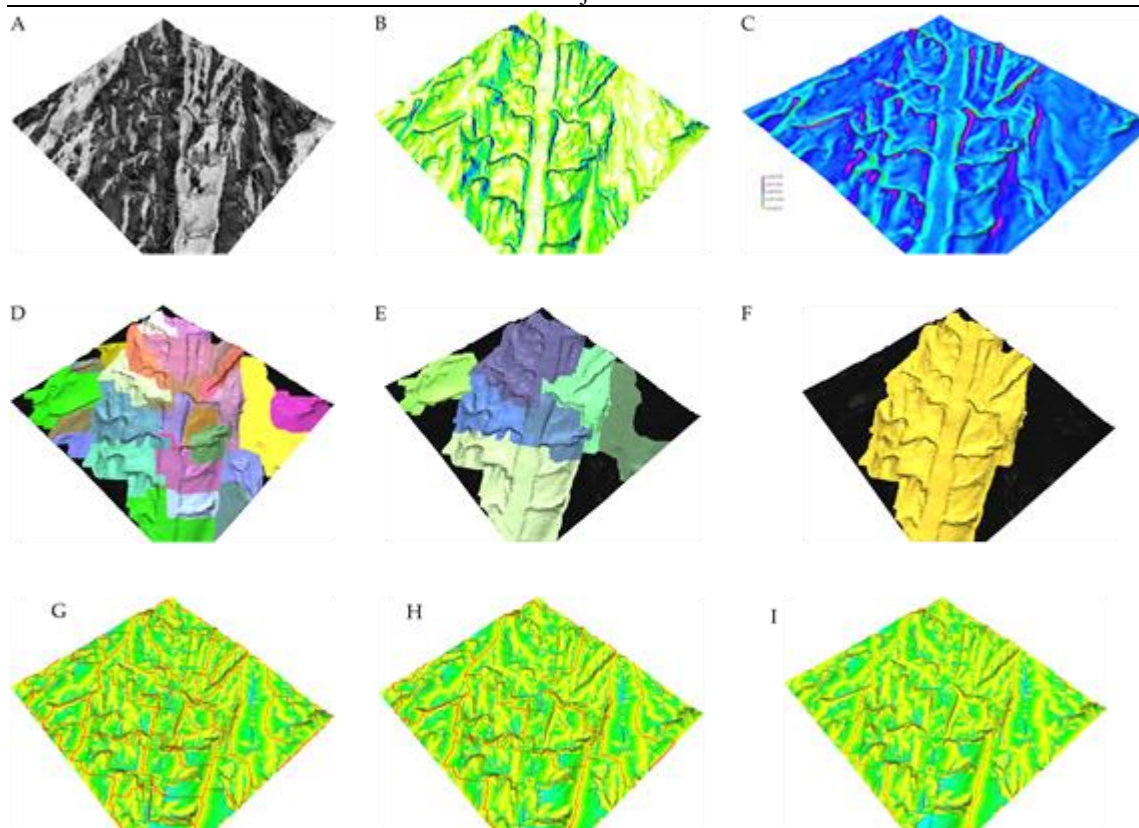


Ez általában kötött keretek között történik. A magasságtorzítást alapvetően meghatározza a keresztmetszvény képernyőn kijelölt hossza. Lehetőségünk van emellett egyszerű lekérdezések segítségével domborzati adatokat nyerni, amelyeket valamely táblázatkezelő alkalmazással dolgozhatunk fel, valamint ábrázolhatunk. Fontos azonban felhívni a figyelmet arra, hogy e szoftveres megoldások általában nem számolnak magasságtorzítást (az ehhez szükséges adatok adottak), amely továbbra is a felhasználó feladata marad!

7. Vízgyűjtő (watershed area) lehatárolás

A manuális vízgyűjtőterület-lehatárolást nagyban segíthetik a DDM-ből származtatott állományok. Ezek közül különösen jól használható a lejtőkitettség, lejtőkategória, valamint *profile curvature*. Mindegyikükön jól megfigyelhetők a különálló vízgyűjtő-területeket határoló gerincek, völgyközi háta, valamint a vízgyűjtővonalak is (3.14. ábra). A vízgyűjtővonalak egzakt meghatározására a felszíni lefolyást (*overland flow*) tudjuk felhasználni.

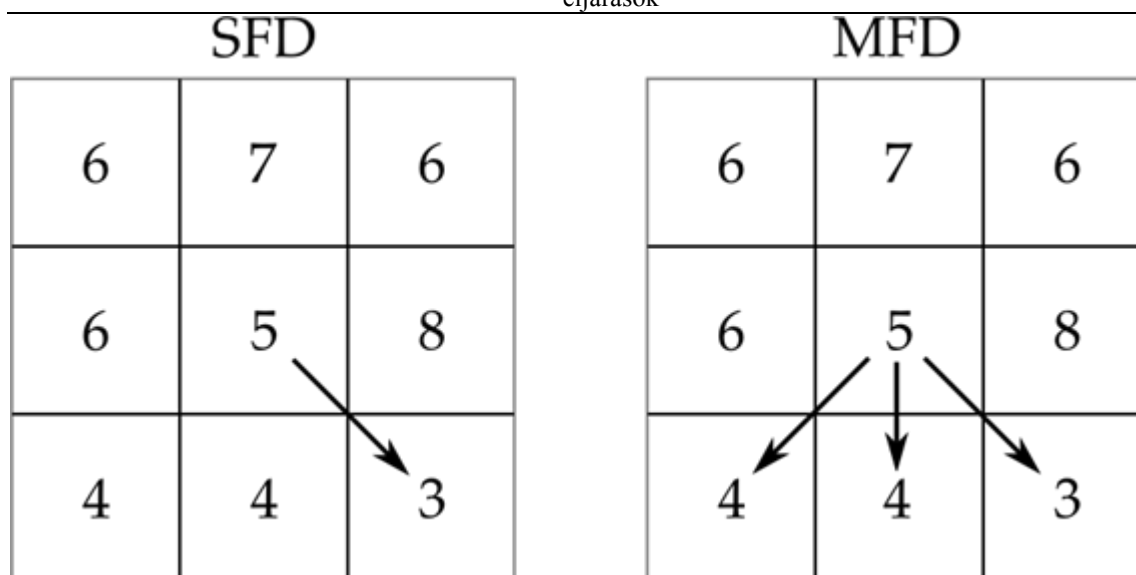
3.14. ábra - Vízgyűjtő-területek lehatárolásához használható, DDM-ből származtatott térképek és az `r.watershed` modullal számolt eltérő nagyságú vízgyűjtők. A = lejtőkitettség, B = lejtőszög, C = *profile curvature*, D = minimum 10 000 m²-es küszöbértékkal számolt vízgyűjtők, E = minimum 50 000 m²-es küszöbértékkal számolt vízgyűjtők, F = minimum 100 000 m²-es küszöbértékkal számolt vízgyűjtők, G = minimum 10 000 m²-es küszöbértékkal számolt vízgyűjtők (vektoros) határai (pirossal) a felszíni lefolyástérképre fesztítve, H = minimum 50 000 m²-es küszöbértékkal számolt vízgyűjtők (vektoros) határai (pirossal) a felszíni lefolyástérképre fesztítve, I = minimum 100 000 m²-es küszöbértékkal számolt vízgyűjtők (vektoros) határai (pirossal) a felszíni lefolyástérképre fesztítve.



Vízgyűjtőterületek többek között a Grass GIS **r.watershed** moduljával állíthatóak elő. Bemeneti állományként a DDM szolgál. A modul az „*A^T least-cost search*” algoritmust használja, amely eltér az egyéb szoftverekben megszokott „*I/O-efficient*” algoritmusra [Arge et al. 2000, Holmgren 1994] épülő számítási módoktól. (Ez utóbbi az **r.terraflow** modullal futtatható). Az eredménytérképen megjelenő értékek a raszteren áthaladó felszíni lefolyás mennyiségét jelzik, amelyet az algoritmus a magasabban elhelyezkedő raszterekből számolja.

Mindkét algoritmusnál fontos alapvetés azonban a felszíni lefolyás irányának meghatározási módja. Ehhez szintén 3×3 mátrixot használunk, mindamellet a mátrixon belül, a számítási metodikát tekintve kétféle elvi és egyben gyakorlati lehetőség közül választhatunk. Az SFD-vel végzett lefolyásirány-meghatározás során feltételezzük, hogy a mátrix közepén lévő raszterből a legalacsonyabban fekvő szomszédos raszter irányába folyik a víz (3.15. ábra). Ezzel szemben az MFD használatakor minden olyan szomszédos raszter irányába vízlefolyást definiálunk, amely alacsonyabban fekszik a mátrix közepén elhelyezkedőnél.

3.15. ábra - A felszíni lefolyási irány meghatározásának két alapvető eljárása.



A fentiekből kitűnik, hogy a két megközelítés alapjaiban eltér egymástól, így az eredménytérképeinken egymástól némileg eltérő lefolyásviszonyokat várhatunk. A számítási módszer magában hordozza továbbá a domborzat sajátosságaiból származó számítási nehézségeket, hibaforrásokat is. Sík felszíneken, valamint a felszíni mélyedéseknél hibás eredményre, hibás lefolyási irányra számíthatunk.

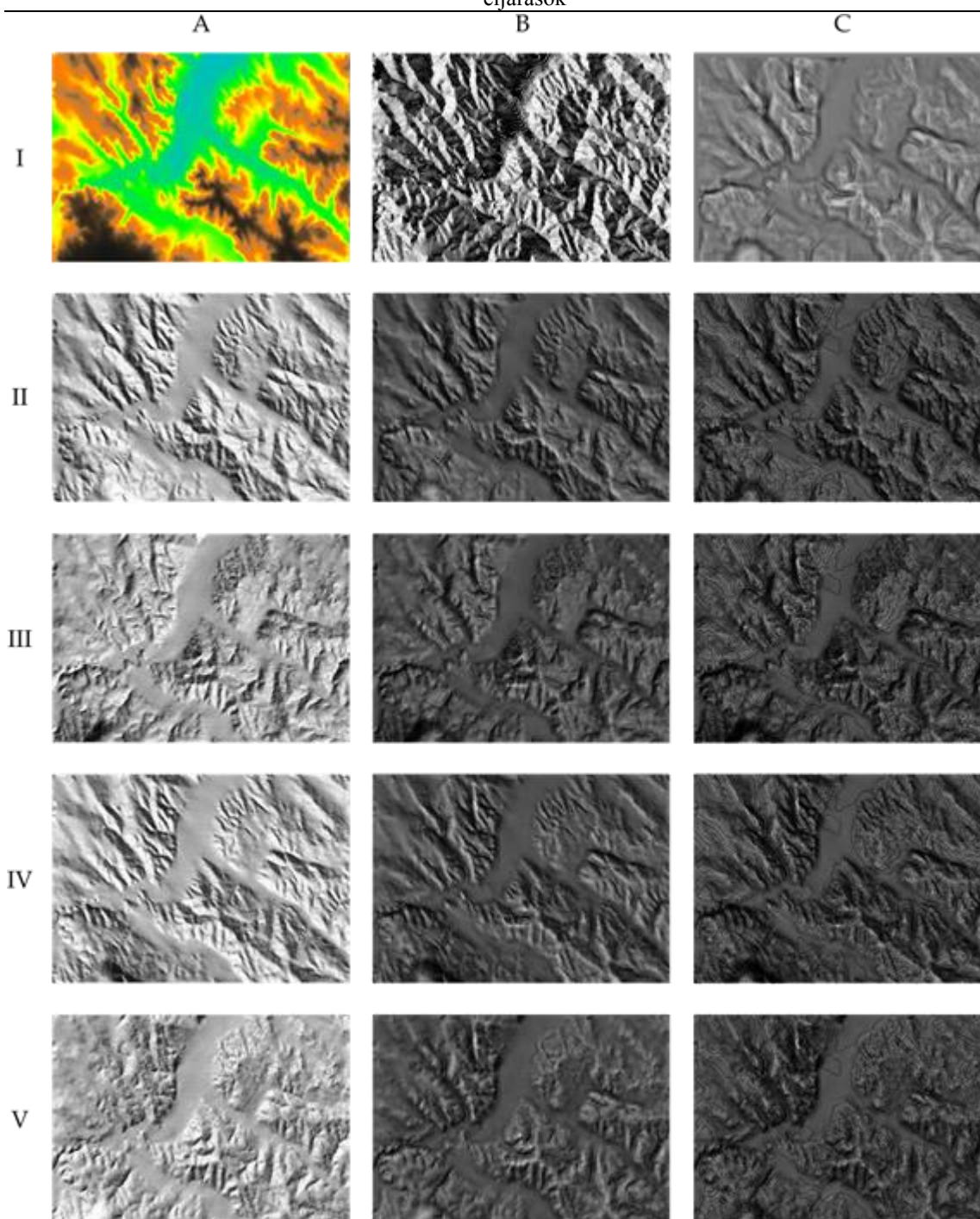
Vízgyűjtő-területeket szintén a Grass GIS `r.watershed` moduljával állíthatunk elő. Ennek bemeneti állománya a DDM. A számítás indítását megelőzően azonban szükséges azt is definiálni, hogy legalább hány rasztert tartalmazzon egy vízgyűjtőterület. Ez utóbbi függvényében azok területe jelentősen eltérhet.

8. Domborzatárnyékolás (*hillshading*)

A domborzatárnyékolás kartográfiai eszköz, azonban elterjedtsége és a felszín vizuális interpretációjában – ritkábban kvantitatív felszínforma-leválogatásban [Smith 2011] – játszott szerepe miatt fontos ismertetése. A GIS programokban történő domborzatárnyékolás során a DDM-ből egy olyan 8 bites (szürkeskálás) képet hozunk létre, amelynek raszterértékeit a megvilágítás szögéből, valamint a felszín elsődleges derivátumaiból (lejtőszög, lejtőkitettség) számoljuk ki [Kennelly 2008]. Az így elkészített állomány kifejezőbb, mint a DDM, vagy annak elsődleges derivátumai, így a felszíninformák bemutatásához, értelmezéséhez használhatjuk [Oguchi et al. 2003, Kennelly – Kimerling 2004].

A Grass GIS szoftverben az `r.shaded.relief` modullal végzünk domborzatárnyékolást. Lehetőségünk van a megvilágítás irányának, horizonthoz viszonyított magasságának, valamint a DDM túlmagasításának megadására. Mindegyik paraméter meghatározza a kapott eredményt. (Figyelemmel kell arra lenni, hogy a lejtőkitettség számításával ellentétben itt, a 0/360°-os megvilágítás az északi iránynak felel meg, nem keletinek.) A művelet közben ajánlott alacsony napállást és nyugati, vagy északnyugathoz közeli megvilágítási szöget választani [Imhof 1965]. Az ezzel ellentétes irányú megvilágítás az eredetihez képest inverz domborzat illúzióját keltheti [Kennelly 2008]. A domborzatárnyékolással történő láttatás hatékonysága tovább növelhető [Kennelly 2008] azzal, ha az árnyékolt területet a szintvonalakkal és a *plan* vagy *profile curvature*rel kombináljuk (3.16. ábra).

3.16. ábra - Domborzatárnyékolási technikák. I/A = DDM, I/B = lejtőkitettség, I/C = profile curvature (33×33 mátrix segítségével számolva), A/II-től A/V-ig = domborzatárnyékolás 45, 135, 225 és 315°-os megvilágítási iránnyal, 25°-os napállással a horizont felett, B/II-től B/V-ig = profile curvature az előbbi domborzatárnyékolt állományokra feszítve, C/II-től C/V-ig = előbbi oszlop adatai kiegészítve a 10 méterenként húzódó szintvonalakkal.



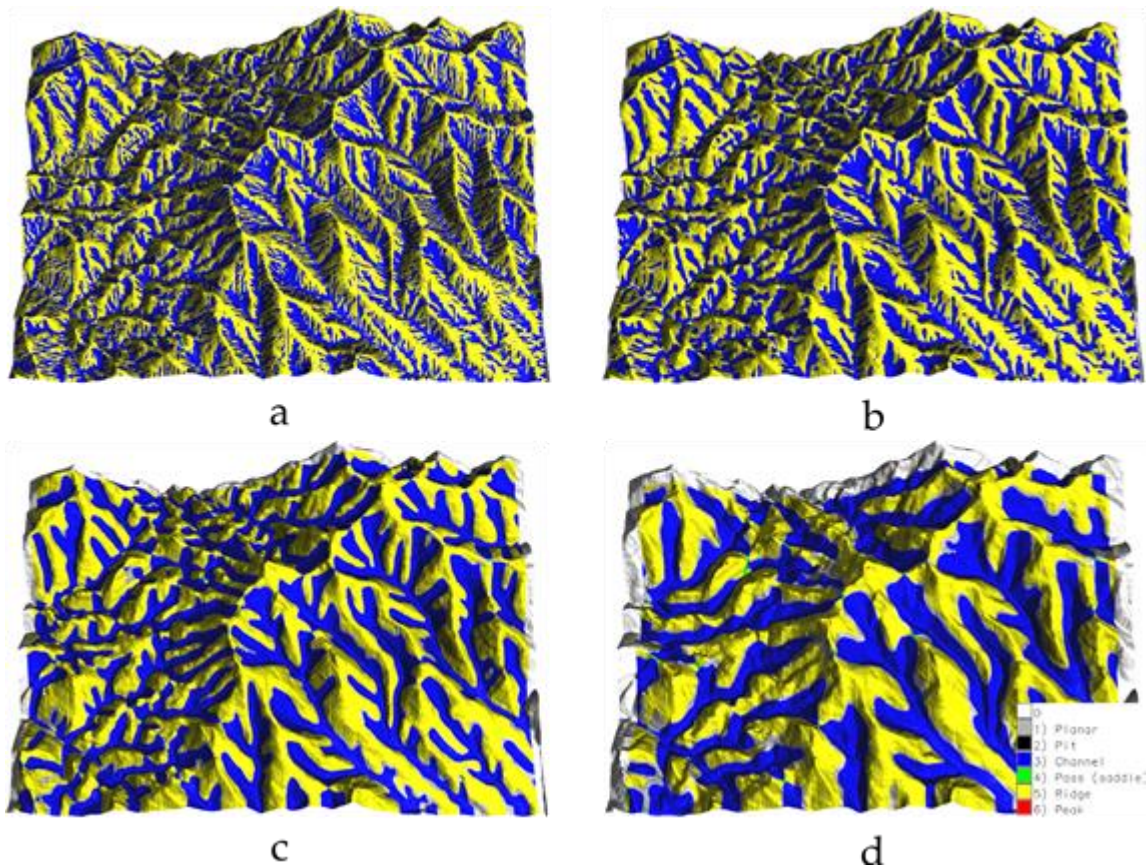
9. Összetett felszínelemzési eljárások

Ha a földfelszín formakincsét hullámformájú [MacMillan – Shary 2006] felszintípus-szegmensek összességének, ismétlődésének tekintjük, akkor lehetséges egy adott terület domborzati elemeinek elkülönítése. Ehhez a fent ismertetett morфомetriai paraméterek (lejtőszög, kitettség, görbületek stb.) kombinációjára, és ebből következően mozgóablakos műveletek elvégzésére (konvolválásra) van szükség.

A felszínformák kvantitatív definiálásával számos szerző foglalkozott [Hammond 1954, 1964, Dikau 1989, Dikau et al. 1991, Minár – Evans 2008, Barka et al. 2011, Evans 2012]. A következőekben ezek közül a Grass GIS környezetben rendelkezésre álló, `r.param.scale` modulba integrált eljárást ismertetjük röviden. A modul segítségével a DDM hat fő morфомetriai elemét tudjuk leválogatni [Wood 1996]. Ezek az alábbiak: csúcs (*peak*), gerinc (*ridge*), nyereg (*pass*), sík felszínrész (*plane*), csatorna (*channel*), felszíni mélyedés (*pit*). Ezek sikeres (valósághoz közeli) előállításához megfelelő ablakméret választása is szükséges. Kisméretű

mozgóablakkal a DDM kisebb felületen belüli változásokat (különböző morfometriai elemeket) válogathatunk le, míg nagyobb ablakméretet választva megközelíthetjük a geomorfológiai szempontból már értelmezhető formaelemeket (3.17. ábra).

3.17. ábra - A Wood-féle (1996) algoritmus eredményeként kapott morfometriai elemek.
a = 7×7 ablakméreten futtatva, b = 11×11 ablakméreten futtatva, c = 31×31 ablakméreten futtatva, d = 63×63 ablakméreten futtatva, 0 = Null, azaz nincs érték, 1 = sík (*plane*), 2 = felszíni mélyedés (*pit*), 3 = csatorna (*channel*), 4 = nyereg (*pass*), 5 = gerinc (*ridge*), 6 = csúcs (*peak*).



Az ismertetett morfometriai megfontolások jelentős segítséget nyújthatnak a kvantitatív vizsgálatok iránt fogékony, egzakt adatokat felhasználni kívánó geomorfológusoknak. Azonban azt is fontos szem előtt tartani, hogy ezeket az eszközöket csak úgy használhatja helyesen és hatékonyan, ha kutatás területét nemcsak térképről, adatbázisokból, hanem a terepről is ismeri. Már a DDM elkészítése, hibaszűrése is megköveteli a vizsgált formák helyi sajátosságainak ismeretét és ez az igény a részletesebb vizsgálatok előrehaladtával tovább nő.

10. Önellenőrző kérdések

1. Vajon felhasználhatóak-e a fejezetben ismertetett geomorfometriai eljárások a domborzat jobb megismeréséhez?
2. Az adott kutatási terület megismerhető-e maradéktalanul a DDM és a belőle származtatott geomorfometriai adatok segítségével?

4. fejezet - A geomorfológiai térkép jelkulcsa

1. Bevezetés

A fejezet célja, hogy – a geomorfológiai térképkészítés hazai fejlődését követve – a térképek egyik legfontosabb elemét, a jelkulcs kialakítását, használatát nyomon kövesse, a genetikai alapon csoportosított formákat, formaelemeket megjelenítse, hogy a hallgatók képessé váljanak az esettanulmányokat tartalmazó fejezet feldolgozására, végső soron a geomorfológiai térképek olvasására és értelmezésére.

Ebben a fejezetben megismerkedhet a hazánkban elsőként összeállított részletes geomorfológiai térképek jelkulcsrendszerének szerkezetével, majd napjaink hagyományos megjelenítési formájaként leggyakrabban alkalmazott mérnök-geomorfológiai térképek jelkulcsával. A kilenc csoportból felépülő jelkulcs elemeinek grafikai megjelenítése (4.1. ábra, 4.2. ábra, 4.3. ábra, 4.4. ábra, 4.5. ábra, 4.6. ábra, 4.7. ábra, 4.8. ábra, 4.9. ábra, 4.10. ábra, 4.11. ábra) a jelkulcs tartalmának csoportjai szerint történik. A kilenc csoport helyett azonban csak nyolc szerepel ebben a fejezetben, mert a lejtőkategóriák a 2. fejezetben, már bemutatásra kerültek. Az egyes jelkulcsokhoz nem készült magyarázó, csak a genetikai csoportok általános, rövid leírása jelenik meg a fejezetben. A részletes magyarázó az esettanulmányokkal foglalkozó fejezetekben (8. fejezet–14. fejezet) található. A fejezet egyik legfontosabb részét a csoportok általános jellemzése után megjelenő, a jelkulcshoz kapcsolódó értelmezési problémák, vitás kérdések felvillantása adják. Itt tényleg inkább “csak” problémafelvetéstről van szó, a problémamegoldás lehetséges útjai nincsenek kifejtve, ezzel lehetőséget adva a hallgatónak a kreatív gondolkodásra a problémamegoldás érdekében.

Szükséges alapismeretek:

- csillagászati földrajzi és térképészeti alapok;
- térképtan és távérzékelés.

Felelevenítendő fogalmak:

- térkép
- tematikus térkép
- a térkép jelrendszere
- méretarány
- generalizálás
- felszín
- domborzat
- relief
- kronosztratigráfia

1.1. Kulcsszavak

jelkulcs, részletes geomorfológiai térkép, mérnök-geomorfológiai térkép, pliocén, karszt, szuffúzió, lejtő, formakincs

2. Háttér

A geomorfológiai térképek céljuknak és feladatuknak megfelelően sajátos jelkulccsal rendelkeznek. Ahogy fentebb láthattuk maga a geomorfológiai térkép, mint termék sem egyértelműen definiált. Ennek megfelelően az

alkalmazott szimbólumrendszer is nagyon összetett. A geomorfológiai térképek fejlődése során az újabb és újabb területekre kiterjesztett alkalmazott térképek, valamint az újabb és újabb formákat leíró kutatások azt eredményezték, hogy – az IGU Alkalmazott Geomorfológiai Bizottságának Geomorfológiai Térképezés Munkabizottságának munkája ellenére – nem beszélhetünk egy standard jelkulcsról, amely a világ minden pontjára érvényes. Igaz Európára elkészült egy egységes jelkulcsrendszer [**Bashenina 1971**], de az 1:2 500 000-es méretarány miatt ez csak a kis méretarányú, általános geomorfológiai térképezésnél alkalmazható.

Ugyanakkor a különböző nemzeti geomorfológus iskolák részletes geomorfológiai térképei eltérő megközelítést használnak a geomorfológiai folyamatok és formák térképi ábrázolására. Vannak olyan nemzeti iskolák, melyeknél inkább a folyamatok megjelenítése dominál, míg mások inkább a genetikus formakincsre helyezik a hangsúlyt. Ennek megfelelően az is kérdés, hogy a térkép magyarázója milyen felépítésű és milyen funkcióval rendelkezik. Ami biztos, hogy a jelkulcs elengedhetetlen része a térképnek!

A nemzetközi munka aktív részeseiként, az elsők között hazánkban is elkészült a részletes geomorfológiai térképek jelkulcsa [**Pécsi et al. 1963**]. A jelkulcs összesen 346 jelet különböztet meg. Az egyes – különböző színekkel és azok árnyalatával jelölt – csoportok, kategóriák mögött zárójelben szereplő szám, a benne foglalt, de jelen anyagban meg nem nevezett jelek számát mutatja. Ezeknek a – többnyire 1:10 000 méretarányú – térképeknek a tartalma 5 rétegből áll:

I. A felszint borító, illetve a formákat felépítő kőzetek litológiai összetételét a kialakulásuk szerint:

A. Magmás eredetű képződmények (piros színnel)

a. effuzív kőzetek (6)

b. intruzív kőzetek (3)

B. Metamorfizálódott kőzetek (rózsaszín)

a. ortometamorf kőzetek (2)

b. parametamorf kőzetek (2)

C. Üledékes kőzetek litológiai típusai

a. elluviumok (4) szürke színnel

b. deluviumok (15) okker színnel

c. fluviatilis üledékek (7) zöldeskék színnel

d. lakusztikus üledékek (6) fakókék színnel

e. fluviolakusztikus üledékek (4) kékeszöld színnel

f. tengeri üledékek (5) liláskék színnel

g. eolikus üledékek (5) sárga színnel

h. glaciális üledékek (Magyarországon nincs ilyen típus)

i. fluvioglaciális üledékek (Magyarországon nincs ilyen típus)

j. biogén üledékek (3) mélyzöld színnel

k. antropogén felhalmozódások (6) barna színnel

II. A felszint, a felszíni formákat alakító folyamatok jelzései:

A. Belső erők által kialakított formák jelzései

B. Derázió által létrejött formák jelzései

- C. Fluviatilis eróziós formák
- D. Deflációs formák
- E. Abráziós formák
- F. Glaciális formák
- G. Fluvioglaciális formák
- H. Karsztdenudációs formák
- I. Trópusi nedves, szubtrópusi szemiáridus areális denudáció által kialakított formák
- J. Komplex genesisű formák
- K. Biogén folyamatok által kialakított formák
- L. Antropogén formák

III. Genetikus felszíni formák:

- A. Belső erők által kialakított formák piros színnel
 - a. intrúziós formák
 - b. monoklinális formák
 - c. gyűrt formák
 - d. vetődéses és töréses formák
 - e. vulkáni formák
- B. Derázio (gravitáció, fosszilis fagyaprózódás, szoliflukció, krioturbáció és korrázio) által kialakított formák (44) vörösbarna színnel
- C. Fluviatilis eróziós formák (77) élénk kékeszöld színnel
- D. Deflációs formák (13) sötétsárga és narancs színnel
- E. Abráziós (tavi, tengeri) formák (7) világoskék színnel
- F. Karsztdenudációs formák (19) sötétzöld színnel
- G. Trópusi humidus, szubtrópusi szemiáridus areális erózióval létrejött fosszilis formák (6) okker színnel
- H. Komplex genesisű formák (9) kombinált színű vagy fekete jelekkel
- I. Biogén folyamatokkal kialakult formák (1) fekete jelzéssel
- J. Antropogén formák (20) fekete jelzéssel

IV. A felszín és a felszíni formák kialakulásának kora (15)

Megjelenítése betűjelekkel történik. A hazai felszínek, illetve formák kialakulásának korát tekintve harmadkori, pliocén-, pleisztocén- és holocénkori egységeket különít el a térkép. Talán éppen ezeknek a neveknek és a mögöttes időintervallumoknak a változása az a tényező, ami az 50 évvel ezelőtti (1963) térképek jelkulcsának (így az egész térképnek) a legproblematisabb része. Ma már nem azt értjük sem az egyes elnevezéseken (részben), sem az általuk jelölt időintervallumokon, amit a térkép készítésének idején. Különösen a pliocén kor értelmezése problematikus. Korábban a pliocén kor alatt az alsó- és felső pannóniai, valamint a levantei "emeletet" értették, ami a 12–1,8 millió évek közé eső időintervallum. Ettől jelentősen eltér a mai értelmezés, mely szerint a pliocén kor 5,33–2,6 millió év közé tehető [**Kretzoi – Pécsi 1982**,

Sacchi – Horváth 2002, www.stratigraphy.org. Ez a különbség nem elhanyagolható, hiszen a Kárpát-medence felszíne kialakulásában és a mai formakincs tekintetében is meghatározó ez az időszak!

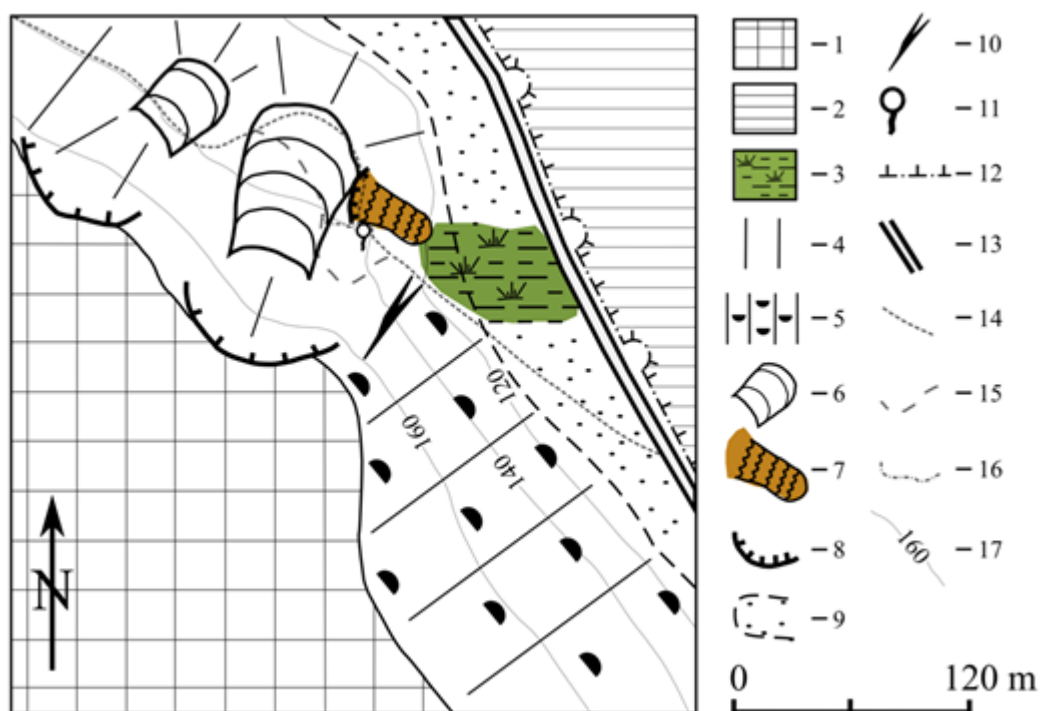
V. A domborzat morфомetrikus elemei és a vízrajz (23)

Az öt réteg és különböző alapszíneik megjelenítése nehézkessé tette az olvasást, csak a jelkulcsot jól ismerő kutatók számára jelentett információt. A geomorfológiai térképek általában nagy mennyiségű tudományos tartalommal bíró információt hordoznak, így az analitikus, részletes geomorfológiai térképek jelkulcsai egyre komplexebbé váltak, a felvitelre szánt adatok (morfometriai, morfografikai, morfogenetikai, és litológiai, morfostruktúrát ábrázoló adatok) sokszínűségének eredményeként. Ugyanakkor a térkép szerkesztésénél fontos szempont, hogy a térkép ne legyen tartalmilag túlsúlyos, mert óhatatlanul elvesznek az értékes adatok, és redukálódik a szaktérkép használatának hatékonysága. A térkép széleskörű ismertetése esetén fontos a jelek egységesítése, de az igazán csak akkor hasznos, ha olyan térképsorozatot készítünk, amely országos vagy nemzetközi lefedettséget ad. Kisebb méretű területen hasznosabb a térképezendő terület formakincsének megfelelő sajátos jelkulcsrendszer alkalmazása. Figyelembe kell venni azt is, hogy a térkép nem tartalmazhat minden információt, ezért a cél szempontjából lényegtelen adatokat el kell hagyni, így az adatok egy szűrésen esnek át. Ezt a folyamatot nevezzük generalizálásnak. A szaktérkép térképezési módszerek alkalmazásával készül, így a térkép céljának és méretarányának megfelelően kell elvégezni a generalizációt!

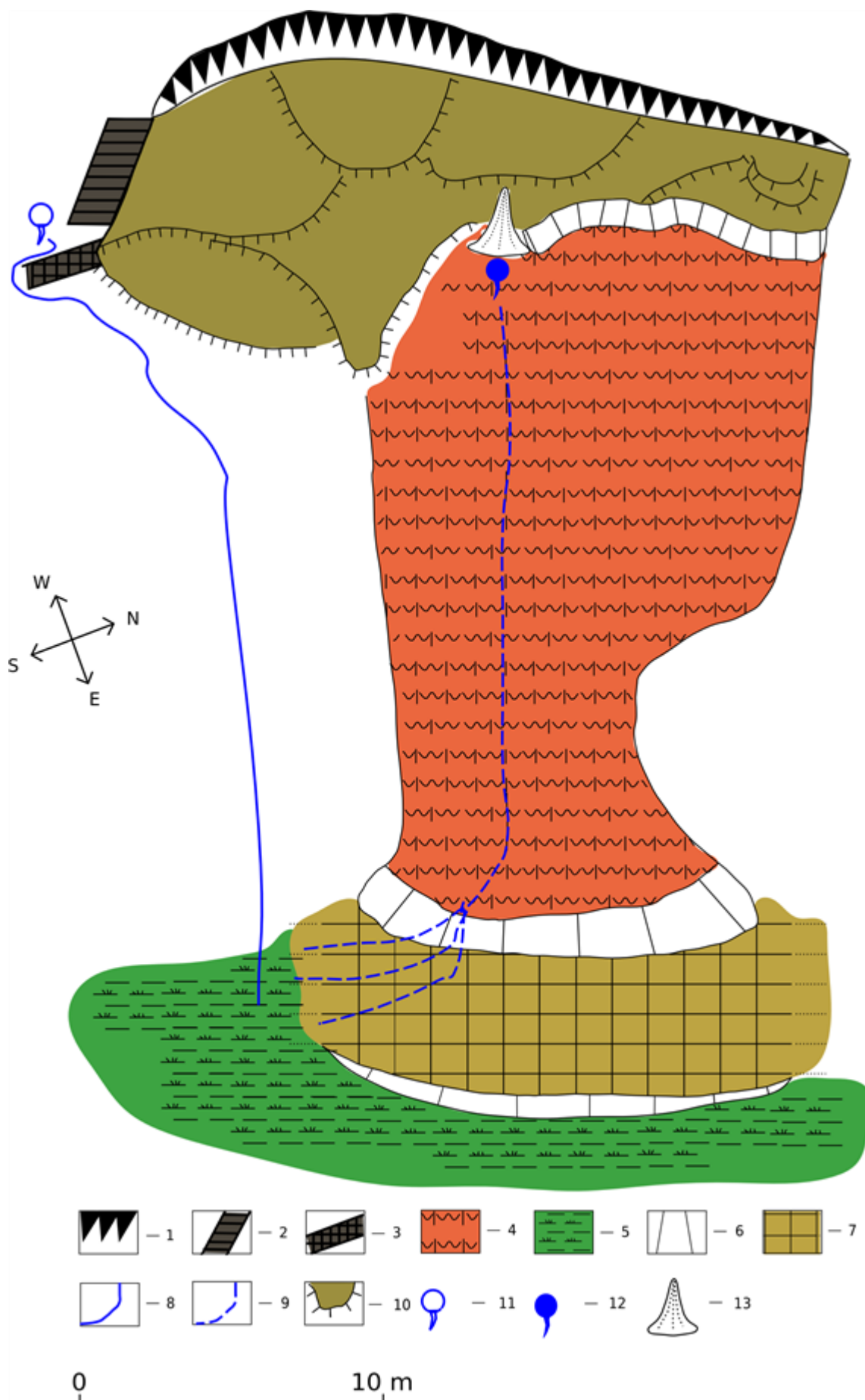
A generalizáció módszere, annak megjelenése (4.1. ábra és 4.2. ábra):

- méretarány csökkentés,
- vonalas jelölés általánosítása.

4.1. ábra - Tihany-Óvár keleti peremének fosszilis és recens formáinak geomorfológiai térképe 1:10 000 méretarányú topográfiai térkép alapján [szerk. Fábrián 2010]. 1 = bazalt plató, 2 = Balaton, 3 = vizenyős terület, 4 = lejtő, 5 = instabil lejtő, 6 = fosszilis csuszamlás, 7 = recens csuszamlás, 8 = szakadási front, 9 = egykori partvonal, 10 = eróziós vízmosás, 11 = forrás, 12 = épített partvonal, 13 = műút, 14 = tanösvény (1996 előtt), 15 = tanösvény (jelenlegi), 16 = épített tanösvény, lépcsők (1996–2007), 17 = fő szintvonalak (m tszf.)



4.2. ábra - A 4.1. ábra színes csuszamlásos területének részletes geomorfológiai térképe [szerk. Radvánszky 2010]. 1 = fő szakadási front, 2 = tanösvény, 3 = támfal, 4 = mozgó tömeg, 5 = vízenyős terület, 6 = lejtő, 7 = abrázíós szint, 8 = vízfolyás, 9 = új vízfolyás a mozgást követően, 10 = kisebb szakadási front, 11 = Ciprián-forrás, 12 = új forrás a mozgást követően, 13 = kisebb törmelékkúp.



A hazai részletes geomorfológiai térképezés elmúlt ötven évének távlatából az egyre újabb könyvekben, cikkekben, tanulmányokban megjelenő geomorfológiai térképek jelkulcsa tehát egyszerűsödött és átalakult a gyakorlat igényeinek megfelelően. Egyre inkább a fekete-fehér megoldással készülő térképek terjedtek el, ami kedvezett az egyszerűbb, könnyebb értelmezhetőségnek és a nyomdaköltségek alacsonyabb szinten tartásának is. Ma a számítógép képernyőjén történő megjelenítés miatt, ismét egyre nagyobb létjogosultsága van a célt jól szolgáló (nem túl sok árnyalatot használó) színes ábrázolásnak.

3. A mérnökgeomorfológiai térkép jelkulcsa

Elterjedt hazai használata, egyszerűsége és használhatósága miatt a következőkben a mérnökgeomorfológiai térképek jelkulcsát [Ádám – Pécsi (szerk.) 1985] mutatjuk be, kiemelve az értelmezést zavaró problémákat is a térképkészítés, vagy éppen használat során. Ez az értelmezési probléma többek között abból adódik, hogy a részletes geomorfológiai térkép jelkulcsa 346 elemből, míg a mérnökgeomorfológiai térkép jelkulcsa mindössze 92 elemből (jelből) áll. Az egyensúly megtalálása nehéz feladat, hiszen az egyszerűsítés nem mehet az értelmezhetőség rovására! Fontos hangsúlyozni, hogy az alább bemutatásra kerülő térképi jelkulcs mellett más útja is lehet az ábrázolásnak.

A mérnökgeomorfológiai térképek tartalma kilenc egységből áll:

- Lejtőkategóriák (ezek a legtöbb esetben külön térképen szerepelnek)
- Lejtők állaga
- Hegyidomtani formák
- Akkumulációs formák
- Medrek, völgyek
- Tóparti formák
- Karsztos formák
- Homokformák
- Antropogén formák

A domborzat sík térszínek és különböző kategóriájú (hajlású) lejtők együtteséből épül fel, vagy fogalmazhatunk úgy is, hogy építhető fel. A mérnökgeomorfológiai térkép építészeti alkalmasság szempontjából a lejtőkategóriákat fokban (2.4. ábra és 2.5. ábra) vagy százalékban (mezőgazdasági célú térképezésnél) adja meg.

Az építési céloknak megfelelően öt lejtőkategóriát tartalmaznak a térképek (pl. 6. ábra In: [Balogh et al. 1990]):

1.	0,0°	–	2,5°	kedvezően beépíthető
2.	2,5°	–	5,0°	építésre alkalmas
3.	5,0°	–	15,0°	tereprendezéssel építhető be
4.	15,0°	–	35,0°	kedvezőtlen, csak jelentős tereprendezéssel építhető be
5.	35,0°	–		beépítésre alkalmatlan

A mezőgazdasági művelés szempontjából hat lejtőkategória osztályt különböztetnek meg a térképek:

1.	0,0	–	5,0	%	szántóföldi művelésre
----	-----	---	-----	---	--------------------------

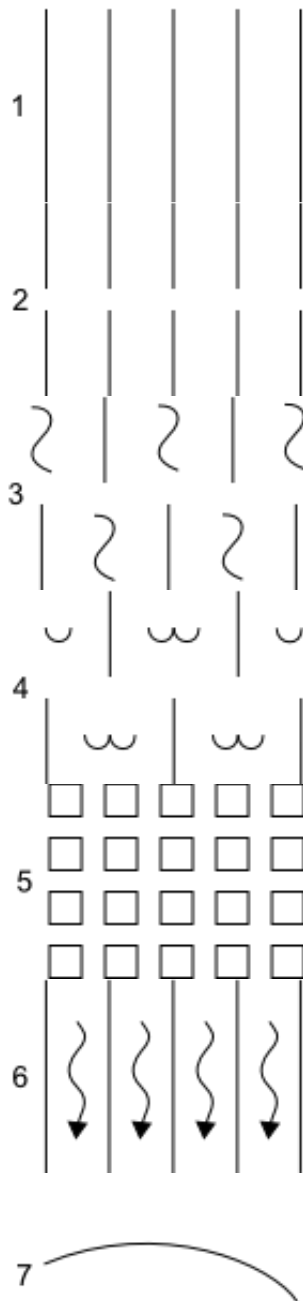
						alkalmas
2.	5,1	–	12,0	%		szántóföldi művelésre alkalmas, de a talajerózió veszélye fennáll
3.	12,1	–	17,0	%		nagyüzemi szántóföldi növénytermesztés és felső határa
4.	17,1	–	25,0	%		főleg csak kisüzemi szántóföldi művelésre alkalmas
5.	25,1	–	40,0	%		teraszos művelésre és erdősítésre alkalmas
6.	40,1	–		%		csak erdőgazdálkodásra alkalmas

A lejtőket állékonyságuk alapján három csoportba soroljuk [Ádám – Pécsi (szerk.) 1985]:

1. Állékony, stabil lejtők – tartós egyensúlyi helyzetben lévő lejtők, melyek általában sziklalejtők és normális lejtők.
2. Érzékeny egyensúlyi állapotú, labilis lejtőtípusok – hosszabb-rövidebb ideig nyugalomban vannak.
3. Instabil vagy mobilis lejtők – amelyek csúsznak vagy omlanak, jelenleg is folyamatos mozgásban vannak.

A lejtők állaga nagyon fontos információt hordoz, amit különösen a mérnökgeomorfológia nem nélkülözhet (4.3. ábra). A lejtők fejlődése általában lassúnak tekinthető, de a körülmények változásával – melynek sebessége akár gyors is lehet, főleg antropogén szempontból – az újabb stabil egyensúlyi állapot eléréséig megindul átalakulásuk. A lejtőt szabdaló barázdákat könnyen felismerhetjük a terepen, de a topográfiai alaptérkép nem biztos, hogy jelöli (metsződések). A törmelékmozgással és kúszással járó folyamatoknál is ez a helyzet, legalábbis a topográfiai térképen. Ugyanakkor a terepen sem biztos, hogy felismerhető, hiszen ha mesterséges, antropogén építmények (pl.: oszlopok, kerítések) nincsenek a területen, akkor csak a növények (fák) törzsének lejtőirányú meghajlásából következtethetünk rá. Fontos, hogy recens, vagy fosszilis formák uralják a lejtőt, a lejtő felszínét. Labilis, recens csuszamlásos lejtő esetében könnyebb felismerni a formákat, hiszen friss szakadásfrontot, csúszási tükröt is látunk, alatta a csuszamlás – általában több nagyobb darabból álló – halmazával. Persze nem mindegy, hogy milyen típusú csuszamlás alakul ki. Fosszilis csuszamlások esetében figyelniük kell a pusztuló formamaradványokra, mint például az íves futású tereplépcsőkre, a feltöltődő, helyenként csak zsombékkal, sással, náddal jelzett heptavak jelenlétére és a lejtő síkjából kiemelkedő csuszamláshalmazokra. Ráadásul ezek a lejtő vonalában többször is ismétlődhetnek egymás alatt, illetve felett. Az alaptérképekről –készítési vagy felújítási időpontjuk függvényében – általában csak a fosszilis mozgásokról kapunk információt. Az íves lefutású tereplépcsők, a lejtőn alatta megjelenő vizenyős területek, a lejtő csapásirányában futó, de helyenként egymással ellentétes ívet formáló – “fekvő” hordóra hasonlító – szintvonalak segíthetnek a csuszamlások azonosításában. A szintvonalak szabálytalan, hektikus vonalvezetése is jelezheti a felszín mozgását [cf. 3. és 4. ábra In: Schweitzer 1992].

