

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM, TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR
FÖLDRAJZ- ÉS FÖLDTUDOMÁNYI INTÉZET
TERMÉSZETFÖLDRAJZI TANSZÉK

Digitális domborzatmodellek alkalmazása geomorfológiai és völgyfejlődési vizsgálatokban

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Készítette:

VÉGH TAMÁS

GEOGRÁFUS MSc hallgató

Témavezető:

Dr. HORVÁTH ERZSÉBET,

habil. egyetemi docens

Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar

Természetföldrajzi Tanszék

Konzulens:

Dr. KOVÁCS JÓZSEF

egyetemi adjunktus

Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar

Általános- és Alkalmazott földtani Tanszék

BUDAPEST

2013. január 9.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	2
2.	Előzmények.....	3
3.	A mintaterület	6
4.	Terepi vizsgálatok	8
5.	Térinformatikai adatelőkészítés	14
6.	Eredmények.....	16
6.1.	A paraméterek.....	16
6.2.	A klaszteranalízis eredményei	19
6.3.	A hipotézisvizsgálat eredménye	24
6.4.	A Wilk's lambda statisztika eredménye	26
6.5.	A box-wiskers plotok értékelése	28
7.	Konklúzió – a csoportosítás geomorfológiai értelmezése	31
8.	Összefoglalás.....	39
9.	Köszönetnyilvánítás	40
	Felhasznált irodalom	41

1. Bevezetés

A Dunakömlőd-Paksi-löszhát kitüntetett szerepet tölt be a hazai negyedidőszaki kutatásokban. A Paksi Téglagyár falában találjuk a Kárpát-medence legnagyobb jelentőségű pleisztocén rétegsorának pusztuló feltárásait. A felszínalaktani és szeizmológiai kutatások nagy lendületet vettek a Paksi Atomerőmű földrengésbiztonságának vizsgálatával, ami során különböző geofizikai módszerek segítettek megismerni az erőmű környezetében húzódó törések rendszerét. Számos törésvonal a felszín közeléig hatol, ám ezeket pleisztocén rétegsorok feltárásaiban egészen a legutóbbi időkig nem sikerült egyértelműen felismerni. Az M6-os autópálya menti útbevágásokban végzett megfigyelésekből azonban tudjuk, hogy a terület még a felső pleisztocénben is mutatott tektonikus aktivitást (MAGYARI Á. et al. 2011.). Ez alapján ma már nem az a fő kérdés, hogy a terület felszínalakítását a tektonika vagy a külső erők végezték, hanem hogy melyik folyamat súlya nagyobb a mai domborzat kialakításában, továbbá a külső erők különböző folyamatai milyen szerepet játszottak a völgyek formálódásában.

A kutatásom célja a Dunaföldvár-Paks közötti magaspart dunakömlődi szakaszán induló völgyek esetében tisztázni a tektonika és a külső erők felszínfejlődésben betöltött szerepét. Munkám során a Vörösmalomi-patak völgyrendszerének geomorfológiai szempontból kitüntetett részeire koncentráltam.

A terepi munka során feltérképeztem és dokumentáltam a völgyek löszfeltárásait és meghatároztam az egyes völgyszakaszok morfológiai jellegét. A Dunakömlőd Csárda utcai feltárás kiemelt jelentőségű a megtalált feltárások között. Itt egy jól fejlett kettős fosszilis talaj húzódik az összletben, amit a Paksi Téglagyár falának rétegsorával való összehasonlítás (szín, kifejlődés, fekvő tulajdonságai) alapján a Mende Bázis talajkomplexumnak feltételezek. A csuszamlásokkal tagolt fal feltárásainak mozaikjai lehetőséget adtak a talajkomplexum fekvésében és fedőjében húzódó rétegek részletes leírására. A szelvény-mozaikokat a felvételezett rétegek és mágneses szuszceptibilitás mérések alapján is sikerült összefüggő szelvényként leírni, valamint a feltárás feletti rétegek is hozzáférhetővé váltak a Sánc-hegyen folyó régészeti ásatásoknak köszönhetően, ahol valószínűleg a Bagi Tefra legújabb lelőhelyét is sikerült megtalálni.

Mindezek alapján a mintaterület további feltárásainak leírása és a mágnesezhetőség (MS) mérése a hasonló korú bolygatatlan rétegek párhuzamosításának lehetőségét adja, a rétegsorba nem illeszthető feltárások, pedig az egyes völgyszakaszok fejlődésének megismerésében segíthetnek.