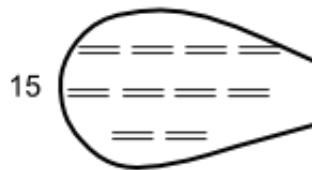
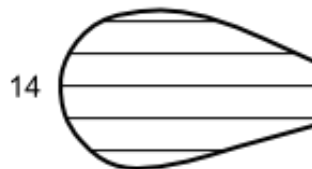
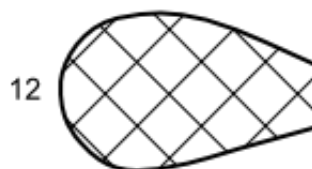
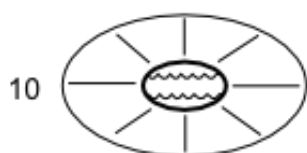
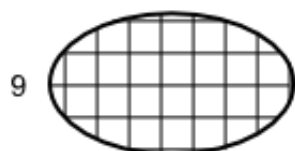
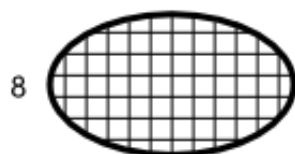
4.3. ábra - Lejtők állaga [Ádám 1985 nyomán]. 1 = stabilis lejtők; 2 = labilis (instabil) csuszamlásos lejtő; 3 = csuszamlásveszélyes lejtő; 4 = aktív csuszamlásos lejtő; 5 = törmelékmozgásos lejtő; 6 = barázdás eróziós lejtő; 7 = határozott lejtőszög változás

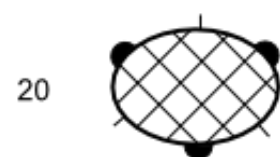
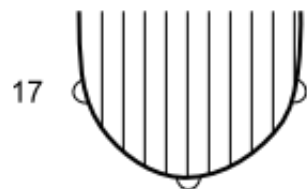
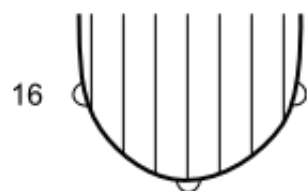


A hegyidomtani formák a felszíni domborzat pozitív nagyformái, formacsoportjai, melyek kialakulása komplex formaképző folyamatok eredménye. Közös jellemzőjük, hogy határozottan emelkednek ki környezetükből, lejtők határolta tetőfelszínük sík vagy domború felületű. A hegyidomtani formák jelkulcsa hegyrajzi (orográfiai) és magassági (hipszometriai) információt is tartalmaz (4.4. ábra). Pont ezek a kategóriák teszik nehézvé vagy bizonytalaná a térképi jelölést, hiszen mit kell tenni akkor, amikor pont két kategóriaérték közé esnek a formákat jellemző értékek. Ilyen nehézség lehet a hegygerinc és az alacsony gerinc, valamint a hegyhát és a völgyközi hát elkülönítése, hiszen ha a szélességük 100 m körül ingadozik és magasságuk is a kategóriaértékek közötti (pl.: 260 m tszf.), akkor nem egyértelmű, hogy melyik jelet alkalmazzuk a térképezés során. Ebben segíthet a táj, illetve a terep megfelelő ismerete (felmérése) és a térképkészítő szakmai tapasztalata is [cf. 3. és 5. ábra In: Schweitzer 1992], ami mutatja, hogy az értelmezést bizonyos határok között rugalmasan kell kezelni!

4.4. ábra - Hegyidomtani formák [Ádám 1985 nyomán]. 8 = fennsík (300 m tszf.), 9 = alacsony fennsík (200 m tszf), 10 = sasbérc, 11 = hegygerinc (300 m tszf., szélessége 100 m), 12 = alacsony gerinc (150 m tszf., szélessége 100 m), 13 = hegyhát (300 m tszf.,

szélessége 100 m), 14 = völgyközi hát (150 m tszf., szélessége 100 m), 15 = lejtőpihenő, 16 = heglábfelszín, hegláblejtő, 17 = hegláblépcső, 18 = természetes tereplépcső, 19 = kőbörce, 20 = tanúhegy (eróziós-deráziós), 21 = dombtető, 22 = hegytető, 23 = erodált síkok, 24 = nyereg



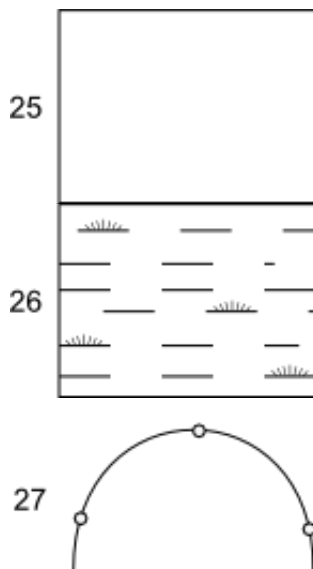


Az akkumulációs formák folyók, patakok, torrens vízfolyások feltöltő tevékenységével keletkező, általában gyengén lejtősödő sík felszíni formák (árterek, hordalékkúpsíkságok, esetenként törmelékkúpok), de lehetnek

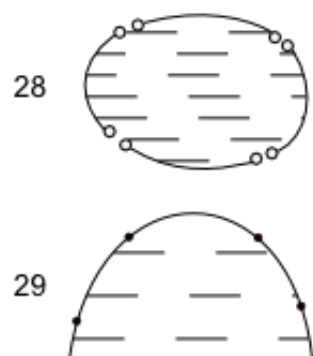
különböző meredekségű lejtőkkel összekapcsolódó teraszfelszínek is. Ezek a formák változatos üledékekből épülnek fel. A felhalmozódás a vízfolyások esésének jelentős csökkenésének, vagy a hordalékmennyiség növekedésének, vagy a vízhozam csökkenésének következménye. E sík, alluviális térszíneknek nagy a jelentősége, hiszen helyet adnak a településeknek, általában jó víztározók, így biztosíthatják a vízellátást és a mezőgazdasági művelés legfontosabb helyei is egyben.

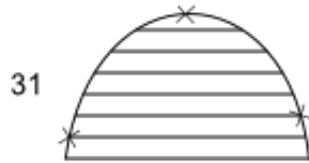
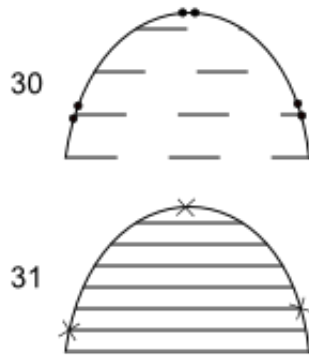
Az akkumulációs formák esetében is találkozhatunk olyan helyzettel, hogy bizonytalan a jelkulcs kategóriájának használata. Az ártérnél magasabb síksági felszínek (4.5. ábra) folyóvízi feltöltéssel vagy eolikus akkumulációval elegyengetett tökéletes síkságok, melyek lehetnek lösszel vagy löszszerű üledékekkel megemelt árterek is. Ezeket az alaptérképnek használt topográfiai térképekről nehéz elkülöníteni, főleg úgy, hogy hazánkban a vízfolyások mellett mindig keressük az alacsony és a magas ártereket és/vagy a különböző korú teraszfelszíneket (4.6. ábra és 4.7. ábra). A már azonosított teraszfelszínek besorolása is nehézségekbe ütközik, hiszen a mai napig jelentős vitatéma a kutatók körében a hazai teraszok száma [cf. 6. ábra In: Schweitzer 1992], a teraszrendszer korolásával együtt [Gábris 2006, 2007].

4.5. ábra - Akkumulációs formák általában [Ádám 1985 nyomán]. 25 = ártéri sík általában, 26 = vizenyős területek (laposok) általában, 27 = ártérnél magasabb síksági felszínek általában

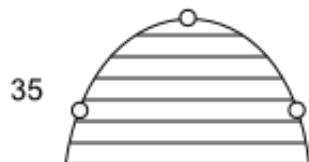
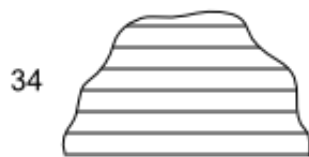
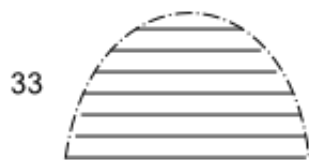
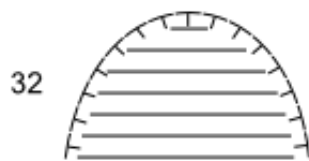


4.6. ábra - Alacsony teraszok [Ádám 1985 nyomán]. 28 = I/b terasz, 29 = II/a terasz, 30 = II/b terasz, 31 = III terasz

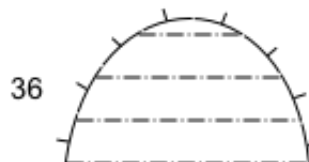


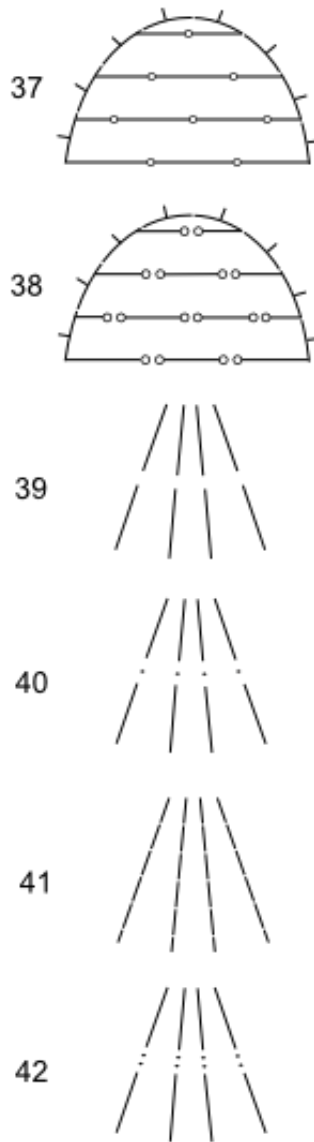


4.7. ábra - Magas teraszok [Ádám 1985 nyomán]. 32 = IV terasz, 33 = V terasz, 34 = VI terasz, 35 = VII terasz



4.8. ábra - Idős hordalékkúpok maradványfelszíne és a törmelékkúpok [Ádám 1985 nyomán]. 36 = idős hordalékkúp 125–160 m tszf., 37 = idős hordalékkúp 160–180 m tszf., 38 = idős hordalékkúp >180 m tszf., 39 = lejtőalji törmelékkúp, 40 = medencetalpi törmelékkúp, 41 = lejtőoldali törmelékkúp, 42 = gravitációs törmelékkúp





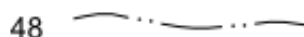
A medrek és völgyek a vízfolyások eróziós munkája és deráziós folyamatok által kialakított – jobbra gyorsan pusztuló – negatív formák [cf. 6. és 8. ábra In: Schweitzer 1992]. Ez természetesen függ a vízfolyás méretétől és attól a területtől, amelyen a vízfolyás formálja medrét, illetve a völgyét. A nagy formák lassabban, a kis formák (pl.: kisebb vízfolyások sekélyebb medrei) gyorsabban képesek átalakulni.

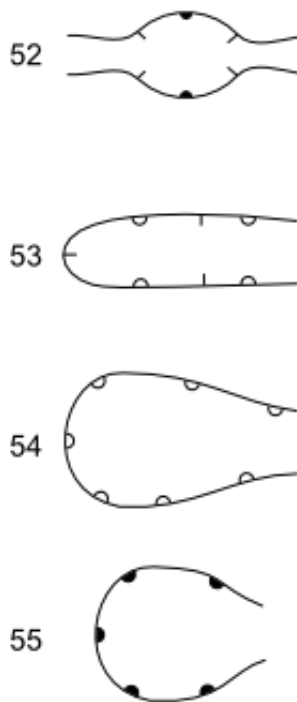
Értelmezési nehézséget itt is a méretkategóriák alkalmazása okozhat, mint például az eróziós vízmosások és az eróziós árkok elkülönítésénél (4.9. ábra), ha azok mélysége kettő méter körüli. Sőt a részletes geomorfológiai térképek jelkulcsában [Pécsi 1963] sokkal több jel szerepel, így az valóban részletesebb, könnyebb eldönteni bizonyos formák hovatartozását. Ugyanakkor a különböző geomorfológiai térképek jelkulcsrendszerének ugyanazon vagy hasonló elemei (jelei) nem pont ugyan azt jelentik, ezért könnyen zavart okozhat az alkalmazás még akkor is, ha tudjuk, melyik jelkulcsot használjuk. A fenti példánál maradva az eróziós vízmosások (4.9. ábra) a részletes geomorfológiai térkép eróziós barázdájának (és jelének) felel meg, miközben létezik barázdás eróziós lejtő kategória is!

Bizonyos rugalmasságot igényel az eróziós-deráziós völgyek elkülönítése, illetve jelölése is, hiszen meghatározó, hogy az átalakulás (fosszilis deráziós völgyből, recens eróziós völgy) milyen “stádiumban” van.

4.9. ábra - Medrek és völgyek [Ádám 1985 nyomán]. 43 = eróziós vízmosás (2 méternél sekélyebb), 44 = eróziós árok (2 méternél mélyebb), 45 = meredek partú patakmeder, 46 = kisebb vízfolyások elhagyott medrei, 47 = jelenkori holtágak, 48 = meander maradvány, 49 = eróziós völgy (20 méternél sekélyebb), 50 = eróziós völgy (20 méternél

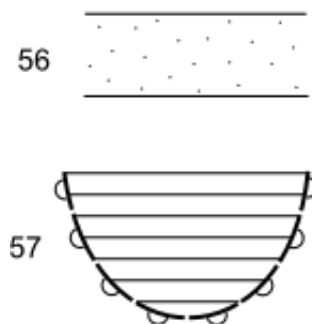
mélyebb), 51 = lapos, széles eróziós völgy, 52 = kisebb medencetalp pereme, 53 = eróziós-deráziós völgy, 54 = deráziós völgy, 55 = deráziós fülke





A tóparti formák (4.10. ábra) hazánkban leginkább a Balatonnál jellemzők. Itt mind a sekély vizekre jellemző formák (turzások a déli partszakaszon), mind a magaspartokra (Fonyód, Balatonkenese, Tihany) jellemző formák (kliff, abrúziós terasz) megtalálhatóak, a partvédelem miatt leginkább fosszilis formaként. A formákat alakító folyamatok – elsősorban klímavezérelten – azonban még ma is működnek. A jelkulcsban szereplő két elem nem feltétlenül tűnik elegendőnek a tóparti formák jellemzésére.

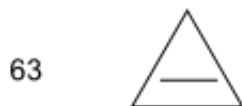
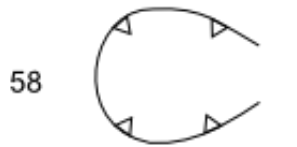
4.10. ábra - Tóparti formák [Ádám 1985 nyomán]. 56 = tavi turzás, 57 = tavi abrúziós terasz

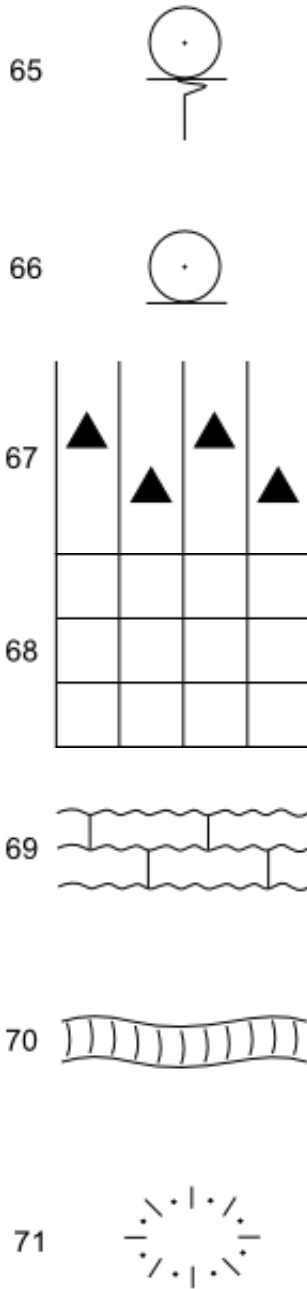


A karsztos formák kialakulása az általában ható tényezők mellett szorosan kapcsolódik a közettípushoz. A karsztosodás folyamatának formaképző szerepe elsősorban a mészkőterületeken figyelhető meg, ahol a felszínen elsősorban negatív formák jelennek meg (4.11. ábra). Ezek a negatív formák jelzik a víz felszínről történő elvezetésének útját, hiszen a csapadék gyorsan eltűnik a felszínről és a karszt belsejébe jut, ahol felszín alatti formák kialakításában vesz részt. Éppen ezért jellemző ezekre a területekre, hogy a felszínen sokáig nem történnek jelentős változások a formaképzésben, hiszen a víz a felszín alatt dolgozik (oldás és/vagy erózió a karszt típusától függően). Ha azonban a felszín alatti üregesedés már jelentősen előrehaladt és elért egy határt, akkor az a felszínen is megnyilvánul, például a barlangok beszakadásával jelentős méretű negatív formaként szurdokvölgyek alakulhatnak ki. Ezzel a relatív relief növekszik, ami további lepusztulási folyamatokat indít el (pl.: omlások), ami természetesen hatással van a karsztos területek formaképzésére is. Jellemző a formák összekapcsolódása, illetve együttes megjelenése is. Például a szárazvölgyek vagy a dolinák alján víznyelők

foglalhatnak helyet, ezek lejtőit szabdalhatják különféle karros mélyedések stb. A karsztos formák között kapott helyet a löszdolina, ami azonban nem tisztán a karsztos oldódás eredménye, hanem a felszín alatti anyagelhordás (eredménye: alagosodás) következményeként is kialakuló forma. Ezt az összetett folyamatot szuffúzióknak nevezzük.

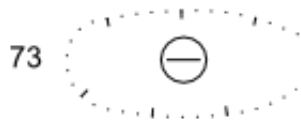
4.11. ábra - Karsztos formák [Ádám 1985 nyomán]. 58 = szárazvölgy, 59 = szurdokvölgy, 60 = korróziós mélyedés, 61 = víznyelő (aktív), 62 = dolina, 63 = zomboly, 64 = uvala, 65 = forrásbarlang, 66 = szárazbarlang, 67 = karrosodott lejtő, 68 = mészkőplató, 69 = karsztosodott formák általában, 70 = völgyzáró, 71 = löszdolina





A homokformák (4.12. ábra) a szél anyagelragadó (defláció), szállító (transzportáció) és felhalmozó (eolikus akkumuláció) munkájával alakulnak ki. A deflációval kialakuló formák szinte mindegyike negatív forma, csak a maradékgerinc jelent közülük kivételt. Igaz a maradékgerinc kialakulásához is legalább két határoló szélbarázda létrejötte szükséges. A féligkötött homokterületekre jellemző formák hazánkban is előfordulnak, kimondottan a nagyobb, összefüggő területű hordalékkúpságainkon, mint a Nyírségben, a Duna-Tisza közén és Belső-Somogyban.

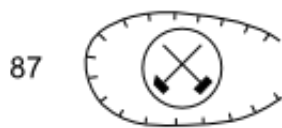
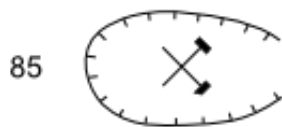
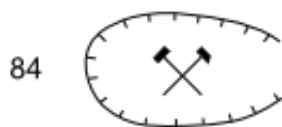
4.12. ábra - Homokformák [Ádám 1985 nyomán]. 72 = szélbarázda, 73 = lapos deflációs mélyedés, 74 = széllyuk, 75 = maradékgerinc, 76 = garmada, 77 = hosszanti garmadabucka, 78 = parabolabucka, 79 = lepelhomok



Az emberi (társadalmi) tevékenység egyre hatékonyabban alakítja át környezetünket (4.13. ábra), ezzel a korábban, természetes módon létrejött formák átalakítása megbontja a felszínfejlődés dinamikus egyensúlyát. (A beavatkozás mindenképpen változással jár, még akkor is, ha nem volt a felszín dinamikus egyensúlyban.) Erre intenzívebb a válaszreakció is, ami általában az építményeinket károsító következményekkel jár. Ezért nagyon fontos a geomorfológiai adottságokat is figyelembe vevő tervezés és építés. Erről bővebben az utolsó, a “Geomorfológiai térképezés a társadalom szolgálatában” című fejezetben (szám) olvashatnak.

4.13. ábra - Antropogén formák [Ádám 1985 nyomán]. 80 = település, 81 = út, vasút, 82 = mélyút, 83 = ártér, 84 = külszíni bánya művelés alatt, 85 = időszakosan művelt bánya, 86 = külszíni bánya felhagyott, 87 = feltöltött bánya





4. Önellőrző kérdések

1. Milyen rétegekből áll a hazai részletes geomorfológiai térképek jelkulcsa?
2. Mit nevezünk a térkép generalizálásának?
3. Sorolja fel a mérnökgeomorfológiai térképezés tartalmának egységeit!
4. Milyen lejtőkategória értékek jelennek meg az építési célú és milyenek a mezőgazdasági célú mérnökgeomorfológiai térképeken?
5. Soroljon fel különböző jelkulcs-csoportokhoz tartozó, értelmezést zavaró jelenségeket!

5. fejezet - A geomorfológiai térkép magyarázója és annak szerkezete

1. Bevezetés

Ebben a fejezetben megismerjük a geomorfológiai térképpel szerves egységet alkotó magyarázó készítését, illetve annak fontosabb lépéseit. Általános iránymutatás adható csupán, mert a konkrét magyarázó felépítése először is függ a térkép tartalmától, tematikájától és természetesen méretarányától. Másodszor a cél, amiért a térkép készül megszabja az eszközt, magát a magyarázót, amit a megbízó saját céljainak érdekében fel tud használni. E magyarázók jó eséllyel az ún. földrajzi döntéselőkészítési folyamat részei, melyben egy stratégiai cél érdekében végzünk megvalósíthatósági és kockázatelemzési vizsgálatokat. Így módon a földfelszín – ahol szinte minden emberi tevékenység formát ölt – részletes vizsgálatát, a fentebb részletesen kifejtett komplex térképezési eljárások alkotják. Jó példaként említhető az MTA FKI-ban (2.1. táblázat) évtizedek óta folyó tematikus térképezési munka [**Keresztesi 1992**], melynek eredményeként az ország leginkább veszélyeztetett területei feldolgozásra kerültek.

A fejezet célja, hogy megismertesse a geomorfológiai térképekhez kapcsolódó, de önálló egységként megjelenő – és így önmagában is értelmezhető – térképmagyarázót. Ebben a fejezetben informálódhat a geomorfológiai térkép magyarázójának szerkezetéről, felépítéséről. Az előző – a térkép jelkulcsát tárgyaló – fejezet (4. fejezet) információi fontosak, mivel a térképezett terület általános természetföldrajzi jellemzése után a magyarázó részletes kifejtése a jelkulcs elemei alapján történik.

Szükséges alapismeretek:

- általános természetföldrajz;
- térképtan és távérzékelés
- földrajzi vizsgálatok elmélete és gyakorlata;
- kutatási módszerek.

Felelevenítendő fogalmak:

- döntéselőkészítés
- földrajzi táj
- közettípusok
- litológia
- földtani keresztmetszvény
- vegetáció
- kutatási módszertan
- geomorfológiai formák jellemzői
- geomorfológiai térkép jelkulcsa
- természetföldrajzi algoritmus

1.1. Kulcsszavak

földrajzi szintézis, domborzatfejlődés, recens folyamatok

2. A magyarázó felépítése

A geomorfológiai térkép jeleinek könnyen és gyorsan leolvasható információi segítik a vizsgált, térképezett terület jelenlegi formakincsét értelmezni. Ebből a szempontból a geomorfológiai térkép a jelkulccsal együtt önállóan értelmezhető egységet alkot. Emellett azonban a folyamatok és formák könnyebb megismerésének érdekében tömör szöveges dokumentumként térképmagyarázó készül, melynek tartalma és szerkezete igazodik azokhoz a folyamatokhoz, amelyek a jelenlegi formakincs kialakításában leginkább részt vettek, részt vesznek. Így természetes, hogy nem lehetnek szerkezetükben teljesen azonosak a különböző területeket ábrázoló geomorfológiai térképek magyarázóai. Más lesz a tartalom és persze a hozzá igazodó szerkezet is, ha például felszínmozgásos terület vagy éppen karsztos térszín geomorfológiai térképeihez készül a magyarázó. A térképezett terület mérete is meghatározó. Nem ugyanaz a cél és az elérni kívánt eredmény nagy területeket átfogó (kis méretarányú, áttekintő) térkép és egy kis területet, részletesen ábrázoló (nagy méretarányú, részletes) térkép esetében sem. Eleve a térképkészítés célja is különböző lehet, hiszen mint domborzatminősítő térkép megkülönböztetünk általános, felszínmozgásos, mérnökgeomorfológiai és antropogén geomorfológiai térképeket (ld. "A geomorfológiai térképek tipizálása és csoportosítás" alfejezetet).

Általános értelemben a térképmagyarázó a következő részekből áll:

1. A vizsgált terület természetföldrajzi adottságainak értékelése a tájjellegtől és a geomorfológiai térképezés céljaitól függően mezőgazdasági, turisztikai vagy a termelés és tervezés más szempontjainak figyelembe vételével. Ennek részletesebb pontjai az alábbiak:

- A terület földrajzi helyzete, határai

A kis területet érintő, részletes geomorfológiai térkép esetében szükséges a tágabb környezettel együtt tárgyalni, nagyobb természetföldrajzi egységbe (kistájba, kistájcsoportba esetleg középtájba) ágyazni a térképezett területet. Szükséges rögzíteni mind abszolút (EOTR vagy földrajzi koordináták), mind relatív helyzetét.

- Földtani felépítés

Az ábrázolt terület(egység) földtani felépítése, rövid földtani fejlődéstörténete és a felszínt alkotó kőzetek jellemzése. Itt kell kitérni a területet érintő neotektonikai folyamatokra és a formakicsben játszott szerepére.

- A domborzat jelenlegi képe

A terület meghatározó felszínformáinak jellemzése a geomorfológiai fejlődéstörténettel összefüggésben (genetikus geomorfológiai formák). A jelenben ható felszínalakító folyamatok értékelése, melyben a lejtőmorfológia és a talajpusztulás mértékének vizsgálata kiemelt szerepet kap.

- Az éghajlat jellemzői

Kapcsolódva a recens folyamatokhoz és formaképzésükhöz, a természetföldrajzi algoritmus elemeként az éghajlat szerepének értékelése következik. Az általános éghajlati adatokon túl fontos értékelni a klíma változását az elmúlt 30-50 évben, esetleg a modellezett várható jellegzetességek kiemelésével. Külön ki kell térni a területre jellemző mezo- és mikroklimatikus folyamatokra is.

- A vízrajz jellemzői

A víz szerepe a formaképzésben. Ez különösen a litológia, a lefolyásviszonyok és az éghajlat függvényében kerül tárgyalásra. Fontos értékelni a vízhálózat fejlődését és az antropogén hatásokat a vízhálózatban.

- Növényföldrajzi kép

A vizsgált terület stabilitását – amennyiben ez releváns – nagy mértékben befolyásolja a természetes vagy kultúr vegetáció, mivel a recens felszínfejlődésben jelentős szerepet játszó csapadék lefolyására, beszívására és a párolgásra is módosító hatást gyakorol.

- A terület talajai

A talajviszonyok a növényzettel együtt az adott felszín fejlődési sebességét határozzák meg. Erodálhatóságuk, illetve erodáltsági fokuk a recens felszínfejlődés fokmérője [Marosi – Szilárd 1969, Balogh et al. 2008, Jakab et al. 2010].

2. A vizsgált terület felszínfejlődésének részletes tárgyalása a jelkulcsban szereplő domborzati formák jellemzésével.

- A magyarázó második részének tematikája, a terület domborzatának kialakításában és módosításában (paleofelszín, fosszilis, átmeneti és recens formák) résztvevő folyamatok intenzitásához, végső soron a meghatározó domborzati elemekhez kötődik. Ennek keretében az egyes formatípusok és -elemek részletes elemzését adja, mellyel választ ad arra, hogy az adott típus miként is jelenik meg a vizsgált térszínen. Itt kell megjegyezni, hogy a formacsoportok jelkulcs szerinti tárgyalásánál – legyen az általános vagy más típusú geomorfológiai térkép – az utolsó csoport az antropogén formákkal foglalkozik (hivatkozás és előzmények). Az antropogén hatások, az ember környezetátalakító tevékenységének hatása a domborzatra megkerülhetetlen vizsgálati téma, hiszen következményei mára jelentős (hatósugarában a legjelentősebb lehet) formaképző erővel bírnak.

3. Kiegészítő információk

- A térképmagyarázó szöveges állományát melléktérképek, földtani-, geomorfológiai keresztmetszvények, ábrák, táblázatok, fényképek egészítik ki, melyek segítik a formák kialakulásának és megjelenésének könnyebb, jobb értelmezését. Itt lehet mindazokat az ábrákat felhasználni, melyek a térkép készítésének folyamataként jöttek létre, de nem kerültek, nem kerülhettek felhasználásra (pl. lejtőkategória és -kitettség térkép vagy domborzati metszetek stb.).
- A magyarázó végén természetesen a felhasznált, az adott területet érintő (forrásmunkák) irodalomjegyzék kerül megjelenítésre.

A geomorfológiai térképek tehát a szöveges magyarázóikkal az adott területek tudományos domborzati elemzését valósítják meg, melynek során a vizsgálatok eljutnak az értékelő szintézisig. Így a geomorfológiai térképek a magyarázóval együtt a társtudományok, illetve a tervező műszaki és közgazdasági tudományok részére fontos információforrásokká, eszközökké válnak.

3. Önellenőrző kérdések

1. Milyen részekből áll a geomorfológiai térkép magyarázója?
2. Milyen típusú információhordozó, illetve megjelenítő eszközök szerepelnek a geomorfológiai térkép magyarázójában?
3. Milyen kapcsolat van a vizsgált területet bemutató térkép jelkulcsa és a térkép magyarázója között?

II. rész - Gyakorlati feladatok

Tartalom

6. Manuális térképezési gyakorlatok	78
1. Bevezetés	78
1.1. Kulcsszavak	78
2. Térképrendszerek (katonai, polgári) szelvényezése	79
3. A térképek méretaránya. Távolságmérés a térképen. Tereppontok tengerszint feletti magasságának meghatározása.	80
4. Lejtőszög számítás	82
5. Keresztszelvény készítés (különböző torzítási értékekkel)	83
6. Vízyűjtő és vízválasztó vonalak jelölése a térképen. A domborzat idomai.	85
7. A feladatok megértését elősegítő és a megoldásokat ellenőrző animációk	88
8. Önellőrző kérdések	92
7. Digitális, GIS alapú feladatok	93
1. Bevezetés	93
1.1. Kulcsszavak	93
2. 1. feladat	93
3. 2. feladat	94
4. 3. feladat	94
5. 4. feladat	94
6. 5. feladat	94
7. 6. feladat	95
8. 7. feladat	95

6. fejezet - Manuális térképezési gyakorlatok

1. Bevezetés

A fejezet célja, hogy a gyakorlófeladatok megoldásával olyan készségeket fejlesszen, amely előkészíti és megkönnyíti a konkrét geomorfológiai térképszerkesztési műveletet. Ahhoz, hogy eljussunk egy geomorfológiai térkép értelmezéséhez, vagy egy új térkép szerkesztéséhez, feltétlenül át kell tekinteni a térképekről és a térképkészítésről szóló alapismereteinket. Ebben nyújtanak segítséget – a nyomtatott formában megjelent cikkek és könyvek mellett – a korábban elkészített és a világhálón elérhető állományok.

Szükséges alapismeretek:

- csillagászati földrajz,
- térképészeti alapok, távérzékelés,
- alapvető matematikai és természettudományos ismeretek.

Felelevenítendő fogalmak:

- polgári topográfiai térkép
- katonai topográfiai térkép
- földrajzi fókálózat
- meridián
- méretarány
- tengerszint feletti magasság
- alapfelület
- vetület
- Pythagoras-tétel
- trigonometria
- domborzat
- szintvonal
- vízvázasztó
- vízgyűjtő
- lejtőszög
- keresztmetszet
- hosszmetset

1.1. Kulcsszavak

térképszelvény, idomvonal, domborzati idom

2. Térképrendszerek (katonai, polgári) szelvényezése

Amennyiben a terepen kiválasztásra került a vizsgálandó terület, akkor elsődleges információforrásként be kell szerezzük a megfelelő méretarányú topográfiai térképet, melyet alaptérképként használunk a geomorfológiai térképszerkesztésnél. Ennek legegyszerűbb módja, hogy a FÖMI internetes keresője segítségével (<http://www.fomi.hu/portal/index.php/termekeink/terkepek/topografiai-terkepek/bongeszes>) kiválasztjuk a megfelelő szelvényszámú térképlapot vagy térképlapokat, majd akár online meg is rendelhetjük őket. Ettől az egyszerű eljárástól függetlenül ismernünk kell a térképek szelvényezésének rendszerét, mert nem biztos, hogy minden esetben rendelkezésünkre áll az internet és a térképészeti alapismeretek is megkövetelik az ebben való jártasságot.

A gyakorlatban kétféle topográfiai térkép lapjait használjuk. A Gauss-Krüger vetületű katonai topográfiai térképek szelvényrendszerének koordinátahálózata a földrajzi fókuszhoz igazodik, így a Föld teljes felszínén használható ez a rendszer. A kiinduló térképszelvény lapjának méretaránya 1:1 000 000, ami az egyenlítőtől északra és délre 4–4 fokot átfogó szélességi övek és a dátumválasztótól keletre induló 6–6 fokot átfogó meridiánsávok által kimetszett területet fed le. A szélességi öveket a latin ABC nagybetűivel, míg a meridiánsávokat arab számokkal jelöljük. Magyarország területe ebben a rendszerben négy térképszelvényre esik: L-33, L-34, M-33, M-34. Ez a kis méretarányú szelvénylap még nem alkalmas a részletek megjelenítésére. Ebből a térképszelvényből származtatták az 1:500 000, az 1:200 000 és 1:100 000 méretarányú térképszelvényeket. Ebben a rendszerben az 1:100 000 méretarányú térképet választották a további leképezéshez alaptérképként. A kiinduló térképszelvényt 144 db 1:100 000-es méretarányú térképlap fedi le 12 sorban és 12 oszlopban. A számozás az északnyugati sarokból indul keleti irányban. A második sor a 13. szelvényről indul, így annak északi szomszédja lesz az első szelvény és így tovább. A részletesebb, nagyobb méretarányú térképek felé a számozás logikája, hogy a méretarány felezésével a térképlapot negyedelik: az 1:50 000-es térképszelvényre az északnyugati negyed A, az északkeleti negyed B, a délnyugati negyed C, a délkeleti negyed D jelölés kerül. Ugyanez érvényes az 1:25 000-es térképszelvények esetében is, csak a nagybetűk helyett kisbetűket alkalmaznak. Talán a leggyakrabban használt 1:10 000-es méretarányú térképek levezetése esetében is ez a logika, de már nem betűkkel, hanem számokkal (ÉNy–1, ÉK–2, DNy–3, DK–4). Ebben a rendszerben egy 1:10 000 méretarányú térképlap lehetséges szelvény száma: L-34-61-C-b-4.

6.1. táblázat - A térképlap szelvényezése

L-34	61	C	b	4
1 : 1 000 000				
1 : 100 000	X			
1 : 50 000		X		
1 : 25 000			X	
1 : 10 000				X

Sajnos a legritkább esetben elégséges egy térképszelvény kiválasztása, mert a térképezésre kijelölt területet általában nem fedi le teljesen. Ilyenkor ki kell választani a megfelelő szomszédot vagy szomszédokat. Ha a fenti szelvény számot használjuk, akkor a következő szomszédos szelvény számokat határozhatjuk meg:

É	:		L-34-61-C-b-2
ÉK	:		L-34-61-D-a-1
K	:		L-34-61-D-a-3
DK	:		L-34-61-D-c-1
D	:		L-34-61-C-d-2
DNy	:		L-34-61-C-d-1
Ny	:		L-34-61-C-b-3
ÉNy	:		L-34-61-C-b-1

A szelvényezés logikája egyértelmű és nem mondható bonyolultnak, ennek ellenére – különösen a nagy méretarányú térképek irányában – könnyen összekeverhetjük a szelvény számokat, ezért ajánlatos a 1:100 000 méretarányú szelvényből rajzban (skicce) levezetni a szomszédos viszonyokat. Tovább bonyolíthatja a

helyzetet, ha a kiinduló szelvény éppen az 1:1 000 000 méretarányú szelvény peremén van, hiszen ilyenkor valamelyik irányban biztosan megváltozik a milliós méretarányú szelvény betű vagy számjele, sőt a sarkokban mind a kettő!

A polgári topográfiai térképeket tekintve 1976-tól vezették be az Egységes Országos Térképrendszert (EOTR), melynek egységes a vetülete (Egységes Országos Vetület), egymásba épülő a szelvényezése és a méretarány függvényében egységes a jelkulcsa. A szelvényezés alapegysége a kilométervonalak által határolt 1:100 000 méretarányú térképszelvény, amelyekből 11 öv (sor) és 12 sáv (oszlop) fedi le az ország területét. A szelvények jelölése kizárólag számozással történik. Az övek délről északi irányban, a sávok nyugatról keleti irányban számozottak és a kezdő szám mindkét irányban a nulla. A koordinátáknak megfelelően tehát kettő, vagy három számjegyből állhat a százezres méretarányú térképszelvény száma. Az első szám (ha háromjegyű, akkor számok) mindig az övet jelöli. A levezetés ebben az esetben is a méretarány felezésével, illetve a szelvény negyedelésével történik. A szelvények továbbosztásának, jelölésének logikája ugyanaz, mint a katonai topográfiai térkép esetében, de a nagyobb méretarányú, részletes térképek felé is csak számok szerepelnek a szelvény jelölésében. A méretarány növelésével 1:4000, 1:2000 vagy akár 1:1000 méretarányú térképszelvény is levezethető. Egy lehetséges 1:10 000 méretarányú EOTR térképszelvény szelvény száma: 14-134

6.2. táblázat - A térképlap szelvényezése

14	1	3	4
1 : 100 000			
1 : 50 000	X		
1 : 25 000		X	
1 : 10 000			X

A fenti térképlap szomszédainak szelvény számai:

É	:		14-132
ÉK	:		14-141
K	:		14-143
DK	:		14-321
D	:		14-312
DNy	:		14-311
Ny	:		14-133
ÉNy	:		14-131

Feladatok

- Határozza meg a L-33-72-D-b-2 szelvény számú térképlap fő- és mellékégtájak szerinti, azonos méretarányú szomszédainak szelvény számát!
- Határozza meg a 37-442 szelvény számú térképlap fő- és mellékégtájak szerinti, azonos méretarányú szomszédainak szelvény számát!

3. A térképek méretaránya. Távolságmérés a térképen. Tereppontok tengerszint feletti magasságának meghatározása.

A térkép méretaránya mutatja meg, hogy a valódi terepi távolságot milyen mértékű kicsinyítéssel jeleníti meg a térképi távolság és fordítva. Távolságot – a térképen feltüntetett aránymérték (vonalas aránymérték) használatán kívül – csak akkor tudunk számolni, ha ismerjük a térkép méretarányát. Amennyiben a méretarány nem ismert, akkor azt ki is számolhatjuk a térképlapon megjelenő egyéb információk alapján. Ilyen lehetőséget a topográfiai térképen jelölt kilométerhálózat, illetve a térképszelvényen belül annak vonalaival határolt négyzet oldalhosszáinak mérete ad. A kilométerhálózattal jelölt távolság – méretarány függvényében – nem mindig 1

km-es távolságot jelent. A térkép keretvonaláig kifutó kilométerhálózati vonalak számozást kapnak, melyből kiderül, hogy 1, 2 vagy 4 km-es stb. távolságot jelölnek a szomszédos vonalak. Ha lemérjük az oldalhosszúságot, abból egyszerűen kiszámíthatjuk a méretarányt. Tegyük fel, hogy 1 kilométeres távolságot jelölnek a kilométerhálózati vonalak, melyek egymástól (oldalhossz) 10 cm távolságban vannak. Ennek megfelelően a térképi 10 cm távolság a valóságban 1 km = 1000 m = 10 000 cm. A térkép méretaránya tehát 1:10 000. Fontos, hogy a mértékegységek egyformák legyenek, ezért kellett az 1 km távolságot centiméterben megadni!

A térképeken nemcsak a kilométerhálózat, hanem a földrajzi fókálózat segítségével is kiszámíthatjuk a térkép méretarányát. A nagy méretarányú topográfiai térképek szelvényének sarokpontjainál tüntetik fel a földrajzi fókálózat koordinátáit. A kettős vonalú kereten az ívperceket jelölik, mégpedig úgy, hogy kitöltött és üres vonalközök váltakozva követik egymást. Egy-egy ilyen vonalköz-szakasz egy ívpercnél tartozó felszíni távolságnak (hosszúságnak) felel meg. Nagy méretarányú térképeknél az üres vonalköz-szakaszokat öt pont osztja hat részre. Ezek már a szögmásodperceket jelölik 10-es egységekben, hiszen 1 ívperc egyenlő 60 ívmásodperccel. Ugyanakkor nem mindegy, hogy melyik keretvonalon jelölt ívperccel számolunk, hiszen csak az egymástól azonos távolságra következő – szélességi körök által metszett – É-D irányban húzódó meridiánok (hosszúsági körök) mentén számolhatunk azonos távolságokat adó szögértékekkel. Ez tehát a keleti vagy a nyugati keretvonalon található jelölés. A másik azért nem lenne jó választás, mert a meridiánok által metszett szélességi körök mentén mért távolság az egyenlítőtől távolodva egyre kisebb értéket fog jelenteni! A sarkoknál már “0” a távolság, hiszen ott találkoznak, metszik egymást a meridiánok. Persze megfelelő eljárással ez utóbbi is megoldható.

Mivel egy meridián teljes hossza 40 009 km, az 1° szöghöz tartozó távolság $40\,009\text{ km} / 360^\circ = 111,11\text{ km}$. Az egy ívperchez tartozó távolság $111,11\text{ km} / 60' = 1,85\text{ km}$ és így tovább a szögmásodpercek (pontosabban a pontokkal jelölt 10 szögmásodperc) esetében is. Oldja meg a 3. feladat [82]ot!

Visszatérve a méretarányhoz, például egy 1:25 000 méretarányú térképen mért 1 cm távolság a valóságban 25 000 cm = 250 m = 0,25 km távolságnak felel meg. Egy térképszelvényen belül csak le kell mérni a térképi távolságot és azt meg kell szoroznunk a méretarány második tagjával (ha úgy tetszik nevezőjével), így megkapjuk a valós távolságot ugyanabban a mértékegységben, amivel a térképen számoltunk. Mi praktikusán a centimétert vesszük alapul, de ez lehetne bármilyen más távolságot (hosszúságot) jelölő mértékegység is, hiszen az arány mindegyik esetre érvényes! Ezzel az egyszerű eljárással azonban csak akkor kapunk pontos eredményt, ha sík területen mérjük a távolságot. Minél nagyobb a szintkülönbség (relatív magasság) két pont helyzete között, annál pontatlanabb az eljárás. Ez azért van így, mert a térképi pontok helyzetében nem tükröződik a szintkülönbség, hiszen a valódi, terepi pontok helyzete a térképen egy alapfelületre vetített sikon jelenik meg. Egy változatos domborzatú területet ábrázoló térképen csak akkor kaphatunk a valósághoz leginkább közelítő értéket, ha figyelembe vesszük az útvonalon jelentkező magasságkülönbségeket. Ebben a topográfiai térkép szintvonalai vannak a segítségünkre. Vegyünk egy egyszerű példát: egy lejtőszakaszon pont a szintvonalakra esik a térképen kettő centiméter hosszú szakasz két végpontja. A térképünk méretaránya 1:10 000, az alapszintvonalköz 2,5 m és az egyenes szakaszunk 6 szintvonalalközt érint. Ebből következik, hogy a térképen mért távolság (a) vízszintes vetülete $2 \times 10\,000 = 20\,000\text{ cm} = 200\text{ m}$. A magasságkülönbségünk (b) $6 \times 2,5\text{ m} = 15\text{ m}$. A kapott adatokból a Pythagoras-tétellel, mely szerint a derékszögű háromszög befogóinak négyzetösszege egyenlő az átfogó négyzetösszegével ($a^2 + b^2 = c^2$), könnyen kiszámolhatjuk a lejtőn mért távolságot. Amire nagyon figyelni kell, mert becsapós, hogy amikor lemérjük a lejtő térképi távolságát, az nem a képzeletbeli derékszögű háromszög átfogója lesz (éppen azt akarjuk kiszámolni), hanem a térképi ábrázolás sajátossága, a vízszintes felületre vetítés miatt az egyik befogónak (a) felel meg! Behelyettesítve: $200^2 + 15^2 = c^2$, azaz $40\,000 + 225 = c^2$, azaz $40\,225 = c^2$. Gyökvonással: $c = 200,56$. A valós távolság tehát 56 cm-rel hosszabb, mint a térképen mért, méretarány alapján számolt távolság. Oldja meg a 4. feladat [82]ot!

Bonyolultabb, ha a szakasz végpontjai nem esnek éppen a szintvonalakra. Ebben az esetben arányosítanunk kell a magasságkülönbséget, ami azt jelenti, hogy a végpontot közrefogó két szintvonalalközt vesszük alapul. Az előző példánál maradva, ha az alapszintvonalköz 2,5 m és a szakaszunk egyik végpontja éppen a szintvonalak között húzott merőleges egyenes felezőpontjára esik, akkor az 1,25 m szintkülönbséget jelöl. Ezt az egyenes arányosságon alapuló eljárást a másik végponton is elvégezzük és az értékeket hozzáadjuk a szakasz keresztezte egész szintvonalalközök alapján kapott szintkülönbség értékéhez. Pontos értéket azonban így sem kaphatunk, hiszen a szintvonalak közötti lejtő ritka esetben lesz egyenes lejtő. A két szintvonal közötti domborzat változatos lejtésvizonyait a térkép általában nem tudja nekünk visszaadni, mivel azt átlagosnak, egyformának “veszi”.

Feladatok

3. Számolja ki egy 1:10 000 méretarányú térképszelvény K-Ny-i keretvonalán feltüntetett 30 ívmásodperchez tartozó térképi és valós (terepi) távolságot!
4. Határozza meg, hogy mekkora az eltérés a méretarány szerint számolt távolság és a valós távolság között, ha az előző példában szereplő szintkülönbség kétszeresével számolunk!

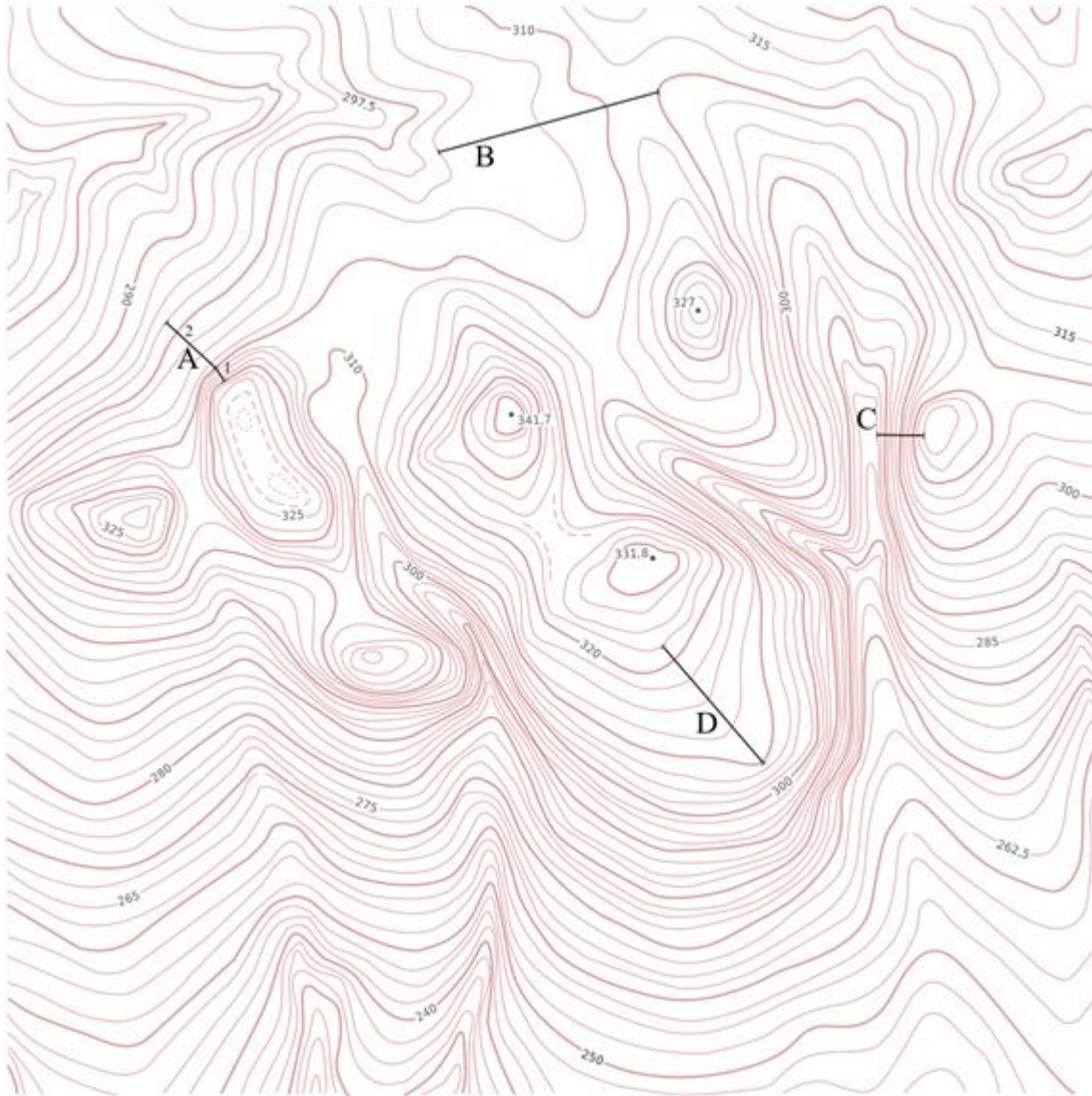
4. Lejtőszög számítás

A lejtőszög számítás legegyszerűbb módja, ha a térképen jelölt lejtőalapmérték használatával végezzük el. Folytatva a lejtős területen történő távolságszámítás logikáját meghatározhatjuk egy adott lejtőszakasz lejtőszögét is. A lejtésviszonyok meghatározása a geomorfológiai térkép szerkesztésének egyik legfontosabb része (2. fejezet, 2.1. ábra és 2.1. egyenlet). Itt is a lejtőháromszöget, és a trigonometriát vesszük alapul. Az α lejtőszög meghatározásához, ha ismerjük a vízszintes síkra vetített távolságot (a) – tehát a lejtőalapot – és a magasságkülönbséget (itt h -val jelölve), akkor $\tan \alpha$ egyenlő a szöggel szemközti (h) / szög melletti (a) hossz hányadosával. A $\tan \alpha$ inverzével (archus tangens α) megkapjuk a keresett lejtőszöget.