A geomorfológiai vizsgálatok során a hagyományos terepi megfigyeléseken túl EOVS 1:10000 méretarányú térképlapok szintvonalainak digitalizálásából nyert domborzatmodellre és az ebből nyert lejtőszög és felszín- illetve lejtő irányú görbületi térképekre támaszkodtam. A domborzatmodell segítségével meghatároztam a völgyek futását, különböző morfometriai paramétereiket és völgyszelvényeket vettem fel.

A kapott adatok és a terepi megfigyelések alapján megkíséreltem tisztázni a völgyfejlődéssel kapcsolatos kérdéseket, szem előtt tartva annak lehetőségét, hogy a tektonika is szerepet játszik a vizsgált völgyek mai morfológiájának kialakításában.

2. Előzmények

A mezőföldi löszhátak felszíni domborzatának jellegét a különböző genetikájú völgyek határozzák meg, amik a jól erodálható löszfelszínt alaposan felszabdalták. A Marosi S. (ÁDÁM L. et al. 1959) által szerkesztett monográfia a Mezőföld völgyeit, keletkezésüket és morfológiai fejlődésüket tekintve, öt fő típusba sorolta: szerkezeti vonalakkal előrejelzett eróziós (teraszos) völgyek, tisztán eróziós völgyek, löszvölgyek, korráziós völgyek, komplex eredetű völgyek. A Dunakömlőd-Paksi-löszhát völgyei az utóbbi négy csoportba sorolhatók. Munkám során kiemelt figyelmet fordítottam a komplex eredetű völgyekre, amelyek kialakulásában az erózió és a lösz szuffúziós és deráziós folyamatok általi lepusztulásán túl, a szerkezeti mozgásoknak is fontos szerep juthatott.

A tektonika szerepének megítélése azonban MAROSI S. (1959) munkája óta sokat változott. Nem kérdéses, hogy a Mezőföld löszplatóin a tektonikus mozgásoknak lehetett és minden bizonnyal volt is szerepe a fővölgyek kialakításában, de teljes biztonsággal nem lehet megmondani, hogy melyik az a völgy ahol hatott és melyik az ahol nem. Mindezen túlmenően MAROSI S. (1959) a fővölgyek oldalában sorakozó aszóvölgyek felnyílásának helyét is törésekhez kötötte. Ahol a szerkezeti mozgások hatására indulhatott meg a völgyek képződése, ott is fontos kérdésként merül fel, hogy a

szerkezeti mozgások milyen mértékben lehetnek meghatározói a völgy helyének meghatározásában.

A Duna medrében a fenék alatt néhány 10 méteres mélyégben sekélyreflexiós mérésekkel olyan elmozdulásokat mutattak ki, amik a mai mederviszonyokat is egyértelműen meghatározva azt jelzik, hogy a törések egészen a pleisztocén-holocén határáig is aktívak voltak (TÓTH T. 1994). Máshol azonban a negyedidőszaki üledékekben nem ilyen könnyen eldönthető a tektonikus aktivitás kérdése, ugyanis a geofizikai méréseket nagyban nehezíti, hogy olyan eltérő minőségű és víztartó képességű rétegek váltakoznak, amelyek a rétegsor és a rétegeken belüli változások ismeretének hiányában hibás eredményekre vezethetnek. MAROSI S. ÉS MESKÓ A. (1997) szerint különböző módszerekkel történt vizsgálatok alapján az a következtetés vonható le, hogy Paks környékén nincsenek egyértelmű bizonyítékok arra vonatkozóan, hogy a középső- és felső-pleisztocén rétegeket a korábbi vetődések felújulásai felszabdalták volna (). Szerintük ugyanis a sekélyszeizmikus mérésekkel kapcsolatos problémák miatt (a rezgéseket rosszul vezető, nagy ellenállású rétegek és lencsék) csak azok az elmozdulások írhatók le vetőként, amik pannon üledékek vetőinek folytatásában helyezkednek el, azonban ilyet nem találtak. HORVÁTH F. et al. (1990, 1993) és BODROGI M. et al. (1994) Landsat TM és SPOT P digitális űrfelvételek automatikus kiértékelésével, tektonikus eredetű lineamentek vizsgálatát végezték, de MAROSI S. ÉS MESKÓ A. (1997) a kapott eredmények alapján nem látja bizonyítottnak a felszínig hatoló vetők meglétét, mivel a terepi vizsgálatok során nem találtak vetőkre utaló jeleket (