Feladat

5. Számítsa ki a 2x2 km-es területet ábrázoló, 1:10 000 méretarányú térképkivágoton (6.1. ábra) jelölt lejtőszakaszok (A, B, C, D) lejtőszögét. Az "A" vonal mentén számolja ki külön-külön is az 1-es és 2-es szakasz lejtőszögét!

6.1. ábra - A lejtőszög számításának gyakorlására kijelölt szakaszok.



5. Keresztszelvény készítés (különböző torzítási értékekkel)

A térképertelmezés során szerkesztéssel olyan információkat gyűjthetünk, melyek közvetlenül nem olvashatók le a térképről. Ez a szerkesztés lehet szelvénykészítés, amely a geomorfológiai térképezés egyik fontos – az előkészítésben alkalmazott – folyamata. A szelvény (metszet) olyan térképszerű ábrázolás, amely során a felszín párhuzamos vetítősugarakkal előállított oldalnézeti képen nyilvánul meg. Ha a negatív és pozitív formák csapásirányára merőlegesen jelöljük ki a szelvény vonalát, akkor keresztmetszeti szelvényről, vagy keresztszelvényről, ha a csapásiránnyal párhuzamosan jelöljük ki a szelvény vonalát, akkor hosszszelvényről beszélünk [Lerner 1989].

A szelvény készítésének lépései:

- kijelöljük a térképen a metszet egyenes vonalát vagy összefüggő egyenes vonalait,
- a metszetvonal mentén meghatározzuk a legalacsonyabb és legmagasabb pontokhoz tartozó szintvonalértéket,
- a térkép alapszintvonalközének és a méretarányának alapján meghatározzuk a szükséges magassági torzítás nagyságát,

- a metszet irányával párhuzamosan a magassági torzítás figyelembevételével annyi alapszintvonalat leképező szintjelző segédvonalat rajzolunk, amennyi a legalacsonyabb és a legmagasabb pontokat is megjelenítheti,
- a metszetvonal és a szintvonal metszéspontjait merőleges egyenes mentén az azonos magasságot jelölő szintjelző segédvonalra vetítjük,
- a vetítéssel előállított metszéspontokat a rájuk illeszkedő görbe vonallal összekötjük,
- a pontosabb illesztéshez figyelembe lehet venni az idomvonalak (lsd. következő szakasz) és a metszetvonal metszéspontjait is, azokat is levetítve a segédvonalra.

Ezzel előállítottuk a térképre illesztett metszetvonal mentén a felszín oldalnézeti képét. A magasságtorzításra azért van szükség, mert általában az 1:1 leképezéssel nagyon kicsi távolságok (magasságkülönbség) adódnak, ami értelmetlenné teszi a szerkesztést, hiszen semmiféle információ nem olvasható le róla. Ilyenek például a dombosági területeinket ábrázoló nagy méretarányú térképeken előállított torzításmentes keresztaszelvények, ahol a szintvonalkülönbségek csupán tizedmilliméteres értékkel bírnak. Nemcsak szerkesztéssel, hanem számítással is készíthetünk szelvényt! A különbség mindössze csak annyi, hogy a két tengely metszéspontjától (balról) jobbra felvesszük a metszetvonal és a szintvonalak metszéspontjainak távolságát és a torzításnak megfelelően számolt magassági értéket jelöljük a koordináta-rendszerben. A legegyszerűbb, ha mindezt milliméterpapíron jelöljük, hiszen így megspóroljuk a koordináta-értékek szerinti "vonalkázást", a rácsháló elkészítését.

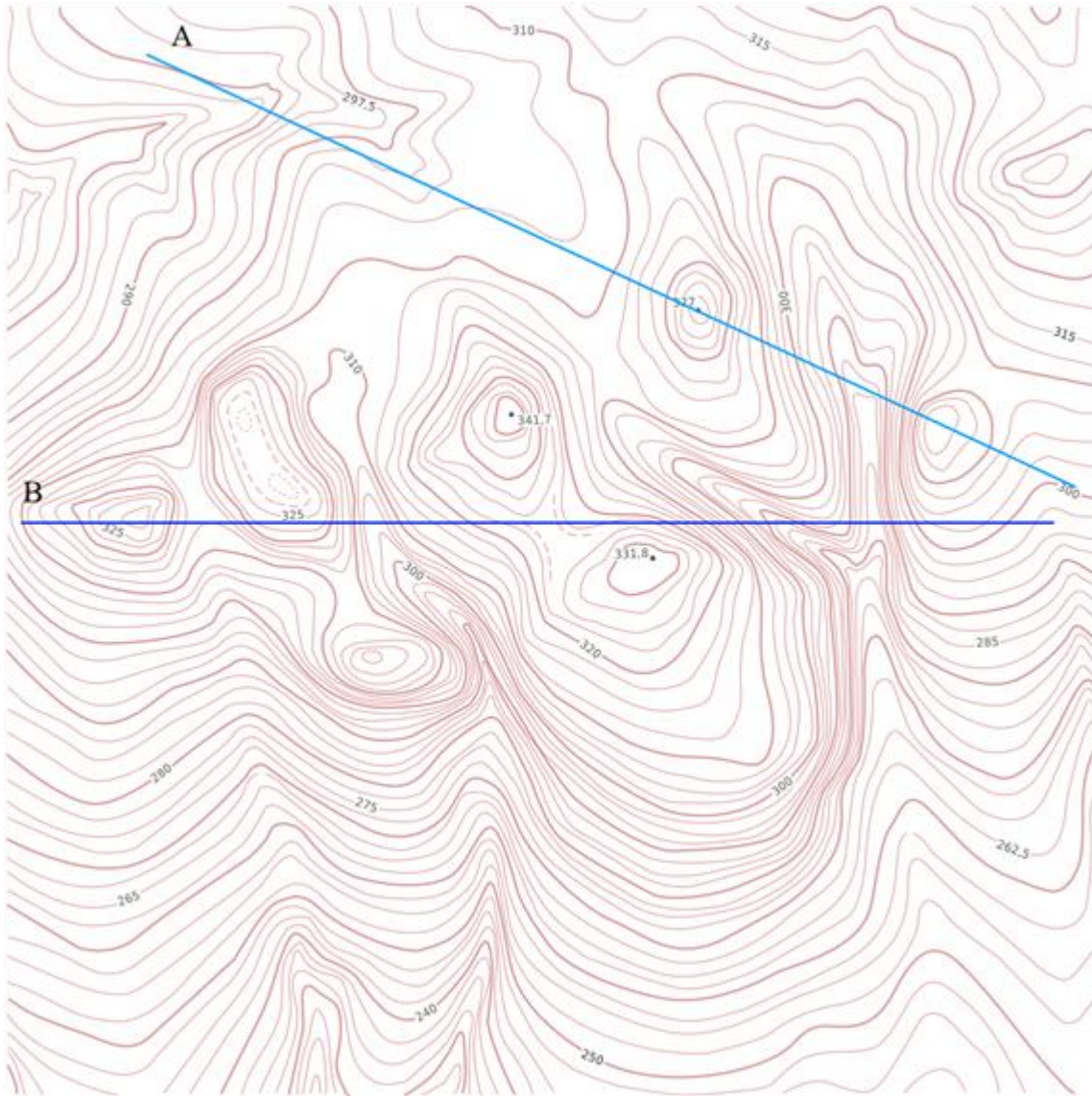
Az egymástól egyenlő távolságra párhuzamosan felvett szelvények egymásra fektetésével – más néven szuperponálásával – a felszín olyan jellegzetes szintjei mutathatók ki, amelyek meghatározók és a terület kialakulásának genetikai jegyeit hordozzák. Ilyenek lehetnek a hasonló magasságot elérő tetőfelszínek, a hegyláb-felszínek, az ábrázolt teraszok, mint jellegzetes lepusztulásfelszínek, vagy éppen a vízfolyásokat követő, különböző magasságban megjelenő folyóteraszok (telejan keresztaszelvények szuperponálása).

A térképértelmezés további lehetősége a tömbszelvény szerkesztése. Ez már madártávlati képet nyújt, így "megelevenedni" látjuk a domborzatot (2.10. ábra). A GIS térnyerésével és gyors ütemű fejlődésével a manuális eljárások egyre inkább háttérbe szorulnak. A térkép interpretációjának végtelen és egyre egyszerűbb lehetőségét nyújtják 3D megjelenítéssel vagy fly-through interaktív animációkkal (videókkal) a GIS programok.

Feladatok

6. Számolja ki egy 1:10 000 méretarányú, 2,5 m alapszintvonalközű térképről készítendő 25-szörös magasságtorzítású keresztaszelvény y tengelyének egységbeosztását mm-ben!
7. Töltse le, majd nyomtassa ki a 6.2. ábra állományát és készítsen mindkét (A és B) szelvényvonal mentén keresztaszelvényt 1x-es, 4x-es és 8x-os magasságtorzítással!

6.2. ábra - Gyakorló szintvonalas térkép



6. Vízgyűjtő és vízválasztó vonalak jelölése a térképen. A domborzat idomai.

Ahhoz, hogy a domborzat formáit, formacsoportjait el tudjuk különíteni egymástól és a geomorfológiai térkép szerkesztésének utolsó rajzoló fázisát is elkezdhessük, szükséges az alaptérképen megrajzolni azokat a vonalakat, melyek a térkép vázát fogják alkotni. A térkép szintvonalainak hajlását, íveit kell figyelni, mert ezek a környezetükbe bemélyedő negatív formákat, vagy a környezetükhöz képest kiemelkedő, pozitív formákat jelenítenek meg.

Az úgynevezett vízgyűjtő vonalak természetesen a negatív formákhoz kapcsolódnak. Szerkesztésük úgy folyik, hogy a szintvonalak ívei által jelölt legmélyebb ponton (általában az ív “csúcspontján”, tengelyének metszéspontján) jelölést teszünk és ezt minden egymás utáni szintvonalon megteszük, mindaddig, amíg a szintvonalak hajlása jelzi a negatív formát, a völgyet. Amennyiben az összefüggő negatív formát mutató szintvonalakon berajzoltuk a jelöléseket, akkor ezeket összekötjük egy olyan vonallal, amely a szintvonalakat a jelölt ponton merőlegesen metszi. Az a legpraktikusabb, ha a térkép peremén, valamelyik sarkának közelében kezdjük a jelölést és a negatív forma legmagasabb pontjáig (völgyfő) figyeljük az egyik oldalon csatlakozó, majd onnan visszafelé a másik oldali csatlakozó negatív formákat, melyeken ugyanúgy megejtjük a jelöléseket. Amikor az első negatív formaegyüttest jelölő összes vízgyűjtővonalat megrajzoltuk és visszaértünk a térkép pereméhez, a tulajdonképpeni kiindulópontunkhoz, akkor sikerült megrajzolni az egyik – térképlapunkon szereplő – vízgyűjtő völgyhálózatának tengelyét. Amikor körbeértünk a keretvonalon, akkor az egész térképünk vízgyűjtővonalait megrajzoltuk.

A vízválasztó vonalak esetében is ugyanez a rajzolás technikája, de ebben az esetben a térkép legmagasabb pontjától érdemes elindulni. Amire nagyon figyelni kell, hogy a vízgyűjtőt, illetve a vízgyűjtő idomot jelölő szintvonalak ívei most éppen az ellenkező irányban hajlanak. Ha két egyforma idomot jelölő vonal kerül egymás mellé, akkor biztosan rosszul értelmeztünk valamit és javítani kell a hibát! Ennek megfelelően a vízválasztó vonal szomszédságában csak vízgyűjtő vonal lehet és fordítva! Segít ha a kétféle vonalat színben elkülönítjük egymástól. Bármilyen szint választhatunk, ami jól megkülönböztethető egymástól. Ettől függetlenül javasoljuk, hogy a vízgyűjtő vonalakat kékkel, míg a vízválasztó vonalakat pirossal jelöljük!

Feladat

8. Töltse le és nyomtassa ki a 6.3. ábra állományát és rajzolja be a vízgyűjtő és a vízválasztó idomvonalakat! E linken elérhető interaktív animáció segítségével ellenőrizze megoldását!

Ha elkészült az idomvonalak megrajzolásával, akkor már biztosan látható a térkép domborzatának váza. Ez segít abban is, hogy el lehessen különíteni a terület főidomait. A főidomok kijelölésénél meghatározó, hogy milyen a domborzat általános jellege. Például főidom lesz a területen valamilyen irányban "átvonuló" hegyhát (vízválasztó főidom), de az előterében, vele nagyjából párhuzamosan futó völgy (vízgyűjtő főidom) is.

Mivel a térképezett terület mérete, a térkép méretarányával együtt meghatározza, hogy mely konkrét formák lesznek a főidomok, ugyanazon terület idomai az egyik térképen lehetnek főidomok, míg a másikon csak mellékidomok. Az előző példánál maradva, a hegyhát lehet mellékidom is, ha egy nagyobb területet mutató – például kisebb méretarányú – térképen azt látjuk, hogy a hegyhát egy másik meghatározó jelleget adó hátból vagy gerincből ágazik el.

A térképen tehát megkülönböztetünk a terület domborzatának alapjellegét meghatározó főidomokat, az azokhoz kapcsolódó, általában a két főidom közötti lejtőkön megjelenő mellékidomokat és az előzőeken előforduló részletidomokat.

A fent említett főidomok mellett negatív formaként, tehát vízgyűjtő idomként megjelenő mellékidom a teknő, a metsződés, az árkos metsződés (részben az előző fogalmakat átfedő vízmosás, barázda, horhos), ugyanakkor pozitív, vízválasztó idomként kiemelkedő forma a hegyhátból kiágazó oldalhegyhát. A domborzat idomainak képét jelentősen meghatározzák a részletidomok. Ezek megjelenhetnek a kiemelkedő főidom vonalában, mint például a kúp, a lejtőkúp, a nyereg, a pihenő. A lejtőkön megjelenő részletidomok lehetnek a tereplépcső, a hegyorr, a borda, a terepfok (párkány), a hordalékphant, a teknőpihenő, a vápa. Vannak olyan részletidomok, melyek bárhol előfordulhatnak a terepen. Ilyenek például a bemélyedő gödör vagy a felszínből kemelkedő egyedi sziklák, sziklacsoportok.

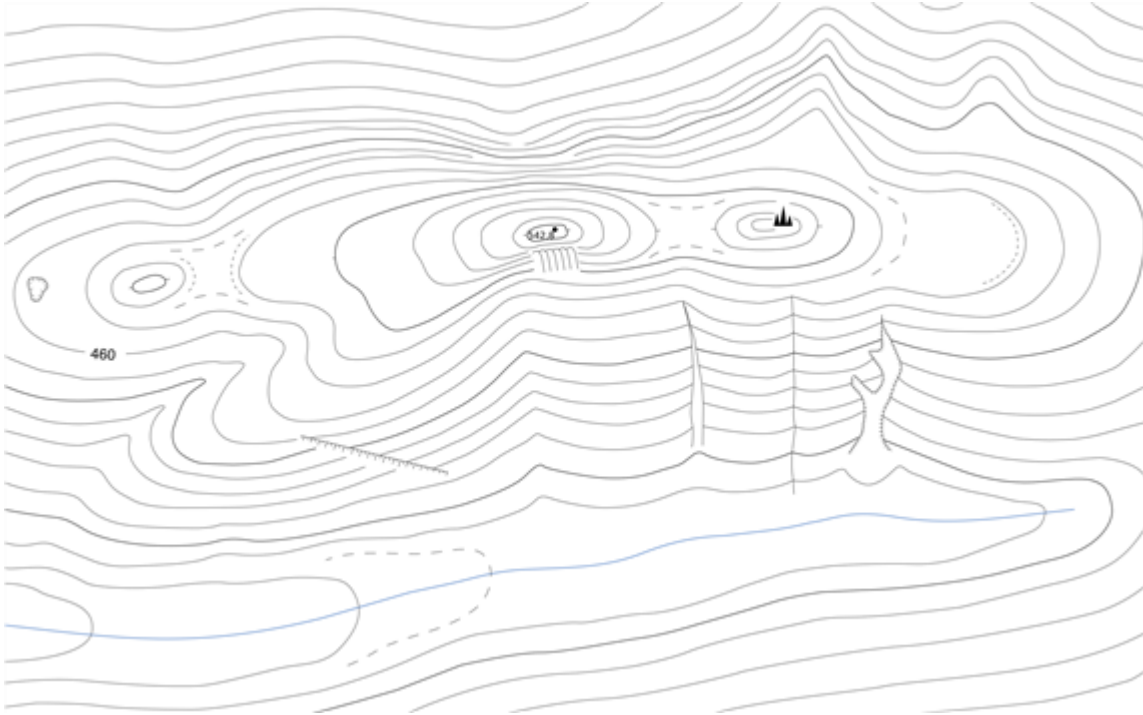
Feladatok

9. Töltse le az 6.4. ábra fájlt majd eddigi ismeretei (4. fejezet és a fenti információk) alapján ismerje fel és nevezze meg a minta térképvázlaton megjelenő idomokat. E linken elérhető interaktív animáció segítségével ellenőrizze megoldását!

6.3. ábra - Gyakorló szintvonalas térkép

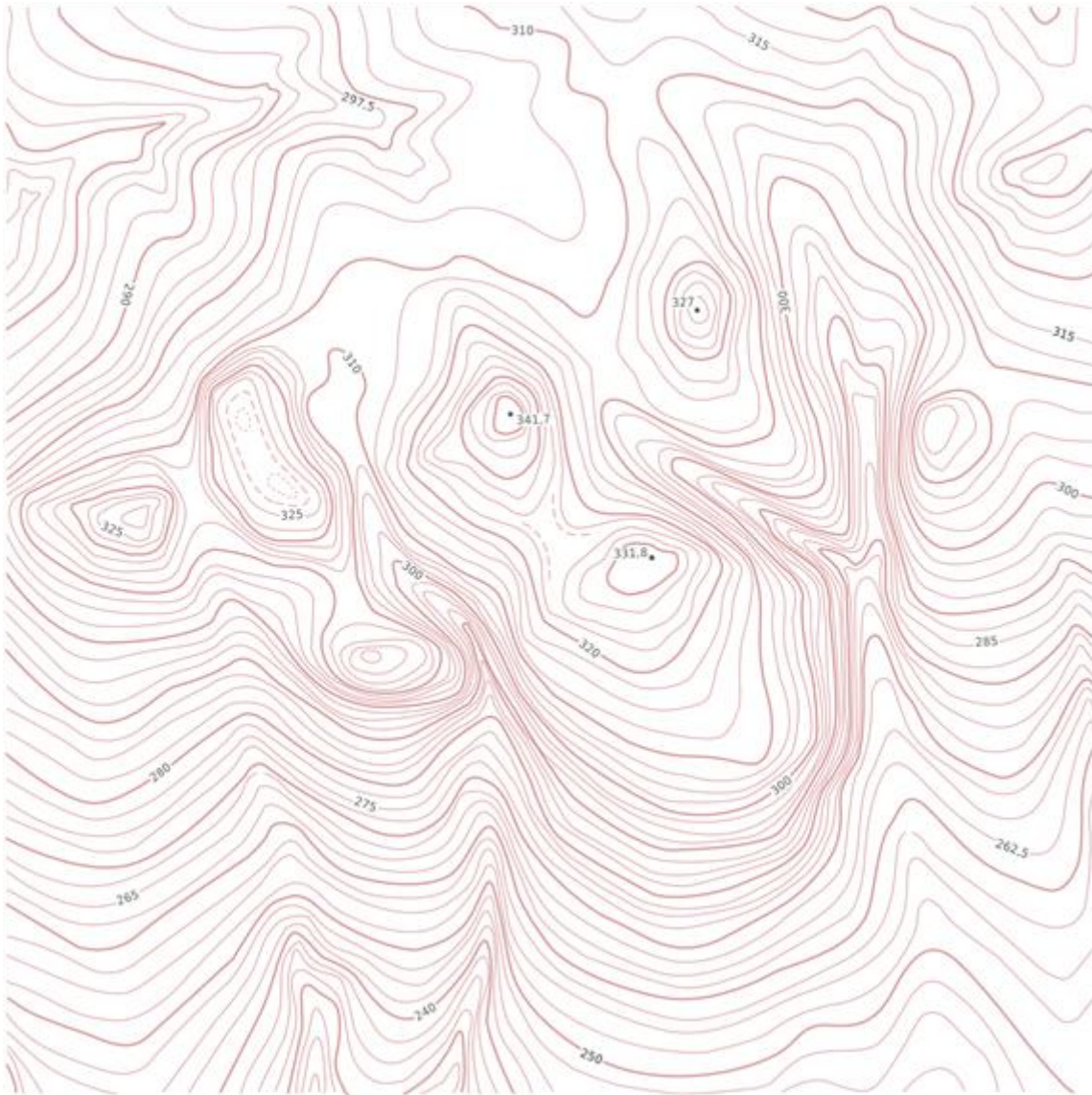


6.4. ábra - Minta térképvázlat a domborzati idomok felismeréséhez

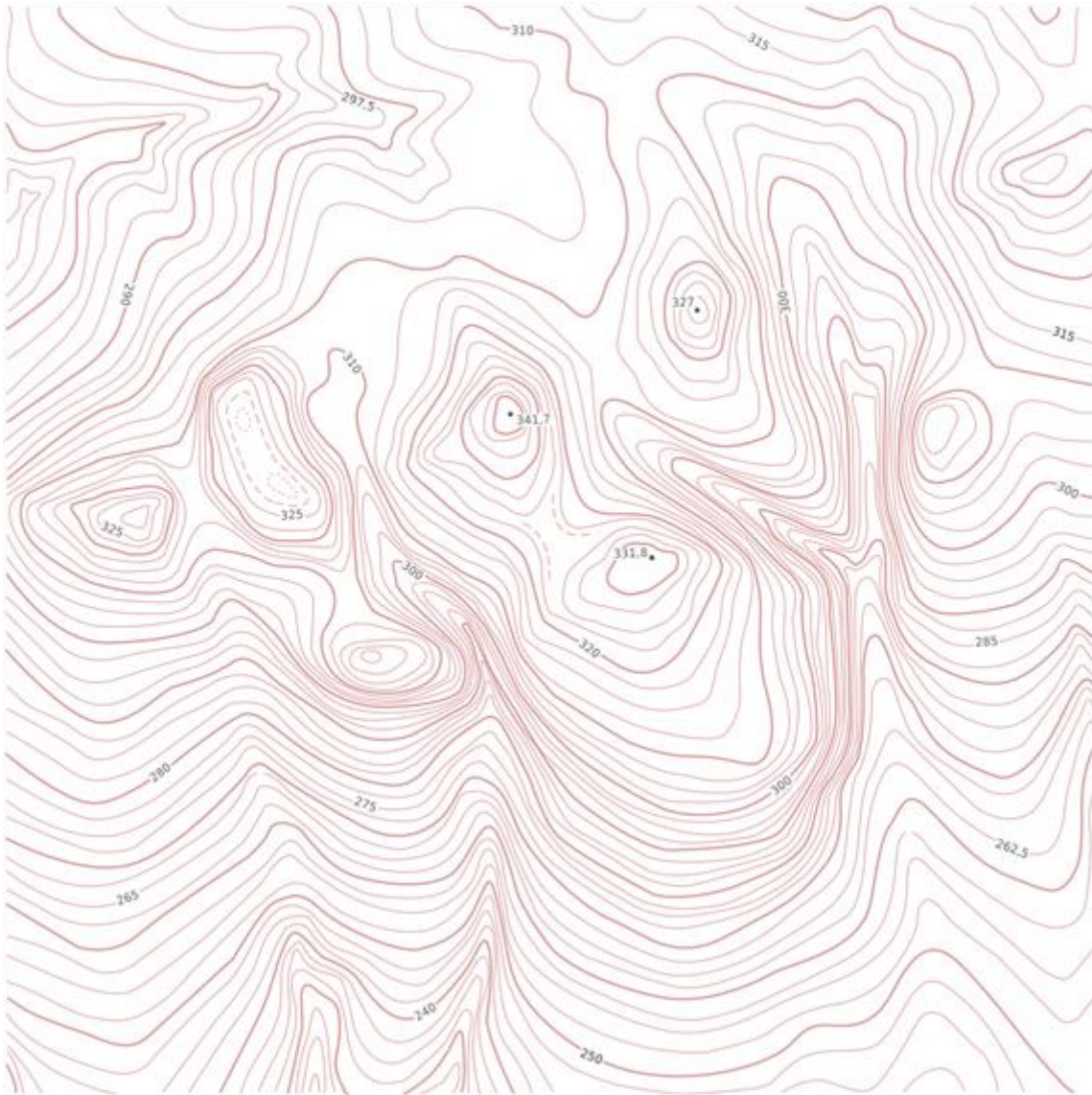


7. A feladatok megértését elősegítő és a megoldásokat ellenőrző animációk

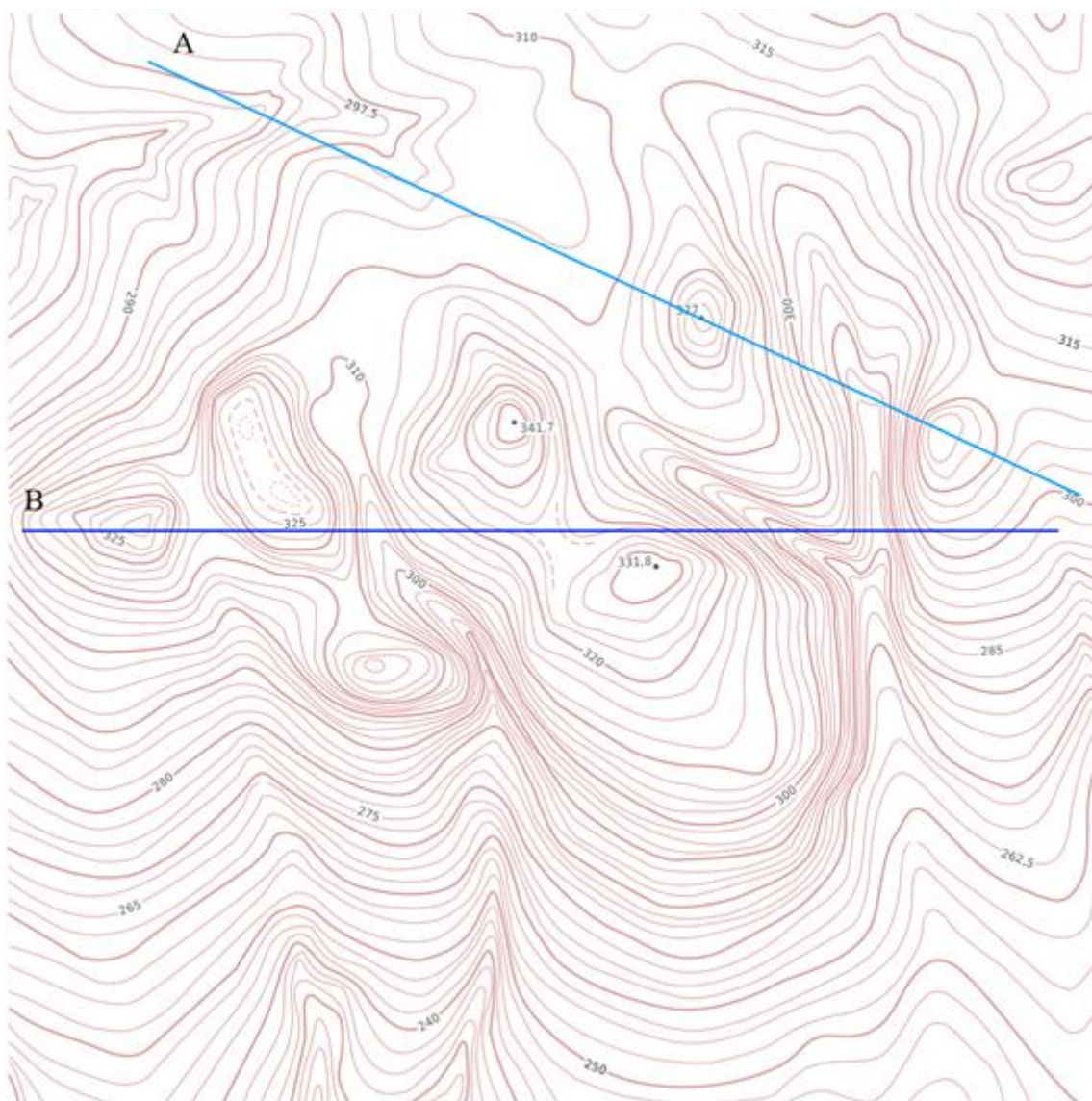
6.5. ábra - A gyakorló mintaterület digitális domborzatmodelljén megjelenített lejtőhajlás és -kategóriák fokban számolva. Az animáció kattintásra indul.



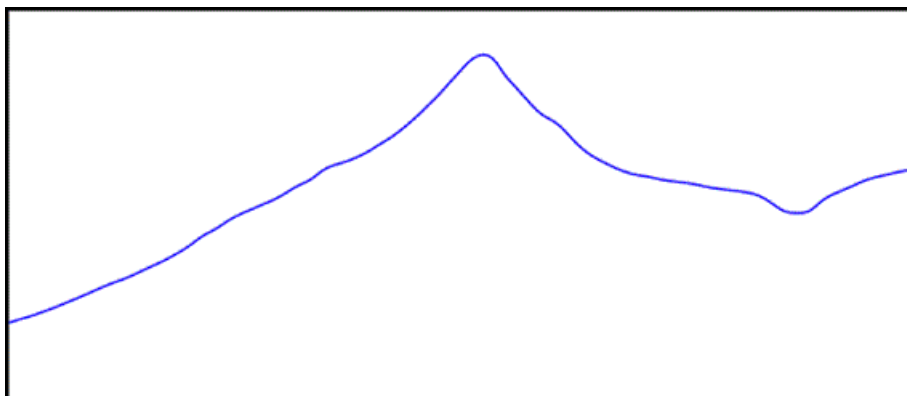
6.6. ábra - A gyakorló mintaterület digitális domborzatmodelljén megjelenített lejtőhajlás és -kategóriák százalékban számolva. Az animáció kattintásra indul.



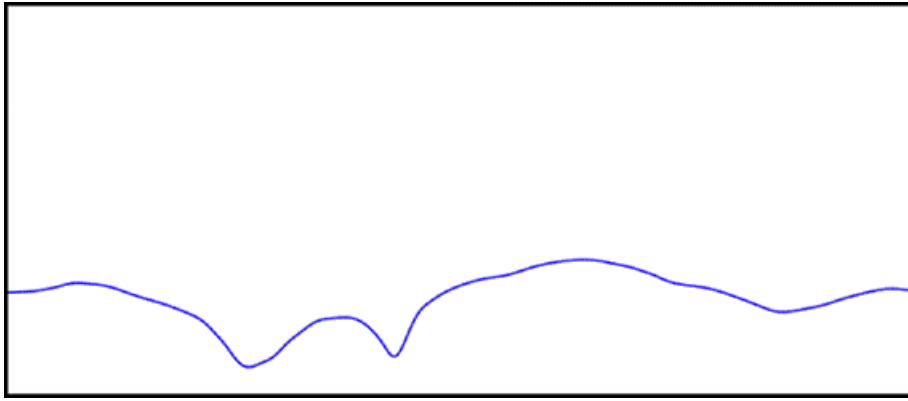
6.7. ábra - A gyakorló mintaterület 7. feladatban szelvényvonalai mentén készült kereszt-szelvények animációja egyszeres, négyszeres és nyolcszoros magassági torzítással.



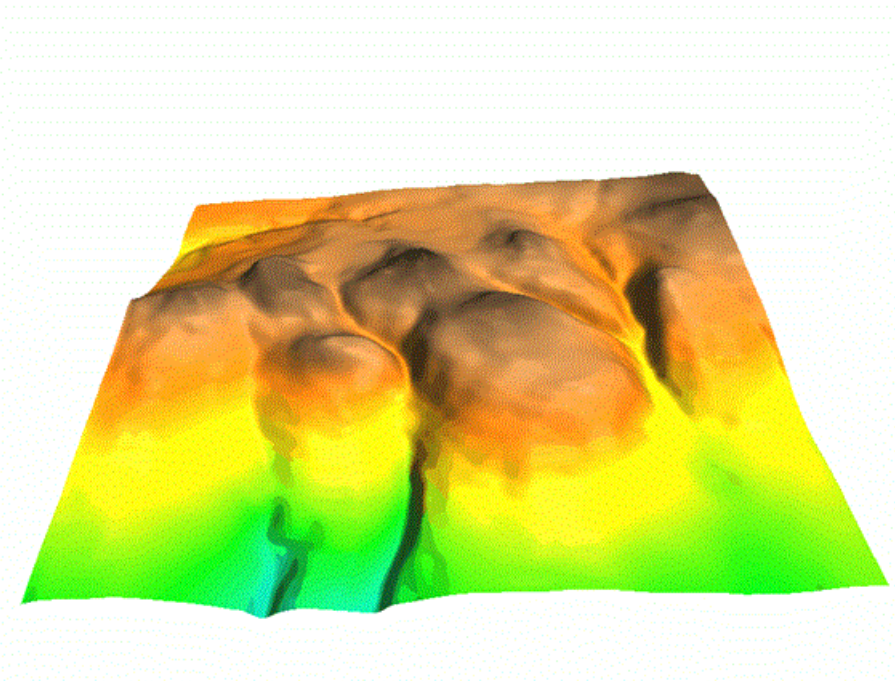
6.8. ábra - A gyakorló mintaterület 250 méteres lépésközű keresztszelvényei É-D irányban.



6.9. ábra - A gyakorló mintaterület 250 méteres lépésközű keresztszelvényei Ny-K irányban.



6.10. ábra - A gyakorló mintaterület digitális domborzatmodellje körbeforgatva.



8. Önellenző kérdések

1. Milyen hasonlóságok és különbségek vannak a katonai és a polgári tográfiai térképek szelvényezése között?
2. Milyen módszerekkel és hogyan határozható meg egy térképszelvény méretaránya?
3. Milyen tényezőket kell figyelembe venni, ha távolságot mérünk a topográfiai térképen?
4. Hogyan számolunk lejtőszöget egytopográfiai térkép adott (kijelölt) szakaszán?
5. Milyen lépései vannak a keresztaszelvény készítésének?
6. Milyen módon lehet csoportosítani a domborzat idomait?

7. fejezet - Digitális, GIS alapú feladatok

1. Bevezetés

Ebben a hallgató gyakorolhatja a geomorfológia térképezés során használt geomorfometriai módszereket. Különböző geomorfológiai sajátosságokkal bíró mintaterületek elemzésén keresztül megismerkedhet ezek geomorfometriai sajátosságaival.

Szükséges alapismeretek:

- min. Grass GIS 6.4.2. felhasználói szintű ismerete;
- alapvető matematikai és statisztikai ismeretek megléte.

Felelevenítendő fogalmak:

- location
- mapset
- régióbeállítások
- felbontás
- importálás
- exportálás
- raszter
- vektor
- nviz
- lekérdezés
- újraosztályozás
- átlag
- módusz
- medián
- szórás

1.1. Kulcsszavak

konvolúciós mátrix, lejtőhajlás, lejtőkitettség, plan curvature, profile curvature, keresztszelvény készítés, vízgyűjtő-terület lehatárolás, domborzatárnyékolás, összetett felszínelemzési eljárások

2. 1. feladat

Töltse le a `gyakorlat_1` nevű állományt (zip fájl)! (Ez tartalmazza Mucsajrócsöge tágabb környezetének domborzatmodelljét.) A Grass GIS 6.4.2. segítségével nyissa meg a mucsajrocsoge location PERMANENT mapsetjének `dem_10` nevű állományát. Ellenőrizze a régióbeállításokat! (Az alapértelmezett régióbeállítás 10 m.) Az `r.slope.aspect` modul segítségével számolja ki a terület lejtőszög- és lejtőkitettség-térképét! Az így

előállított állományt osztályozza újra az *Interactive rules entry* vagy az **r.reclass** modul segítségével. Utóbbi modul egyszerű szöveges állományok beolvasására is képes így célszerű ezt használni, mivel a lejtőszög-kategóriák osztályozásához szükséges szabályokat elegendő csak egyszer megírni. Figyelje meg a viszonylag enyhe lejtéssel rendelkező felszínrészletek lejtésértékeit! Jelenítse meg a DDM-et az nviz modullal és feszítse rá az előállított állományokat!

3. 2. feladat

Töltse le a *gyakorlat_2* nevű állományt (zip fájl)! (Ez tartalmazza Simagöröngyös tágabb környezetének domborzatmodelljét.) A Grass GIS 6.4.2. segítségével nyissa meg a simagorongyos location PERMANENT mapsetjének *dem_10* nevű állományát. Ellenőrizze a régióbeállításokat! (Az alapértelmezett régióbeállítás 10 m.) Az **r.neighbours** modul segítségével tud mozgóablakos műveleteket végezni. Futtasson 3×3, 7×7, 11×11, 21×21, valamint 33×33-as ablakmérettel szórásvizsgálatot! Az nviz modul segítségével jelenítse meg a DDM-et és feszítse rá eredménytérképeit! Figyelje meg a különböző ablakméret mellett előállított raszteres állományok tartalmi különbségeit. Ugyanitt kérdezze le az egyes, szemmel látható, domborzati formákat jellemző szórásértékeket. Megfigyelései alapján osztályozza újra (*Interactive rules entry*) úgy a szórásértékeket tartalmazó állományt, hogy 1-es és 2-es azonosítót kapjanak a nagyon és kevésbé meredek völgyoldalak, valamint 3-as és 4-es azonosítót a meredekebb (tagoltabb) és a kevésbé meredekebb felszínnek.

4. 3. feladat

Töltse le a *gyakorlat_3* nevű állományt (zip fájl)! (Ez tartalmazza Pusztamadaras tágabb környezetének domborzatmodelljét.) A Grass GIS 6.4.2. segítségével nyissa meg a pusztamadaras location PERMANENT mapsetjének *dem_10* nevű állományát. Ellenőrizze a régióbeállításokat! (Az alapértelmezett régióbeállítás 10 m.) Pusztamadaras területén jól kimutatható teraszfelszínek találhatók. Válogassa le ezek határait az ön szerint legjobban használható felszíngörbületi számítás segítségével! A kiválasztott eljárást futtassa különböző ablakméretek mellett, így megfigyelheti ennek az eredményre gyakorolt hatását. Az nviz modul segítségével jelenítse meg a domborzatmodellt és feszítse rá eredménytérképeit! Figyelje meg a különböző ablakméret mellett előállított raszteres állományok tartalmi különbségeit. A feladat folytatása csak a DDM simításával lehetséges. Eredményként kapott állományait osztályozza úgy újra, hogy a készítendő állomány csak teraszperemek megfigyelt, jellemző értékeit tartalmazza. Az **r.thin** modullal vékonyítsa el az összefüggő „vonalakat”. Az **r.to.vect** modullal alakítsa azokat vektoros vonalakká. A **v.digit** segítségével tovább javíthatja a teraszhatárokat. Az elkészült vektoros állományt feszítse a DDM-re! (Ha a DDM nem megfelelően simított, akkor görbületi értékek csak bizonyos helyeken kerülnek kiszámításra. Jelen esetben ez éppen elősegíti a teraszperemek meghatározását, azonban a raszter vektor átalakítást követően jelentős javításra lesz szükség!)

5. 4. feladat

Töltse le a *gyakorlat_4* nevű állományt! (Ez tartalmazza Salátáspusztá tágabb környezetének domborzatmodelljét.) A Grass GIS 6.4.2. segítségével nyissa meg a salatas location PERMANENT mapsetjének *dem_10* nevű állományát. Ellenőrizze a régióbeállításokat! (Az alapértelmezett régióbeállítás 10 m.) Jelenítse meg a *dem_10* nevű állományt, majd a *Create profile of raster map* elnevezésű funkció segítségével indítsa el a keresztaszelvény készítő. Az észak-északnyugat – dél-délkelet csapású legmarkánsabb völgyben keressen terasz-szerű formákat, használja ehhez a keresztaszelvény-készítőt. Ha talált ilyen szinteket akkor a *Profile Windowban* megjelenített szelvényt mentse el *keresztaszelveny_1* néven! Készítsen négy keresztaszelvényt a **d.profile** modullal a völgy három tetszőlegesen kiválasztott részéről és egy völgyközi hátról! Ehhez az alábbi lépéseket kell követnie. Futtassa a **d.mon start=x0** parancsot a terminálban (ezzel az x0 nevű grafikus kijelzőt indította el.) Futtassa a **d.profile rast=dem_10@PERMANENT** parancsot a terminálban (elindult a keresztaszelvény-készítő alkalmazás) Az egér segítségével jelölje ki a keresztaszelvények helyét. Az elkészült szelvényeket mentse el *keresztaszelveny_2* néven!

6. 5. feladat

Töltse le a *gyakorlat_4* nevű állományt! (Ez tartalmazza Salátáspusztá tágabb környezetének domborzatmodelljét.) A Grass GIS 6.4.2. segítségével nyissa meg a salatas location PERMANENT mapsetjének *dem_10* nevű állományát. Ellenőrizze a régióbeállításokat! (Az alapértelmezett régióbeállítás 10 m.) Jelenítse meg a *dem_10* nevű állományt az nviz modul segítségével (a raszterfelbontás 1 egység legyen, illetve a DDM-et magasítsa túl háromszorosán). Az **r.watershed** modul segítségével készítse el a terület felszíni lefolyás

térképét (SFD és MFD-val egyaránt). Jelenítse meg ezeket a domborzatmodellen. A kék és sötétkék raszterek reprezentálják azokat a felszínrészeket, ahol a legtöbb víz folyik át (a vízgyűjtővonalakat így közelíthetjük legjobban). Az **r.watershed** modul segítségével végezzen vízgyűjtővizsgálatot. A küszöbértéket állítsa 10 000, 50 000, valamint 100 000-re. Az **r.to.vect** modullal alakítsa a vízgyűjtőket poligonokká. Eredményeit jelenítse meg a DDM-en!

7. 6. feladat

6. Töltse le a `gyakorlat_5` nevű állományt! (Ez tartalmazza Karakószötymög tágabb környezetének domborzatmodelljét.) A Grass GIS 6.4.2. segítségével nyissa meg a karakoszyotmog location PERMANENT mapsetjének `dem_10` nevű állományát. Ellenőrizze a régióbeállításokat! (Az alapértelmezett régióbeállítás 10 m.) Jelenítse meg a `dem_10` nevű állományt az `nviz` modul segítségével (a raszterfelbontás 1 egység legyen, illetve a DDM-et magasítsa túl kétszeresen). Készítse el a terület lejtőkitettség, lejtőszög és profile curvature térképét és fessítse ezeket a domborzatmodellre. A profile curvature 11×11, 21×21 és 31×31 méretű ablakkal is készüljön el. Az **r.shaded.relief** modullal készítse el a DDM egy tetszőleges paraméterekkel ellátott árnyékolását úgy, hogy arra a profile curvature Ön által legjobban alkalmazhatónak vélt változatát fessítse rá. A profile curvature állományait az **r.colors** modullal tudja szürkeshálássá alakítani. Továbbá, ha a DDM-ből származtatott szintvonalakat is meg szeretné jeleníteni, akkor azt az **r.contour** modullal tudja előállítani.

8. 7. feladat

7. Töltse le a `gyakorlat_5` nevű állományt! (Ez tartalmazza Karakószötymög tágabb környezetének domborzatmodelljét.) A Grass GIS 6.4.2. segítségével nyissa meg a karakoszyotmog location PERMANENT mapsetjének `dem_10` nevű állományát. Ellenőrizze a régióbeállításokat! (Az alapértelmezett régióbeállítás 10 m.) Jelenítse meg a `dem_10` nevű állományt az `nviz` modul segítségével (a raszterfelbontás 1 egység legyen, illetve a DDM-et magasítsa túl kétszeresen). Az **r.param.scale** modulnál válassza a *features* funkciót és készítse el a terület morfológiai elemeit ábrázoló állományokat. Dolgozzon 3×3, 11×11, 21×21, 31×31 és 69×69-es ablakmérettel. Eredményeit jelenítse meg a DDM-en.

III. rész - Esettanulmányok

Tartalom

8. A sík, alluviális területek formáinak geomorfológiai térképezése	98
1. Bevezetés	98
1.1. Kulcsszavak	98
2. Az allúvium	98
3. Az ártér formái	99
4. Az ármentesítő munkálatok geomorfológiai vonatkozásai	101
5. A Hármaskörös esettanulmány	102
6. Önellenőrző kérdések	105
9. A folyóvízi teraszos területek geomorfológiai szintjeinek térképezése hagyományos és digitális alapon 106	
1. Bevezetés	106
1.1. Kulcsszavak	106
2. A folyóvízi teraszok	106
3. A magyarországi teraszok	107
4. A teraszok formakincse	108
5. Teraszok GIS-ben	111
6. Önellenőrző kérdések	112
10. Sík, eolikus területek geomorfológiai térképezése és formáinak elkülönítése	113
1. Bevezetés	113
1.1. Kulcsszavak	113
2. Az eolikus területek helyzete Magyarországon	114
3. Az eolikus formaképzés ideje	114
4. A Duna-Tisza közti síkvidék eolikus formái Fülöpháza környékén	114
5. Önellenőrző kérdések	118
11. Karsztos térszínek geomorfológiai formái és térképei	119
1. Bevezetés	119
1.1. Kulcsszavak	119
2. A karsztokról általában: karsztosodás és a karszt típusok	119
3. Jellegzetes felszíni karsztformák	123
4. Felszín alatti karsztformák	127
5. Hazai karsztos területek és morfológiai képük	127
6. Önellenőrző kérdések	128
12. A dombsági területek geomorfológiai szintjeinek és formáinak elkülönítése	129
1. Bevezetés	129
1.1. Kulcsszavak	129
2. A terület elhelyezkedése	129
3. Általános természetföldrajzi jellemzők	130
4. A geomorfológiai térkép	131
5. Önellenőrző kérdések	133
13. Középhegységi területek geomorfológiai térképezése	134
1. Bevezetés	134
1.1. Kulcsszavak	134
2. A Nyugat-Mecsek felszínfejlődésének vázlata	134
3. Számítógépes domborzatelemzési eljárások alkalmazása a Nyugat-Mecsek déli előtere geomorfológiai szintjeinek vizsgálatában	135
4. Önellenőrző kérdések	146
14. Geomorfológiai térképezés a társadalom szolgálatában	148
1. Bevezetés	148
1.1. Kulcsszavak	148
2. A geomorfológiai térképek alkalmazása	148
3. Antropogén geomorfológia	149
4. Önellenőrző kérdések	154

8. fejezet - A sík, alluviális területek formáinak geomorfológiai térképezése

1. Bevezetés

E fejezet hazánk területének 39%-át kitevő 75–125 m tszf.-i magasságú kis (0–10 m/km²) szintkülönbségű tökéletes síkságok formáinak értelmezéséhez nyújt segítséget. E – természetes körülmények között – folyamatosan változó térszínek jórészt a folyók hatása alatt állnak, az általuk kialakított formák egyeduralkodók. A vizsgált térszínek esetében nem elhanyagolható az ember munkája, az antropogén felszínátalakítás sem. Áttekintjük, hogy milyen természetes és szabályozott formák jellemzik a nagyobb folyóinkat kísérő ártereket. Egy konkrét példán keresztül, a Körösök árterében bemutatjuk az egyes formák elkülönítését.

Szükséges alapismeretek:

- folyóvízi geomorfológia,
- Magyarország természeti földrajza,
- kutatósmódszertan.

Felelevenítendő fogalmak:

- allúvium
- meder
- fonatos meder
- meander
- ártér
- morotva
- folyóhát
- zátony
- hordalékkúp

1.1. Kulcsszavak

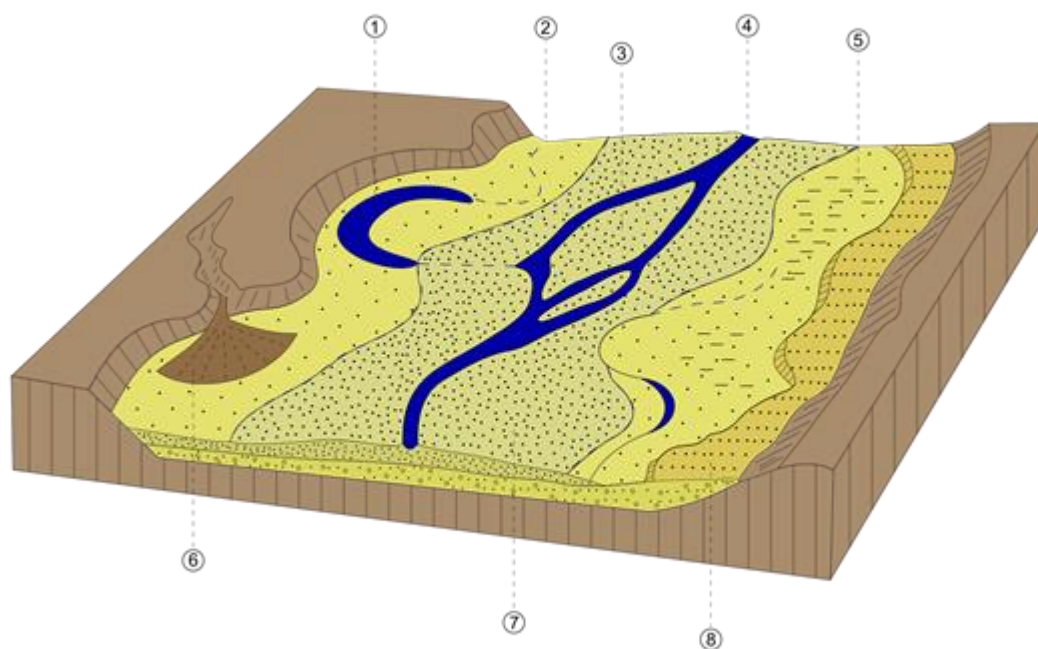
fluviális geomorfológia, alluviális sík, övzátony, alacsony és magas ártér, ármentesítés, parti hát

2. Az allúvium

Az alluviális területek geomorfológiai térképezése hazánk szempontjából az egyik legfontosabb kérdés, mivel az ország területének 75%-a fekszik 200 m tszf. alatt. A fent említett tökéletes síkságokhoz tartozik az Alföld középső és déli, és a Kisalföld nyugati része, valamint a Duna menti síkság. A 25–50 m/km² szintkülönbséget elérő, 80–200 m tszf.-i magasságú egyenetlen síkságok aránya kb. 34%. Ide tartoznak a Duna-Tisza közti síkvidék, a Kisalföld délkeleti és a Nyírség kistájai, valamint a Dunántúli-dombság egyes részei. Ez utóbbi két területen néhol a szintkülönbség eléri, sőt meg is haladja a 100 m/km² értéket, főként a homokbuckás részeken.

A kialakuló felszínformák megértéséhez tudni kell, hogy az alluviális síkon a folyó turbulensen áramlik, mind a medrében, mind árvizek alkalmával az ártéren. Ez azt eredményezi, hogy a finomabb hordalékát oldatban lebegtetni a folyó és csak az ártéren rakja le, míg a durvább hordalékot a mederben görgeti. Miközben kanyarog mind üledékeit, mind formakincsét átdolgozza és új formákat hoz létre. Egy-egy nagyobb folyó 150–200 év alatt teljesen átdolgozza az árterét [Somogyi 1974]. A kanyarulatokból meanderek, majd azok átvágásával morotvák keletkeznek. E kanyarok, meanderek és morotvák kusza hálózata adja az ártér jellegzetes folytonosan változó és megújuló képét.

8.1. ábra - Az ártér fontosabb formái. 1 = morotva tó, 2 = elhagyott meder, 3 = sziget, 4 = aktív meder, 5 = mocsár, 6 = hordalékkúp, 7 = alacsony ártér, 8 = magas ártér



3. Az ártér formái

Az első feladat az allúvium kijelölése, ami korántsem annyira egyértelmű, mint elsőre hallatszik. A legfontosabb probléma, hogy az antropogén hatások előtti, vagy utáni jellemzőket vegyük figyelembe. Az 1938-ban kiadott "A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt" c. térkép jó kiindulási alap a kérdés eldöntéséhez. Jelenleg a nagy folyóink árvízvédelmi töltések közé szorítottak, így a folyó uralma alatti terület, a hullámtér e töltések közé korlátozódik. Preantropogén fejlődésük során folyóink bejárták teljes allúviumukat, melyekből a mentett ártér mára inaktívvá vált. Az ártéri szintek elkülönítését a fedett földtani térképek is segítik, azokon ui. fehér foltok jelölik e holocén akkumulációs térszíneket.

A következő feladat a meder kijelölése. Az aktuális vízszint, valamint a többéves vízügyi adatsorok alapján kijelölhető a kis-, közép- és nagyvízi meder. A meder vízszint feletti formakincsének – ún. szigetek, zátonyok – megfelelő értelmezése a folyó fejlődéséről nyújt információt. Ezeket természetesen adott vízszint/vízmérce és dátum mellett lehet csak értelmezni, így ezek rögzítése a magyarázóban elengedhetetlen. A részletes magyar jelkulcs alapján [Pécsi et al. 1963] a folyómederben az alábbi formákat különítjük el: vízesés, zuhatag, zátony, gázló. A zátonyok attól függően, hogy hol helyezkednek el a mederben, lehetnek:

- fenékszátóny,

- övzátony,
- parti zátony,
- meder közepi zátony.

Anyaguktól függően is csoportosíthatók (iszap, homok, kavics), csak úgy mint mozgásuk (álló, mozgó) vagy épp növényborítottságuk (csupasz, lágy- vagy fásszárúakkal fedett) alapján.

A folyómedreket három típusba sorolhatjuk mintázatuk alapján:

- egyenes,
- meanderező,
- fonatos.

Az egyenes futású medrek nem jellemzőek természetes körülmények között. Kis- és közepes vízfolyások V alakú völgybevágásaiban megfigyelhetők, de nagyobb alluviális síkokon egyértelműen az antropogén hatásokat jelzik. A meanderezés elmélete bár még nem kellően tisztázott, de mindenesetre a meander az egyik legjellegzetesebb forma az ártereken. A morfometriai paraméterek és a meanderezés közötti összefüggés jól leírható: a meander hullámhossza kb. tízszerese a mederszélességnek és mintegy ötszöröse a kanyarulat sugarának [Huggett 2011].

Nagyon érdekes probléma az övzátonyok megítélése, minthogy eredendően mederképződmények, de a meander belső oldalának folyamatos épülése során kikerülnek a mederből és az ártér részévé válnak. Közöttük húzódnak meg a vizenyős sarlólaposok. A mentett ártereket az elhagyott medrek, övzátonyok és sarlólaposok, valamint rossz lefolyású mélyebb fekvésű vizenyős területek kusza halmaza alkotja (8.2. ábra). E linkről töltsék le a hivatkozott ábrán látható terület (Sárpilis-Decs) műholdképét Google Maps-ben és vessék össze a fenti megállapításokkal!

A mederből kilépő víz, a meder két partján a finomabb hordalék durvább részeiből természetes töltést épít magának. E folyóhátak mintegy természetes védelmet nyújtanak a kisebb árvizek ellen. Minthogy relatív magasságuk 1–3,5 méter az emberi települések természetes alapját adták a térségben. Ilyen felszínforma határolja a Tiszát az egykori Bereg vármegyében Tarpa és Lónya között. E hátakat a részben természetes, részben mesterséges fokok [Andrásfalvy 1973] kötötték össze az ártér háton túli területeivel, melyek ezáltal az év kisebb-nagyobb részében vízzel borítottak voltak.

A fentieknek megfelelően a nagyobb folyók árterülete általában konvex, azaz a meder közvetlen közeléből lejt az alluviális sík pereme felé. A kisvízfolyások többségének ártere sík vagy konkáv, azaz a völgytalp peremétől befelé, a meder irányában lejt. A legtöbb vízfolyás esetében, főként a közepes méretűeknél a meanderezés miatt közel sík az ártér felszíne [Huggett 2011].

8.2. ábra - Belvíz által kirajzolt ártéri formák Decs határában [fotó: Varga Gábor].



4. Az ármentesítő munkálatok geomorfológiai vonatkozásai

A nagyobb hazai folyók mentén a természetes ártér határozottan két szintre különíthető el [Bulla 1935, 1936, Pécsi 1959, 1991]. Az ún. alacsony ártérre [cf. 157. jel In: Pécsi et al. 1963], melyet minden áradás alkalmával előnt a folyó, valamint az ún. magas ártérre [cf. 158. jel In: Pécsi et al. 1963], melyet csak az évszázados extrém áradások képesek elborítani. E hosszú időn keresztül ármentes térszínnek (magas árterek) jelentik az emberi települések alapját az Alföldön. A honfoglalás kori feltárt lelőhelyek 50%-a köthető a magasárterek peremeihez Magyarországon [Szőke 1962]. A két szint határozott tereplépcsővel, azaz markáns peremből és lejtőből álló formakincssel határolódik el. E természetes árvédelmi "töltések" jelentették az árvízi biztonságot évszázadokon keresztül.

Az ármentesítő és lecsapoló munkálatok után a folyók árterén korlátozott körülmények között működnek a természetes folyamatok. A töltések közé szorított és sokszor kiegyenesített, rövidített folyó csak a töltések közötti ún. hullámtér alakítására szorítkozik. Az árterek ezáltal oly speciálisan alakultak át, hogy a hullámterek lassan feltöltődtek, az árvédelmi töltések emelésével a folyók magasabb szinteket öntenek el, mint korábban. Ezzel párhuzamosan a mentett ártéri területek a folyóhoz és a hullámtérhez viszonyítva, relatíve mélyebb helyzetbe kerültek, fokozottan belvízveszélyes területek lettek. A korábbi magas árterek, pedig részben árvizekkel fenyegetett térszínekké váltak [Schweitzer 2012]. Az alacsony ártéri szintek rossz lefolyású vagy régi, feltöltődött holtágakkal átszőtt területén alakulnak ki a vízenyós laposok (4.5. ábra).

Külön szerepelnek a térképen azok a helyek (4.5. ábra), ahol folyóvíz vagy szél által töltögetett ártérnél magasabb helyzetű síkságok alakulnak ki, mint pl. ahol lösz vagy löszszerű üledék emeli meg az ártéri szintet. Az ármentesített területek, egykori alacsonyárterek speciális formái az ún. szikes laposok több-kevesebb xero- és halofil növényzettel borítva. A növényzet megjelenése a területek 5–30 cm relatív magasságú speciális mikroformáihoz, az ún. szikpadkákhoz kapcsolódik. A szikpadka nem más, mint az ép talajszelvényű terület határozott lejtőszöggel történő leszakadása az "A" szintjét vesztett előtérbe [Tóth 2001]. E formák méretüknél fogva nem térképezhetők a "szokásos" méretarányban. Vizsgálatuk és térképezésük részletes terepi felmérésen (lézeres felszíni mérőállomás vagy LiDAR) alapuló domborzatmodellel lehetséges [Rakonczai – Kovács 2006].

Tipikus szikes területünk a Hortobágy, de megjelennek ilyen formák alluviális területen is pl. Miklapusztánál vagy épp Tótkomlós környékén, de akár hordalékkúpon is Szabadkígyós környékén.

8.3. ábra - Mentett ártéri területen kora nyári belvízfolt után kiszáradó terület sókiválással, Szelevénytől délre [fotó: Kovács István Péter 2007].



Az alsószakasz jellegű vízfolyások vízszintes vagy közel vízszintes akkumulációs formái a sokszor legyezőszerűen szétterülő hordalékkúpok. Jellemzőjük, hogy csúcsuktól, azaz a völgykapuktól folyásirányban osztályozottak, anyaguk az adott vízgyűjtő-területtől függően, döntően homok és kavics, esetleg iszap vagy murva. Kialakulásuk feltétele, hogy süllyedő területre érkezzen a folyó, amit síksággá feltölt hordalékkúpjaival (pl. Maros). E hordalékkúpon a kialakulással párhuzamosan folyamatosan változtatja medrét és folyásirányát a folyó, igazodva a süllyedékhez, illetve a feltöltéshez. A hordalékkúpokot osztályozhatjuk tengerszint feletti magasságuk szerint, amely egyúttal különböző korokat is jelent. Hazánkban a pleisztocén és holocén folyamán az Alföld peremén folyamatosan épültek és épülnek a hordalékkúpok.

Az ármentesítő munkálatok speciális antropogén formái az ún. kubikgödrök, melyek a töltések belső oldalán kísérik azokat. Ezek potenciális üledécsapdák, de jelenlétük bizonyítja a hullámterek eltérő fejlődését, azaz nem mindegyik töltődött fel az elmúlt 150 év során.

5. A Hármas-Körös esettanulmány

A következő linken elérhető geomorfológiai vázlaton jelölt fontosabb formák értelmezését tekintjük át. E tanulmányban a Hármas-Körösök hullámterén bekövetkezett változásokat vizsgálja a szerző [Babák 2006]. Ha a geomorfológiai vázlatot összevetik a Google Maps műholdfelvételével, akkor többé-kevésbé jól azonosíthatók az egyes felszínformák. A műholdképen "A" betű jelöli Öcsöd települését. Az első legfontosabb feladat a Körös azonosítása, de ez jól kivehető a műholdkép sötétebb sávjaként. E rövid szakaszon kevésbé, de a Tisza több szelvényében megfigyelhető a szabályozások utáni mederelmozdulásokon a Coriolis-erő hatása, ami jobbos eltérést eredményez a meder futásában [Schweitzer – Nagy 2012], aszimmetrikussá változtatva a hullámteret.

8.4. ábra - A szabályozott Hármas-Körös kis vízállásnál Öcsöd határában [fotó: Kovács István Péter 2007].



A következő lépés az árterület két alapvető szintjének meghatározása. E két szint, az alacsony- és magas ártér, határozott eróziós lejtős peremmel válik el egymástól. E szinte tökéletesen sík tájban a topográfiai térkép szintvonalainak sűrűsödése kijelöli e peremeket [cf. 1. jel a 2. ábrán In: Babák 2006]. A folyó bevágódott a magas ártéri szintjébe, ahol meanderező mozgásával kialakította alacsony ártéri síkját. A mesterségesen átvágott meander szakaszokból kialakult morotva tavak végig kísérik a folyó futását mindkét oldalon. E tavak egy része a mentett ártéren, másik csoportjuk a hullámtéren található. A geomorfológiai térképen feltöltődésük állapota szerint megkülönböztetjük vízzel kitöltött és víz nélküli típusaikat. Ezen kívül elkülönítjük a művelési ágak, illetve a felszínborítottságuk alapján náddal, ártéri erdővel borított, valamint a növényi anyagokkal és folyóvízi üledékekkel kitöltött morotvákat és a növénytermesztés által használt művelésbe vont feltöltődött morotvákat. Felismerésüket megkönnyíti jellegzetes patkó vagy törtpatkó alakú mederperem rajzolatuk szintvonalas ábrázolása, valamint a műholdfelvételek értelmezése.

8.5. ábra - A békésszentandrás duzzasztó alatt egykori árterébe mélyen bevágódva kanyargó Körös [fotó: Kovács István Péter 2007].



8.6. ábra - A magas- és alacsony árteret elválasztó lejtő Öcsöd határában [fotó: Kovács István Péter 2007].



Antropogén elemként jelennek meg a tájban és a térképen az árvízvédelmi töltések, melyeket egyezményes jel (JB05) ábrázol a domborzat részeként a topográfiai térképen. Sokszor föld vagy burkolt út vezet a töltések tetején, ami megkönnyíti azonosításukat a műholdfelvételeken. Jól látható, hogy a töltések váltakozó szélességű hullámteret biztosítanak a folyónak és az is, hogy felváltva futnak magas és alacsony ártéri szinteken. Így természetesen többször keresztezik az egykori medreket, ahol sorozatos rézsűcsúszások és buzgárok alakulnak ki árvizek alkalmával. E geomorfológiai vázlattól délre, 2006-ban épp Szelevénynél kellett a lakosságot evakuálni a magas árvízszint és a töltések romló állapota miatt. Szintén az emberi kéz alkotó munkájának nyomát őrzi az ún. kunhalmok. Ezek közé sorolunk minden olyan antropogén eredetű, a környező térszínből markánsan kiemelkedő magaslatot, ami korától, funkciójától, földrajzi fekvésétől függetlenül „halomszerű” formakincse a síksági tájnak [Tóth 1999, Tóth 2002]. Így, bár különböző, sokszor több generáción keresztül változatlan, de akár népcsoportonként eltérő funkcióval vissza-visszatérő halmok minden esetben az egykori "száraz" területeken emelkednek (ld. a linken elérhető dokumentum 1. ábráját). A vizsgált területen a 9. jel mutatja helyzetüket a magasártéri szinten (vö. az előző ábrával).

8.7. ábra - A 2006. április 21-i katasztrofális árvíz emlékoszlopa Szelevény főterén. Az oszlop tetején húzódó fekete vonal 86,4 mBf tetőző árvízszintet jelöl [fotó: Kovács István Péter 2007].



A meanderező Körös a magas ártéri szintbe nemcsak bevágta medrét, hanem e medret és peremeket laterális erózióval szélesítette. Több helyen alámosott partszakaszt hozott így létre a meanderek külső oldalán. Ezzel párhuzamosan természetesen megjelennek az ún. övzátonyok a belső oldalakon. A meandernyakakat és kanyarulatokat levágó emberi beavatkozás egy ártéri szigetet hozott létre az öcsödi szelvényben. E szigetet egyrészt a vezérárokhoz kötődő meridionális futású folyószakasz, másrészt a korábbi folyókanyarulat határolja és minden oldalról határozott lejtőkkel különül el környezetétől.

6. Önellenőrző kérdések

1. Milyen makroformák jellemzik az alluviális síkokat?
2. Hogyan segítik az alluviális geomorfológiai térképezést a műholdfelvételek?

9. fejezet - A folyóvízi teraszos területek geomorfológiai szintjeinek térképezése hagyományos és digitális alapon

1. Bevezetés

E fejezet célja, hogy a folyóvölgyek tipikus és markáns formáinak térképezési problémáit mutassa be és egy mintaterületen gyakoroltassa a teraszok felismerését és értelmezési lehetőségüket. A teraszok bár nem tűnnek bonyolult formáknak a hazai geomorfológiai kutatások mind a mai napig egyik legvitatottabb problémakörét jelentik. A hegységkeretből a medence síkjába völgykapukon kilépő folyók hatalmas hordalékkúpokat építettek. A folyamatosan süllyedő alföldi területeket pedig feltöltötték, így e szakaszokon nem hoztak létre teraszokat. Hazánkban teraszokkal a középhegységi szakaszokon (pl. Gerecse, Budai-hegység) találkozhatunk. A Kárpátok völgyeiben több, a medence szigethegységeiben kevesebb terasz maradt hátra a folyók és patakok mentén.

Szükséges alapismeretek:

- folyóvízi geomorfológia
- Magyarország természeti földrajza
- kutatómódszertan.

Felelevenítendő fogalmak:

- allúvium
- kavics
- terasz
- lejtő
- árvíz
- meanderezés
- hordalékkúp
- pleisztocén

1.1. Kulcsszavak

terasz felszín, terasz lejtő, termináció, csúsfelszínek

2. A folyóvízi teraszok

Az eróziós völgyek lejtőit a természeti faktorok (klíma, tektonika) változását tükröző szintek vagy elhagyott mederágyak, azaz teraszok vagy más néven párkánysíkok törik meg. Futásuk párhuzamos a patakkal vagy folyóval hossz-szelvényben követik azt folyamatosan alacsonyodva, igazodva a mindenkori erózióbázishoz. Kialakulásuk jelzi a folyó munkavégző képességének ciklikus változását (ld. az alábbi ábrán). Minél fiatalabb a forma, annál könnyebben nyomon követhető és meghatározható. A völgy- és mederviszony három fő típusa **Pécsi (1991)** szerint: meredek lejtőkkel jellemzett, mély, V-alakú völgyekben bevágódó meder (pl. fiatal hegységek, emelkedő területek), periodikusan változó eróziós állapotú, épülő-mélyülő meder, laposabb tál alakú

völgyekben (pl. középhegységek, dombságok), feltöltődő vagy egyensúlyi állapotú meder, völgy nélkül (fiatal feltöltött síkságok).

9.1. ábra - A Mohácsi-sík (II/a terasz) és a Nyárádi-sík találkozási Nagynyárádnál [fotó: Varga Gábor 2002]. Szépen megfigyelhető a terasz és a magassík (a templom szintje) találkozását jelző lejtő.

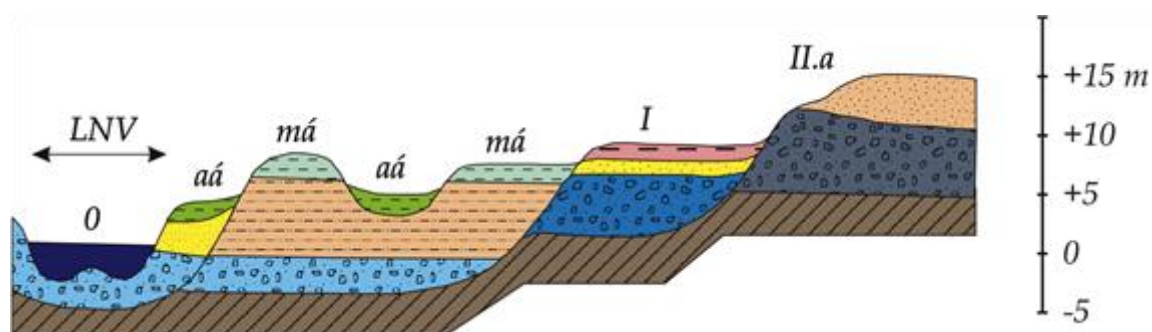


3. A magyarországi teraszok

A magyarországi Duna-völgyben, már ha lehet annak tekinteni a Pozsony-Győr és Adony-Mohács szakaszokat, ahol egyáltalán nem, vagy csak egy terasz nyomozható, de az is csak szórványosan, kb. 7–8 szintet lehet megkülönböztetni, melyek teraszoknak tekinthetők. Fontos hangsúlyozni, hogy a különböző magassági helyzetű, ennél fogva különböző korú terasz szinteket csak egyazon szakaszon belül lehet egymással párhuzamosítani, vagy korban egymás “alá, s fölé” rendelni. Így a kisalföldi szakaszon négy, a középhegységi szakaszon és a Visegrádi-szorosban hét-nyolc, a Pesti-síkon négy-öt és Budapesttől délre egy szint jelölhető ki [Pécsi 1991]. Alulról felfelé haladva az alábbi szinteket, teraszokat különíthetjük el.

- I. szint: Valójában még nem terasz, mert a legmagasabb árvizek elöntik, magassága a mindenkori kisvízszint felett szakaszonként változó (6–10 méter). Két részre tagolható alacsony- (I/a) és magasabb (I/b) ártéri szintre (ld. 8. fejezet).

9.2. ábra - Az ún. sárközi teraszok helyzete az alluviális sík peremén Pécsi (1959) szerint. Az I. sz. jelzett felszín a sárközi terasz, mely a valódi ártér és a II/a terasz közé ékelődik, ide tartozik a műholdképen látható Decs és Ócsény egykori szigete is.



- II. szint: Régebbi elnevezéssel városi terasz, mely két szintre osztható: az egyik 10–14 méter, a másik 16–20 méter relatív magasságú. Előbbi, az ún. II/a terasz a Duna mentén többnyire összefüggő, de utóbbi (II/b) is gyakran előfordul.
- III.–IV. szint: A kisalföldi hordalékkúp teraszon (Baba-Bábolna) e szint jelenti a legmagasabb teraszt, míg a Pesti-síkságtól délre teljesen hiányzik. A Pesti-síkság hordalékkúp teraszán a IV. néhol az V. szint (Pécsi 1991 szerint akár összevontan) a legmagasabb.

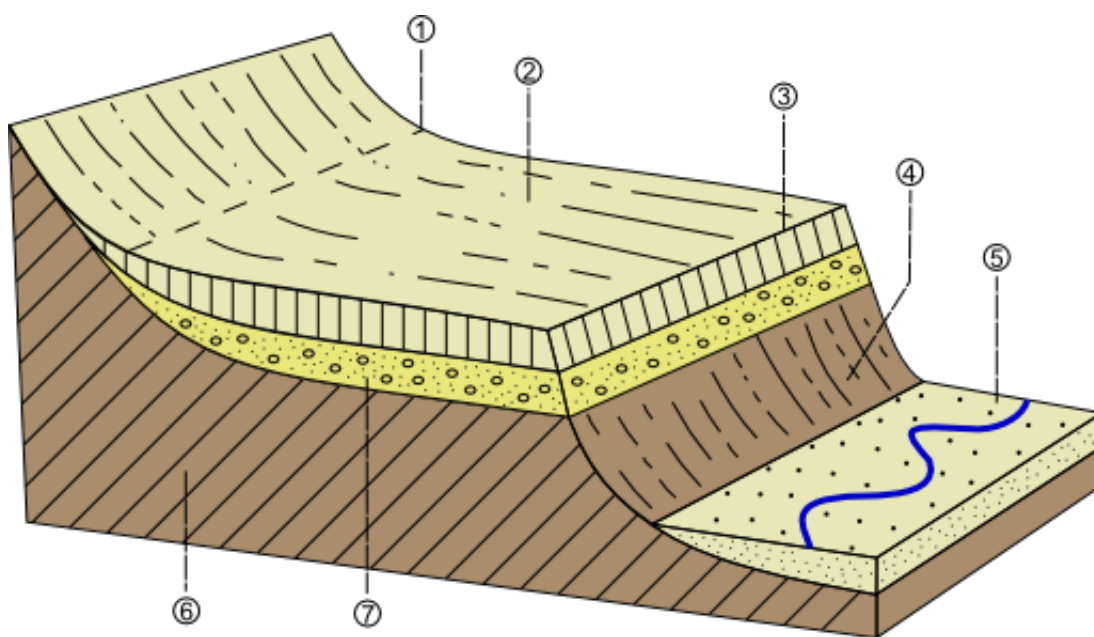
- IV. és magasabb szintek: A legmagasabb teraszok, mint V., VI., VII., (egyes esetekben VIII.) csak a középhegységi szakaszon nyomozhatók. A Gerecse peremén e szintekben folyóvízi kavicsot is találunk, így dunai eredetük kevésbé vitatott, mint a Visegrádi szorosban, ahol e magas szintekben nem található teraszanyag, így nem lehet pontosan megállapítani tényleges dunai eredetüket.

Az alacsonyabb szintben elhelyezkedő teraszok kora jól illeszkedik, a pleisztocén fiatalabb terminációs ciklusaihoz [Gábris 2006]. Így koruk valószínűleg nem több mint félmillió év. Viszont a magasabb és egyben idősebb teraszok kora vitatott, valószínűleg több mint egymillió év. A kettő közötti hiátus magyarázata még várat magára.

4. A teraszok formakincse

A teraszok alapvetően, de végletesen leegyszerűsítve két elemből állnak: az egyik a terasz lejtője, amivel kiemelkedik környezetéből, a fiatalabb völgyiszből, a másik a terasz felszíne, amely jelentősen átalakulhat az idők folyamán. Előbbi határozott lejtőhajlás változással különül el környezetétől, utóbbi hasonlóan sík, mint az allúvium. A teraszlejtőn bekövetkező magasságváltozás adja meg a terasz ugrómagasságát, hazánkban 10 métert meghaladó relatív magasságú árhullámok a vízszint maximális magasságát jelzik. A folyóvízi teraszok egykori, elhagyott mederágyak, folyómedrek és árterületek, amiket az adott folyó laterális eróziója különít el a bevágódás során. E folyamat indukálójá a folyó munkavégző képességének megváltozása tektonikai, klimatológiai vagy hidrológiai változások miatt. (Klasszikus tudománytörténeti vita a teraszok klimatikus vagy tektonikus eredete, összekapcsolva a poliglacialista felfogással.) Mára e folyamat a fejlett világ jelentős részén antropogén hatásúvá is vált. Meg kell jegyezni, hogy hasonló "terasz" formákat találunk pl. a kame-k esetében is, de pl. a tavakat és tengerpartokat is kísérik teraszok. Sőt igen jellegzetes formái az antropogén térszíneknek.

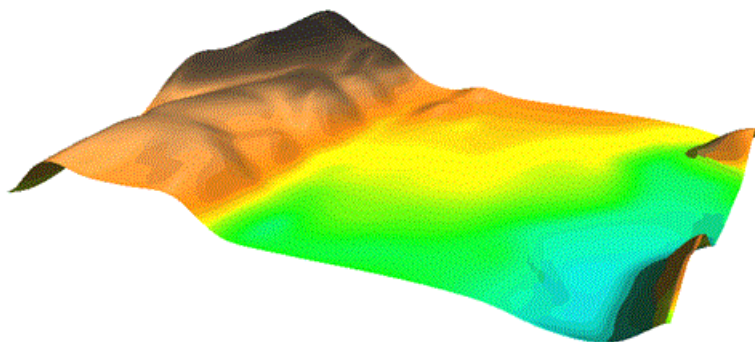
9.3. ábra - Egy folyóvízi terasz vázlata. 1 = a völgy pereme, 2 = a terasz felszíne, 3 = a terasz pereme, 4 = a terasz lejtője, 5 = recens árter, 6 = alapkőzet, 7 = folyóvízi üledék (kavics, homok).



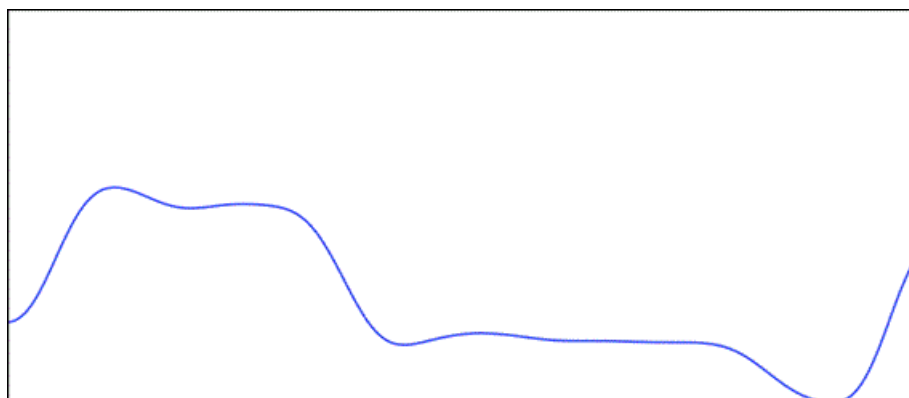
A folyóvizeket kísérő teraszok, illetve teraszrendszerek ábrázolása több alapvető problémát is felvet. Az egyik, hogy a folyóvízi teraszok kialakulásuktól függően lehetnek üledékes- vagy sziklateraszok, illetve párosával vagy egyedileg megjelenők. Továbbá a folyót, illetve a térképezett szakaszt végig kísérők vagy szórványosan megjelenők. A forma összetettségéből adódóan részletesebb térképeken lehetőség van az egyes összetevők (lejtő, teraszfelszín) elkülönítésére is, de kisebb méretarány esetén ezeket össze kell vennünk. További probléma, hogy a teraszok korával nő az átalakulásuk esélye is, ui. az idősebb és magasabb teraszok felszíne felszabdálódhat és erodálódhat, megnehezítve ezzel a felszínek rekonstruálását. Nemcsak az erózió, hanem az akkumuláció is okozhat gondokat, ui. az eolikus homokrétegek vagy a típusos löszkötegek "megemelhetik" az eredeti felszínt. Ez utóbbi igen gyakori jelenség a Duna mentén is.

A térképezés első lépése a folyó recens allúviumának a kijelölése. Ahogy már korábban jeleztük, általános, hogy a hazai folyókon megjelenő csúcsárvizek kb. 10 méter magasan tetőznek. Ez azt jelenti, hogy eddig a relatív magasságig térképezhető a folyó ártere, amit az árvízvédelmi töltések aktív és inaktív (mentett) térrészekre bontanak. A recens allúvium határozott lejtővel válik el az első ármentes terasz szintjétől. Tovább haladva a folyó völgyének lépcsős lejtőjén az előbb ismertetett közel sík és markáns lejtős térszínek váltakoznak, miközben az ugrómagasság egyre növekedhet. Ez egyrészt megkönnyíti a terasz formájának felismerését, másrészt megnehezíti a vizsgált szakaszon a párhuzamosítást. A 9.6 ábra mintaterületét kinyomtatva próbálja meg manuális úton megkeresni e lejtőket és peremeket, valamint felfedezni az alacsony lejtésű teraszfelszíneket. A térkép méretaránya nem teszi lehetővé, hogy a terasz lejtőjének mindkét peremét jelöljük, ezért elegendő, csak a terasztestek felszínének a kirajzolása. Mielőtt elkezdí a munkát segítségképpen nézze meg a területről készült digitális domborzatmodell animációját, illetve a völgy keresztmetszévényeiből készített rövid, kis animációt. Vajon milyen irányból rajzolódnak ki a keresztmetszetek? Milyen összefüggés ismerhető fel a domborzatmodell és a keresztmetszvény között?

9.4. ábra - A mintaterület digitális domborzatmodellje "körbeprepülve".

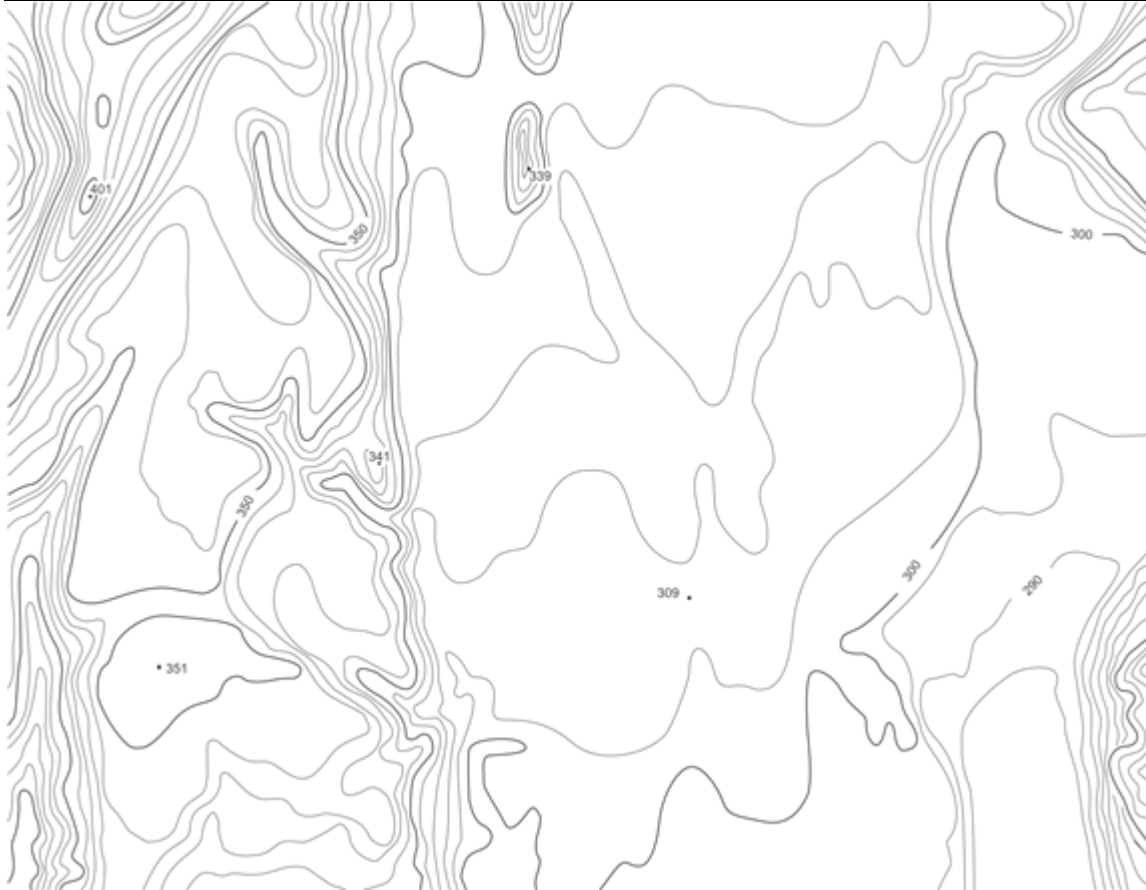


9.5. ábra - A térképezett völgy digitális domborzati metszetei.

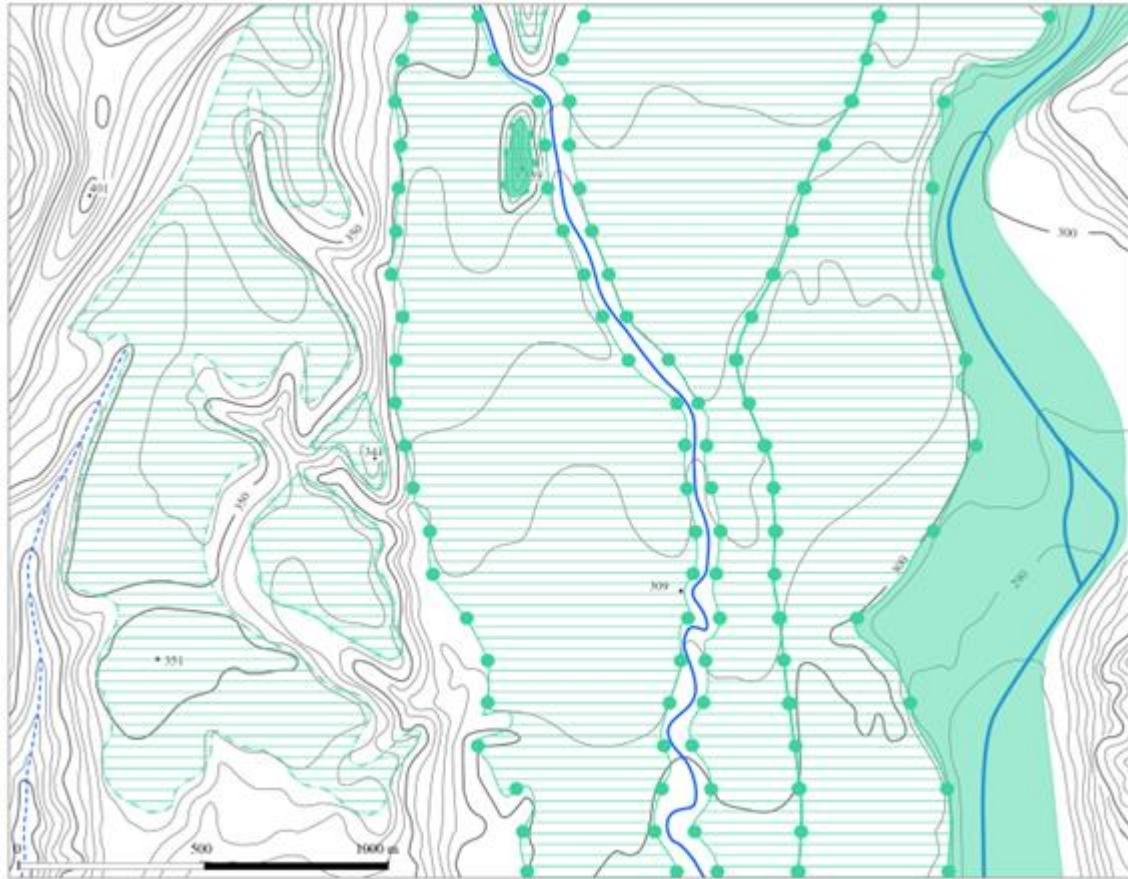


Az ellenőrzéshez, illetve segítségképpen használja az interaktív animációt, melyen az egyes rétegek ki- és bekapcsolásával önállóan tud dolgozni.

9.6. ábra - Mintaterület szintvonalas térképe teraszok rajzolásához.



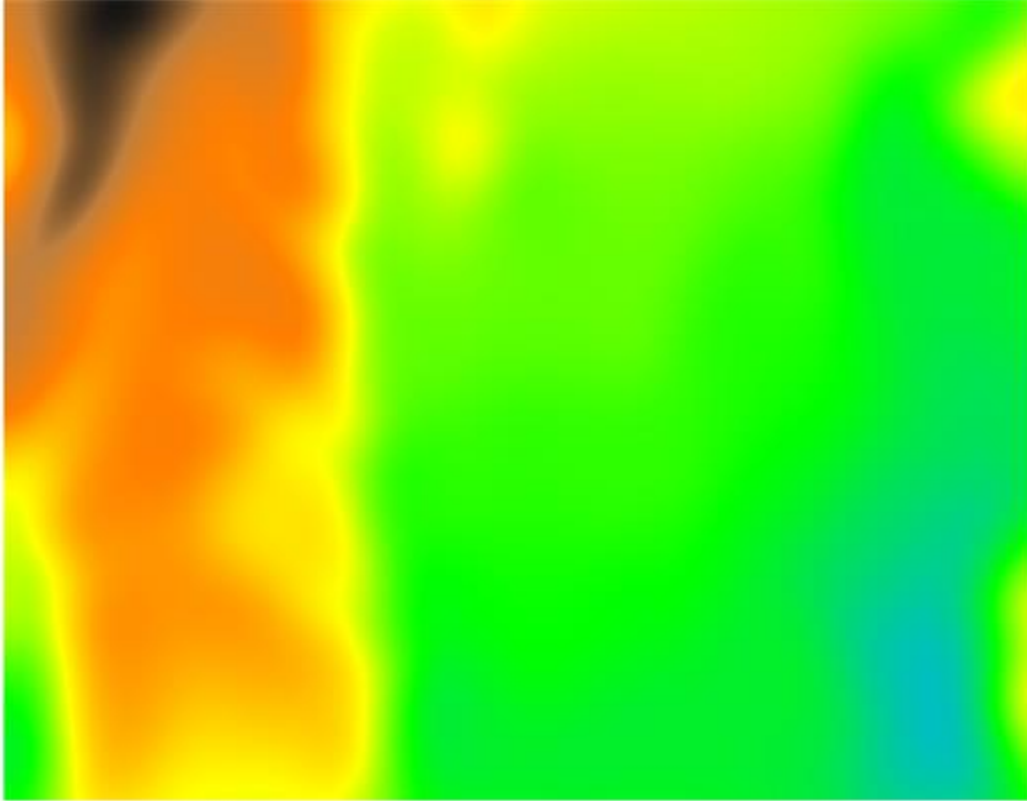
**9.7. ábra - Interaktív animáció a mintaterület manuális terasztérképezési megoldásával.
(Az ábrára kattintva indul az animáció.)**



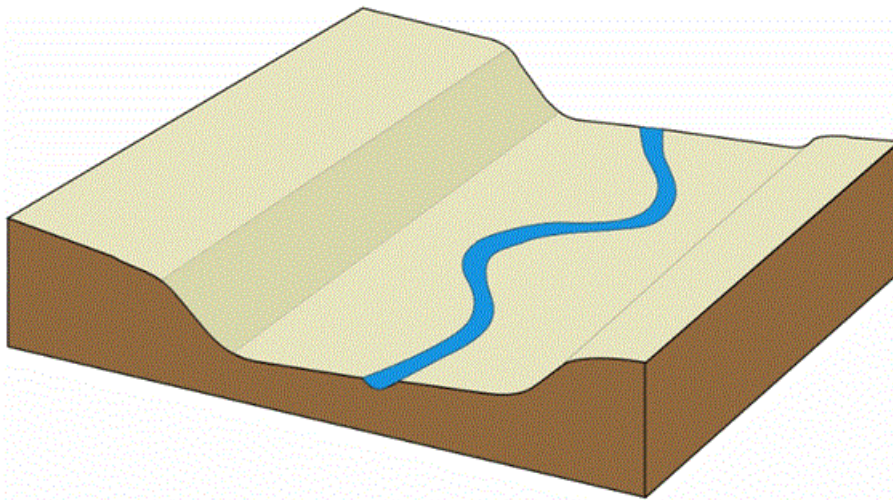
5. Teraszok GIS-ben

A modern számítógépes domborzatelemzési eljárásokban több módszer is adódik e szintek kijelölésére. Az egyik legalapvetőbb vizsgálat az adott terület digitális lejtőhajlás térképének, illetve kategóriáinak elemzése (9.8 ábra). A következő lehetőség a vizsgált völgy lejtőhajlásának keresztmetszeti sávonként történő letapogatása és a közel sík területek magassági osztályokba sorolása (ld. az alábbi ábrát). Ez nem jelent mást, mint adott szakaszon a magassági osztályok és a lejtőhajlás összefüggésének vizsgálatát. Azon magassági osztályokban, ahol sok 0 fok lejtőhajlású pixel található nagy valószínűséggel terasz húzódik. E magassági osztályokat és lejtőkategóriákat leválogatva megkapjuk a terület potenciális terasz térképét. A fenti hivatkozott ábrán e potenciális teraszfelszínek 42, 98 és 165 méter relatív magasságban találhatók. Hasonló eljárást dolgozott ki **Bugya (2009)**, aki **Wood (1996)** domborzatelemzési algoritmusát felhasználva az adott terület csúcsait, mint a teraszok eróziós maradványait sorolta magassági osztályokba. Ugyanis véleménye szerint az idősebb teraszok esetében már oly mértékű lehet a felszín átformálódása, hogy csak e csúcsszintek jelzik az egykori közel sík felszínt (9.9 ábra).