BALLA Z. (1993) szerint a kőzetrések és az lineamentek a domborzati elemekhez igazodnak, ami alátámasztja a fenntartásokat azzal kapcsolatban, hogy a domborzat és a tektonika között közvetlen kapcsolat lenne. MAROSI S. (1959) még azzal magyarázta a törések hiányát, hogy azok mind völgyekhez köthetők és azért nem találjuk őket, mert a völgytalpak talajosodása és a patakok, valamint mélyebben a leszivárgó vizek eltüntették a felszínig hatoló elmozdulások nyomait, amiket később sem találtak (MAROSI S. ÉS SCHWEITZER F. 1997). BALLA Z. (1999), a Földtani Közlönybe írt vitáirában a felszín közelében levő tektonikus eredetű elmozdulások hiánya miatt újra kétségbe vonja a fiatalabb mozgások meglétét, különösen a Duna-menti

törérendszerben. A válaszcikk (TÓTH T. ÉS HORVÁTH F. 1999) módszertani kérdéseket feszeget és a mérési módszerek általi korlátokat tárgyalja. A kérdés eldöntése komoly kihívás, hiszen BALLA Z. (1999), nyitottságára utaló sorával élve: „...*valaminek a hiányát mindig sokkal nehezebb igazolni, mint valaminek a létezését...*”.(BALLA Z. 1999. pp.105.) A legújabb kutatások szerint, az M6-os autópálya építése során, az útbevágásokban végzett megfigyelések alapján, a terület még a felső pleisztocénben is mutatott tektonikus aktivitást. Ez alapján ma már nem az tűnik a fő kérdésnek, hogy a terület felszínalakítását a tektonika vagy a külső erők végezték, hanem hogy melyik folyamat súlya nagyobb a mai domborzat kialakításában, továbbá a külső erők különböző folyamatai milyen szerepet játszottak a völgyek kialakulásában (MAGYARI Á. et al. 2011)

Munkám során főként a külső erők felszínformáló folyamatainak vizsgálatára koncentráltam éppen azért, hogy feltárjam a Dunakömlőd-Paksi löszhát mai domborzatának, valamint a terület völgyeinek és az egyes völgyszakaszok kialakulásában betöltött szerepüket. Különös figyelmet szentelek a völgymorfológia megismerésére, hiszen a szomszédos völgyszakaszok közti különbségek, az exogén felszínalakító folyamatok súlyának eltolódását jelenthetik, azonban szem előtt kell tartani, hogy ezek a jellegzetességek a tektonika közelmúltbeli aktivitására és a felszín közeléig hatoló vetők jelenlétére is utalhatnak. A völgyszakaszok fejlődési stádiumának geomorfológiai alapon nyugvó leírására kiváló eszközként kínálkoznak a digitális domborzatmodellek (DDM) és völgyekre felvett keresztshelvényekből nyert paraméterek adatsorára végzett többváltozós statisztikai elemző módszerek.

Keresztshelvényeket már korábban is alkalmaztak a geomorfológiát kialakító folyamatok leírására. RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs. (2007) doktori értekezésében a Gödöllői-dombság, domborzatát értékelte DDM-ek és a belőlük levezetett térképek, valamint a mintaterületre felvett keresztshelvények alapján.

Hasonlóan a keresztshelvények paramétereinek kiértékelésével kapcsolatban is születtek korábban tanulmányok. Ezek általában ezek eltérő közetminőségű mintaterület és más folyamatok által kialakított völgyek leírására (MARTIN S. BROOK et al. 2008), vagy hasonló mintaterületen eróziós ráta, vagy üledék-felhalmozódás vizsgálatára (ZHU Z. et al. 2004), esetleg hasonló mintaterületen, de eltérő felszínformák leírására

irányultak (GILLIJS K. et al. 2005). Ezen tanulmányok közös jellemzője, hogy a negatív felszínformák leírásánál csupán néhány paramétert használtak.

Korábban számos földtudományi kutatás során alkalmaztak nagy mennyiségű adatok feldolgozására többváltozós statisztikai elemzéseket. Az ilyen jellegű adatelemzések kiemelt szerepet kapnak például a hidrogeológiai vizsgálatok során (KOVÁCS J. 2010, HATVANI I. G. 2010). A módszer lehetővé teszi térben elszórt és időben változó hidrológiai paraméterek csoportosítását, ami a mérőhálózatok optimalizálására és a felszín alatti vizek áramlásának vizsgálatára is használható.