9.8. ábra - A mintaterület digitális domborzatmodellje és lejtőhajlása. (Kattintásra indul az animáció.) Figyeljük meg a manuálisan megrajzolt térkép és a lejtőhajlás összefüggését!



9.9. ábra - A teraszok ki- és átalakulása Bugya (2009) szerint, bemutatva a csúcsok keresése alkalmazásának lehetőségét.



6. Önellenző kérdések

1. Milyen alap morfológiai elemek alkotják a teraszokat?
2. Hány terasz jellemző a Pesti-hordalékkúp síkságon?

10. fejezet - Sík, eolikus területek geomorfológiai térképezése és formáinak elkülönítése

1. Bevezetés

E fejezet a szél felszinformálásának eredményeképpen kialakuló felszínekről és formákról nyújt információt. Előbb a magyarországi futóhomokterületek területi lehatárolása és vázlatos jellemzése, majd a keletkezés korának tárgyalása következik a fejezetben. Végül a legnagyobb összefüggő homokterületünk, a Duna-Tisza közti síkvidék egyik legjellegzetesebb formákat mutató kistájának, a Kiskunsági-homokhát Fülöpháza környéki homokbuckás területének vizsgálatával foglalkozunk.

Szükséges alapismeretek:

- térképészeti alapok, távérzékelés
- Magyarország természeti földrajza
- kutatómódszertan.

Felelevenítendő fogalmak:

- polgári topográfiai térkép
- méretarány
- tengerszint feletti magasság
- domborzat
- szintvonal
- vízgyűjtő
- lejtőszög
- hordalékkúp
- hordalékkúp-síkság
- homok
- lösz
- szél
- digitális domborzatmodell
- domborzatárnyékolás
- geomorfológiai térkép

1.1. Kulcsszavak

eolikus geomorfológia, félig kötött futóhomokterületek, defláció, eolikus akkumuláció, dűne, szélbarázda, maradékgerinc, garmada, homoklepel

2. Az eolikus területek helyzete Magyarországon

Hazánk a 330 000 km² területű Kárpát-medence legalacsonyabb központi részét foglalja el. A medence, egyben hazánk felszínének alakításában is fontos szerepet játszottak a hegységkeret irányából érkező vízfolyások, melyek előbb előrenyomuló deltáikkal, majd a Pannon-tó feltöltése után, jellegzetes, nagy méretű hordalékkúpjaikkal határozták meg a süllyedő síksági térszín morfológiai képét. A részmedencék süllyedékei meghatározták a vízfolyások irányát, ezzel együtt a hordalékkúpképződés helyeit is. Azért kell foglalkozni a medencebelső fiatal pleisztocén-holocén kori hordalékkúp-képződésével, mert a száraz-hideg periglaciális klímán kialakuló munkaképes szelek ezeknek a hordalékkúpoknak a homokos anyagát mozgatták meg, kialakítva homokformákkal borított tájainkat. Legnagyobb kiterjedésű homokterületeink a Duna-Tisza közti síkvidéken a Kiskunság, valamint északkeleten a Nyírség és délnyugaton a Belső-Somogy területe. Mindhárom hordalékkúp-síkság.

A Duna-Tisza közti síkvidék alapját a nyugati, délnyugati területének kivételével a Visegrádi-szorosból kilépő Ős-Duna hatalmas hordalékkúpja alkotja. A Nyírség hordalékköszletét az északról érkező kárpáti folyók (Tapolc, Ondava, Laborc, Ung, Latorca) és a Tisza-Szamos rendszer rakta le. Belső-Somogy hordalékkúpjának anyagát a Kárpát-medencébe belépő és déli irányba forduló Ős-Duna vagy később a Zala, illetve a Tapolcai-medencén átfolyó vízfolyások akkumulálták.

Ezeket kívül kisebb kiterjedésű futóhomok területek alakultak ki a Pesti-síkságon, a Csepel-szigeten, az Északi-középhegységből kilépő vízfolyások hordalékkúpjain (Tápió, Galga-Zagyva, Tarna, Eger-Laskó, Sajó-Hernád), a Maros hordalékkúpjának középső sávjában, délen a Bácskai-lőszös sík szomszédságában, az egykori Ős-Sárvíz hordalékkúpján (Illancs), az ugyancsak alföldi, de a Dunántúlon található Mezőföld középső és déli részén, valamint a Dráva mentén az Ormánságban. A Kisalföldön – annak ellenére, hogy a Duna hatalmas kiterjedésű hordalékkúpokat épített – csak kisebb futóhomokterületek alakultak ki a Győr–Tatai teraszvidék fiatal, alacsony helyzetű teraszain (II/b, II/a), a Pannonhalmi-dombság előterében és a Marcal-medence délkeleti részén [Martonné Erdős 2002]. A Nyugat-magyarországi peremvidék kavicsstakarós felszínéből a Kemeneshát középső részén bukkannak ki idős, késő-miocén korú homoküledékek. A Dunántúlon még a Kelet-Zalai-dombság területén, a meridionális Principális-völgy szélesebb déli részén láthatunk futóhomokformákat.

3. Az eolikus formaképzés ideje

A hordalékkúpok anyagából származó futóhomokfelszíneink első mozgásfázisa, tehát a futóhomokformák kialakulásának kezdete a pleisztocén utolsó glaciálisában (würm) a felső pleniglaciálisra tehető, körülbelül 27 000–20 000 év között [Borsy 1977, 1989, Lóki 2009]. Nagy valószínűséggel a késő glaciális hideg-száraz szakaszaiban, tehát az idősebb és a fiatalabb driasz szakaszaiban is több területen mozgott a homok a Kárpát-medence hordalékkúpjain [Borsy 1987, Gábris 2003]. A korábban futómokmozgási időszaknak tekintett holocén kori boreális (mogyoró) korszak éghajlatának és ennek megfelelően a formaképzésének jellege kevésbé tisztázott, de a legújabb fény-lumineszcens (OSL) vizsgálatok tükrében a Duna-Tisza közti homokhátak területén és a Nyírségben ekkor is mozgásban volt a homok [Nyári et al. 2006, Sipos – Kiss 2006].

A holocén későbbi szakaszaiban is volt homokmozgás. Ez különösen a Duna-tisza közti síkvidék homokterületei esetébe nyertek igazolást. Ilyen időszak volt például az úgynevezett klímaoptimum (atlanti fázis) második felében, a késő bronzkor elején (i.e. 1200–1500), az i. sz. 3–4. században, a 6–9. században, a 13–14. században és a 17–18. században. A holocén második felében már elsősorban antropogén hatásra (erdőirtás, túllegettetés) indult meg többször egymás után a homokmozgás [http://real.mtak.hu/2585/1/61878_ZJ1.pdf].

4. A Duna-Tisza közti síkvidék eolikus formái Fülöpháza környékén

A Duna-Tisza közti síkvidék (Kiskunság) eolikus formakincsének kialakulása a Duna 30 000–40 000 évvel ezelőtti irányváltásához kapcsolódik. A szárazon maradó hordalékkúp felszínén az északnyugati szelek megmozdították a homokot és a növénytakarótól befolyásolva megkezdődött a félig kötött futóhomok-formakincs kialakulása. Ez különösen a középtáj nyugati területein, a Kiskunsági- és a Bugaci-homokhát területén volt jellemző folyamat. A homokbuckákkal változatossá formált és megemelt felszín 30–50 méterrel magasodik a Duna ártéri szintje fölé. Az északnyugat-délkelet irányú egykori Duna mederágak és az ugyancsak északnyugati irányú szelek meghatározták a homokbucka sorok irányát. A hátság felszínén a homokbuckákon kívül megjelenik a szintén eolikus eredetű típusos lösz (helyenként a buckák felszínére települve, mint a

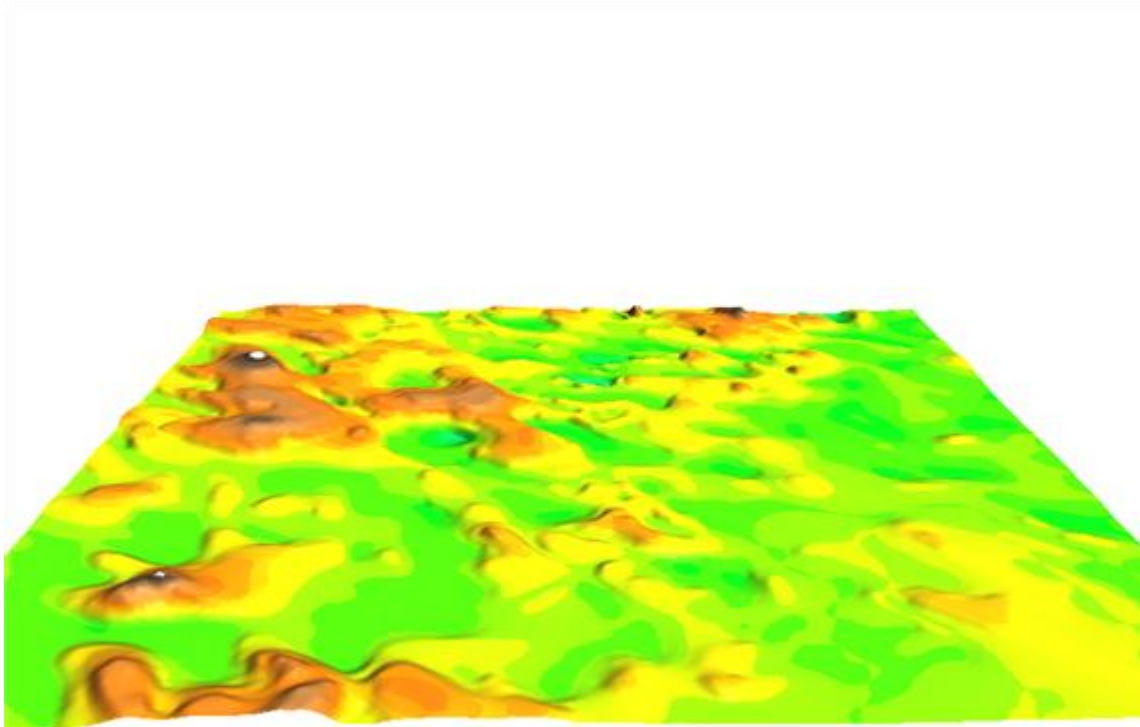
Kiskunsági löszös hát területén), a buckaközi tavak bepárlódó vizéből kiváló karbonát (rétimészkő, dolomit) és az egykori Duna-mederágakhoz kapcsolódó tőzeg is.

A Kiskunsági-homokhát területén található Fülöpháza környéki homokbuckákat nyílt homoki gyepek kötik, melyeken már megjelentek a fás szárú növények is (boróka, nyár). A Kiskunsági Nemzeti Park részeként a Fülöpházi homokbuckák 1992 hektáros fokozottan védett területén, még két szabadon mozgó futóhomok bucka is tanulmányozható.

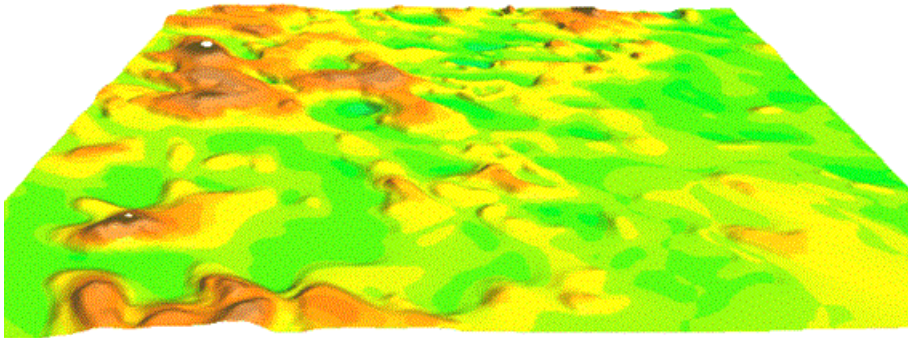
Az akkumulációs eredetű homokbucka-csoportok a terület nyugati részén emelkednek az általános sík felszínből kb. 8–10 m-es relatív magasságba, míg a keleti részen a deflációs laposokban kiszáradt szikes tavak maradványai foglalnak helyet. A formákat tekintve a homokfelszín képét a szélbarázdák-maradékgerinc-garmadabucka összefüggő formaegyüttese határozzák meg.

A sekélyebb ovális alakú szélbarázdából az északnyugati szelek fújták ki a homokot, amely közvetlenül a deflációs eredetű barázda pereménél, mint patkó (parabola) alakú garmada (10.3. ábra és 10.4. ábra), vagy a barázda mögött hasonló formájú, de természetesen pozitív térszíni formát mutató garmadabucka halmozódik fel. Ez utóbbi északnyugat-délkelet irányú, tehát megint csak az uralkodó szélirányban elnyúló garmadabucka sorokat is alkothat. A deflációs laposok, a szélbarázdák és a parabola alakú garmadák jól felismerhetők a területről készült digitális domborzatmodellen, illetve az árnyékolt és animált változatán (10.3. ábra és 10.4. ábra). A különböző formák elkülönítésében és azonosításában nyújt további lehetőséget a domborzatárnyékolás (hillshading) alkalmazása, ha azt alacsony megvilágítási szög mellett több irányból is elvégezzük. Ezt mutatja az az animáció (10.4. ábra), amelyen a megvilágítás fordul körbe a kiskunsági terület körül. Az akkumulációs terület központi részén nehezebb a formák elkülönítése, mert a többször felújuló homokmozgás miatt összetorlódtak a garmadák. Jobban elkülönülnek a formák az akkumulációs terület alacsonyabb peremi részén. A kiskunsági homokvidék jellemző formái közé tartozik még a deciméteres, esetleg méteres vastagságot elérő lepelhomok. A sík térszínt formáló lepelhomok alapanyaga is a szélbarázdákból származik, de ebben az esetben a szél nem buckát épített, hanem szétterítette a kifújott homokanyagot.

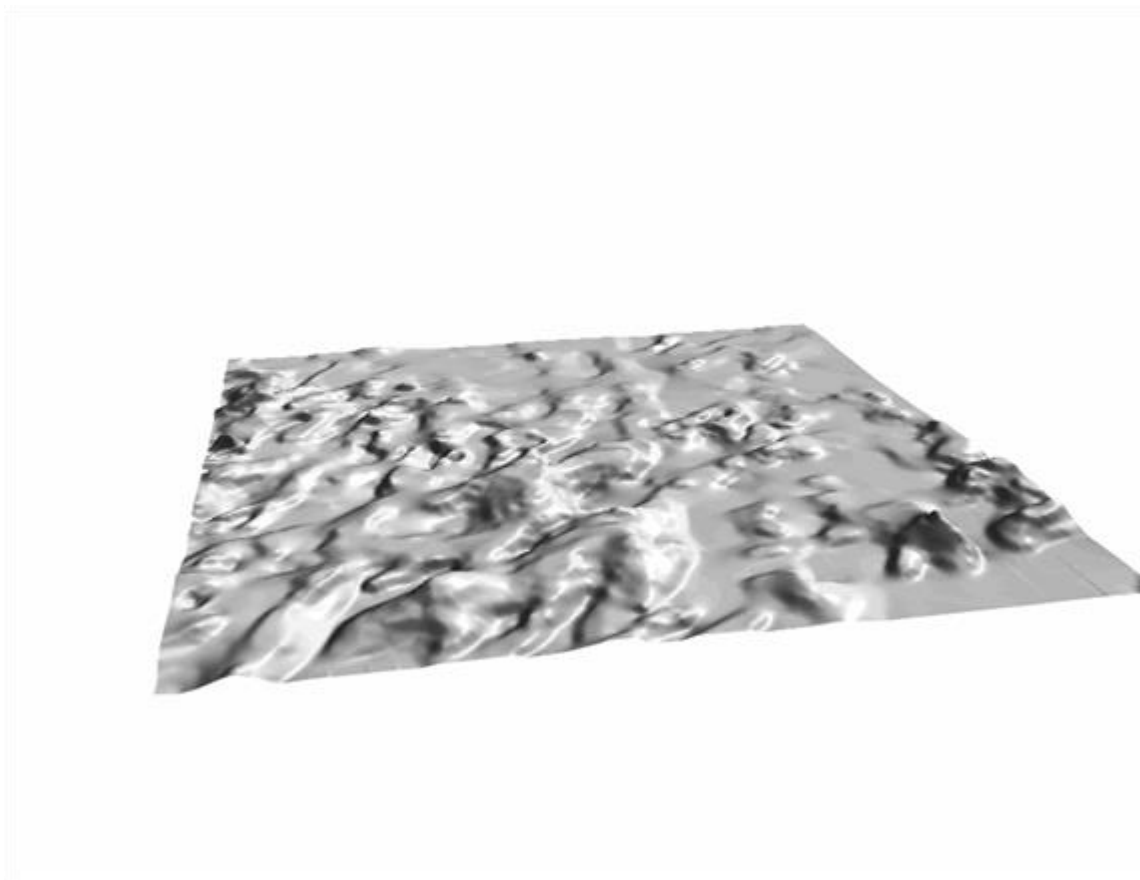
10.1. ábra - Szélbarázdák és garmadák rendszere Fülöpházánál digitális domborzatmodellen.



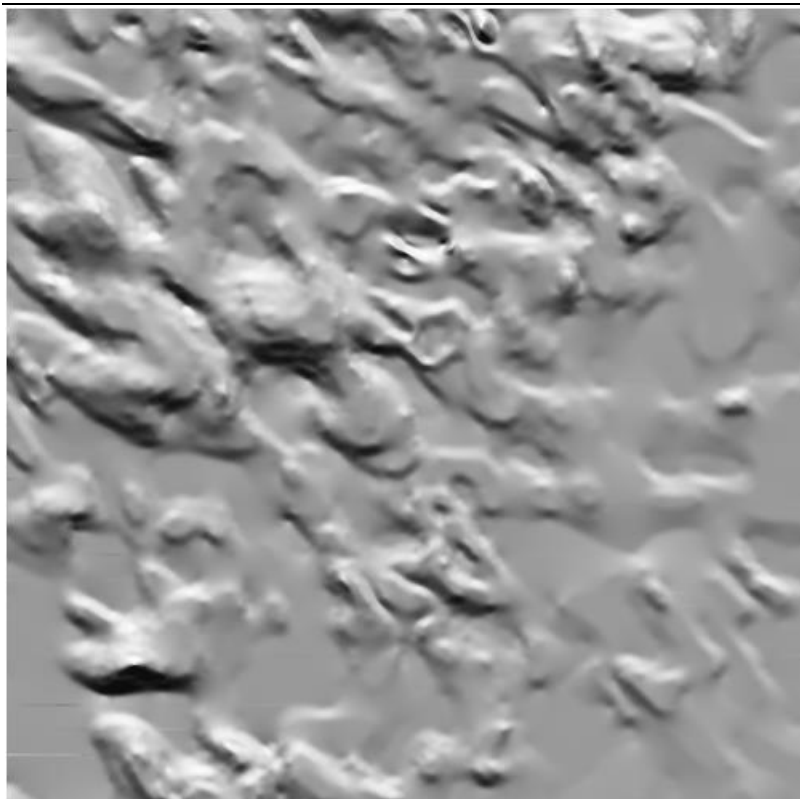
10.2. ábra - A fenti domborzatmodell körbeforgatva.



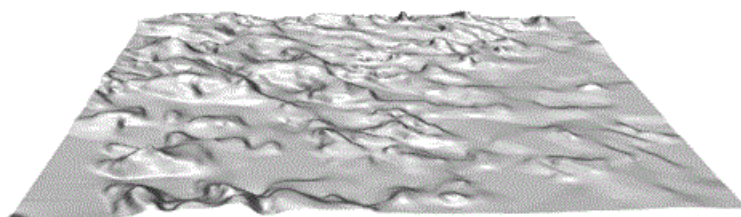
10.3. ábra - A fenti terület árnyékolt digitális domborzatmodellen.



10.4. ábra - A fenti domborzatmodell árnyékolásának körbeforgatása.



10.5. ábra - A 10.3. ábra árnyékolt domborzatmodelljének körbepülése.



Napjainkban nem várható a homok újbóli mozgásba lendülése, ezzel pedig a homokformák átalakulása vagy továbbfejlődése, hanem inkább a homokpusztagyep záródása és a fás szárú nyáras-borókás terjedése a jellemző természetes folyamat. Annak ellenére van ez így, hogy a talajvízszint a folyószabályozások óta helyenként 2–3 méterrel is lesüllyedt a Duna-Tisza közén, ami segíti a magasabb buckák felszínének kiszáradását és a globális felmelegedés is elméletileg erősíti ezt a folyamatot. Ezen a területen a nemzetközi VULKAN program keretén belül éppen a globális felmelegedés homoki növényzetre gyakorolt hatásait vizsgálják egy elkülönített parcellán.

5. Önellenőrző kérdések

1. Magyarország mely területein alakultak ki eolikus homokformákkal jellemezhető területek?
2. Milyen korúak a magyarországi futóhomokterületek?
3. Milyen jellemző formák tagolják a felszínt a Kiskunsági-homokhát területén, különösen Fülöpháza környékén?
4. Milyen módszerek és hogyan segítik az eolikus területek geomorfológiai kutatását?

11. fejezet - Karsztos térszínek geomorfológiai formái és térképei

1. Bevezetés

Ebben a fejezetben megismerkedhet a karsztosodás általános jellemzésével, a karsztosodás intenzitását befolyásoló tényezőkkel, a karsztos területek jellemzőivel, a karsztosodás folyamatával, valamint a karsztos formák jellemzésével, térképezési problémáival. Elsősorban a hazai – tehát mérsékelt övi – karsztosodással és formák jellemzésével foglalkozik a fejezet, de mint reliktum, egyes trópusi karsztformák is megjelennek benne. A fejezet elsajátításához szükséges az alapszakon teljesíthető Geomorfológia kurzus karsztosodással foglalkozó részeinek ismerete.

Felelevenítendő fogalmak:

- mállás,
- karsztosodás,
- szénsav,
- karbonátos oldódás,
- hidrokarbonátos oldódás,
- sekélykarszt,
- mélykarszt,
- autochton (A) karszt,
- allochton (B) karszt,
- karsztos formák,
- édesvízi mészkő.

1.1. Kulcsszavak

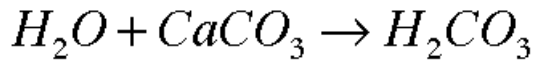
karr, dolina, víznyelő, uvala, polje, barlang, zsomboly, forrásmészkő

2. A karsztokról általában: karsztosodás és a karszttípusok

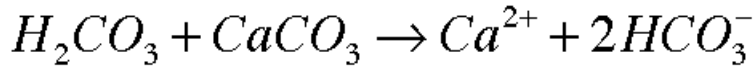
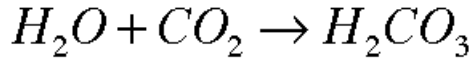
A mészkő jellegzetes lepusztulási formáit a Szlovéniában található Karszt-hegységben ismerték fel, illetve tanulmányozták először, így a folyamat is erről a területről kapta a nevét. Kezdetben úgy gondolták, hogy az oldódás során kialakuló jellegzetes formakincs csak erre a területre jellemző. Ezzel ellentétben a karsztosodás a Föld bármely területén megfigyelhető, ahol víz által oldható pl. karbonátos kőzetek fordulnak elő (ez a szárazulatok 12%-án jellemző), a hőmérséklet, ha rövid időre is, de 0 °C fölé emelkedik, valamint a terület pozitív vízháztartással rendelkezik. Ezek alapján **Jakucs (1970)** öt olyan éghajlati övet különböztetett meg, amelyben a karsztosodás folyamata lejátszódhat. Legjellemzőbb a trópusi övben, ezt a mediterrán-, a mérsékelt öv, majd a magashegységi – és periglaciális övezet követi. Karsztosodás – igaz nem jelentős mértékben – de a sivatagi övben is jelentkezik. Hazánk jelentősebb karsztterületei: Bakony, Keszthelyi-hegység, Vértes, Gerecse, Pilis, Budai-hegység, Bükk, Aggtelek–Rudabányai-hegység, Mecsek, Villányi-hegység, Gömör-Tornai-karsztvidék.

A karsztosodás folyamata:

- Karbonátos oldás “tisztá” víz hatására:



- Hidrogén-karbonátos oldás:



Előbbi típus kisebb jelentőséggel bír a jellemzően mészkőhöz kapcsolódó karsztosodás során. A szénsavas víz hatékonyabban oldja a mészkövet a tiszta víznél, ezért jelentősebb az oldás-oldódás folyamata, ennek megfelelően a formaképzés is.

Az oldódás típusai:

- hidrokarbonátos oldódás: a karbonátos kőzetek oldódása,
- keveredési korrózió: két különböző CO_2 koncentrációval – víztestenként eltérő hőmérsékleten és nyomáson – telített víz találkozásánál,
- nem karsztos oldódás [**Jakucs 1971**]: szerves savak oldó hatása,
- tektonikus törésvonalak mentén feltörő hévforrás tevékenységhez köthető hidrotermális korrózió [**Pécsi 1975**].

Az oldódás függ:

- a kőzet jellegétől,
- az oldódás időtartamától,
- a hőmérséklettől,
- a nyomástól,
- a pH-tól.

A karsztosodás intenzitását befolyásoló tényezők:

- földtani viszonyok (kőzet típusa, szöveti sajátosságai, szennyezettsége, rétegzettsége, szerkezete, kőzet vastagsága),
- a kőzet oldhatósága (a folyamat mésztartalmú kőzeteknél játszódik le (pl. mészkő, dolomit, lösz, gipsz), minél magasabb a mésztartalom, annál intenzívebb az oldódás),
- hasadékok, repedések jelenléte a kőzetben (a kőzet minél inkább hasadékok és repedések által átjárt, annál intenzívebb az oldódás),
- éghajlati adottságok (elsősorban a hőmérséklet- és csapadékviszonyok befolyásolják a folyamat intenzitását),
- hidrológiai adottságok (a karsztvízszint ingadozását befolyásolja az éghajlatváltozás, eusztatikus szintváltozások, kéregmozgások, erózióbázis mélyülése vagy -emelkedése),
- talaj adottságok (az oldódás intenzitását fokozza a talajréteg biológiai aktivitása pl. gyökérsavak, CO_2 képződés, mikroorganizmusok jelenléte).

A karsztos terület jellemzői:

- a karsztos térszínek felszíni vízfolyásokban szegények,
- a felszínen kialakult karsztformák többségének nincs felszíni lefolyása,
- a felszín alatt üregesedés, barlangképződés játszódik le,
- az oldatba kerülő meszes anyag az oldás helyétől távolabb lerakódik cseppköveket, meszes bevonatot, édesvízi mészkövet, mésztufa gátat (tetarát) kialakítva.

Karszt típusok.

A. Kőzetanyag alapján a következő karszt típusok különböztethetők meg:

- karbonátkarszt: a mészkő és dolomit alacsony pH-jú vizes környezetben történő oldódása során alakulnak ki a karsztformák,
- szemikarbonát karszt: kisebb-nagyobb mésztartalmú kőzetek (pl. mésztartalmú zöldpala, mészhomokkő, lösz, gránit) hidrokarbonátos oldódása során jönnek létre a karsztformák,
- parakarszt: semleges vagy magas pH-jú víz oldó hatására kialakuló kősó-, gipsz-, kvarchomokkő karsztok,
- bizonytalan karsztos formák: gránit, bazalt mállása során kialakuló formák.

B. A karsztos kőzetanyag vertikális kiterjedése alapján:

- sekélykarszt (támaszkodó karszt), ha a mészkőtömeg nem karsztos kőzetre települ, amely a környezetében egyben a felszínt is jelenti;
- mélykarszt, amennyiben a mészkőtömeg a nem karsztos kőzetek között helyezkedik el, tehát a különböző kőzettípusok felszíni találkozási helyéhez képest a mélyben is folytatódik.

C. A domborzati helyzete alapján:

- autogén ("A" típusú) karszt, ha a környezetéhez képest kiemelt helyzetben van a mészkőtömeg, így felszíni vízrendszerét tekintve, csak karsztos területről származó vizek vesznek részt formálásában;
- allogén ("B" típusú) karszt, ha környezetéhez képest nincs kiemelt helyzetben, akkor felszínére más kőzetanyagú területről is érkező vízfolyás, ami befolyásolja a felszín alatti és a felszíni formaképzést is.

D. A karsztosodás ideje (földtörténeti idő) alapján:

- recens karszt, napjainkban is formálódó, a jelen földrajzi helyzetnek és éghajlati folyamatoknak megfelelő formát mutató karszt;
- paleo/reliktum karszt.

Hazánkban is előforduló karszt típus. Elsősorban a Dunántúli-középhegység mezozoos (leginkább triász és jura időszaki) karbonátos kőzetein jellemző, ahol a karsztosodás is még a trópusi klímával jellemezhető középidőben hozta létre jellegzetes kúp-karsztos formáit. Az aprólékosan összetöredezett és a vertikális mozgások során környezetüknél mélyebb helyzetbe kerülő karbonátos karsztosodott kőzettömbök befedődtek. Ez nálunk jobbra eocén fedőtakarót jelent, ami a karsztok további fejlődését megakadályozta (fedett karszt), így a mezozoos trópusi formák hosszú földtörténeti időn keresztül megőrződtek. A kőzetlemezek horizontális és vertikális mozgásával ezek a karsztos területek a kialakulási körülményeiktől lényegesen eltérő környezetben, a fedőtakaró lepusztulásával újra a felszínre kerülhetnek, ezzel új típusú karsztosodás indulhat meg, amely a korábbi formák átalakulásának irányába mutat. Magyarországon a Déli-Bakonyban, az Úrkút melletti Csárda-hegyen láthatunk ilyen fedőtakarójából kiszabadított (antropogén jelleggel, az egykori külszíni mangánbányászat következtében) felszíni trópusi, tehát egyrészt paleokarszt, másrészt reliktum (maradvány) karsztformákat (11.1. ábra). Ez azért is érdekes, mert hozzá közel jellegzetes, recens karsztos formák figyelhetők meg, mint a nagyméretű Macska-lik víznyelője (11.2. ábra) egy vakvölgy végén.

11.1. ábra - Az Úrkút melletti Csárda-hegy reliktum trópusi kúparsztjának részlete [fotó: Varga Gábor 2012].



11.2. ábra - A Macska-lik víznyelője Úrkút közelében [fotó: Kopecskó Zsanett 2013].



3. Jellemzőes felszíni karsztformák

Karr. Mésztartalmú kőzeteken kialakuló oldásos kisformák, melyek a karsztok mikroformái és vízelborítás vagy vízbevonat alatt képződnek. Számos típusa van, melyeket **Veress (2004)** a képződési környezetük szerint csoportosít:

- fedetlen kőzetek karrjai:
 - áramlástól függő formák,

- áramlástól független formák,
- maradványformák;
- talaj alatti karrok:
 - parti karrok,
 - barlangi karrok.

A karrok mérete általában néhány cm, illetve dm. Ennek következtében ábrázolásuk kis méretarányú térképeken nem valósítható meg. A formák megfelelő méretű ábrázolásához általában az 1:500 méretarányú térkép készítése szükséges. A karrok nagyobb kiterjedésben általában az erózióknak kitett lejtőkön jelennek meg, mint karrmező/karrlejtő. A magyar nevezéktanban is meggyökeresedő népi elnevezéssel ördögszántásnak nevezett karrlejtők az Aggteleki-karszt és a Villányi-hegység területén jellemzők (11.3. ábra és 11.4. ábra).

11.3. ábra - Karrmező Aggtelek mellett [<http://hg2ecz.ham.hu/kirandulas/aggtelek-josvafo/masnap/ordogszantas.jpg>].



11.4. ábra - Az "Ördögszántás" a Nagyharsányi-hegy déli lejtőjén [fotó: Czigány Szabolcs 2013].



Dolina. Kialakulásuk és fejlődésük szivárgó vizekhez kötött. Csoportosíthatjuk a dolinákat méret, morfológiai környezet, mintázat, a hordozó kőzet típusa, kitöltöttség, kialakulás, alak és hordozó terület klímája szerint [Veress 2004]. A geomorfológiai térképezés szempontjából legfontosabb csoportosítási tényezők a következők:

1. Dolinák kialakulás szerinti csoportosítása [Jennings 1985, Trudgill 1985]:

- szakadékdolina,
- oldásos dolina,
- utánrogyásos dolina,
- átöröklődéses dolina,
- víznyelő jellegű dolina.

2. Átmérőjük alapján megkülönböztethető:

- mikrotöbör (átmérő 10 méter alatt),
- mezotöbör (10–50 méter között),
- makrotöbör (több, mint 300 méter).

3. Dolinák csoportosítása alak szerint:

- felülnézetben:
 - kör alaprajzú,
 - megnyúlt alaprajzú (törések, vetők mentén, völgytalpakon, völgyfőkben alakul ki),
 - szabálytalan alaprajzú,
 - csillag alaprajzú;
- oldalnézetben (keresztmetszet):

- szimmetrikus,
- aszimmetrikus.

A geomorfológiai térkép méretarányát a dolina kiterjedése, valamint a részletesség igénye határozza meg (1:1000 – 1:10 000).

Uvala. A dolinák összekapcsolódásával (az oldódás során az átmérőjük növekedésével a köztük lévő “eredeti” felszínnek elkeskenyedésével és megszűnésével) jönnek létre ezek a több száz méter kiterjedésű formák. Az egymásba kapcsolódó dolinákat küszöbök választják el egymástól. Az egyszerű uvalát sorban elhelyezkedő részdolinák alkotják. Egyszeresen összetett uvala alakul ki a már korábban létrejött uvala aljzatán. Többszörösen összetett uvala esetén, az uvala aljzatán több uvala fordul elő. Ezekben a talpi uvalákban újabb uvalák vagy dolinák alakulhatnak ki. Méretétől függően 1:10 000 – 1:25 000 méretarányú térképen ábrázolhatók.

Víznyelő. Kialakulása és fejlődése vízáramláshoz kötődik. Jellemzően közethatáron jelennek meg, valamint kialakulhatnak olyan karsztos formákban, amelyek képesek a felszíni vizet összegyűjteni. Határozott vízgyűjtőterülettel rendelkeznek. Kialakulásuk ott jellemző, ahol az időszakos- vagy állandó felszíni vízfolyás a karszt belsejébe jut és itt folytatja az útját. Ez a vízfolyás lefejeződésének egy különleges módja, melyet **Jakucs (1968)** mélységi lefejeződésnek, más szóval batükapturának nevez. 1:1000 – 1:10 000 méretarányú térképen ábrázolható, a víznyelő méretétől és az ábrázolás részletességétől függően.

Polje. Sík aljzatú, változatos oldallejtőjű, több km-es átmérővel rendelkező zárt forma. **Cvijić (1893)** írta le elsőként, hogy a poljék redők, törések, vetők csapásirányába megnyúlt formák. A nagy kiterjedés következtében csak 1:25 000 méretarányú térképen ábrázolható.

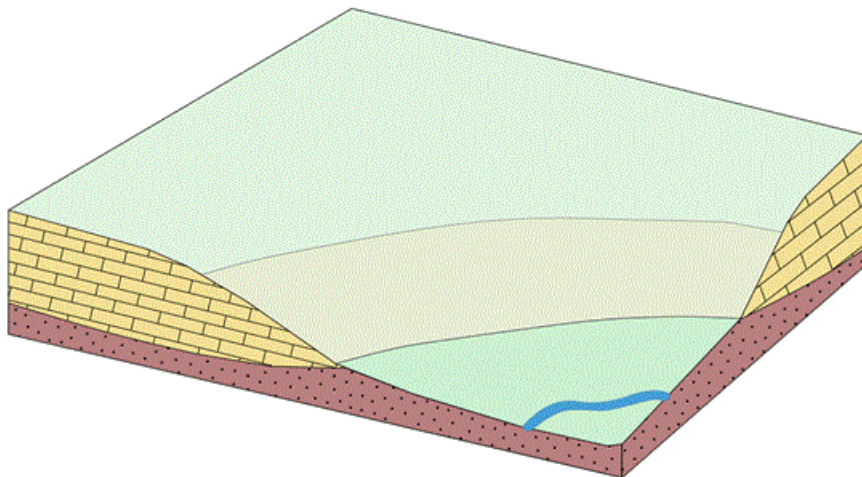
Völgyek. Mivel a karsztterületeken a csapadékvíz beszivárog, völgyek csak a következő körülmények között alakulhatnak ki:

- az állandó vizű vízfolyás vízhozama meghaladja a beszivárgás mértékét,
- meredek lejtők időszakos vízfolyásai (olvadó hólé, hirtelen nagy mennyiségű csapadék) kiegyenlített esésgörbéjű, kis mélységű medreket alakítanak ki.

Karsztos területeken a völgyképződés legtöbb esetben fedett állapotban kezdődik. A folyamat addig játszódik le állandó vízfolyások esetén, ameddig a vízgyűjtő területen a fedettség túlnyomó részben jellemző. A fedő lepusztulását követően a vízfolyás abban az esetben megmarad, ha a karsztvíz szintje megegyezik a völgytalp magasságával. A völgy fedetlen karsztzon történő további mélyülésének a feltétele, hogy a völgy mélyülése és a karsztvízszint süllyedésének üteme azonos legyen. Abban az esetben, amikor a karsztvízszint süllyedése gyorsabb, mint a völgytalpé, a karsztvízszint és a völgytalp szintje között üregesedés, barlangképződés indul. Szárazvölgy akkor alakul ki, amikor a fedőüledék lepusztulását követően a vízfolyás vize elszivárog a karsztban. Ennek hatására a völgy fejlődése megszűnik. Ilyen szárazvölgy az Aggteleki-karsztban a Szelce-völgy [cf. 1. és 5. ábra In: **Telbisz 2009**]. Vakvölgy akkor alakul ki, ha a völgynek nincs felszíni kijárata (völgykapu), tehát zárt formaként jelenik meg a lejtő alacsonyabb részén is. Ekkor a völgy víznyelőben végződik. Ilyen völgy például a fent már hivatkozott (11.2. ábra), a Déli-Bakonyban található Macskalik-víznyelőhöz vezető völgy is. Szurdokvölgy akkor jön létre, amikor a vízfolyás vize nem vagy nem teljes mértékben szivárog el, és intenzív bevágódás következik be. Akkor is kialakulhat szurdokvölgy, amikor az elszivárgó víz üregesedést indukál. Az üregek megsemmisülhetnek lineáris erózió, valamint a völgyoldalak pusztulásának hatására. A völgyoldalokban maradványbarlangként megmaradhatnak a korábbi üregek maradványai. A Bakonyban, Csesznek határában található Ördög-árkot ilyen völgyfejlődés hozta létre [**Veress 1980, 1999**]. A völgyek geomorfológiai térképe 1:10 000 méretarányú térképen készíthető el.

Általános érvényű az a megállapítás, hogy a karsztterületek felszíne vízfolyásokban szegény és a formák tekintetében, elsősorban az oldásos formák megjelenésével együtt is kevésbé tagolt (pl: karsztplatók). Ez azonban csak a karszt fejlődésének egy korai szakaszára érvényes, amikor az oldási folyamatok a felszín alatt alakítják a karszt belsejét, így a felszín sokáig szinte változatlan marad. Ezután azonban – amikor már kiterjedt járatrendszerek, barlangok alakulnak ki a mészkőtömb belsejében – a karsztos területek felszínének domborzati formáira hatással vannak a felszín alatt fejlődő járatrendszerek is. Tehát a felszíni karsztformák (11.5. ábra) megjelenését nem lehet elválasztani a felszín alatti folyamatoktól, ezért szükséges a karszt belsejében kialakuló formákról is szót ejteni!

11.5. ábra - A mészkőterület karsztos fejlődésének egy szakasza a kialakuló karsztformákkal



4. Felszín alatti karsztformák

Barlang. Karsztos eredetű barlangok kialakulásánál, akárcsak a felszíni karsztformák esetében is a víz oldó hatása elengedhetetlen. A felszín alatti repedések, járatok fokozatos oldásával, szélesítésével barlangok, barlangrendszerek alakulnak ki. E barlangok kialakulhatnak a karsztvízszint felett (vadózus zóna barlangjai), a karsztvízszint ingadozásának zónájában (epifreatikus barlangképződés), illetve az alatt is (freatikus, mélyfreatikus zóna barlangjai). Az előforduló vizek alapján a barlangok lehetnek bújtató- (víznyelő), forrás- (vízkibocsátó) és átmenő (vízáteresztő) barlangok.

Zsomboly. A felszínt és a vízszintes barlangjáratot összekötő, függőleges és lefelé haladva kiszélesedő kürtő forma. Eredetileg nem rendelkezik felszíni kijáratral. Nem karsztos folyamatok hatására válik nyitottá.

Geomorfológiai térképezés szempontjából akkor van releváns szerepe ezen formáknak, ha nem karsztos folyamatok (pl. omlások) eredményeként a felszínen megjelennek. A felszín alatti formákat a jelkulesban megtalálható mintával jelölik. Azonban ha a formák a felszínen is megjelennek a készítenő térkép méretarányát a forma kiterjedése határozza meg.

5. Hazai karsztos területek és morfológiai képük

Karsztos területeink két jól elkülönülő karszttípusba sorolhatók, melyek területileg is jól elkülönülnek egymástól. Az aggteleki-típusba tartoznak a névadó Aggtelek–Rudabányai-hegyvidék, a Bükk egy része és a Nyugati-Mecsek karsztja. A karsztos aszóvölgyek mellett a legjellemzőbb felszíni formák a dolinák. Az Aggteleki-hegységben a plató- és sordolinák [cf. 1. és 5. ábra In: Telbisz 2009] is nagy számban jelentkeznek, helyenként nagy mérettel, míg a Nyugati-Mecsek dolinái kisebbek, de egymás mellett nagy sűrűségben nyomozhatók. A víznyelők leginkább a karszt peremén, tehát közhátáron, vagy a barlangokhoz kapcsolódva jelennek meg. A dunántúli-típus karsztjai – a Keszthelyi-hegység, a Bakony, a Vértes, a Gerecse, a Pilis és a Budai-hegység – felszíni formákban jóval szegényebbek, ami összefüggésben áll a közettani, szerkezeti adottságokkal és a felszín alatti formák eltérő fejlődésével is (törések, vetők menti megjelenés, hévizes folyamatok). Az itt is jellemző dolinák jóval kisebb méretűek és ritkábban helyezkednek el. A víznyelők az előző típussal ellentétben törésekhez, szerkezeti repedésekhez kapcsolódnak.

Eddig elsősorban oldásos eredetű formákról volt szó, de a témához szorosan kapcsolódik ennek ellentétes folyamata, a mészkő kiválása, amely nem csak a felszín alatti barlangokban jellemző (cseppkövek), hanem az általában az erózióbázishoz igazodó forrástevékenység kiválásaiban is tetten érhető. Ennek morfológiai jelentősége is van mindkét típus esetében. A forrás- vagy más néven édesvízi mészkő megjelenhet

völgytalpakon (Bükk: Szalajka-völgy), lejtőkön (Mecsek: Melegmányi-völgy), teraszfelszíneken (Gerecse: Dunaalmás, Vértesszőlős), tengeri- vagy tavi színlőkön, hegyláb felszíneken egyaránt.

6. Önellenőrző kérdések

1. Milyen kémiai folyamat a karsztosodás? Képletek alapján jellemezze a karsztosodás folyamatát!
2. Milyen alapon és hogyan tipizálhatók a karsztterületek és karsztos formák?
3. Sorolja fel és jellemezze az oldásos eredetű felszíni karsztformákat!
4. Milyen jellemzői vannak a hazai karsztterületeknek?

12. fejezet - A dombsági területek geomorfológiai szintjeinek és formáinak elkülönítése

1. Bevezetés

Az esettanulmányokat tartalmazó III. rész jelen fejezete a – hazánk területének közel harmadát kitevő – dombsági térszíneink térképezésével foglalkozik. A tanulmány egy dunántúli mintaterület, a Külső-somogyi-dombságban, a Koppány-völgyében fekvő Nagykónyi település környékét vizsgálja. A geomorfológiai térkép egy hirtelen árvíz következményeként készült tanulmány (folyóirat cikk) része, melyben a szerzők a villámárvíz kialakulásának – többek között geomorfológiai – okait elemzik. A fejezet információinak feldolgozásához szükséges előismeret az általános természetföldrajz, illetve a geomorfológia tananyagához és ennek a tanulmánynak az első két részéhez kapcsolódik.

Szükséges alapismeretek:

- csillagászati földrajz,
- térképészeti alapok, távérzékelés
- alapvető matematikai és természettudományos ismeretek.

Felelevenítendő fogalmak:

- polgári topográfiai térkép
- földrajzi fókálózat
- méretarány
- tengerszint feletti magasság
- vetület
- domborzat
- szintvonal
- vízválasztó
- vízgyűjtő
- lejtőszög
- keresztmetszet

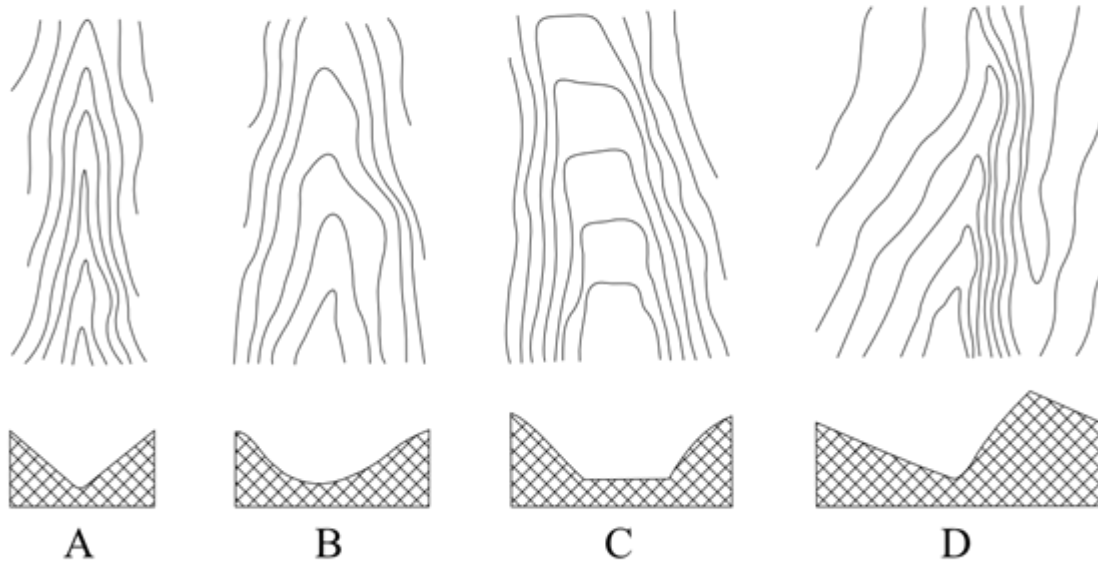
1.1. Kulcsszavak

geomorfológiai térkép, dombság, aszimmetrikus völgy, fiatal lösz, folyóvízi terasz, deráziós völgy, eróziós völgy, völgyközi hát, villámárvíz

2. A terület elhelyezkedése

A térképezett terület a Külső-somogyi-dombság (Kelet-Külső-Somogy) déli részén, a Koppány–Kapos közötti hát északi peremén [Marosi – Somogyi (szerk.) 1990] helyezkedik el és érinti a Koppány völgyének egyik K–Ny irányú – Nagykónyi településnek is helyet adó – aszimmetrikus völgyszakaszát (12.1. ábra).

12.1. ábra - Völgytípusok keresztmetszete és szintvonalas rajzolata. A = fiatal, völgytalp nélküli, B = érett, C = fejlett, széles völgytalpú, D = aszimmetrikus. A D típus kifejezetten jellemző Nagykónyi és környékére Kelet-Külső-Somogyban.



3. Általános természetföldrajzi jellemzők

A Koppány-patak környezetének mélyszerkezetére a rögökre tagoltság jellemző. Az alaphegység pikkelyes szerkezeti viszonyaira következtethetünk a felszín általános képéből, hiszen a Koppány tektonikus vonalakat követve alakította ki zegzugos futását [Szilárd 1967], ahol át- és rátolódásos szerkezet jellemző [Magyari et al. 2004]. A vizsgált területet magába foglaló Kelet-Külső-Somogy nagy része ÉK–DNy irányban – a Balatonnal párhuzamosan – egymás mögött sorakozó 200–300 m tszf.-i átlagos magasságot elérő dombhátaból és a közöttük bemélyülő nagyobb völgyek (északról délre: Jaba, Kis-Koppány, Koppány) együtteséből áll. A hátabak szélessége 10–20 km, hosszúsága pedig 10–40 km között változik. A domborzat földtani alapját a pannóniai agyag- és homoküledékek adják, melyeken helyenként vörösgyag-réteg települ. Ezeket a rétegeket folyóvízi homok és 5–15 m vastag fiatal pleisztocén lösztakaró borít a recens talajtakaró alapkőzeteként.

Az egész középtájról jellemző a dombhátak és a völgyek aszimmetriája, amely a középső-pleisztocént követő szerkezeti mozgások eredménye. Ennek során a közel K-Ny-i irányú eróziós völgyek északi kitétségű (jobb oldali) lejtői rövidek és nagy esésűek, míg a déli kitétségű (bal oldali) lejtők hosszan elnyúló, lankás lejtőjüvé formálódtak. Összességében közepesen tagolt dombsági térszín alakult ki, ahol az átlagos relatív relief értéke 50–100 m/4km², a völgyűrűség pedig 4–12 km/4km² értéket ér el.

A Koppánytól délre eső területen található a Nagykónyi-rög, amit keletről a kocsolai Túr-víz szerkezeti vonalat követő völgye határol [Szilárd 1967]. A táblarög DK felé kibillent, így ÉNy-on a magasabb tetőket és gerinceket már csak 3–5 méteres vastagságban fedi a fiatal lösztakaró [Szilárd 1967]. Ennek megfelelően – az erős kiemelkedés hatására – a felső-pannon (Tihanyi Formáció) szürke színű, molluszkás, agyagmárgás aleurit és finomszemű homok is a felszín közelébe került, sőt az észak felé kifutó, mélyen bevágódott völgyek alján helyenként fel is táru.

A pleisztocén folyóvízi homok főleg löszös-finomhomokos proluviális-deluviális üledékek alatt található, a holocén folyóvízi üledékek pedig a recens vízfolyások völgytalpiaihoz kapcsolódnak [Chikán – Kókai 2002].

Az évi középhőmérséklet 10,0–10,2 °C, a napsütéses órák száma évente 2000–2050 óra. A csapadék 650 mm körül alakul. Az ariditási index értéke 1–1,08 közötti, tehát enyhén negatív a vízmérleg. A jellemző szélirány ÉNy-i, sebessége mindössze 3 m/s körül alakul. A klasszikus Péczely-féle éghajlati körzetbeosztás szerint a fenti tényezők függvényében az éghajlat mérsékeltен nedves, mérsékeltен meleg.

Vízrajzában a K-i irányban siető vízfolyások (Jaba, Kis-Koppány, Koppány) közül a Kaposba torkolló 56 km hosszú és 745 km² vízgyűjtő területtel rendelkező Koppány a meghatározó. Mellékvizei gyér vízhozamúak, de szélsőséges vízjárásúak. Száraz időszakokban ki is száradnak. A talajvíz mélysége a Koppány-völgyben 2–4 m közötti, a hátacon helyenként hiányzik, illetve sokkal mélyebben helyezkedik el. A rétegvizek mennyisége is mérsékelt.

Növényzet tekintetében a terület a Somogyi flórájárába (*Somogyicum*) tartozik. Erdőtársulásai az északi kitettségű lejtők hűvösebb mikroklímájához igazodva a bükkösök (*Vicio oroboidi-Fagetum somogyicum*), de leginkább jellemző a hátacon megjelenő gyertyános kocsánytalan tölgyesek (*Quercus petraeae-Carpinetum praeillyricum*), az ezüsthársas cseres tölgyesek (*Tilio argenteae-Quercetum petraeae-cerris*) és a gyöngyvirágos tölgyesek (*Convallario-Quercetum*). A Koppány völgyében a tölgy-köris-szil ligeterdők (*Quercetum-Ulmetum-praeillyricum*) és a patak menti égeresek (*Carici elongatae-Alnetum*) is kifejlődtek. A mezőgazdasági (szántóföldi) művelés következtében a kedvező adottságokkal rendelkező háta területén az erdő társulások szinte teljesen visszaszorultak.

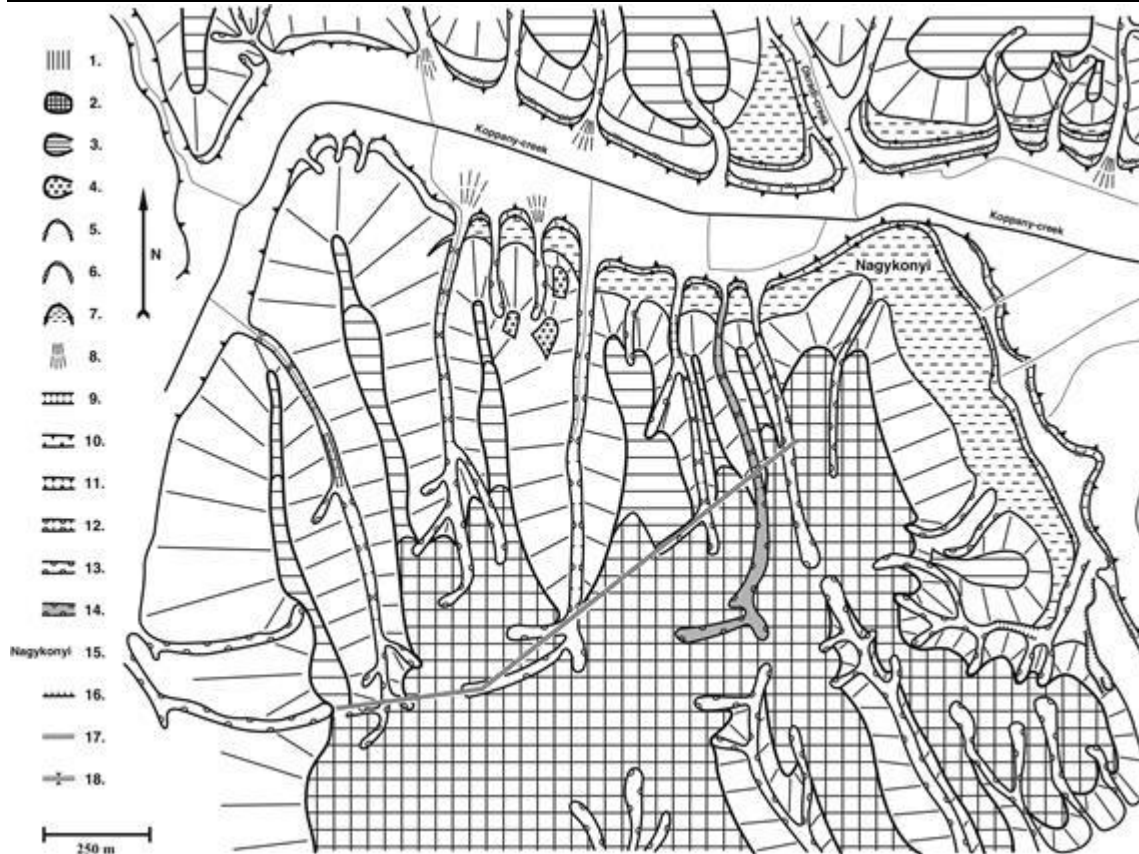
A talajok közül dominálnak a löszön kialakult mészszelepedékes csernozjomok, de jelentős területeket foglalnak el a barnaföldek (nyugaton agyagbemosódásos barna erdőtalajok) is. A patak völgyekben öntés réti és lápos réti talajok a jellemzőek.

4. A geomorfológiai térkép

A kb. 12 km²-t ábrázoló geomorfológiai térkép (12.2. ábra) az enyhén dél-délkeleti irányban lejtő (kevesebb mint 2°) löszfelszín (dombhát) és a rövid, nagy esésű (8°–15°), északi kitettségű völgylejtőt ábrázolja. Ebbe, az északi kitettségű lejtőt tagoló és a löszfelszín felszabdáló eróziós-deráziós völgyekbe és a (délről érkező Túr-víz torkolati szakaszától nyugatra) a Koppány szélesebb-keskenyebb völgytalpa feletti ármentes síkra (II/a. terasz) épült Nagykónyi település.

12.2. ábra - Nagykónyi és környékének geomorfológiai térképe [Fábián et al. 2009]. 1 = stabilis lejtő, 2 = alacsony fennsík, 3 = völgyközi hát, 4 = lejtőpihenő, 5 = ártérnél magasabb síksági felszínek általában, 6 = I/b. terasz, 7 = II/a. terasz, 8 = lejtőalji törmelékkúp, 9 = meredek partú patakmeder, 10 = eróziós völgy (20 m-nél mélyebb), 11 = eróziós völgy (20 m-nél sekélyebb), 12 = eróziós-deráziós völgy, 13 = deráziós völgy, 14 = a hirtelen áradás által leginkább sújtott Bársony utca völgye, 15 = település (Nagykónyi), 16 = tereplépcső/felhagyott homokbánya fala, 17 = földút, 18 = áteresztő földút alatt.

A dombsági területek
geomorfológiai szintjeinek és
formáinak elkülönítése



A geomorfológiai térkép elkészítéséhez alaptérképként 1:10 000 méretarányú topográfiai térképet használtunk, melynek alapszintvonalközei 2,5 m-esek. A terület É-i részén Ny-K-i irányban folyik a csatornázott Koppány-patak. A legalacsonyabb (112 m) és a legmagasabb (219 m) pont között 107 m a szintkülönbség.

A térképen a terület tengelyét adó, Koppányon kívül találunk még állandó vízfolyásokat, mint a Koppány – valószínűleg hosszabb – balparti (pl.: Okrádi-patak) és a rövid, meredek lejtőbe vágódó jobb oldali völgyek vízfolyásait. Ez utóbbiak működése (állandó, időszakos) szorosan összefügg a közvetlenül a területre hulló csapadékmennyiséggel. A Túr-víz is jobb parti vízfolyás, de ennek csak torkolati, medenceszerűen kiszélesedő allúviuma látszik a geomorfológiai térképen, maga a vízfolyás nem.

A Koppány széles talpú völgye a 20 méternél mélyebb eróziós völgy kategóriájába (jelkulcs: 10) tartozik. Az északról érkező, állandó vízfolyással rendelkező sekélyebb eróziós völgy (jelkulcs: 11) az Okrádi-patak völgye. Az eróziós völgyek mellett a terület legjellemzőbb negatív formái a lejtőket beréselő eróziós-deráziós völgyek, sőt – ezek folytatásában – már a fölöttük elterülő nagyon enyhén lejtő, inkább sík tetőfelszínként értelmezhető dombháton is hátravágódó deráziós völgyek.

Az egyik északi irányban kifutó eróziós-deráziós völgyben, – a geomorfológiai térképen szürkével kiemelt (jelkulcs: 14) – Bársony utca völgyében alakult ki egy villámárvízi helyzet 2002 májusában. Érdekes ennek a völgynek a morfometriai paramétereit megvizsgálni, mivel ez az egész északi kitétségű lejtőt beréselő völgyekre is általánosan érvényes. Az 1450 m hosszú völgy morfometriai paramétereit tekintve két részre osztható. A völgy hosszának több mint a felét kitevő (780 m) felső szakasza a nyugat-délnyugat felé elhajló völgyfővel, már a löszfelszín tagoló széles (60–160 m), lapos, enyhe lejtésű (1,1°) deráziós völgyként értelmezhető. A völgyet keresztező földúttól (jelkulcs: 17) 250 méterre délre a völgytalp szélessége 60 méter, a völgyvállak távolsága 140 méter, a völgy mélysége ~4 méter, tehát egy szabályos, tál keresztmetszetű deráziós völgy képét mutatja. A völgynek ezen szakasza mezőgazdasági művelés (szántó) alatt áll.

A völgy, valamivel rövidebb, 670 méter hosszú alsó szakaszán összeszűkül, megjelennek a határozott oldallejtők (10°–14°) és a völgytalp lejtése (4,3°) is nagyobb a felső szakaszhoz képest. Ezen a szakaszon – a földúttól 250 m-re északra – a völgytalp szélessége 30 m, a völgyvállak távolsága 150 m, a völgy mélysége ~15 m. A térképen jelzett töltésezett földút pontosan a völgyszakasz-változás helyén keresztezi a völgyet, aminek fontos szerepe volt a villámárvíz kialakulásában. A lefolyó csapadékvíz elvezetését egy 80 cm átmérőjű áteresszel (jelkulcs: 18) próbálták megoldani a földút alatt. A völgy felső szakaszán összegyülekező

csapadékvíz az azonban az áteresz nem tudta elvezetni, így a töltésezett földút gátként funkcionált és felduzzasztotta a deráziós völgy vizét, amely aztán átbukott a töltésen és végigrohant a völgyön (12.3.ábra). Munkájával nagy pusztítást végzett, hiszen gépjárműveket ragadott el, felszakította az aszfaltot, házfalat döntött ki, majd a magával szállított hordalékot a völgy kijáratánál halmozta fel.

12.3. ábra - A földút feletti deráziós völgyszakasz a hirtelen áradás után [Fábián et al. 2009].



A jelentős mélyítő erózió nyomaival máshol is találkozhatunk. A térkép Ny-i részén, ugyancsak a meredekebb, északi irányban lejtő eróziós-deráziós völgy talpába mélyülnek meredek partú patakmeder (jelkulcs: 9) szakaszok. Ennek völgyfőjénél található a terület legmagasabb pontja is. Érdeemes megfigyelni, hogy a löszfelszínre is hátravágódó völgyek felső szakaszai éppen ebbe az irányba kanyarodnak el. A mellékvölgyek kijáratánál, jól kivehetők a Koppány völgytalpát megemelő hordalék/törmelékkúpok (jelkulcs: 8), melyeket az időnként lezúduló és a völgyekben összegyülekező csapadékvíz ragad magával és akkumulál a völgykijáratoknál. Az északi kitétségű völgyek tehát gyorsan mélyülnek és egyben szélesednek is, melynek az a következménye, hogy az egységes löszfelszín maradványaiként egyre jobban elkeskenyedő völgyközi hátak (jelkulcs: 3), helyenként inkább már csak gerincek nyúlnak ki északi irányba, a Koppány völgye felé. Az innen induló lejtőket helyenként lejtőpihenők (jelkulcs: 4) osztják meg.

Az alacsony fennsík (jelkulcs: 2) kategóriájába eső Nagykónyi-rög löszfelszínének általános DK-i irányú lejtése jól illeszkedik a nagyobb térség morfológiai megjelenéséhez. A féloldalasan kibillent rög DK-i lankás lejtőjén hátravágódó fiatal deráziós völgyek a térkép tanúsága szerint is aszimmetrikus keresztmetszetűek.

A Koppány völgytalpa fölött két jól elkülönülő sík térszín nyomozható a patak mindkét oldalán, igaz nem teljesen végig. Ez a patakot kísérő I/b. számú, még nem teljesen ármentes szint (jelkulcs: 6) és a II/a. számú már valóban ármentes teraszszint (jelkulcs: 7), amelyet a patak jobb oldalán teljes egészében elfoglal Nagykovácsi települése.

5. Önellenőrző kérdések

1. Milyen összefüggés mutatható ki Kelet-Külső-Somogy morfológiája tekintetében, a szerkezetföldtan, a tektonika, a völgyképződés és a vízrajzi jellemzők között?
2. Hogyan érvényesülnek a táj általános természetföldrajzi jellemzői a Nagykónyi-rög tekintetében?

13. fejezet - Középhegységi területek geomorfológiai térképezése

1. Bevezetés

A fejezet egy alacsony középhegységi terület geomorfometriai vizsgálatán keresztül mutatja be annak sajátosságait. Különös hangsúllyal szerepelnek a középső- és késő-miocén abrázíós színlők, valamint azok kimutatásának lehetőségei. A hallgató a jellemző középhegységi formakincs mellett megismerheti a miocént követő tektonikus mozgások különböző léptékben megjelenő morfológiai következményeit is.

Szükséges alapismeretek:

- min. Grass GIS 6.4.2. felhasználói szintű ismerete,
- az alapvető geomorfometriai eljárásokat bemutató fejezet ismerete,
- harmad- és negyedidőszaki kronosztratigráfia,
- földtani alapismeretek,
- matematikai és statisztikai alapismeretek.

Felelevenítendő fogalmak:

- színlő,
- hegylábfelszín,
- miocén,
- pliocén,
- pleisztocén,
- bádén,
- szarmata,
- pannon,
- módusz,
- maximum érték,
- medián,
- szórás.

1.1. Kulcsszavak

vizuális interpretáció, teraszos megjelenés, interpolációs hiba, hisztogram, lejtésirányban szerkesztett keresztzelvény, színlőmaradványok, poligenetikus felszínformák, geomorfológiai térkép, billenés, eróziós völgy, deráziós völgy, patakterasz, bevágódás

2. A Nyugat-Mecsek felszínfejlődésének vázlata

A hazai hegyvidéki területek geomorfológiai térképezése alapvetően nem különbözik a dombsági vidékek vizsgálatától, hiszen hazánkban nincsenek több 1000 méteres magasságot meghaladó hegységek. Néhány száz méter tengerszint feletti magasságot elérő középhegységeink azonban hordoznak olyan sajátosságokat, amelyek

dombságainkon nem fordulnak elő. Ezek alapvetően a hegységek késő-neogén és negyedidőszaki emelkedésével hozhatók összefüggésbe. A továbbiakban a Nyugat- és Középső-Mecsek déli oldalának geomorfológiai elemzésén keresztül mutatjuk be a hegységeink térképezése során felmerülő sajátosságokat. Az elemzésekhez 1 : 10 000 és 1 : 50 000 méretarányú topográfiai térkép szintvonalalaiból előállított DDM-et használtunk fel.

A vizsgált terület legjellemzőbb felszínformái az egykori tengerelöntések következtében kialakult, tektonikusan megemelt, majd többszörösen átformált abrázios színlők. Ezek ma a Misina-Tubes vonulat előterében két jellemző magasságon (200–280, 280–400 m) fordulnak elő [Kovács et al. 2007]. (Az egyszerűsítés kedvéért, jelen írásban színlőként hivatkozunk ezekre.)

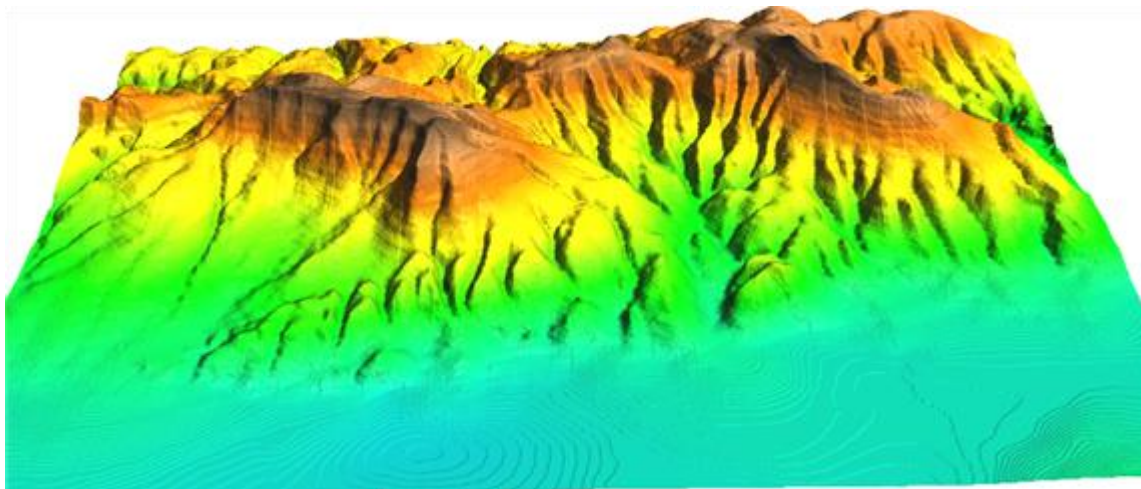
Eredeti képződési körülményeik között (bádeni, szarmata, valamint pannon tengerelöntések) enyhe lejtésű felsíkokként formálódtak ki, amelyekre általában 1° körüli lejtésértékek voltak jellemzőek [Burbank – Anderson 2001]. A tengerelöntések visszahúzódását követően az egységes, azonos magasságban elhelyezkedő, összefüggő felszínformát adó színlők tektonikus hatásra emelkedtek, melynek során az eltérő kiemelkedés és a klíma változásának következtében azok fel is darabolódtak. A későbbi planációs időszakok hasonlóan enyhe lejtésű (azonban már nem egységes) felszínrészletekké formálták át őket. Az egykori színlőmaradványok közötti völgyek mélyülése, valamint a fokozatos emelkedés a felszínre is hatással volt, így azok fokozatosan egyre meredekebbé váltak. A lejtők hátrálásának eredményeképpen csak keskeny gerincek, kisebb, szélesebb, önálló kúpok felszínfoltjai jelzik az egykori tengerpart helyét. Ezeket a pleisztocén jégkorszak periglaciális klímája is nagyban átformálta, melynek következtében a gerinceken lépcsőszerű ugrómagasságokkal elválasztott enyhébben lejtő, azonos magasságú kisebb szakaszok formálódtak ki. A terület felszínfejlődéséből következik, hogy az egykor jelentős, markáns formák azonosítása több szempontból is nehézségekbe ütközik.

3. Számítógépes domborzatelemzési eljárások alkalmazása a Nyugat-Mecsek déli előtere geomorfológiai szintjeinek vizsgálatában

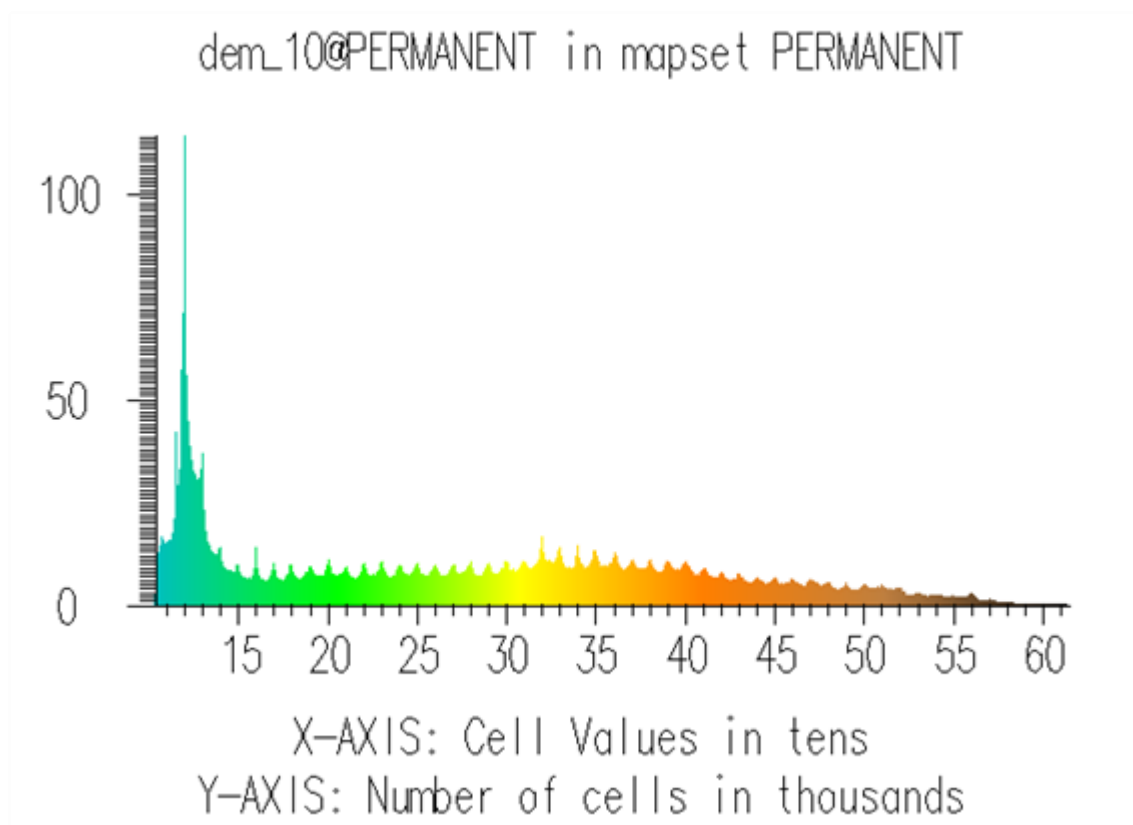
Az előzetes vizsgálatok közül először elvégezhető a terület többszörösen túlmasgított DDM-jének (13.1. ábra) vizuális interpretációja. A túlmasgítás következtében jól láthatóvá válnak a jellemzően két magassági osztályba sorolható, egykori színlők maradványai. A vizuális interpretációt tovább segíti, a DDM árnyékolásának elkészítése, valamint annak a tanult görbületekkel való kombinálása.

A DDM-ből készített hisztogram vizsgálata – amely megmutatja, hogy mely magassági kategóriából hány pixel tartalmaz a modell – további segítséget nyújthat a felszínformák kvalitatív megközelítéséhez. Ha az egykori színlők maradványai azonos magasságon fekszenek (ezekkel az adott magassági értékekkel rendelkező raszterek száma nagyobb), ennek a hisztogramon jól láthatóan meg kell nyilvánulnia. Mindamelltt a szintvonalakból történt interpoláció okozta teraszos megjelenés a modellen ellehetetleníti ezt a megfigyelést. (13.2. ábra).

13.1. ábra - Háromszorosan túlmasgított, 10 m felbontású DDM.



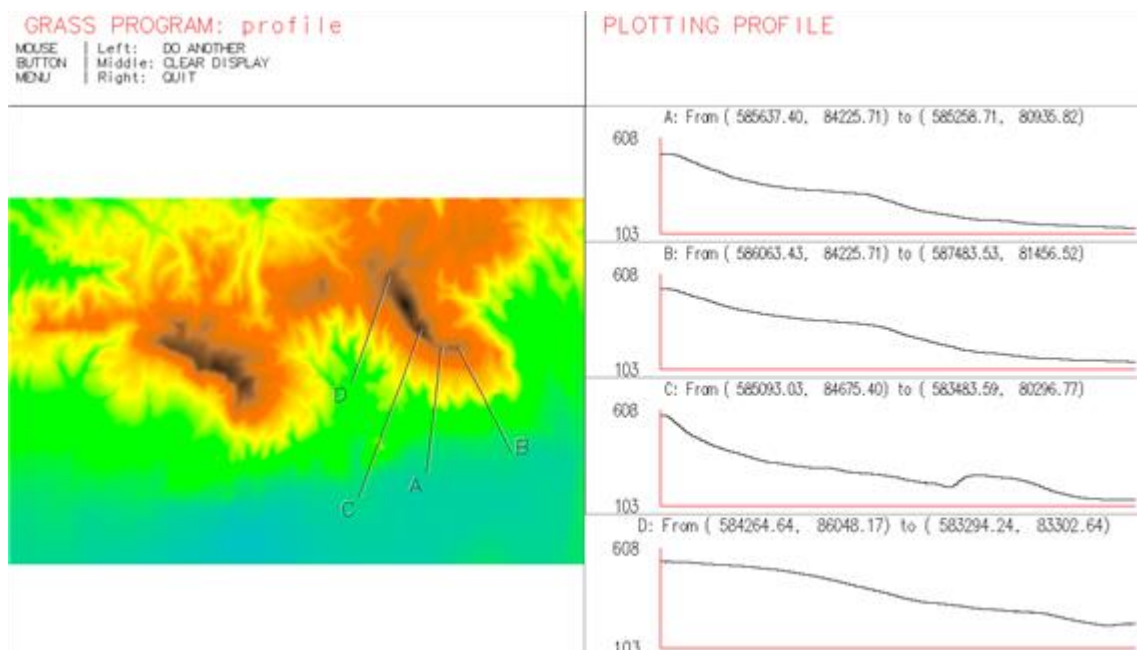
13.2. ábra - A DDM értékeiből készített hisztogram (10 méterenként túlsúlyozva).



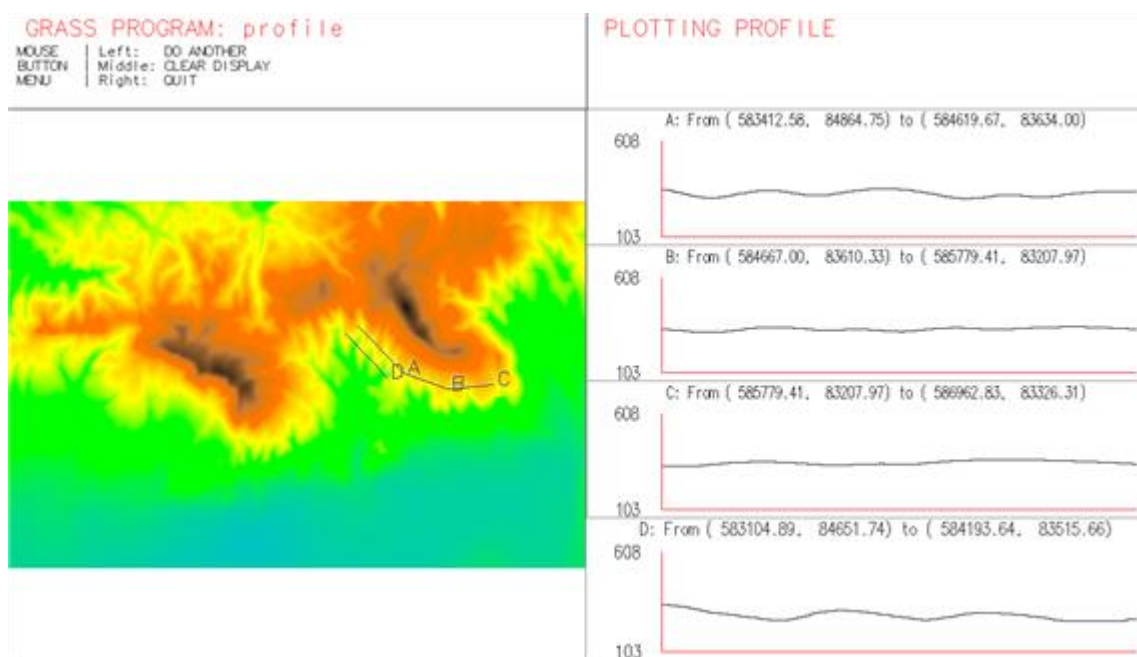
A vizuális megfigyelés eredményeként detektált felszíninformákat keresztaszelvények segítségével is láttathatjuk. Az általános lejtésirányban szerkesztett szelvények (13.3. ábra) bizonyíthatják a felszínek létezését. Mindamellettt tükrözik azoknak a domborzat többi eleméhez való kapcsolatát és a formák lejtésviszonyait. Az általános lejtésirányra merőlegesen készített szelvényeken (13.4. ábra) megfigyelhetjük, hogy az egykori színlők egy magasságon fekszenek-e.

A DDM részletes vizsgálata lehetővé teszi, hogy az adott felszíninformákat ne csak láttatni tudjuk, hanem objektív módon meg is határozhassuk. A DDM-ből származtatott lejtőtérképen a környezetüknél kisebb lejtésű formákat keressük. Ha ezt a túlmagasított domborzatmodellre feszítjük, könnyen elkülöníthetők a hasonlóan enyhébb lejtésű völgytalpaktól (13.5. ábra).

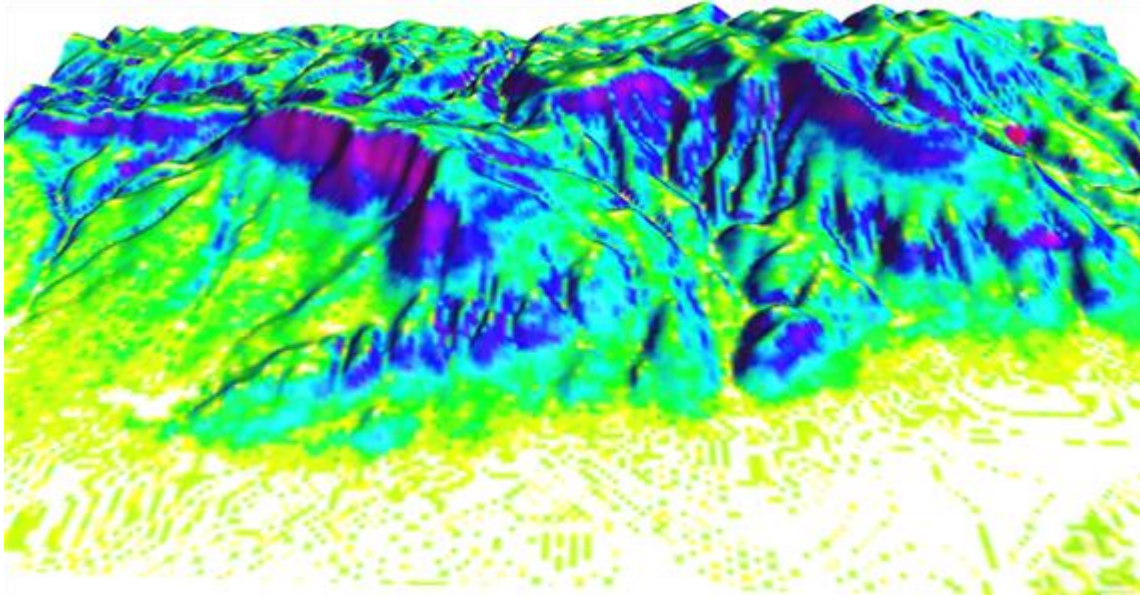
13.3. ábra - Az általános lejtésirányban szerkesztett keresztaszelvények



13.4. ábra - Az általános lejtésirányra merőlegesen készített szelvények



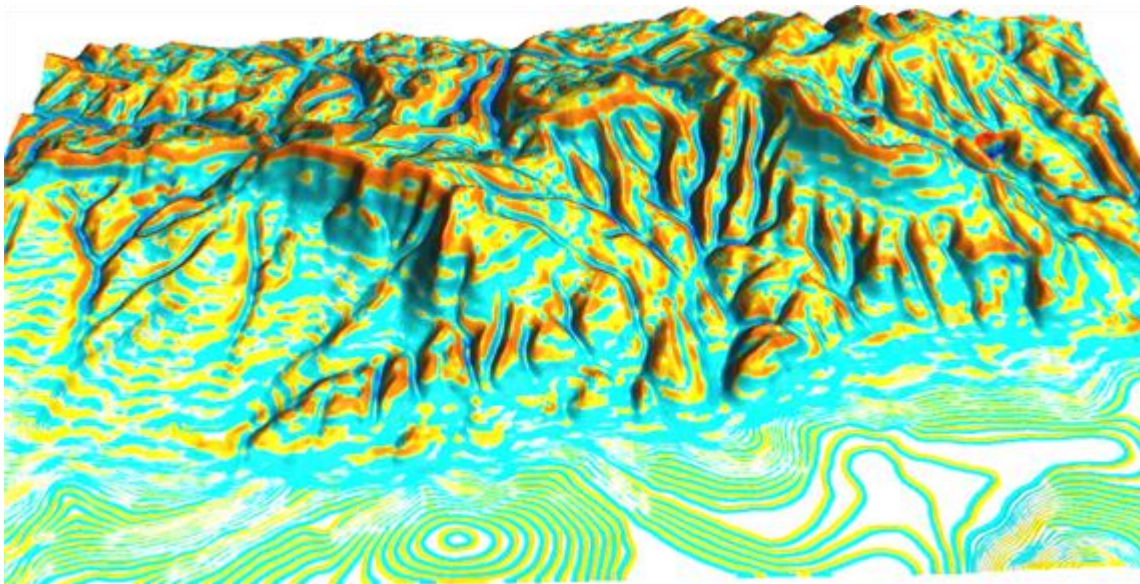
13.5. ábra - DDM-re feszített lejtőtérkép (a világosabb raszterek alacsonyabb lejtőszögre utalnak).



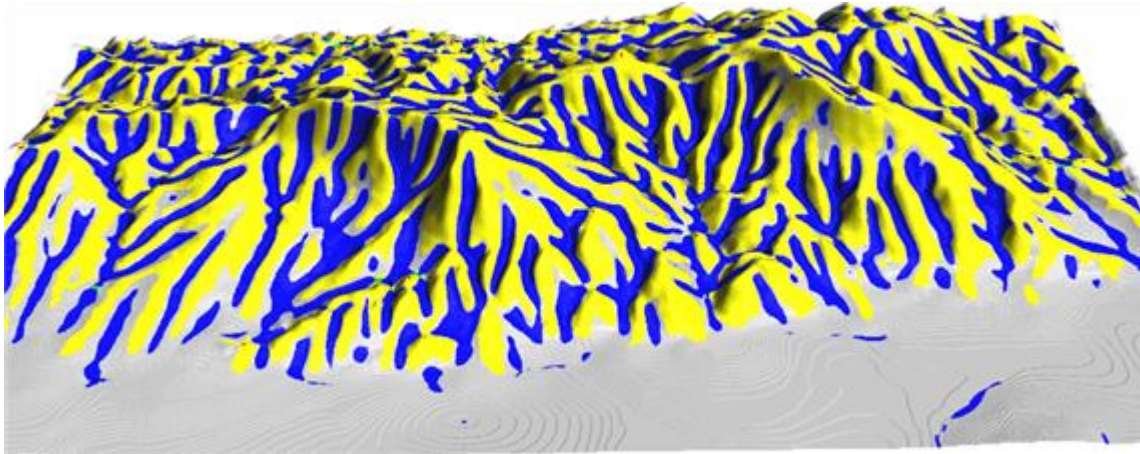
A lejtőtérkép többszöri átlagolásával mindezt plasztikusabbá tehetjük. A hosszú ideig tartó lepusztulás, átfarmálódás és kiemelkedés következtében az egykor lankás színlők gyakran 7–8°-os lejtésértékekkel is bírnak. A színlők határai e lejtésértékek és az azokban bekövetkező változások alapján már megrajzolhatóak. Ez természetesen tovább pontosítható a profile curvature állomány (13.6. ábra) elkészítésével. Ezen jól megfigyelhetők a lejtés változásai, valamint a lejtők milyensége. A domború lejtők a terület emelkedésére utalnak.

Az összetett és automatizált felszínelemzési eljárások segítségével leválogathatjuk a terület morфомetriai egységeit (13.7. ábra). A csatornák jól követik a völgyek vonalát, de általában szélesebbek, mint a valódi völgytalp (jelen esetben a mélyre vágódott völgyek igen keskeny völgytalppal rendelkeznek). A színlőmaradványok gerincekként (ridge), ritkábban csúcsokként (peak) jelentkezhetnek.

13.6. ábra - Profile curvature a DDM-re feszítve (sárga-piros = pozitív, zöld = negatív értékek).

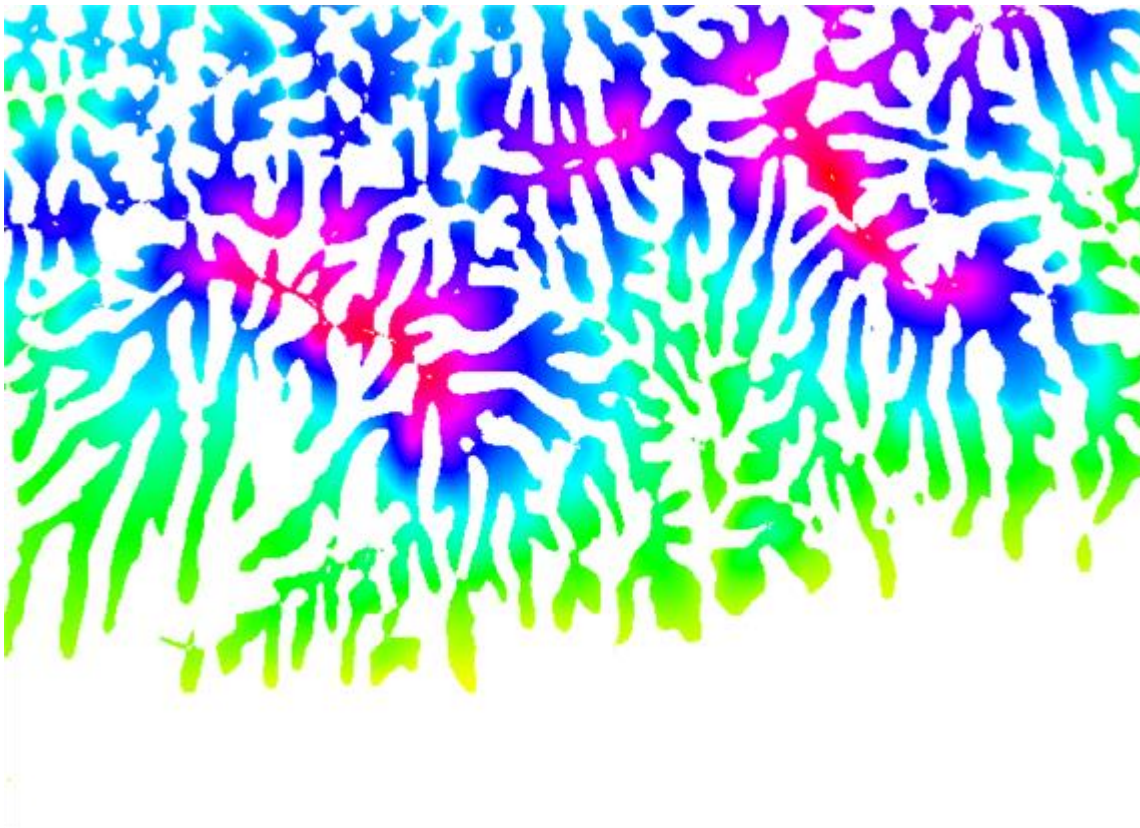


13.7. ábra - A terület jellemző morфомetriai elemei. (kék= csatorna, sárga = gerinc, piros = csúcs, szürke = sík térszín).

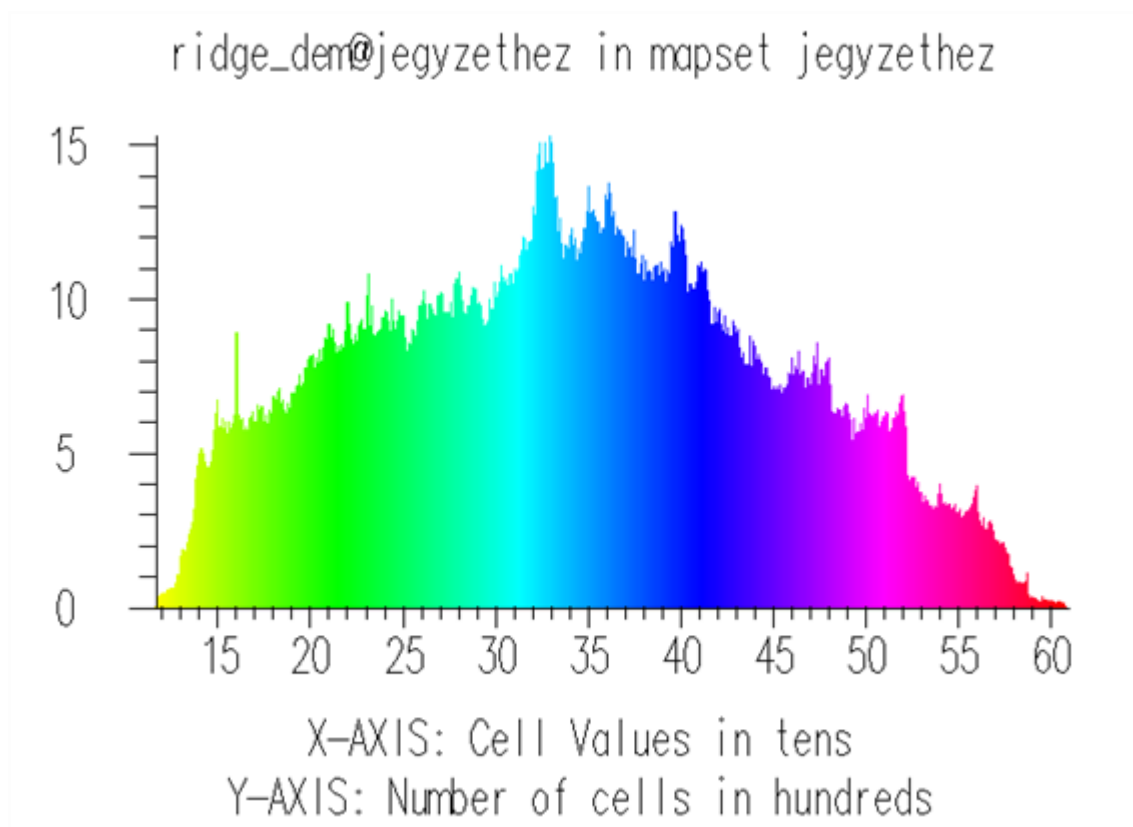


Ha a 13.7. ábra gerinceit (ridge) leválogatjuk és összeszorozzuk a domborzatmodellel, akkor képet kaphatunk a gerincek jellemző magassági értékeiről (13.8. ábra). A hisztogramon történő megjelenítést követően több jellemző magassági osztályt találunk. Ezek egy része egyezést mutat a terület klasszikus módszerekkel történő geomorfológiai elemzésének eredményeivel (13.9. ábra). A 200–280 és a 280–400 m-es színőmagasságok egyértelműen kivehetők. Megfigyelhetjük, hogy a jellemző magassági kategóriákban több kisebb magassági csoport is kitűnik (pl. 320–330 m), ezek a színők későbbi átformálása következtében kialakult kisebb, lépcsősen elkülönülő szintek. A jellemzően 10 méterenkénti magassági kategória kiugrásai az interpolációs hiba maradványaiként értelmezhetők. Fontos megjegyezni azt is, hogy a kutatási terület egészére terjedt ki a vizsgálat, így a Jakab-hegy színői – amelyek alapvetően eltérően viselkednek a Misina-Tubes vonulat hasonló felszíneihez képest – jelentősen (zavaróan) befolyásolják a hisztogramos vizsgálatot.

13.8. ábra - Profile curvature a DDM-re feszítve (sárga-piros = pozitív, zöld = negatív értékek).