3. A Mintaterület

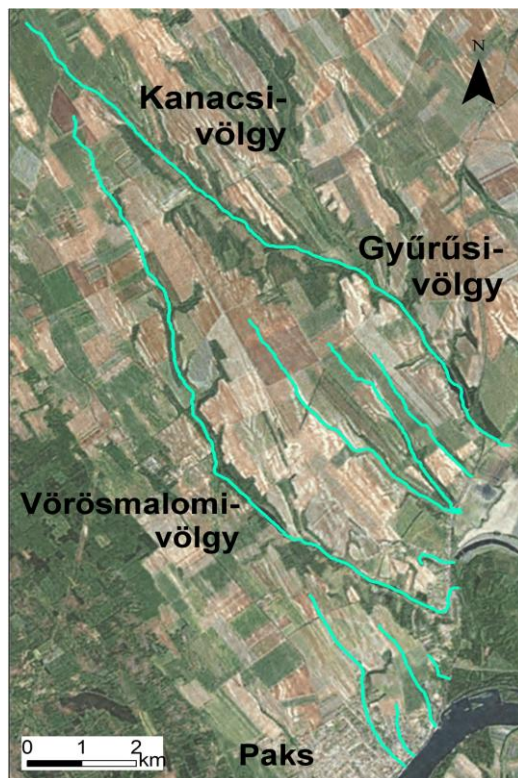
A felszínfejlődési vizsgálatokra kiválasztott 10 völgy, a Dunakömlőd-Paksi-löszhát DK-i részén húzódik (*1. ábra*). A völgyek hosszúsága 0,6 és 14 kilométer közötti. Kiemelendő közülük két, 10 kilométernél hosszabb völgy, a Vörösmalomi-völgy, valamint a Gyűrűsi-völgy és annak a Kanacsi-völgy nevű mellékága, melyek együtt (Kanacs-Gyűrűsi-völgy) a Gyűrűsi-völgyrendszer leghosszabb tagját alkotják. A két leghosszabb völgy azért kitüntetett jelentőségű a vizsgált völgyek közt, mert valószínűleg ezek alakultak ki a legkorábban. Feltételezhető tehát, hogy ezek egyes szakaszai magukon viselik több éghajlatváltozás, így a külső felszínalakító folyamatok többszöri megváltozásának nyomát, ezáltal ezek a legösszetettebbek.

A vizsgált völgyek a Madocsi-öblöt nyugatról határoló Duna menti magaspart peremén nyílnak, csapásirányuk a völgyfőig jellemzően É-ÉK-i. Környezetükben a felszín közeli kőzet főként lösz, de kisebb foltokban, főleg a lealacsonyodott löszhát peremi területein a felszínen megjelenik a homok és a homokos-lösz. A löszplató általános lejtési iránya D-DK-i.

Az 1,5 kilométernél hosszabb fővölgyekben állandó vízfolyást találunk, amely még az aszályos időszakokban sem szárad ki teljesen, azonban a völgyfő közeli szakaszokon és a kisebb mellékvölgyekben a vízfolyások csupán időszakos jellegűek.

A völgyeket több nagyobb mellékvölgy és számos kisebb aszóvölgy, deráziós fülke tagolja, köztük a lösz változatos lepusztulásformáival találkozunk. A völgyoldalakat csuszamlások nyomai csipkézlik, a lealacsonyodott völgyoldalakon

pihenőket találunk, melyek közül a kisebbek lejtős tömegmozgásokhoz köthetők, míg a nagyobbak a völgyoldal futását sűrűn szabdaló mellékvölgyek közti hátaknak az ellenállóbb rétegig történő lealacsonyodásával alakultak ki.



1. ábra: A mintaterület és a két leghosszabb völgy: a Vörösmalomi-völgy és a Kanacs-Gyűrűsi-völgy (Google Earth)

A közelmúltat tekintve egyértelműen az antropogén hatások számlájára írható a felszínformák legfiatalabb generációja. Az ember megjelenésével a hátakra vezető löszmélyutak nyíltak, melyek fejlődése igen gyors, akár pár év alatt is jelentős változások figyelhetők meg. A hátakon elterülő szántók teret adnak a lehullott csapadék gyors lefolyásának és megnövekedett munkavégző képességüknek köszönhetően gyorsítják a mellékvölgyek mélyülését és hátravágódását. A hátak völgyperem közeli részén a lehordott talaj alól felszínre bukkan az alapkőzetet alkotó lösz, a megnövekedett mennyiségű hordalék a mellékvölgy előtti völgytalpon halmozódik fel. A lecsupaszított völgyoldalakat a legelő szarvasmarhák taposása teszi lépcsőzetessé és friss csuszamlások jelennek meg.

A terület geomorfológiáját és az itt található völgyek mai megjelenését a negyedidőszaki felszínalakító folyamatok alakították ki és a felszíni kőzetminőség befolyásolta. A völgyek mentén felvett keresztshelvények összehasonlításával és megfelelő csoportosításával, reményeim szerint nyomon követhetők az éghajlatváltozások hatására változó felszínalakító folyamatok és kimutatható lesz ezen folyamatok jelentőségének megváltozása.

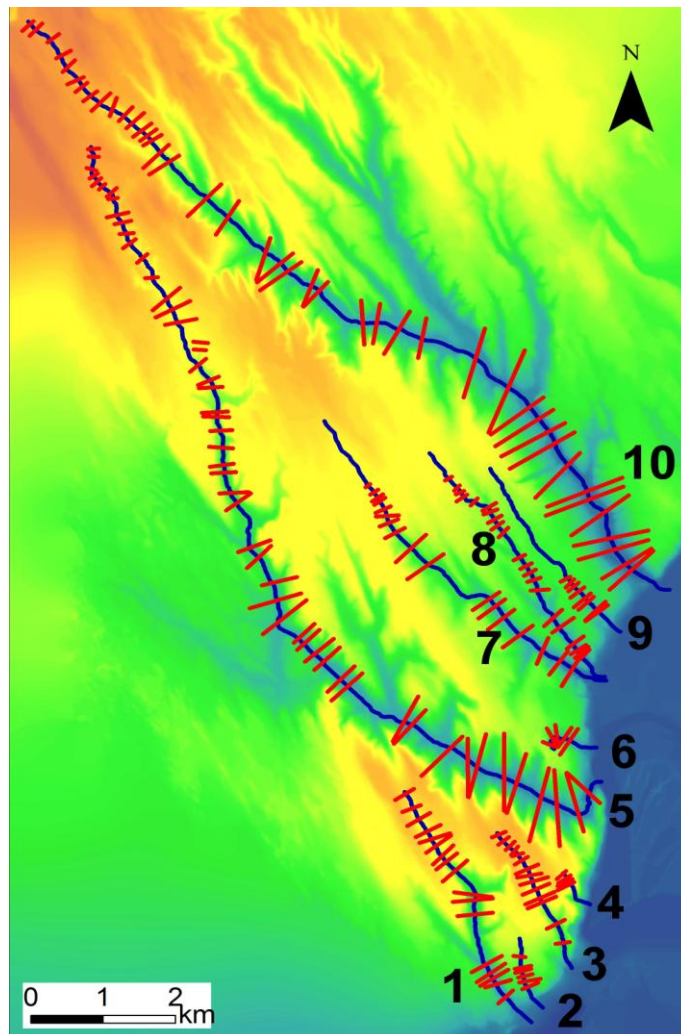
A térinformatikai adatelemzéseinkkel elsősorban annak lehetőségét kívánom megvizsgálni, hogy a digitális domborzatmodellből származtatott völgyomorfológiai paraméterek segítségével hívhatók a völgyek fejlődésének leírásában. A völgy egyes szakaszait keresztshelvényeken felvett domborzati adatok alapján írtam le. Az adatelemzés során többváltozós statisztikai módszerek alkalmazásával zajlik a profilok csoportosítása, a csoportosítás helyességének ellenőrzése. A csoportok adatainak statisztikai kiértékelése után a csoportokat fejlődési sorba rendezve, megkísértem a kialakult rendszer geomorfológiai és felszínfejlődési leírását

Célom, hogy a klasszikus leíró geomorfológián túl a völgyek alakjának kvantitatív jellemzése is megtörténjen, de nem olyan módon, ahogyan a DDM-ből és levezetett térképeiből a mintaterület felszínformáinak általános értelmezése készül el. A völgyek keresztshelvényeit, ezáltal annak környezetét a völgyomorfológiát leíró paraméterekkel kívánom jellemezni, figyelembe véve a terepi megfigyelések során szerzett tapasztalatokat. A völgyprofilok csoportosítása a völgyek alakja alapján és klaszteranalízissel is elkészült, így vizsgálható, hogy a paraméterek alapján felállított csoportok mennyire egyeznek a manuális leválogatással, helyes csoportosítást kaptunk-e, alkalmazható-e a klaszteranalízis a völgyszakaszok jellemzésére, valamint, hogy pozitív eredmény esetén, mely morfológiai paraméterek azok, amik a klaszteranalízissel készült csoportokat leginkább jellemzik.