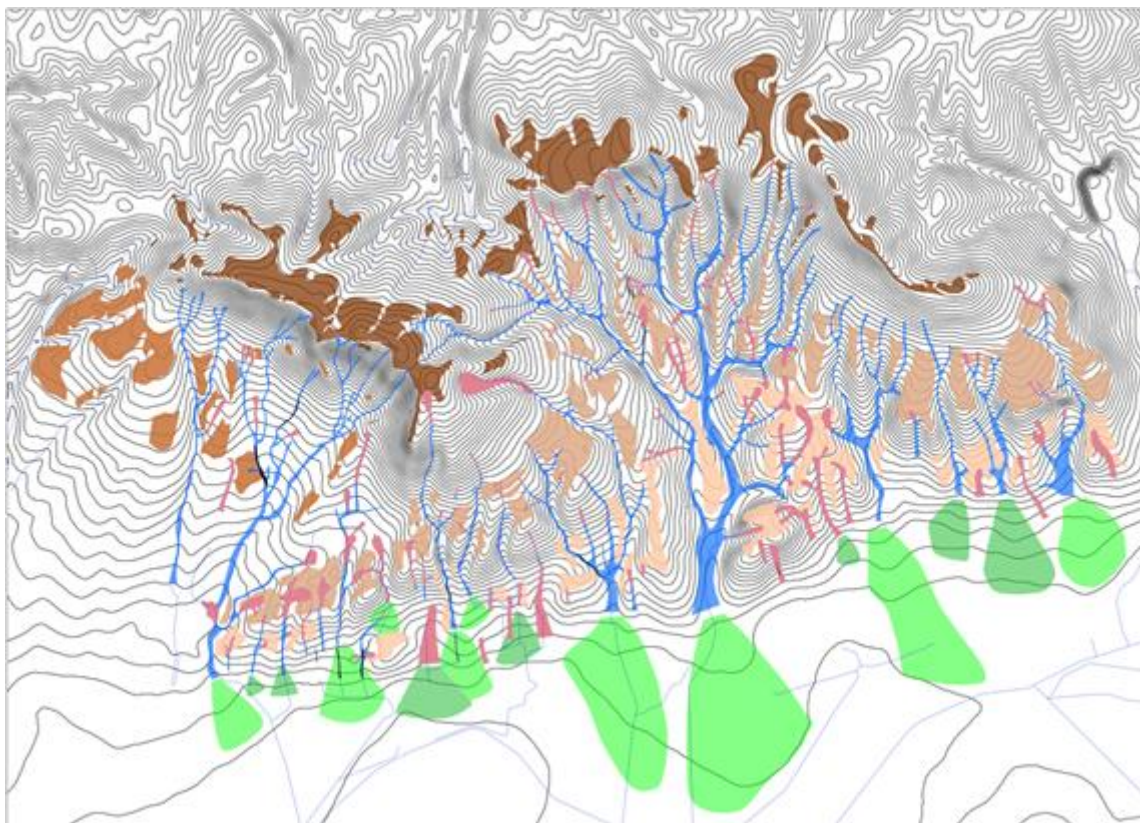


13.9. ábra - A gerincek (ridge) magassági értékei hisztogramon ábrázolva.



Érdeemes összehasonlítani az automatizált leválogatás (13.7. ábra) és a klasszikus térképezés eredményeit (13.10. ábra). Ezen látható, hogy az egykori abrázíós színlők mindkét vizsgálattal jól kimutathatók. Ugyanakkor szem előtt kell azt is tartani, hogy a klasszikus geomorfológiai térkép 1 : 10 000-es méretarányú térképi alapon, számos terepbejárás és meggondolás alapján készült (alapjaiban véve szubjektív módszer!). A morfometriai elemzés ezt a szubjektív megközelítést próbálta kizárni. Mindamellet a két eljárás inkább erősíti, mint gyengíti egymást, persze csak akkor, ha a morfometriai elemzést nem célnak, hanem csupán kvantitatív, a térképezést támogató eszköznek tekintjük.

13.10. ábra - A vizsgált terület interaktív geomorfológiai térképe.



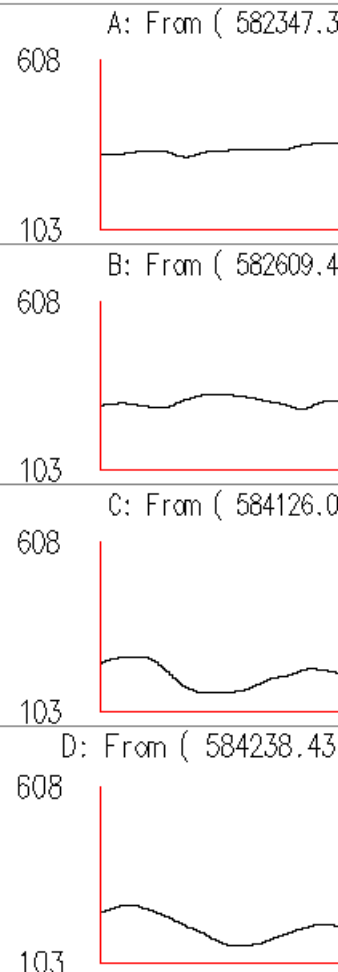
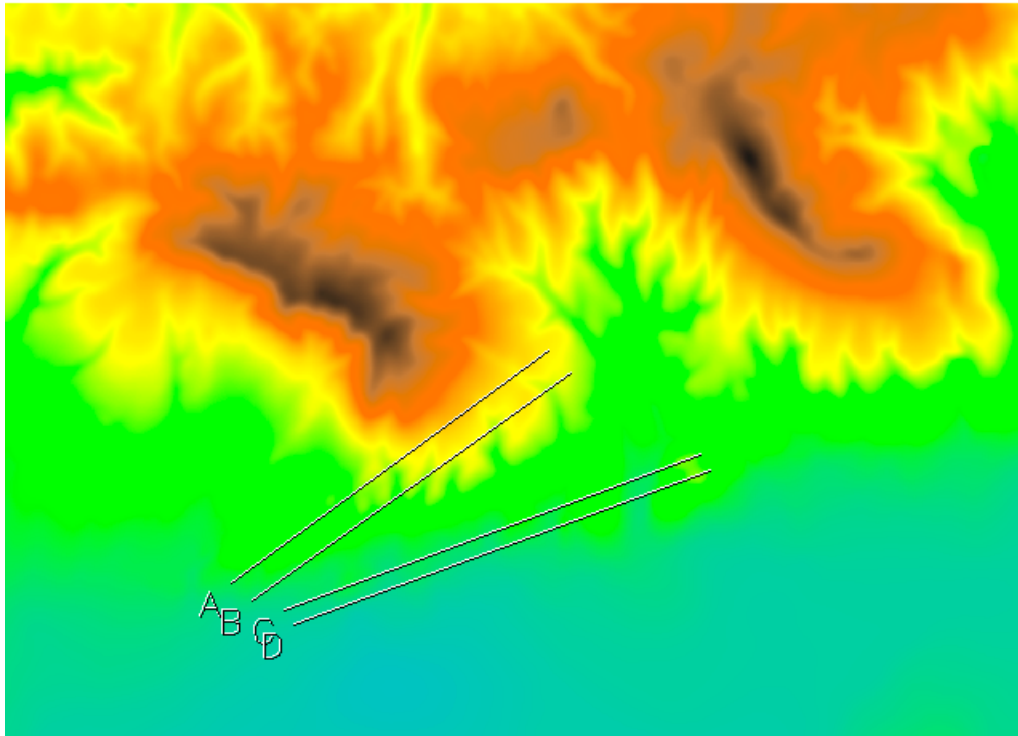
A fentebbi ábrákon is szemmel látható volt, hogy a terület keleti részén az egykori színlők közel egy magasságon rendezetten, míg a Jakab-hegy déli lejtőjén, inkább nyugati irányba lejtve húzódnak. A korábbi morfológiai vizsgálatok bizonyították, hogy ezek a színlők tektonikus hatásra billentek nyugat-délnyugati irányba [Kovács – Görcs 2010]. A két színlőgeneráció billenésének mértékét, valamint annak morfológiai, morfometriai következményeit az alábbi módon tudjuk feltárni. A DDM-en megfigyelt, kibillent színlőkre, a billenéssel megegyező irányban szerkesztett keresztmetszvényeken látható a billenés mértéke (13.11. ábra), azonban ezt a szelvények alapján számszerűsíteni még aligha tudnánk.

13.11. ábra - A Jakab-hegy előterében kibillent színlőkön a billenés irányában szerkesztett keresztmetszvények. A, B = magasabban fekvő színlő keresztmetszvényei; C, D = alacsonyabban fekvő színlő szelvényei.

GRASS PROGRAM: profile

MOUSE | Left: DO ANOTHER
BUTTON | Middle: CLEAR DISPLAY
MENU | Right: QUIT

PLOTTING PROF

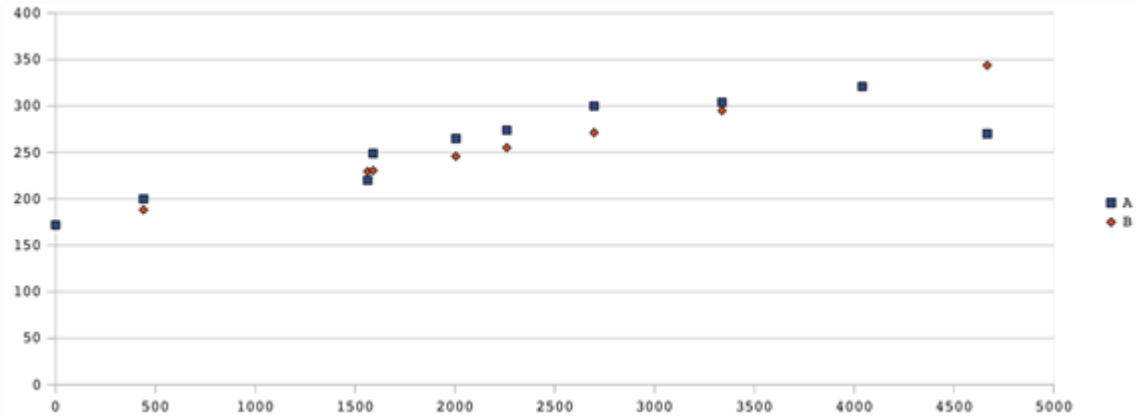


A különböző korú színlők billenésének meghatározásához a klasszikus módszerekkel előállított geomorfológiai térképet használtuk fel. A keresztmetszelvények alapján elkülönítettük azokat a felszínmaradványokat (az egykori színlők völgyekkel tagolt maradványai), amelyek a billenésben részt vehettek. A két színlő maradványfelszíneit egyenként leválogattuk a geomorfológiai vázlatról, majd összesoroztuk őket az 1 : 10 000 méterarányú topográfiai térkép szintvonalain alapuló DDM-lel. Az egyes felszínmaradványok magasságát több raszterérték reprezentálja. Ezek közül a leggyakrabban előforduló értéket (módusz) számoltuk ki, hiszen ezek jellemezhetik legjobban az adott felszínt.

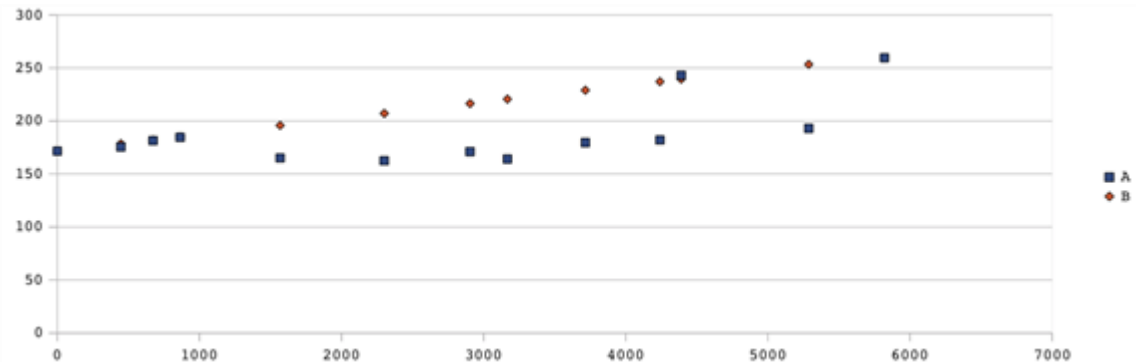
A felszínmaradványok móduszértékeit, középpontjuk egymáshoz viszonyított távolsága függvényében grafikonon ábrázoltuk (13.12. ábra). A legalacsonyabb és legmagasabb móduszértékek különbségéből és egymáshoz viszonyított távolságukból egyenként kiszámítottuk a két színlő dőlését. A magasabban fekvő 2,1°-kal, míg az alacsonyabban fekvő 0,8°-kal dől nyugat-délnyugati irányba. A számított értékek kezelése több okból is óvatosságra adhat okot. Egyrészt fontos annak meggondolása, hogy évmilliók óta kitett eróziós felszíneket vizsgálunk, amelyek (még ha azonos földtani háttérrel számolhatunk is) nagy valószínűség szerint csak közelítően írhatók le matematikai képletekkel. Így sokkal inkább a kibillent felszínek magassági tendenciáját (statisztikusan egységes vagy éppen eltérő viselkedését), illetve abbéli különbségeket kereshetünk, mintsem néhány tizedfokos eltéréseket. Másodsorban ellenőriznünk kell, hogy minden felszínmaradvány illeszkedik-e ehhez a billenési tendenciához. Ehhez a dőlésértékekből és a felszínek egymáshoz viszonyított távolságából kiszámoltuk azok várható magasságát. Ezeket az előbbi grafikonon ábrázolva összevetettük az eredeti móduszértékekkel. Jól látszik, hogy a magasabban fekvő színlő a billenés során egységesen viselkedett, hiszen szinte minden felszín igazodik a billenés szögéhez.

Az alacsonyabban fekvő színlő számított értékei ehhez képest jelentősebb szórást mutatnak (13.13. ábra), ott a felszínek maximumértékei jellemzik jobban azokat (13.14. ábra). Mindez a változatosabb alapkőzeti felépítéssel magyarázható.

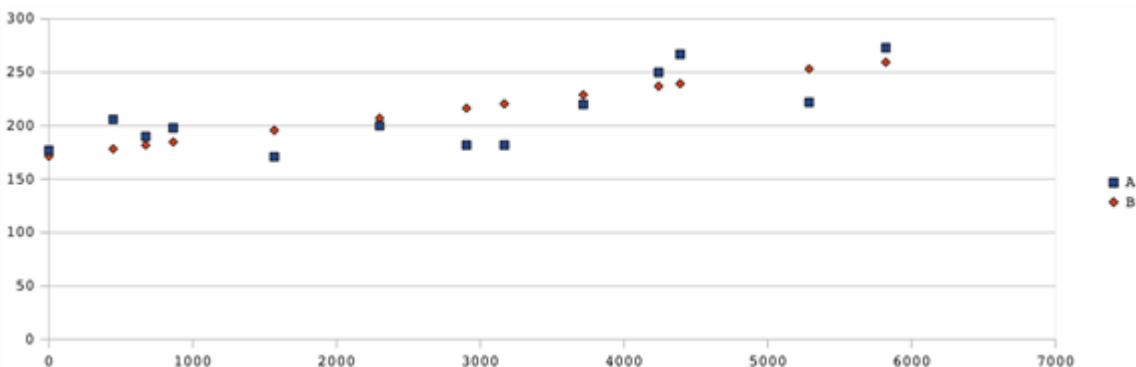
13.12. ábra - A magasabban fekvő színlő felszíneinek magasságát legjobban reprezentáló értékek. A = a felszínek magasságának móduszértékei; B = 2,11°-os billenés mellett számított várható magassági értékek.



13.13. ábra - Az alacsonyabban elhelyezkedő színlő felszíneinek magasságát kevésbé reprezentáló értékek. A = a felszínek magasságának móduszértékei; B = 0,899°-os billenés mellett számított várható magassági értékek.



13.14. ábra - Az alacsonyan elhelyezkedő felszíntípus felszíneinek magasságát legjobban reprezentáló értékek. A = a felszínek magasságának maximumértékei; B = 0,899°-os billenés mellett számított várható magassági értékek.



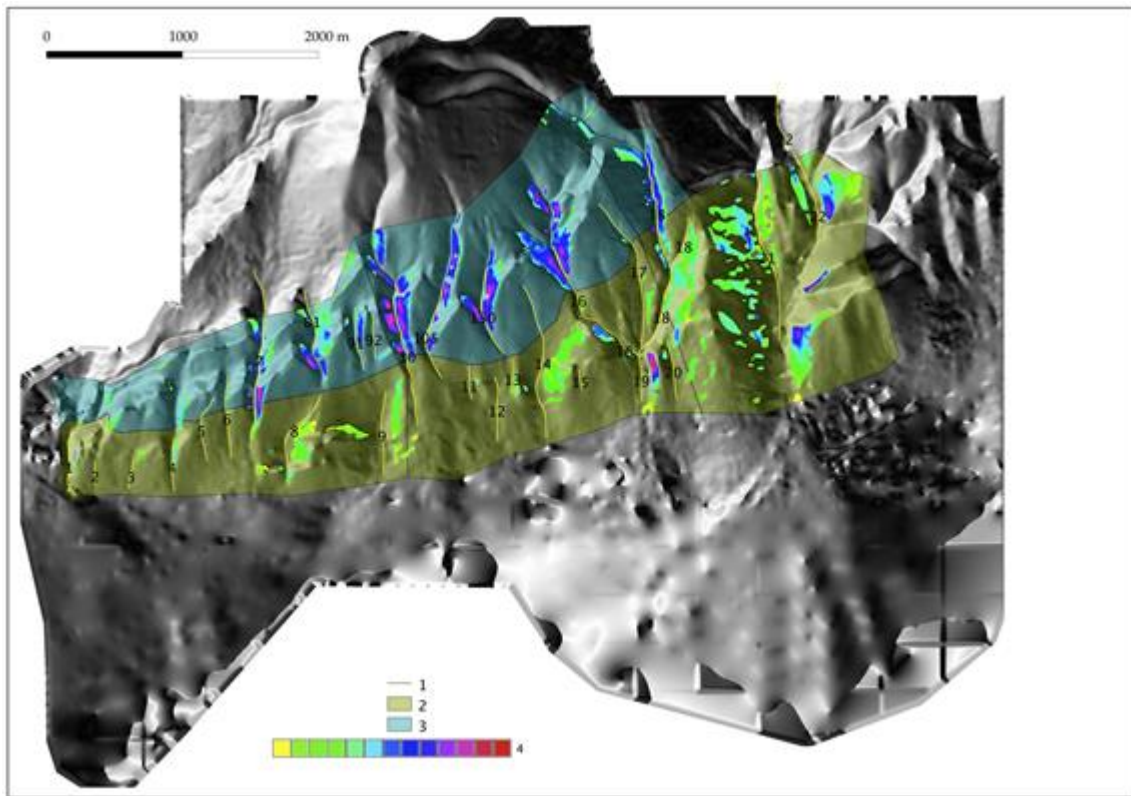
A két színlő nyugat-délnyugati irányú billenési szögértékei közötti tendenciózus, jól megragadható körülbelül 1,3°-os különbség a két szint képződése közti időszak tektonikus mozgásaira is enged következtetni.

A színlők billenése számos további, látható és igazolható következménnyel járt. Ezek közül a legszembevetőbb a színlőket merőlegesen harántoló völgyek, völgyoldalainak aszimmetriája. Az aszimmetrikus völgyoldalak elemzésére számos morфомetriai index került kifejlesztésre [Bull – McFadden 1977], azonban itt egy egyszerűbben modellezhető eljárást mutatunk be.

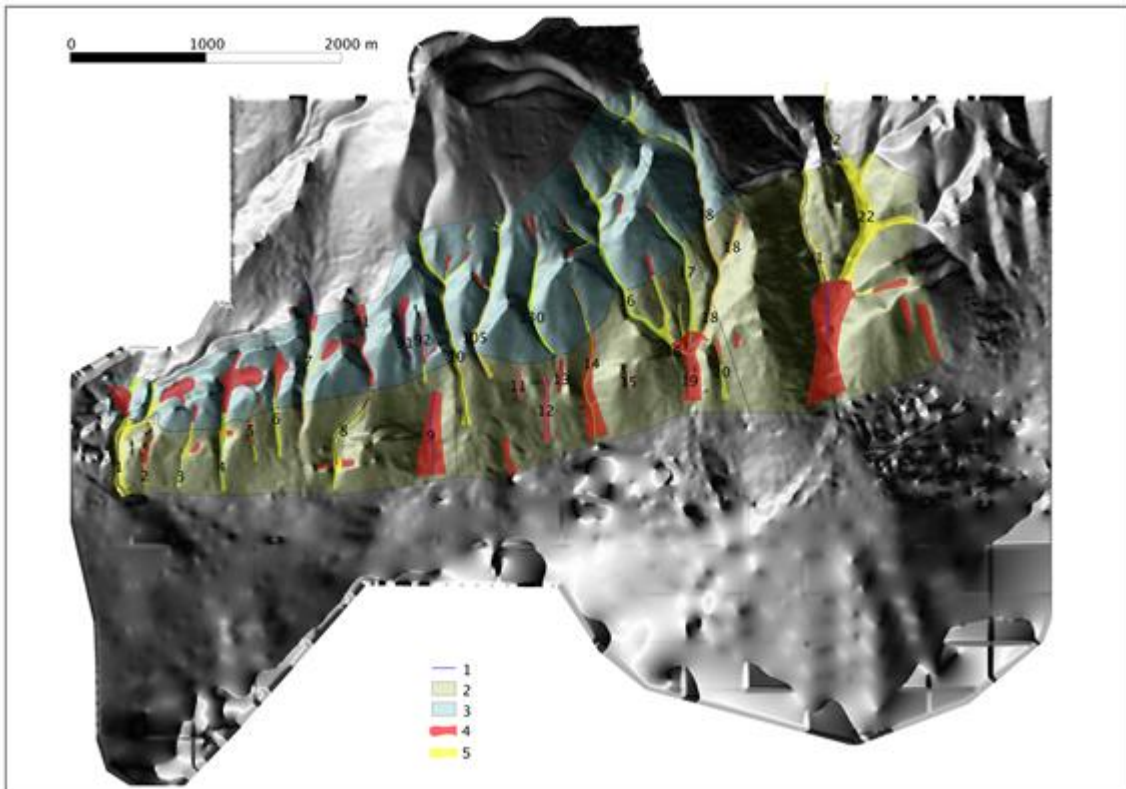
A billenés következtében a völgyek észak-északkeleti kitettségű völgyoldalai meredekebbé, míg az ellentétes kitettségűek lankásabbá váltak (13.11. ábra). A keresztmetsvényeken kívül ez úgy is megragadható, ha a völgyoldalak meredekségét vagy területét vizsgáljuk. A lankásabb völgyoldal hosszabban nyúlik el, míg a meredek rövidebb, így míg előbbinek nagyobb, addig utóbbinak kisebb a területe (13.15. ábra). Ez az összefüggés (az említett kitettségű oldalak közti különbség) tendenciózusan megfigyelhető az összes völgyszakaszon, így bizonyítottan tekinthető a völgyek aszimmetriája. Továbbá bizonyított az is, hogy az aszimmetriát a színlők billenése okozta.

A billenés következtében a magasabbra emelkedő felszíneket zömében eróziós völgyek, míg az alacsonyabban fekvőket, a kisebb reliefenergia következtében deráziós völgyek tagolják (13.16. ábra). Mindezt egyszerűen bizonyíthatjuk a deráziós és eróziós völgyek területmérésével.

13.15. ábra - A Jakab-hegy kelet-északkeleti, valamint nyugat-délnyugati kitettségű völgyoldalainak lejtőmeredekség térképe, a lejtőkitettség térképre feszítve. Jelmagyarázat: 1 = a völgy középvonala (és azonosítója); 2 = az alacsonyan elhelyezkedő színlők határa; 3 = a magasabban elhelyezkedő színlők határa; 4 = völgyoldalak lejtésértékei három fokként csoportosítva (0–3°-tól 36–39°-ig)



13.16. ábra - A Jakab-hegy alacsonyan és magasabban elhelyezkedő színlőit szabdaló eróziós és deráziós völgyek, a lejtőkitettség térképre feszítve. Jelmagyarázat: 1 = a völgy középvonala (és azonosítója); 2 = az alacsonyan elhelyezkedő színlő határa; 3 = a magasabban elhelyezkedő színlő határa; 4 = deráziós jellegű völgy; 5 = eróziós völgy.



Az egyes felszínrészek intenzívebb emelkedése, a reliefenergia növekedésén keresztül mikromorfológiai sajátosságokat is eredményezhet ezeken a felszínrészekben, illetve az azokat tagoló eróziós völgyekben. Tipikusan ilyen jelenség az intenzív bevágódás és teraszképződés, valamint a meredekké váló völgyoldalak csuszamlásokkal való degradációja (13.17. ábra). E kisebb formák feltárásához már az 1 : 10 000-es méretarányú topográfiai térképek szintvonalai sem bizonyulnak elegendőnek. A szintvonalak generalizáltsága következtében csak részletes terepi felmérésekkel gyűjthetünk adatokat e területekről.

13.17. ábra - Intenzív bevágódás következtében kialakított mélyre vágódott patakmeder és -terasz a nagyobb mértékben emelkedő felszínrészeket harántoló völgyben.



4. Önellenőrző kérdések

1. A hazai középhegységeink vajon rendelkeznek-e az összes, akár a magasabb hegyvidéki területekre jellemző formakinccsel?
2. Középhegységeinkben a fiatal tektonikus mozgások hatásainak részletei kimutathatóak, vagy csak ezek nagyobb tendenciái figyelhetők meg?

14. fejezet - Geomorfológiai térképezés a társadalom szolgálatában

1. Bevezetés

A fejezet röviden összefoglalja, hogy a geomorfológiai térképek, illetve a geomorfológiai térképezés miért is fontos a gyakorlati életben. Mint a tananyag záró fejezete, egyúttal rámutat arra, hogy milyen gyakorlati alkalmazásai vannak a geomorfológiai térképeknek. Ezek az alkalmazások nagyon sokszor sajnos inkább feltételes módon és múlt időben értendők, mert csak akkor kerülnek elő, amikor már megtörtént a katasztrófa. Így úgymond csak a tudománynak van haszna belőle, de a társadalomnak nem. Ezáltal a mérnöki geomorfológia nem érheti el a célját. Meg kell értetni az egyszerű emberekkel és a döntéshozókkal is, hogy mit és miért javaslónak a szakemberek. Mely területeket lehet és kell és melyeket nem érdemes megvédeni mérnöki beruházásokkal. Tipikus példa az árvízvédelem, vagy a partfalbiztosítás. Mindkét esetben oly területeket vett használatba az ember, melyek csak mérnöki létesítményekkel tarthatók időlegesen használatban.

A témakör külön tudományági jellege miatt megtölt(ene) egy tankönyvet [Szabó – Dávid (szerk.) 2006], e fejezet, csak betekint egy-két fontosabb kérdésbe.

Szükséges alapismeretek:

- általános geomorfológia,
- Magyarország természeti földrajza,
- Elméleti alapok

Felelevenítendő fogalmak:

- geomorfológiai térkép,
- antropogén hatások,
- környezeti geomorfológia,
- mérnöki geomorfológia,
- recens felszínfejlődés,
- antropogén formák.

1.1. Kulcsszavak

katasztrófa, veszély és kockázat, árvíz, felszínmozgások, agrogén, montanogén és vízrendezési térszínek és folyamatok

2. A geomorfológiai térképek alkalmazása

A geomorfológiai térképek alkalmazásának egyik típusa, amikor valamilyen geomorfológiai veszélyhez kapcsolódóan jelenítjük meg az adott felszínformákat, vagy épp folyamatokat. Legtipikusabb a felszínmozgásos domborzat minősítése, az ott létrejövő formák ábrázolása, veszélyeztetett területek kijelölése [Pécsi et al. 1976, Schweitzer 1992, Smith et al. (eds.) 2011]. Ebben az esetben a speciális formakincshez igazodva részletesebb jelkulcsot szoktak alkalmazni [Ádám – Pécsi 1985]. A környezeti veszélyek elemzésénél is elengedhetetlen a felszín jellemző tulajdonságainak az ábrázolása. E veszélyek lehetnek szemi-antropogén (pl. árvizek) és teljesen antropogén eredetűek (pl. ipari technológiai balesetek). Legtöbbször e veszélyhelyzetek túl későn kerülnek felismerésre, majd a következmények felmérésre, hiszen a már kialakult katasztrófák jelentik a vizsgálat tárgyát.

Az építési előtervezés, mérnök tervezés során igen fontos szerep hárul a geomorfológiai vizsgálatokra, ennek megfelelően az adott terület geomorfológiai térképezésére. Tudni kell, hogy a beruházás milyen korú, milyen jellegű felszínen valósul meg, milyen e felszín adott körülmények (kőzettípus, geomorfológiai helyzet, klíma stb.) közötti eródálhatósága és a felszín mennyire stabil, milyen folyamatok formálták a múltban és formálhatják a jövőben!?

A részletes geomorfológiai térképek a földfelszín kutatásának eredményeit közlik a térképi megjelenítés eszköztárával. Önmagukban a legrészletesebb és legkomplexebb geomorfológiai térképek is csak a szűken vett tudomány számára értelmezhetők. A geomorfológiai térképek legtöbb esetben csak a teljes kutatási projekt egy részét képezik. Ahhoz, hogy a rajtuk tárolt információ értelmezhető legyen szét kell bontani rétegekre és le kell egyszerűsíteni a gyakorlati élet számára fontos tényezőkre. Ennek megfelelő az adott célnak megfelelően egyszerűsített, vagy épp részletezett geomorfológiai térképeket használunk. Minthogy az ember alkotó tevékenysége jórészt a Föld felszínén megy végbe, ezért nagyon fontos minden beruházás előtt annak ismerete, hogy milyen volt ez a felszín és, hogy milyen lesz a közeli, vagy középtávú jövőben. Ezért az úgymond természetes állapotú térszínekről a tervezési fázisban készített geomorfológiai térképek elősegítik a helyes döntések meghozatalát [cf. 3. ábra in: **Schweitzer 1992**].

3. Antropogén geomorfológia

Másképp ezt az alkotó tevékenység hozott és hoz létre újabb és újabb felszínformákat, melyeken speciális folyamatok mennek végbe. Az antropogén formák több típusú emberi tevékenység eredményei. Már jóval Krisztus születése előtt megindulnak a nagy felszín átalakító munkálatok és nem csak a nagy folyamok (Tigris, Eufrátesz, Nílus stb.) völgyeiben, hanem pl. a Magyar Alföldön is. A letelepedés és az állattenyésztés, valamint a növénytermesztés térhódítása előre vetítette a környezet totális átalakítását. Hazánk területének 85%-át hajdanán erdők borították, mára jó, ha 20% körüli ez az érték. Az átalakítás mértéke és gyorsasága viszont jelentősen megváltozott Hammurapi óta. A 20. században oly mértékben terjedtek el a különféle antropogén (agrogén, technogén, urbanogén) térszínek, hogy egy teljesen új geomorfológiai tudományág megszületését tették lehetővé. Ugyanis az ember mindig rájön, de inkább utóbb, mintsem előbb, hogy e területeken, formákon is érvényesek a fizika törvényszerűségei és a felszínfejlődési folyamatok. E formák okozta veszélyekre az utóbbi években Tárpa és Kolontár mutatott katasztrofális példát. A nem kellő körültekintéssel megépített létesítmények sokszor a mai napig feladatot adnak a szakembereknek (ld. Dunaújváros). Elég csak a nagy árvizek levonulására gondolni, vagy épp a dunai magaspартok "esztelen" beépítésére.

14.1. ábra - A rendezett, teraszosított, parkosított dunaújvárosi magaspарт (fotó: Varga 2013).



14.2. ábra - Recens felszínmozgás hatása Táborállás üdülőfalura (fotó: Varga 2013).



Az utóbbi 10 év árvizes eseményei rávilágítottak mind a Tisza, mind a Duna esetében, hogy nem lehet a 150 éve megtervezett módon megoldani az árvízvédelmet. A hullámterek beépítése és feltöltődése rávilágít arra, hogy hagyományos módon a gátak állandó, vagy időszakos emelésével (Isd. homokzsákok) csak irtózatosszerű munka és anyagi áldozatok révén tudjuk megvédeni magunkat. Új utakat kell keresni a hazai árvízvédelemben. Egyrészt alkalmazni kell a legmodernebb vízvédelmi eszközöket, ún. mobilgátakat, másrészt árvízi szükségeltárolókat kell létrehozni és a hullámtereket ki kell nyitni, hogy az alacsony ártereket előntesse a folyó.

Alföldi folyóink természetes, süllyedést követő feltöltő munkája eredményeként nem jött létre völgy az alföldi szakaszokon. Így a Tisza mentén egyáltalán nem, a Duna mentén pedig csak néhol lehet a legfiatalabb teraszokat (II/a) kimutatni. Ennek megfelelően hatalmas mocsárvilág terpeszkedett az Alföldön évszázadokon keresztül, amihez az ember megtanult alkalmazkodni pl. a fokgazdálkodás révén [Andrásfalvy 1973]. E rossz lefolyású, mély árterek alkalmasak lehetnének az árvizek befogadására [Schweitzer (szerk.) 2012]. Az árvízvédelmi töltések további magasításának mind emberi, mind szakmai és mind anyagi korlátai is vannak.

14.3. ábra - Árvíz a dunaszekcsői magaspart lábánál (fotó: Radvánszky 2013).



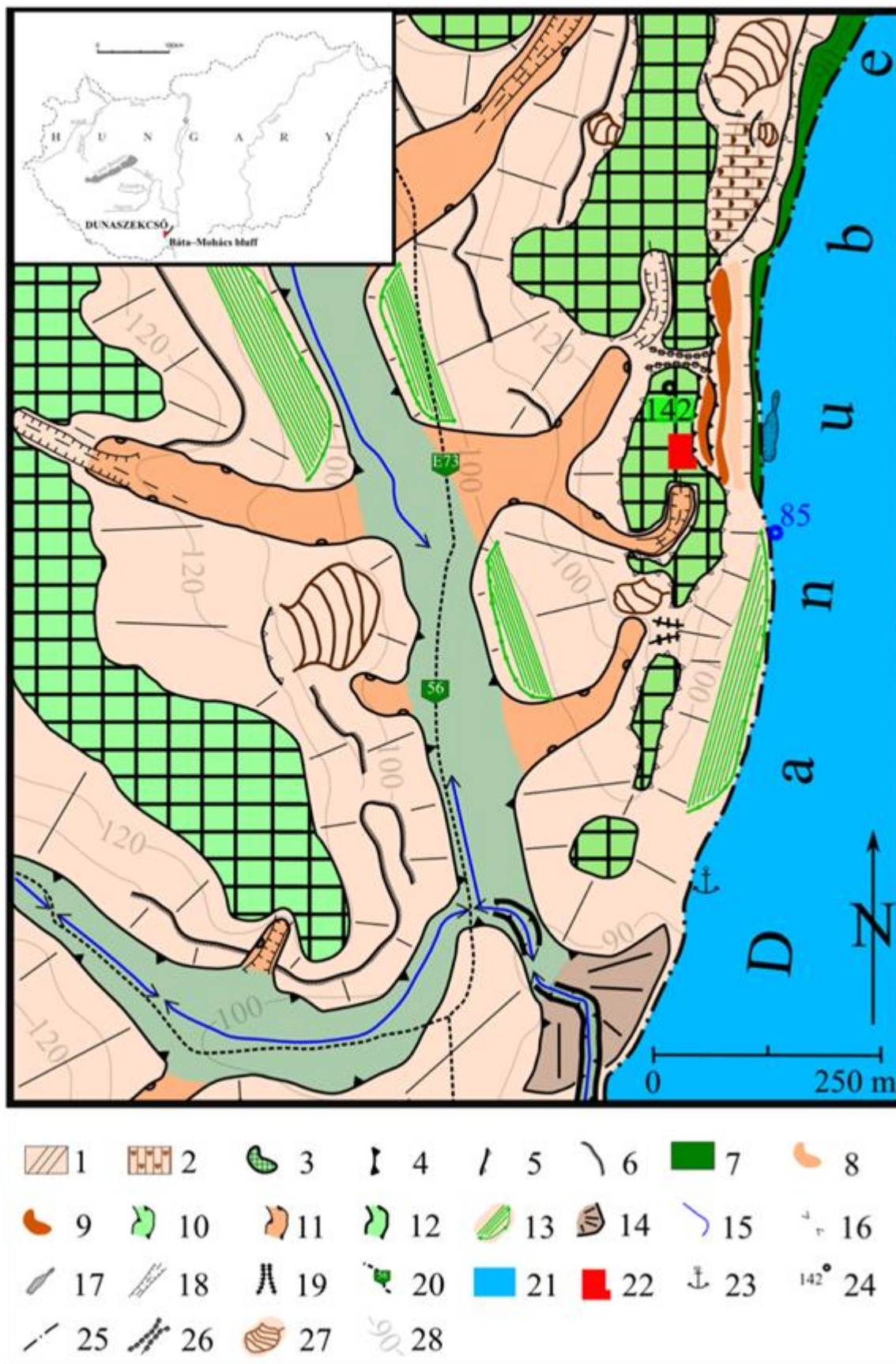
A Duna menti területek 20. századi aktívabb használata a beépítés fokozódása magával hozta a felszínmozgásos események és károk gyakoribbá válását. Bár az egyes dunai magaspartokon a kialakuló felszínmozgásoknak eltérő okai vannak, abban egyetértenek a különböző tanulmányok, hogy kiemelt szerepe van a partokat felépítő löszösszletek átnedvesedésének. Sajnos több helyen, a magaspartok előterében a lejtőkön áthalmozott egykori csuszamlások természetesen, vagy antropogén hatásokra elegyengetett hullámos felszíneit építették be (Rácalmás, Táborállás). Az is előfordul, hogy a magaspart peremére (Dunaújváros), vagy az egykori szeletes csuszamlások egyes szeleteire (Kulcs) építkeztek. E területeken csak partfalvédelmi rendszer (víztelenítés, rézsűzés, gabionos kőzsákok) létrehozásával lehet megállítani, de inkább késleltetni a partok pusztulását.

14.4. ábra - Rézsűvel és kőzsákokkal biztosított dunaszekcsői magaspart (fotó: Radvánszky 2013).



Ti. a Duna mentén e magaspartok évezredek óta hátrálnak, amit a partfalak peremére épített római erődítmények alaprajzainak változása bizonyít [Visy 1989]. Földtörténeti léptékben is nyugat felé vándorol a Duna, melynek oka egyrészt a fiatal (kevesebb, mint 100 ezer éves) tektonikai mozgásokban (Kalocsai- és Mohácsi-süllyedék), másrészt a Coriolis-erő folyókra gyakorolt hatásában is kereshető. A folyószabályozási munkálatok több helyen is megváltoztatták az eredeti futásirányt (pl. Dunakömlőd, Dunaszekcső), mely ezeken az új területeken okozott alámosást és átnedvesítést, valamint felszínmozgásokat. Az 1970-es és 1980-as években a dunai magaspartokon elvégzett részletes mérnökgeológiai vizsgálatok következtében elrendelt építési tilalmak ellenére több új hely is beépítésre került, részben sajnos önkormányzati engedéllyel. Pár éves, vagy évtizedes nyugalmi periódusok, továbbá a fel nem ismert morfológiai formák, vagy a felismert, de tévesen értelmezett folyamatok téves biztonságérzetet generáltak az emberekben. A csapadékosabbá váló időjárás, a gyakrabban visszatérő és magasabb árvizek viszont újra mozgásba hozták e partokat (2006, 2009, 2010, 2013).

14.5. ábra - A dunaszekcsői magaspart környezetének geomorfológiai térképe (szerk. Radvánszky – Varga 2010). 1 = lejtő, 2 = csuszamlásveszélyes lejtő, 3 = plató, 4 = recens szakadásfront, 5 = korábbi szakadásfront, 6 = löszfal, 7 = ártér, 8 = korábbi csuszamlás, 9 = rotációs csuszamlás, 10 = eróziós völgy, 11 = szárazvölgy, 12 = vízmosás, 13 = terasz, 14 = hordalékkúp, 15 = patak, 16 = híd, 17 = félsziget, 18 = mélyút, 19 = nyereg, 20 = főút, 21 = Duna, 22 = mérési terület, 23 = kikötő, 24 = magassági pont, 25 = folyópart, 26 = antropogén bevágás, 27 = csuszamlás halmaza, 28 = szintvonal.



Az emberi hatásra létrejött felszínformák nagysága, azok kialakulási sebessége már nemcsak, hogy összemérhető a természetes folyamatok felszínformáival, hanem msokszor meg is haladják azokat. Ez oda vezet, hogy e felszínformáknak speciális természetes felszínfejlődése alakul ki, amibe a társadalom időről időre

beavatkozik. Az antropogén hatásra létrejött felszínnek vizsgálata és térképezése több szempontból is fontos. Minthogy hazánk szinte teljes, be nem épített területe valamilyen fokú gazdasági hasznosítás (leginkább mezőgazdasági) alatt áll, még a legegyszerűbbnek tekinthető növénytermesztési eljárások is befolyásolják pl. a talajeróziós viszonyokat. E formák és hatások sok esetben teljesen megváltoztatják a természetes felszínfejlődési folyamatokat. A különböző művelési ágak (szántó, kert, legelő stb.) külön-külön egyedi felszínformákat hoznak létre, de érintkezési sávjaikban komplex formák is létrejöhetnek. E formák mérete és kialakulásuk intenzitása a művelés típusától is függ (nagy- vagy kisüzemi). Tipikus mezőgazdasági hatás a teraszosítás, illetve teraszok létrejötte. A művelési hatékonyság fokozására a domborzatot lépcsőssé változtatja, illetve elegyengeti az ember. A mezőgazdaság hatása az ún. ültéraszok kialakulása is, melyek formájukban hasonlítanak az igazi és nagy formákhoz, de ezek akaratlanul jönnek létre (pl. lejtő irányára merőlegesen futó földutak mentén) és jóval kisebb léptékben.

A bányászat okozta tájsebek, az egyik leglátványosabb formái a Föld felszínének. Mind a felszíni és mind a felszín alatti bányászat okoz pozitív (pl. meddőhányók) és negatív formákat. Előbbi kialakulása nyilvánvaló, utóbbi a határszög és a közetminőség függvényében jelenik meg a bányászat folyamán, vagy utána. E formák alapvetően megváltoztatják a lefolyási viszonyokat és a lejtők hajlásszögét, ezáltal átalakítva a recens természetes felszínalakító folyamatokat.

14.1. táblázat - A felszínalakító társadalmi hatások három fő típusa Szabó (2006) alapján.

Beavatkozás jellege		Direkt		Indirekt	
Beavatkozás és forma		Elsődleges	Másodlagos	Szemiantropogén	Természeti- antropogén
Agrogén	Exkavációs	víznyerő gödrök, ekebarázdák	silódombok melletti földkitermelés gödrei	gully-k	új deflációs formák
	Planációs	teraszok	álteraszok	felületi leöblítés	kolmaták
	Akkumulációs	bakhátak	telekhatárok kőszancái	hordalék (törmelék)-kúpok	folyóvízi torkolatok növekedése
Montanogén	Exkavációs	–	külfejtések gödrei	süllyedékek, bányatavak	bányavíz élővízbe vezetése miatti új formák
	Planációs	–	meddővel kitöltött völgyek	süllyedékek, külfejtések feltöltődése	–
	Akkumulációs	–	meddőhányók	meddőhányó súlyából adódó anyag- kipréselődés	–
Vízrendezés	Exkavációs	mesterséges medrek és fokok, víztározók	hullámterek kubikgödrei	abrázio megjelenése duzzasztás miatt	partomlások, erősödő bevágódás
	Planációs	polderek	morotvák (kanyarulat átvágással)	–	hullámtéri feliszapolódás
	Akkumulációs	védőtöltések, gátak	csatorna menti akkumuláció kotrás miatt	–	erősödő akkumuláció duzzasztógát mögött

4. Önellenőrző kérdések

1. Milyen típusú antropogén hatások alakítják a felszínt?

2. Mivel foglalkozik az antropogén geomorfológia?

IV. rész - Tesztfeladatok

Tartalom

15. Egyszerű választás	158
16. Többszörös választás	163
17. Négyféle kapcsolat	167
18. Igaz-hamis állítás	171

15. fejezet - Egyszerű választás

Az ilyen típusú feladatokban egy kérdés és négy válasz található. Minden feladat **csak egy teljesen helyes** választ tartalmaz, ezt kell kiválasztania és a megfelelő betű bekarikázásával megjelölnie!

1. Milyen térkép a geomorfológiai térkép?
 - A. topográfiai
 - B. domborzati
 - C. földtani
 - D. tematikus
2. Mikor alakult meg a Geomorfológiai Térképezés Albizottsága?
 - A. 1943
 - B. 1950
 - C. 1956
 - D. 1970
3. Mivel jelöli a magyar geomorfológiai térkép a felszín korát?
 - A. számmal
 - B. betűvel
 - C. sraffozással
 - D. színekkel
4. A lejtők állékonysága alapján hány lejtőkategóriát különböztetnek meg?
 - A. 3
 - B. 4
 - C. 5
 - D. 6
5. A mezőgazdaság szempontjából hány lejtőkategóriát különböztetnek meg?
 - A. 3
 - B. 4
 - C. 5
 - D. 6
6. Építés szempontjából hány lejtőkategóriát különböztetnek meg?
 - A. 3
 - B. 4
 - C. 5

- D. 6
7. Hány csoportba osztja a magyar geomorfológiai térkép a kőzeteket?
- A. 3
 - B. 4
 - C. 5
 - D. 6
8. Mit nem tartalmaz a geomorfológiai térkép?
- A. lejtőkategoriót
 - B. akkumulációs felszínt
 - C. medret, völgyet
 - D. karsztformát
9. Mi a legfontosabb a mérnökgeomorfológiai térképezés során?
- A. a folyóhálózat sűrűségének megállapítása
 - B. a morfometriai adatok meghatározása
 - C. a felszín időbeli tartósságának meghatározása
 - D. a lejtő borítottság feltárása
10. Melyik kategória nem része a mérnökgeomorfológiai térkép tartalmának?
- A. antropogén formák
 - B. akkumulációs formák
 - C. dombsági formák
 - D. homokformák
11. Válassza ki a felsorolásból, hogy melyik nem a lejtők állékonyságának kategóriája!
- A. összetett, lépcsős, omlásveszélyes lejtők
 - B. érzékeny egyensúlyi állapotú, labilis lejtőtípusok
 - C. állékony, stabil lejtők
 - D. instabil vagy mobilis lejtők
12. A Nagykónyi-rög meredek lejtői a geomorfológiai térkép szerint ...
- A. északi kitettségűek.
 - B. keleti kitettségűek.
 - C. nyugati kitettségűek.
 - D. déli kitettségűek.
13. Nagykónyi település a Koppány ...

- A. recens völgytalpára települt.
 - B. I/b. teraszára települt.
 - C. II/a. teraszára települt.
 - D. völgye feletti magas löszfelszínre települt.
14. A Nagykónyi településen pusztító villámárvíz ...
- A. egy deráziós völgyből indult.
 - B. egy eróziós-deráziós völgyből indult.
 - C. egy meredekpartú patakmederből indult.
 - D. a dombhát legmagasabb pontjától indult.
15. A digital elevation model kifejezés magyar megfelelője?
- A. DDM
 - B. DSM
 - C. DTM
 - D. DSZM
16. A TLS mérések során ...
- A. több km-es távolságból is gyűjtünk adatokat.
 - B. a földfelszín pontjairól gyűjtünk adatokat.
 - C. néhány 100 m-es, esetleg km-es távolságból gyűjtünk felszíni adatokat.
 - D. több 1000, esetleg 10 000 m-es távolságból gyűjtünk felszíni adatokat.
17. A szintvonalakból történő interpolációt követően ...
- A. az alapadatoktól független modell jön létre.
 - B. az alapadatok egyes sajátosságai átöröklődnek a DDM-re.
 - C. enyhén ívelt egyenletesen emelkedő felszínt kapunk.
 - D. meredek felszíneket kapunk.
18. A Lidar felvételek az ASTER GDEM-hez képest ...
- A. nagyobb területet fednek le, ezért felbontásuk is rosszabb.
 - B. kisebb területet fednek le, felbontásuk jobb.
 - C. azonos területet is lefedhetnek, de az előállított adatmennyiség kisebb.
 - D. nem alkalmazhatóak a geomorfometriai mérések során.
19. Hogy befolyásolja a felbontás megváltoztatása a lejtőszög és lejtőkitettség értékek alakulását?
- A. nem befolyásolja
 - B. a felbontás csökkentésével (nagyobb rasztermérettel) durvább, elnagyoltabb eredményt kapunk

- C. a felbontás növelésével (kisebb raszterméret mellett) durvább, elnagyolt eredményt kapunk
- D. a felbontás növelésével durvább, elnagyolt eredményt kapunk, ami együtt jár a fájlméret csökkenésével
20. Mely domborzati elemeken számíthatunk enyhe lejtésű területekre? Ezeken milyen probléma léphet fel az interpoláció és a számítások során?
- A. ártereken, teraszokon, völgytalpakon, lepusztulási szinteken; a sík felszínüket rendkívül nehéz helyesen interpolálni az ismert adatok távolsága miatt; következménye pl. a NULL értékkel jellemzett völgytalpszakaszok stb.
- B. völgyfőkben; nem okoznak hibát
- C. hegylábfelszíneken; meredekebb lejtésértékeket kapunk az interpolációt követően
- D. tönkfelszíneken, de itt az interpoláció során nem léphet fel probléma
21. Mit jelent a mozgóablakos művelet?
- A. egy páros számú mátrixot futtatunk végig a domborzatmodellen és ebben műveletet végzünk
- B. egy páratlan számú négyzet vagy kör alakú mátrixban végzünk statisztikai műveletet a DDM raszterein
- C. lejtőkitettség számítását jelent
- D. átlagolást jelent
22. Melyek a legfontosabb mozgóablakos műveletek?
- A. átlagolás, szórás, medián
- B. átlagolás, minimum, medián
- C. átlagolás, szórás, módusz
- D. gyökvonás, szórás
23. Mire használhatjuk a profile curvature-t?
- A. a lejtők alakjának meghatározására
- B. a vizek összefolyásának meghatározására
- C. a lejtők oldalirányú változásainak detektálására
- D. lejtőkitettség meghatározásra
24. Mi a különbség az SFD és MSD módszerek között?
- A. az SFD a legkisebb lejtés irányába számol lefolyást, míg az MFD a legnagyobb
- B. az SFD a legnagyobb lejtés irányába számol lefolyást, míg az MFD a legkisebbe
- C. az SFD a legnagyobb lejtés irányába számol lefolyást, míg az MFD minden alacsonyabban fekvő raszter irányába
- D. nincs különbség a két módszer között
25. Az ismertett összetett felszínelemzési eljárással mely morfometriai elemeket válogathatjuk le?
- A. hegyek, völgyek, síkságok, dombságok
- B. mélyedések, csatornák, árterek, folyók

- C. mélyedések, sík térszínek, csatornák, csúcsok, átjárók, gerincek
- D. árterek, heglábfelszínek, hordalékkúpok
26. Mely völgyszakaszok válhatnak aszimmetrikussá a billenés hatására?
- A. a billenés irányával párhuzamos szakaszok
- B. a billenés irányára merőleges szakaszok
- C. mindhárom
- D. a billenés irányára 45°-os szöget bezáró szakaszok
27. Mely völgytípusok fordulnak elő dominánsan a kevésbé emelkedő színlőket tagolva?
- A. deráziós
- B. eróziós
- C. antecedens
- D. epigenetikus
28. Tanúhegyeink felszínformái ...
- A. a miocén végén alakultak ki
- B. azok poligenetikus eredetét bizonyítják
- C. pleisztocén elején alakultak ki
- D. pleisztocén végén alakultak ki
29. A féligkötött homokterületek jellegzetes akkumulációs formája.
- A. barkán
- B. szélbarázda
- C. maradékgerinc
- D. garmada
30. Milyen módszerek segítik a homokterületeink geomorfológiai kutatását?
- A. K/Ar abszolút kormeghatározási módszer
- B. Optikai lumineszcencia
- C. travertin sztratigráfia
- D. kérdőíves felmérés

16. fejezet - Többszörös választás

E feladatban egy állításhoz négy fogalom tartozik. Az állítás nem csak egy fogalomra vonatkozhat, hanem többre is az alábbi variációk szerint. A helyes válasz betűjelét írja a feladat mellé!

A = 1., 2. és 3. válasz a helyes;

B = 1. és 3. válasz a helyes;

C = 2. és 4. válasz a helyes;

D = 4. válasz a helyes;

E = egyik válsz sem helyes.

5. Kik a lengyel geomorfológiai térképezés képviselői?

...

1. Klimaszewski, M.
2. Staszic, S.
3. Galon, R.
4. Zakolicz, P.

6. Kik az egykori NDK geomorfológiai térképezés képviselői?

...

1. Gellert, J. F.
2. Scholz, E.
3. Kugler, H.
4. Passarge, S.

7. Kik a magyar geomorfológiai térképezés képviselői?

...

1. Schweitzer F.
2. Lettrich E.
3. Ádám, L.
4. Kiss, É.

8. Kik a francia geomorfológiai térképezés képviselői?

...

1. Joly, F.
2. Boué, A.
3. Tricart, J.
4. Beudant, S. F.

9. Kik a szovjet geomorfológiai térképezés képviselői?

...

1. Spiridonov, A. I.
2. Gerasimov, A. J.
3. Bashenina, N. V.
4. Vjalov, V. V.

10. Melyik tevékenység tartozik a geomorfológiai térkép szerkesztésének munkafázisaihoz?

...

1. előkészítő munkafázis
2. térképrajzoló fázis
3. terepi geomorfológiai térképezés
4. utómunkálatok fázisa

11. Milyen eszközök alkalmazása szükséges a geomorfológiai térkép szerkesztéséhez?

...

1. körző
2. pauszpapír
3. folyékony papírragasztó
4. rotring ceruza

12. Az előkészítés után melyik formaelem (idom) rajzolásával kezdjük a térképkészítést?

...

1. a tetőfelszín rajzolásával
2. a vízgyűjtővonalak rajzolásával
3. a lejtőtípusok rajzolásával
4. a vízfolyások és a völgytalpak rajzolásával

13. A térkép készítésének előkészítési fázisában valósul meg ...

...

1. a topográfiai és tematikus térképek beszerzése
2. a kiválasztott területet érintő szakirodalom összegyűjtése
3. a terepi vizsgálatok
4. a lejtőszög/lejtőkategória térkép készítés

14. Milyen elemzést segít a felszíni lefolyástérkép?

...

1. a vízválasztóvonalak helyének meghatározását

2. a lejtőszög meghatározását
 3. a vízgyűjtő vonalak előállítását
 4. kitettség meghatározását
15. A hazai hegyvidéki területeken milyen jellemző felszíninformákat térképezhetünk?
- ...
1. árterek, folyóteraszok
 2. abrúziós színűk, általános lepusztulási szintek
 3. drumlinek
 4. völgyek
16. Mekkora átlagos lejtéssel bírnak az abrúziós színűk képződésükkor?
- ...
1. 1°
 2. 7–8°
 3. 2°
 4. 10°
17. Milyen felszíninformákat jelezhetnek a lejtéstérkép alacsony lejtésű területei?
- ...
1. völgyközi hátakat
 2. színűket
 3. recens csuszamlásokat
 4. lepusztulási szinteket és völgytalpakat
18. Hogy kell értelmezni számított morfometriai értékeket?
- ...
1. 3 tizedesjegyre kell őket kerekíteni
 2. 2 tizedesjegyre kell őket kerekíteni
 3. önmagukban értelmezhetők
 4. az általuk mutatott tendenciát lehet figyelembe venni
19. Milyen formák gyakoriak az emelkedő területet harántoló völgyekben?
- ...
1. csuszamlások, patakteraszok
 2. homorú lejtők
 3. mély patakmedrek
 4. törmelékűpök

20. A tanúhegyek hegylábfelszínei ...

...

1. könnyen térképezhető képződmények
2. késő miocén, pliocén képződmények
3. kora miocén képződmények
4. nehezen térképezhető képződmények

21. A hegylábfelszínek jelenlétére, csak ...

...

1. földtani bizonyítékok is vannak
2. következtetni tudunk
3. a szintvonalak enyhe ritkulása utal
4. kétes eredetű irodalmak utalnak

22. A tanúhegyeken ...

...

1. a bazaltplató mélyedései, mint deflációs formák értelmezhetőek
2. végbemenő pliocén folyamatok kőtengereket alakítottak ki
3. végbemenő pleisztocén folyamatok kőtengereket alakítottak ki
4. síksági formakincs is megfigyelhető

23. Az idősebb teraszok hogyan értelmezhetőek a DDM-en?

...

1. a teraszok maradványai csúcsokként jelennek meg
2. nem értelmezhetőek
3. a teraszok csak környezetük függvényében értelmezhetőek
4. gerincekként jelennek meg

24. A klimatikus változásokon kívül ...

...

1. semmi más nem befolyásolta a teraszok megjelenését
2. a tektonikus folyamatok is jelentősen befolyásolták a teraszok helyzetét
3. csak kisebb zavaró tényezők befolyásolták a teraszok felszínformálódását
4. komplex folyamatok befolyásolják megjelenésüket

17. fejezet - Négyféle kapcsolat

A nagybetűvel jelölt fogalmak és állítások közötti kapcsolatot kell felismernie! Először az állítást olvassa el, és azután keresse meg hozzá a megfelelő fogalom betűjelét!

5. Ki alkotta meg az első geomorfológiai térképet?
- A. Passarge, S.
 - B. Klimaszewski, M.
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
6. Tartalmaz-e a lengyel geomorfológiai térkép a litológiai adottságra vonatkozó információkat?
- A. igen, minden esetben
 - B. igen, de csak az akkumulációs területeknél
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
7. Ki(k) készítette(k) el az első magyar geomorfológiai tanulmányt?
- A. Cholnoky J.
 - B. Lóczy L.
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
8. Ki(k) készítette(k) az első légifotót?
- A. Gaspar Felix Tournachon (Nadar)
 - B. Heim, A.
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
9. A Duna-Tisza közti síkvidék területén a homokon kívül a felszínen megjelenik még a
- A. tőzeg
 - B. réti mészkő
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
10. Melyik kategória jelkulcsában szerepel a szárazvölgy?
- A. medrek, völgyek
 - B. karsztos formák
 - C. mindkettő

- D. egyik sem
11. Melyik kategória jelkulcsában szerepelnek a teraszok?
- A. hegyidomtani formák
 - B. medrek, völgyek
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
12. Mi a geomorfometria jelentősége, célja?
- A. a felszínformák osztályozását végzi
 - B. a felszínformák kvalitatív vizsgálatát végzi
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
13. Mire alkalmasak a digitális szintezőműszerek?
- A. vonalmenti magasság-különbségek mérésére
 - B. nagyobb területekről X, Y, Z koordináták gyűjtésére
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
14. Milyen alakú mozgóablakok lehetségesek?
- A. kör
 - B. négyzet
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
15. Mire használhatjuk a keresztshelvényeket?
- A. a domborzat főbb elemeinek láttatására
 - B. metszetkészítésre, a lejtőszögek jobb ábrázolhatósága miatt
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
16. Mire használhatjuk a hisztogramokat?
- A. az egyes felszínformák magasságát határozhatjuk meg velük
 - B. a DDM-en lévő magassági adatokat ábrázolhatjuk velük
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
17. Mely számított értékek jellemezhetik legjobban egy maradványfelszín magasságát?

- A. magassági értékek átlaga
 - B. magassági értékek mediánja
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
18. Milyen felszínformáló folyamatok aktívak gyorsan emelkedő területeken?
- A. folyóvízi feltöltés
 - B. folyóvízi bevágódás
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
19. Milyen főbb jellemzőkkel rendelkeznek a fiatal teraszok?
- A. sík egyenletes felszín, mely meredekebb lejtővel kapcsolódik környezetéhez
 - B. meredek lejtők, erősen szabdalt felszín
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
20. Mi kerül bemutatásra a geomorfológiai térképmagyarázóban?
- A. a térképezett terület természetföldrajzi adottságai
 - B. a térképezett terület társadalom földrajzi adottságai
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
21. Ki(k) alkalmazta(k) először geomorfológiai módszerként (a) légifotót?
- A. Gaspar Felix Tournachon (Nadar)
 - B. Heim, A.
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
22. A bazaltvulkánok genetikájukat tekintve
- A. maar vulkánok voltak
 - B. rétegvulkánok voltak
 - C. mindkettő
 - D. egyik sem
23. Melyik időszakban nem mozgott a homok a Duna-Tisza közti homokháton?
- A. Riss/Würm interglaciális
 - B. holocén atlanti fázis első fele

C. mindkettő

D. egyik sem

24. A karsztos felszínformálódáshoz kapcsolódó folyamat, illetve forma.

A. batükaptúra

B. ördögszántás

C. mindkettő

D. egyik sem

18. fejezet - Igaz-hamis állítás

A tananyag figyelmes elsajátítása után döntse el, hogy az alábbi állítások igazak-e vagy hamisak! Az igaz állítást **A**, a hamis állítást **B** betűvel jelölje!

5. Az 1:10 000 geomorfológiai térkép nagy méretarányú.
6. Pécsi M. készítette az első modern magyar geomorfológiai térképet.
7. Lóczy L. később készítette el az első magyar geomorfológiai tanulmányt, mint Passarge, S. az első geomorfológiai térképet.
8. Heim A. az általa készített már-már művészi tömbszelvényeiről volt híres.
9. Cholnoky J. kortársa volt Demek J-nek.
10. A geomorfológiai térkép önállóan nem, csak a magyarázóval együtt értelmezhető.
11. A térképmagyarázó felépítése minden típusú geomorfológiai térkép esetében azonos.
12. A térképmagyarázó nem csak szöveges dokumentum, abban melléktérképek, ábrák szelvények, fényképek is szerepelnek.
13. A geomorfológiai térkép a magyarázóval együtt a terület értékelő szintézisét adja meg.
14. A geomorfológiai térkép magyarázója csak és kizáróan a terület morfológiájával foglalkozik, igaz, azt a lehető legrészletesebben vizsgálja.
15. A terület földtani fejlődéstörténetének és felépítésének jellemzése nem kötelező része a térképmagyarázónak.
16. Az általános természetföldrajzi folyamatok a földrajzi algoritmus szerint szerepelnek a térképmagyarázóban.
17. A geomorfológiai térkép formacsoportokat (genetikus formák) megjelenítő jelkulcsának fontos szerepe van a magyarázóban.
18. A térképezett, vizsgált terület mérete nem befolyásolja a magyarázó tartalmát, szerkezetét.
19. A terület talajainak jellemzése (jelkulcs) a térképi állományon nem szerepel, de a magyarázóban igen.
20. Az idős teraszfelszínek a DDM-ről magassági adatok alapján könnyen leválogathatóak.
21. A teraszfelszínek leggyakrabban eltemetődnek, így morfometriai vizsgálatuk nem lehetséges.
22. A vízgyűjtőterületek elemzése kevésbé fontos a geomorfológiai vizsgálatok számára.
23. A lézeres letapogatással végzett terepi felvételezés elviekben más módszert használ adatnyerésre, mint a LIDAR.
24. A heglábfelszínek korára korrelatív üledékeiken kívül magassági helyzetük is utal.
25. Ha a DDM magassági értékeinek szórása magas, az jelentős változásra, gyakran meredek lejtőre utal.
26. A konvolúciós mátrixszal végzett műveletek eredményeként az adatok felbontása változhat.
27. A homorú lejtők dominanciája az adott terület süllyedésére utalhat.
28. A domború lejtők dominanciája az adott terület süllyedésére utalhat.
29. Az egykori abrázációs színlők monogenetikus képződmények, nem formálta át őket semmi.

- 30. A Koppány völgyének bal oldali lejtője általában meredekebb hajlású, mint a jobb oldali lejtő.
- 31. A Koppány völgye Nagykőnyinál húzódó szakaszának csak a jobb oldalán találhatók teraszszintek.
- 32. Hordalék/törmelékkúpok ma már nem képződnek a Koppányra nyíló mellékvölgyek kijáratainál (völgykapuinál).
- 33. A karrosodott felszínt kis méretarányú geomorfológiai térképen ábrázoljuk.
- 34. Az előrehaladott felszín alatti karsztosodás befolyásolja a felszínformák fejlődését.

V. rész - A felhasznált és hivatkozott irodalmak jegyzéke

Tartalom

Irodalomjegyzék	175
-----------------------	-----

Irodalomjegyzék

Könyvek

- Ádám, L, Marosi, S, és Szilárd, J. 1959. *A Mezőföld geomorfológiai térkép*. Akadémiai Kiadó. Budapest. 514.
- Ádám, L és Pécsi, M. 1985. *Mérnökgeomorfológiai térképezés*. MTA FKI. Budapest. 198.
- Andrásfalvy, B. 1973. *A Sárköz és a környező Duna-menti területek ősi ártéri gazdálkodása és vízhasználatai a szabályozás előtt*. Vízügyi Történeti Füzetek 6.. Budapest.
- Arge, L, Toma, L, és Vitter, J. S. 2000. *I/O-efficient algorithms for problems on grid-based terrains*. Proc. Workshop on Algorithm Engineering and Experimentation. Vancouver. 1–20.
- Barka, I, Vladovič, J, és Máliš, F. 2011. *Landform classification and its application in predictive mapping on soil and forest units*. Symposium GIS. Ostrava. 23–26.
- Bashenina, N. V. 1971. *Legend to the International Geomorphological Map of Europe 1:2 500 000*. Czechoslovak Academy of Sciences. Prague. 60.
- Borsy, Z. 1961. *A Nyírség természeti földrajza*. Akadémiai Kiadó. Budapest. 227.
- Borsy, Z. 1977. *A Duna–Tisza közti hátság homokformái és a homokmozgás szakaszai*. Alföldi tanulmányok. Békéscsaba. 43–56.
- Buczko, E. 1968. *Geomorfológiai kutatás és térképezés Balatonfüred környékén*. Bakonyi Múzeum. Veszprém. 99.
- Bull, W. B és McFadden, L. D. 1977. *Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California*. In: Doebling, D. O. *Geomorphology of arid regions. Proceedings 8th Annual Geomorphology Symposium*. State University of New York. Binghamton. 115–137.
- Burbank, W. D és Anderson, S. R. 2001. *Tectonic geomorphology*. Blackwell Science. Oxford. 16.
- Burrough, P. A és McDonell, R. A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press. New York. 190.
- Chikán, G és Kókai, A. 2002. *Magyarország földtani térképe 1:100 000 (L-34-49, Dombóvár)*. MÁFI. Budapest.
- Cholnoky, J. 1929. *Magyarország földrajza*. Franklin-Társulat Kiadása. Budapest. 529.
- Clarke, K. C. 1990. *Analytical and Computer Cartography*. Prentice Hall. Engelwood Cliffs, NJ. 288.
- Cvijić, J. 1893. *Das Karstphänomen Versuch einer morphologischen Monographie*. Geog Abhandl. Wien. 218–329.
- Demek, J és Embleton, C. 1978. *Guide to Medium-Scale Geomorphological Mapping*. Nägele und Obermiller. Stuttgart. 436.
- Demek, J, Kirchner, K, Mackovčon, P, és Slavík, P. 2009. *Philosophy of a new general geomorphological map of the Czech Republic, 1 : 500,000*. In: Mentlik, P és Hartvich, F. *CAG Conference Geomorfologický sborník 8*. University of West Bohemia. Plzeň . 11–12.
- Demek, J. 1972. *Manual of Detailed Gemorphological Mapping*. Academia. Prague. 344.
- Demek, J. 1982. *Geomorphological Mapping – Progress and Problems*. In: Sharma, S. H. *Perspectives in Geomorphology, Vol. III. Applied Geomorphology*. Concept Publishing Co. New Delhi. 221–235.

- Dikau, R. 1989. *The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology*. In: Raper, J. *Three Dimensional Applications in Geographical Information Systems*. Taylor and Francis. London. 51–77.
- Dikau, R., Brabb, E. E., és Mark, R. M. 1991. *Landform classification of New Mexico by computer*. U.S. Geological Survey open-file report. Denver. 91–634.
- Dramis, F., Guida, D., és Cestari, A. 2011. *Nature and Aims of Geomorphological Mapping*. In: Smith, M. J., Paron, P., és Griffiths, J. S. *Geomorphological Mapping. Methods and Applications. Developments in Earth Surface Processes 15*. Elsevier. Amsterdam. 39–73.
- Ehlschlaeger, C. 1989. *Using the AT Search Algorithm to Develop Hydrologic Models from Digital Elevation Data*. Proceedings of International Geographic Information Systems (IGIS) Symposium '89. Baltimore. 275–281.
- Evans, I. 1972. *General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics*. In: Chorley, J. *Spatial analysis in geomorphology*. Harper and Row. New York. 17–90.
- Fodor, F. 2006. *A magyar földrajztudomány története*. MTA FKI. Budapest. 217.
- Gábris, Gy. 1980. *A tihanyi geizírmező geomorfológiai térképe M = 1:2000 (magyarázóval)*. K+F megbízás, Kézirat. 130.
- Gellert, J. F. 1972. *Preface*. In: Demek, J. *Manual of Detailed Gemorphological Mapping*. Academia. Prague. 13–14.
- Gerasimov, A. J. 1970. *Primenenie geomorfologicheskikh metodov v strukturno geologicheskikh issledovanyakh Nedra*. Lomonosov Universiti. Moscow. 296.
- Gilewska, S. 1978. *The polish geomorphological maps on 1:25 000 – 1:50 000 and 1:300 000 scales*. In: Pécsi, M. és Juhász, Á. *International conference on geomorphologic mapping, Budapest 25–28 Oct. 1977*. Geographical Research Institute Hungarian Academy of Science. Budapest. 25–32.
- Helbling, E. 1952. *Morphologie des Sterntales. (Ph.D Thesis)*. Universität in Bonn. Bonn.
- Hevesi, A. és Juhász, Á. 1973. *Eger és környékének geomorfológiai térképezése. 1:10 000*. MTA FKI. Budapest.
- Hofierka, J., Mitsova, H., Neteler, P., és Slavík, M. 2009. *Geomorphometry in GRASS GIS*. In: Hengl, T. és Reuter, H. I. *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*. Elsevier. Amsterdam. 387–410.
- Imhof, E. 1965. *Kartographische Geländedarstellung*. Walter de Gruyter. Berlin. 425.
- Jakucs, L. 1953. *A Békebarlang felfedezése*. Művelt Nép Tudományos és Ismeretterjesztő Kiadó. Budapest. 94.
- Jakucs, L. 1971. *A karsztok morfogenetikája. A karsztfeloldás varianciái*. Akadémia kiadó. Budapest. 310.
- Jennings, J. N. 1985. *Karst Geomorphology*. Basil Blackwell. New York. 293.
- Joly, F. 1963. *Recherche d'une méthode de cartographie géomorphologique pour une carte des pays arides et semi-arides du monde à l'échelle du 1:1 000 000*. B. S. Hellénique. Athènes. 82–99.
- Juhász, Á. 1972. *Az antropogén hatások környezetalakító szerepének vizsgálata Dorog környéki technogén modellterületeken. (kézirat)*. MTA FKI. Budapest. 52.
- Kaszowski, L. és Kotarba, A. 1970. *Wpływ katastrofalnych wezbran na przebieg procesów fluwialnych (na przykładzie potoku Kobylanka na Wyzynie Krakowskiej)*. Pr. Geogr. IG PAN 80. Varshaw. 124.
- Kertész, Á. 1992. *A térinformatika és alkalmazásai*. Holnap Kiadó. Budapest. 93–102; 110–111; 117.
- Kimerling, A. J., Buckley, A. R., Muehrcke, P. C., és Muehrcke, O. J. 2011. *Map Use: Reading Analysis Interpretation, Seventh Edition*. Esri Press. Redlands. 610.

- Kiss, T és Tornyánszki, É. 2006. *Futóhomok területek geomorfológiai vizsgálata a Duna-Tisza közén*. III. Magyar Földrajzi Konferencia Tudományos Közleményei. CD-kiadvány. MTA FKI. Budapest.
- Kovács, I. P és Görcs, N. L. 2010. *The Development of the southern part of Western Mecsek Mountains*. In: Carestiato, N és Guaran, A. *Geography of Water: Case Studies*. University of Udine. Udine. 1-9.
- Lóki, J. 2009. *Eolikus folyamatok vizsgálata Magyarországon*. In: Kiss, T és Mezösi, G. *Recens geomorfológiai folyamatok sebessége Magyarországon*. JGYF Kiadó. Szeged. 173–183.
- MacMillan, R. A és Shary, P. 2006. *Extraction and classification of landforms and landform elements*. In: Hengl, T és Reuter, H. I. *Geomorphometry. Concepts, software, applications*. Elsevier. Amsterdam. 135–155.
- Martonné Erdős, K. 1995. *Magyarország természeti földrajza I*. KLTE. Debrecen. 76–91.
- Mendöl, T. 1999. *A földrajztudomány az ókortól napjainkig*. ELTE Eötvös Kiadó. Budapest. 209–212; 274.
- Nyári, D, Kiss, T, és Sipos, Gy. 2006. *Történeti időkben bekövetkezett futóhomokmozgások datálása lumineszcenciás módszerrel a Duna-Tisza közén*. III. Magyar Földrajzi Konferencia. Budapest. 122.
- Oguchi, T, Hayakawa, Y. S, és Wasklewicz, T. 2011. *Data sources*. In: Smith, M. J, Paron, P, és Griffiths, J. S. *Geomorphological mapping. Methods and applications. Development in Earth Surface processes 15*. Elsevier. Amsterdam. 189–223.
- Passarge, S. 1914. *Morphologischer Atlas. Lieferung In: Morphologie des Messtischblattes Stadtreuda*. L. Friederichsen and Co.. Hamburg. 221.
- Pécsi, M. 1959. *A Duna-völgy magyarországi szakaszának geomorfológiai térképe*. Akadémiai Kiadó. Budapest. 345.
- Pécsi, M. 1963. *Magyarország részletes geomorfológiai térképeinek jelkulcsa*. MTA Földrajztudományi Kutatócsoport. Budapest. 24.
- Pécsi, M. 1975. *Geomorfológia. Nemzetközi továbbképző tanfolyam a mérnökgeológiai alapjairól és módszereiről*. Tankönyvkiadó. Budapest. 252.
- Pécsi, M. 1991. *Geomorfológia és domborzatminősítés*. MTA FKI. Budapest. 236–244.
- Schweitzer, F, Juhász, Á, és Balogh, J. 1990. *A Paksi Atomerőmű tágabb környezetének tájtipológiai és környezetgeomorfológiai vizsgálata (Kézirat)*. MTA FKI PAV. Budapest. 53.
- Schweitzer, F és Nagy, I. 2011. *Katasztrófák tanulságai: stratégiai jellegű természetföldrajzi kutatások. Döntési kényszer a hazai árvízvédelemben*. MTA FKI. Budapest. 13-49.
- Schweitzer, F és Szilárd, J. 1975. *Pécs város geomorfológiai térképezése (Kézirat)*. MTA FKI. Budapest. 13.
- Schweitzer, F, Tiner, T, és Berci, K. 2003. *A Püspökszilágyi RHFT környezet- és sugárbiztonsága*. MTA FKI. Budapest. 257.
- Schweitzer, F. 2011. *Katasztrófák tanulságai: stratégiai jellegű természetföldrajzi kutatások*. MTA FKI. Budapest. 195.
- Sipos, Gy és Kiss, T. 2006. *OSL mérés lehetőségei: hagyományos módszerekkel nem datálható, kvarctartalmú üledékek korának meghatározására*. In: Kázmér, M. *A Környezettörténet 2006 Konferencia előadásainak összefoglalói*. Hantken Kiadó. Budapest. 43–45.
- Smith, M. J. 2011. *Digital mapping: Visualisation, Interpretation and Quantification of Landforms*. In: Smith, M. J, Paron, P, és Griffiths, J. S. *Geomorphological mapping. Methods and applications. Development in Earth Surface processes 15*. Elsevier. Amsterdam. 225–251.
- Smith, M. J, Paron, P, és Griffiths, J. S. 2011. *Geomorphological Mapping. Methods and Applications. Developments in Earth Surface Processes 15*. Elsevier. Amsterdam. 612.

- Spiridonov, A. I. 1952. *Geomorfologicheskoe kartografirovanie*. Lomonosov Universiti Moscow. Moscow.
- Spiridonov, A. I. 1970. *Osnovy obshchei metodiki polevykh geomorfologicheskikh issledovaniy i geomorfologicheskogo kartografirovaniya*. Vysshaya shkola. Moscow. 456.
- Stegena, L. 1998. *Tudományos térképezés a Kárpát-medencében 1918 előtt*. Akadémia Kiadó. Budapest. 68.
- Szabó, P. Z. 1956. *Magyarországi karsztformák klimatörténeti vonatkozásai*. Dunántúli Tudományos Intézet. Pécs. 183–190.
- Szabó, J és Dávid, L. 2006. *Antropogén geomorfológia*. Kossuth Egyetemi Kiadó. Debrecen. 318.
- Szilárd, J. 1967. *Külső-Somogy kialakulása és felszínalakulása*. Akadémiai Kiadó. Budapest. 155.
- Szőke, B. 1962. *A honfoglaló és kora Árpád-kori magyarság régészeti emlékei*. Akadémiai Kiadó. Budapest. 118.
- Thrower, N. J. W. 2008. *Map and Civilization. Cartography in Culture Society*. The University of Chicago Press. Chicago. 208.
- Tóth, A. 1999. *Kunhalmok*. Alföldkutatásért Alapítvány. Kisújszállás. 13-45.
- Tóth, Cs. 2001. *Természetes és mesterséges szikeroziós formakincs vizsgálata a Hortobágyon*. Földrajzi Konferencia. Szeged.
- Tóth, Cs. 2002. *A kunhalmok országos állapotfelmérésének eredményei*. Alföldkutatásért Alapítvány. Kisújszállás.
- Tricart, J. 1965. *Principes et Méthodes de la Géomorphologie*. Masson and Cie. Paris. 496.
- Tricart, J. 1969. *Cartographic aspects of geomorphological surveys in relation to development programmes*. UN/ECOSOC 9. New York. 75–83.
- Trudgill, S. T. 1985. *Limestone geomorphology*. Longman. New York. 196.
- van Maercke-Gottigny, M. C. 1977. *The interpretation of the relief on the geomorphological map*. In: Pécsi, M és Juhász, A. *International conference on geomorphologic mapping, Budapest 25–28 Oct. 1977*. Geographical Research Institute Hungarian Academy of Science. Budapest. 255–258.
- Veress, M. 2004. *A karszt*. BDF Természetföldrajzi Tanszék. Szombathely. 215.
- Verstappen, H. T. 2011. *Old and New Trends in Geomorphological and Landform Mapping*. In: Smith, M. J, Paron, P, és Griffiths, J. S. *Geomorphological Mapping. Methods and Applications. Developments in Earth Surface Processes* 15. Elsevier. Amsterdam. 13–35.
- Visy, Zs. 1989. *A római limes Magyarországon*. Corvina. Budapest. 142.
- Wilson, J. P és Galant, J. C. 2000. *Terrain analysis. Principles and Applications*. John Wiley and Sons Inc. New York. 479.
- Wood, J. 2009. *The LandSerf Manual*. Masson and Cie. Paris. 213.
- Wood, J. 1996. *The geomorphological characterisation of digital elevation models*. PhD Thesis. Department of Geography, University of Leicester. Leicester.

Folyóiratok

- Balogh, J, Schweitzer, F, és Tiner, T. 1990. *Az Ófalu mellé tervezett radioaktív hulladéktemető földrajzi környezete*. Földrajzi Értesítő. 39. 103–131.
- Bashenina, N. V. 1972. *Geomorphologiesche Kartierung des Gebirgsrelief im Massstab 1:200000 auf Grund einer Morphostrukturanalyse*. Zeitschrift für Geomorphologie. 16. 125–128. .

- Borsy, Z. 1987. *Az Alföld hordalékkúpjainak fejlődéstörténete. Acta Academiae Paedagogicae.* 5–42. .
- Borsy, Z. 1989. *Az Alföld hordalékkúpjainak negyedidőszaki fejlődéstörténete. Földrajzi Értesítő.* 37. 211–224. .
- Bugya, T. 2007. *Identification of Quaternary fluvial terraces in Hungarian sample area using statistical analysis of geological drillings and digital elevation models. Geographical Phorum.* 1. 42–59. .
- Bugya, T. 2009. *Identification of Quaternary fluvial terraces using borehole data and digital elevation models. Zeitschrift für Geomorphologie. Supplement Band 2.* 113–121. .
- Bulla, B. 1934. *A magyarországi löszök és folyóteraszok problémái. Földrajzi Közlemények.* 136–149. .
- Bulla, B. 1936. *Teraszok és szintek a Duna jobbpartján Dunaadony és Mohács között. Matematikai és természettudományi értesítő.* 55. 193–224. .
- Cholnoky, J. 1902. *A futóhomok mozgásának törvényei. Földtani Közlöny.* 32. 6–38. .
- Gábris, Gy. 2003. *A földtörténet utolsó 30 ezer évének szakaszai és a futóhomok mozgásának főbb periódusai Magyarországon. Földrajzi Közlemények.* 127. 1–4., 1–13. .
- de Boere, M. W. 1990. *Dünen im Baruther Urstromtal (Raum Luckenwalde - Baruth - Lübben) - Stand der Forschungsliteratur. Biologische Studien.* 19. 3–10. .
- Demek, J., Balatka, B., Kirchner, K., Mackovčín, P., Pánek, T., és Slavík, P. 2011. *Relief of Czeccina: quantitative evaluation in the GIS environment. Geografie.* 116. 111–129. .
- Evans, I. S. 2012. *Geomorphometry and landform mapping: What is landform?. Geomorphology.* 137. 9–106. .
- Fábián, Sz. Á., Görcs, N. L., Kovács, I. P., Radvánszky, B., és Varga, G. 2009. *Reconstruction of flash flood event in a small catchment: Nagykónyi, Hungary. Zeitschrift für Geomorphologie.* 53. 123–138. .
- Gábris, Gy. 2006. *A magyarországi folyóteraszok kialakulásának és korbeosztásának magyarázata az oxigénizotóp-sztratigráfia tükrében. Földrajzi Közlemények.* 130. 123–133. .
- Gábris, Gy. 2006. *Nagyméretarányú geomorfológiai térképezés a Tihanyi-félszigeten. Térképtudományi Tanulmányok.* 13. 125–132. .
- Gábris, Gy. 2007. *Kapcsolat a negyedidőszaki felszínalakító folyamatok időrendje és az oxigénizotóp-rétegtan között - magyarországi lösz-paleotalaj-sorozatokat és folyóvízi teraszok példáján. Földtani Közlöny.* 137. 515–540. .
- Gellert, J. F és Scholz, E. 1960. *Konzeption und Methodik einer morphogenetischen Karte der DDR. Geographische Berichte.* 14. 1–19. .
- Gellert, J. F és Scholz, E. 1974. *Bemerkung zur international vereinheitlichten Legende für mittelmassstäbliche Übersichtskarten von 1:200 000 zu 1:500 000. Studia Geographica.* 41. 32–36. .
- Gustavsson, M., Kolstrup, E., és Seijmonsbergen, A. C. 2006. *A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. Geomorphology.* 77. 99–111. .
- Hahn, Gy. 1972. *Tata környékének geomorfológiai képe. Földrajzi Értesítő.* 21. 389–407. .
- Hammond, E. H. 1954. *Small-scale continental landform maps. Annals of the Association of American Geographers.* 44. 33–42. .
- Hammond, E. H. 1964. *Analysis of properties in land form in geography: an application to broad scale land form mapping. Annals of the Association of American Geographers.* 54. 11–19. .
- Holmgren, P. 1994. *Multiple flow direction algorithms for runoff modelling in grid based elevation models: An empirical evaluation. Hydrological Processes.* 8. 327–334. .

- Jakucs, L. 1968. *Szemponatok a karsztos tájak denudációs folyamatainak és morfológiájának értékeléséhez.* *Földrajzi Értesítő.* 17. 17-46. .
- Juhász, Á. 1974. *Antropogene Einwirkungen und Geoprosesse in der Umgebung von Komló.* *Földrajzi Értesítő.* 23. 223-225. .
- Kennelly, P. J. 2008. *Terrain maps displaying hill-shading with curvature.* *Geomorphology.* 102. 567-577. .
- Kennelly, P és Kimerling, A. J. 2004. *Hill shading of terrain using layer tints with aspect-variant luminosity.* *Cartography and Geographic Information Science.* 31. 67-77. .
- Keresztesi, Z. 1992. *A tematikus földrajzi térképezés az MTA FKI-ban.* *Földrajzi Értesítő.* 41. 59-65. .
- Klimaszewski, M. 1956. *The principles of the geomorphological map of Poland.* *Przegląd Geograficzny.* 28. 32-40. .
- Klimaszewski, M. 1982. *A Detailed Geomorphological Map.* *ITC Journal.* 2. 265-271. .
- Kovács, I. P, Lampért, K, Bugya, T, Lovász, Gy, és Varga, G. 2007. *Planation surfaces of the Western Mecsek.* *Studia Geomorphologica Carpatho Balcanica Landform Evolution in Mountain Areas.* 61. 45-60. .
- Kugler, H. 1965. *Aufgabe, Grundsätze und methodische Wege für grossmassstabiges geomorphologischer Kartierung.* *Pet. Mit.* 109. 541-655. .
- Lóczy, L. 1877. *A Bihar-hegység egy sajátosságos völgyalakjáról.* *Földtani Közöny.* 7. 181-189. .
- Magyari, Á, Musitz, B, Csontos, L, és Van Vliet-Lanoe, B. 2005. *Quaternary neotectonics of the Somogy Hills, Hungary (part I): Evidence from field observations.* *Tectonophysics.* 410. 43-62. .
- Minár, J és Evans, I. S. 2008. *Elementary forms for land and surface segmentation: The theoretical basis of terrain analysis and geomorphological mapping.* *Geomorphology.* 95. 236-259. .
- Moore, I. D, Grayson, R. B, és Landson, A. R. 1991. *Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological, and Biological Applications.* *Hydrological Processes.* 5. 3-30. .
- Oguchi, T, Aoki, T, és Matsuta, N. 2003. *Identification of an active fault in the Japanese Alps from DEM-based hill shading.* *Computers and Geosciences.* 29. 885-891. .
- Pécsi, M, Juhász, Á, és Schweitzer, F. 1976. *Magyarországi felszínmozgásos területek térképezése.* *Földrajzi Értesítő.* 25. 223-235. .
- Pécsi, M. 1963/a. *A nemzetközi geomorfológiai térképezés helyzete.* *Földrajzi Értesítő.* 12. 419-427. .
- Pécsi, M. 1963/b. *A magyarországi geomorfológiai térképezés az elmélet és a gyakorlat szolgálatában.* *Földrajzi Közlemények.* 11. 289-299. .
- Pécsi, M. 1976. *Magyarország geomorfológiai térképei.* *Földrajzi Közlemények.* 24. 34-44. .
- Pennock, D, Zebarth, B, és de Jong, E. 1987. *Landform classification and soil distribution in hummocky terrain.* *Geoderma.* 40. 297-315. .
- Raisz, E. J. 1931. *The Physiographic Method of Representing Scenery on Maps.* *Geography Review.* 21. 297-304. .
- Rakonczai, J és Kovács, F. 2006. *A padkás erózió folyamata és mérése az Alföldön.* *Agrokémia és Talajtan.* 55. 329-346. .
- Somogyi, S. 1974. *Meder- és ártérfejlődés a Duna sárközi szakaszán az 1782–1950 közötti térképfelvételek tükrében.* *Földrajzi Közlemények.* 27–36. .
- Scheuer, Gy és Schweitzer, F. 1991. *Az esztergomi hévforrások paleokarszt-hidrológiai viszonyainak vizsgálata.* *Hidrológiai Tájékoztató.* 4. 46-49. .

- Schweitzer, F. 1988. *A budai Rózsadomb geomorfológiai fejlődéstörténete. Földrajzi Értesítő.* 37. 77-86. .
- Schweitzer, F. 1992. *A mérnökgeomorfológia szerepe az előtervezésben és a környezetvédelemben. Földrajzi Értesítő.* 41. 67-81. .
- Schweitzer, F. 2011. *Channel regulation of Torna stream to improve environmental conditions in the vicinity of red sludge reservoirs at Ajka, Hungary. Hungarian Geographical Bulletin.* 59. 347-359. .
- Starkel, L. 1960. *Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie. Institut Geografii PAN.* 22. . .
- Szilárd, J. 1972. *A mérnökgeomorfológiai térképezés az építési előtervezés szolgálatában. Földrajzi Közlemények.* 20. 228-233. .
- Tricart, J. 1955. *Un nouvel instrument au service de l'agronomi. African Soils.* 4. 66-101. .
- Veress, M. 1980. *Adatok a dudari Ördög-árok barlangjainak morfogenetikájához. Veszprém megyei Múzeumok Közl.* 15. 49-60. .
- Veress, M. 1999. *Az Északi-Bakony fedett karsztja. A Bakonyi Természettud. Kut. Eredményei.* 23. 167. .
- Zevebergen, L. W és Thorne, C. R. 1987. *Quantitative Analysis of Land Surface Topography. Earth Surface Processes and Landforms.* 12. 47-56. .

Internetes források

- Baker, V. R. 1986. *Introduction: Regional landforms analysis.*
http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/geomorphology/GEO_11 .
- Grass GIS 6.4.2 Help: r.slope.aspect:.* <http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.slope.aspect.html> .
- Grass GIS 6.4.2 Help: d.mon:.* <http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/d.mon.html> .
- Grass GIS 6.4.2 Help: d.profile:.* <http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/d.profile.html> .
- Grass GIS 6.4.2 Help: r. watershed:.* <http://grass.osgeo.org/grass70/manuals/r.watershed.html> .
- Grass GIS 6.4.2 Help: r.terraflow:.* <http://grass.osgeo.org/grass70/manuals/r.terraflow.html> .
- Grass GIS 6.4.2. Help: r.neighbors:.* <http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.neighbors.html> .
- Hayden, R. S. 1986. *Mapping.* http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/geomorphology/GEO_11 .
- <http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2010/10/27/understanding-curvature-rasters> .
- <http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2010/10/27/using-curvature-rasters-to-enhance-terrain-representation/> .
- <http://iv-g.livejournal.com/166351.html><http://iv-g.livejournal.com/166351.html> .
- http://moricz.arrabonus.hu/jermy/files/tiszazug_kunhalmai.pdf .
- <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp> .
- http://real.mtak.hu/2585/1/61878_ZJ1.pdf .
- <http://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2013-01.pdf> .
- <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/body.cfm?topicname=how%20slope%20works&tocVisible=0> .
- http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=Calculating_slope .
- <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=curvature> .
- <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=How%20Curvature%20works> .

<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Slope> .

<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Aspect><http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=How%20Aspect%20works> .

http://www.academia.edu/306687/Geomorfologicky_Sbornik_8 .

Iowa Lidar Mapping Project. <http://geotree2.geog.uni.edu/lidar/> .

Márkus, B. 2010. *Térbeli döntéselőkészítés* 6. *Domborzatmodellezés.*
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TED6/ch01.html .

Márkus, B. 2010. *Térinformatika* 11. *Interpoláció és domborzatmodellezés.*
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TEI11/adatok.html .

Ryotaro, T és Wataru, T. 2010. *Towards DTM generation from ASTER GDEM and SRTM3 in hilly terrain using wavelets.*
<http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS2010/Papers/Poster%20Presentation/Session%202/PS02-21.pdf> .

Spiridonov. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/78559/Геоморфологические> .

Verőné Wojtaszek, M. 2010. *Fotointerpretáció és távérzékelés* 3. *A lézer alapú távérzékelés.*
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FOI3/ch01s03.html .

Verőné Wojtaszek, M. 2010. *Fotointerpretáció és távérzékelés* 2. *felvételrendszerek* 3..
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FOI2/ch01s05.html .

Wood, J. 2009. *The LandSerf Manual.*
<http://www.soi.city.ac.uk/~jwo/landserf/landserf230/doc/landserfManual.pdf> .

A. függelék - Megoldások

Itt találja a gyakorló feladatok (6. fejezet és 7.fejezet) megoldásait, valamint a tesztek (Tesztfeladatok) helyes válaszait.

Az alábbi táblázatban a vízszintes sorok a tízes helyi értékeket, a függőleges oszlopok az egyes helyi értékeket mutatják. Ebből kiolvasható a tesztek helyes megoldása.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	X	D	C	B	A	D	C	A	B	C
1	C	A	A	C	A	A	C	B	B	B
2	A	B	C	A	C	C	B	A	B	D
3	B	A	A	B	B	A	B	C	D	D
4	B	C	B	C	D	B	C	B	B	B
5	C	A	B	B	A	C	B	D	D	A
6	C	D	B	D	B	A	D	B	A	C
7	C	A	B	B	B	B	B	B	A	A
8	B	B	A	A	B	A	A	B	B	B
9	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
10	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X

A 6. fejezet gyakorlatainak megoldásait itt találja, a feladatok sorrendjében:

1.

É	:	L-33-72-B-d-4
ÉK	:	L-34-61-A-c-3
K	:	L-34-61-C-a-1
DK	:	L-34-61-C-a-3
D	:	L-33-72-D-b-4
DNy	:	L-33-72-D-b-3
Ny	:	L-33-72-D-b-1
ÉNy	:	L-33-72-B-d-3

2.

É	:	37-424
ÉK	:	38-331
K	:	38-313
DK	:	38-333
D	:	37-444
DNy	:	37-443
Ny	:	37-441
ÉNy	:	37-423

3. A fenti levezetés alapján a térképen 1 ívperchez tartozó távolság 18,5 cm-t tesz ki. A 30 ívmásodperc = 0,5 (1/2) ívperc, tehát a megoldás: $18,5 / 2 = 9,25$ cm. Mivel 1:10 000 térképen 1 cm= 100 m, a térképi 9,25 cm = 925 m = 0,925 km.

4. $200^2 + 30^2 = c^2$, azaz $40\,000 + 900 = c^2$, azaz $40\,900 = c^2$. Gyökvonással: $c = 202,24$. A valós távolság és a térképről méretarány alapján számolt távolság között 2,24 m különbség adódott.

5. A: (1,5 cm térképi távolság és 22,5 m szintkülönbség) $\alpha = 9,48$ fok A1: (0,3 cm térképi távolság és 10 m szintkülönbség) $\alpha = 20,48$ A2: (1,2 cm térképi távolság és 12,5 m szintkülönbség) $\alpha = 6,61$ B: (4,2 cm térképi távolság és 5 (!) m szintkülönbség) $\alpha = 0,75$

A "B" vonal esetében több megoldás is lehetséges, mivel a vonal áthalad egy nyeregpontra! Ha ennek megfelelően szakaszoljuk a vonalat, hosszabbik Ny-i szakaszán 3,7 cm a térképi távolság és 6,25 m a szintkülönbség! Így ezen a szakaszon $\alpha = 1,07$

C: (0,9 cm térképi távolság és 30 m szintkülönbség) $\alpha = 20,48$ D: (2,9 cm térképi távolság és 12,5 m szintkülönbség) $\alpha = 2,74$

A számolt lejtőszögértékeket hasonlítsa össze a digitális állományból GRASS GIS szoftver segítségével előállított lejtőhajlástérképen (2.3. ábra) szereplő kategóriaértékekkel!

6. A térkép méretaránya szerint $1\text{ cm} = 100\text{ m}$, ebből következik, hogy a 2,5 m szintvonalköz a térképre vetítve: $(2,5:100) \times 1 = 0,025\text{ cm} = 0,25\text{ mm}$. Tehát 1:1 leképezésnél az alapszintvonalköz távolsága a szelvény y tengelyén 0,25 mm, míg 25-szörös magasságtorzításnál $0,25 \times 25 = 6,25\text{ mm}$ lesz az eredmény.

7. Nyissa meg a "keresztshelvény.html" fájlt és hasonlítsa össze a szerkesztett keresztshelvényt az animációban megjelenő keresztshelvényekkel!

A 7.fejezethez tartozó gyakorlóállományok megoldásait az alábbi tömörített fájlokban találja. Töltse le, majd tömörítse ki őket és a Grass GIS-ben tudja olvasni a megoldásokat:

- 1. feladat megoldása
- 2. feladat megoldása
- 3. feladat megoldása
- 4. és 5. feladat megoldása
- 6. és 7. feladat megoldása