4. Terepi vizsgálatok

A terepbejárás során a megfigyelhető felszínformákra és azok változásának leírására koncentráltam, elsősorban azért, hogy a későbbi térinformatikai elemzéssel kapott adatokat értelmezni tudjam és levont következtetéseink helyességét ellenőrizhessem. A völgyomorfológia egyes elemeit nem csupán önmagukban

értelmeztem, hanem azok fejlődésének lehetséges módját is megpróbáltam feltárni. A megfigyeléseket összevetve EOVS 1:10000 méretarányú térképlapokkal és az SRTM kis terepi felbontású digitális domborzatmodelljével, már ekkor szembeötlő volt a vizsgált völgyek több jellegzetessége. Egyrészt szemmel látható aszimmetria mutatkozott fejlett völgyek alsó- és középső szakaszának lejtőin, különösen az 5-ös és a 10-es számú völgyek esetén. Az 5-ös számú völgnél az is megfigyelhető, hogy a középső szakaszon az aszimmetria megfordult és oly mértékben hangsúlyos lett, hogy a völgyszakasz déli irányban határozottan nyitottnak mutatkozott, ezzel szemben a 10-es számú völgy esetén a középső- és alsó szakaszon az ÉK-i nyitottság jellemző (2. ábra).



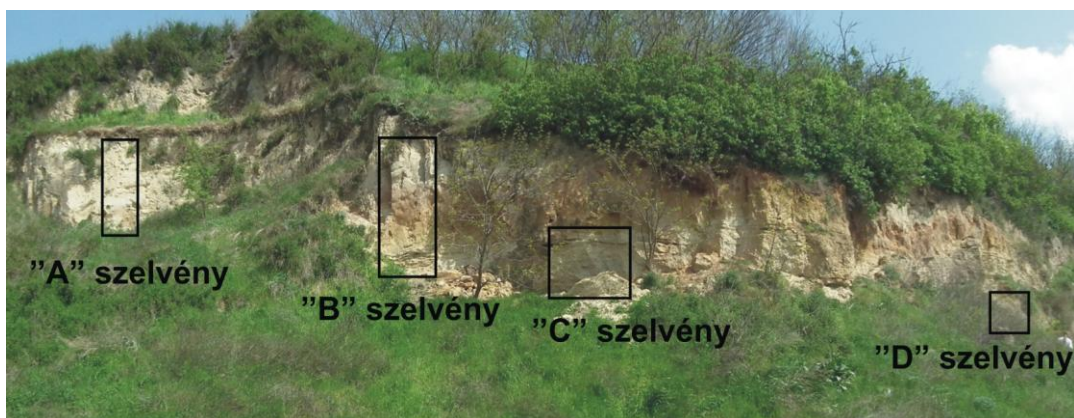
2. ábra: A mintaterület, EOVS 1:10000-es méretarányú térképlapok szintvonalainak digitalizálásából készített domborzati modellje. 1-4, 6, 9: névtelen völgyek; 5: Vörösmalomi-völgy, 7: Juhász-völgy, 8: Kereszt-völgy, 10: Kanacs-Gyűrűsi-völgy

Az említett jelenség egyrészt kőzetminőségi okokkal magyarázható, ugyanis a löszplató peremén a felszínen DNy-on homok jelenik meg másrészt, valószínűleg a löszplató pereme gyorsabban pusztul, mint a plató belső területei.

Az EOVS térképlapokat és az SRTM domborzatmodellt vizsgálva az 5-ös és 10-es völgy futásában két jelentősebb irányváltozás is mutatkozik. Az egyiket ott figyelhetjük meg, ahol a völgyek aszimmetriája megjelenik és a löszplató pereme lealacsonyodik, a másikat a nagyobb mellékvölgyek becsatlakozásánál láthatjuk.

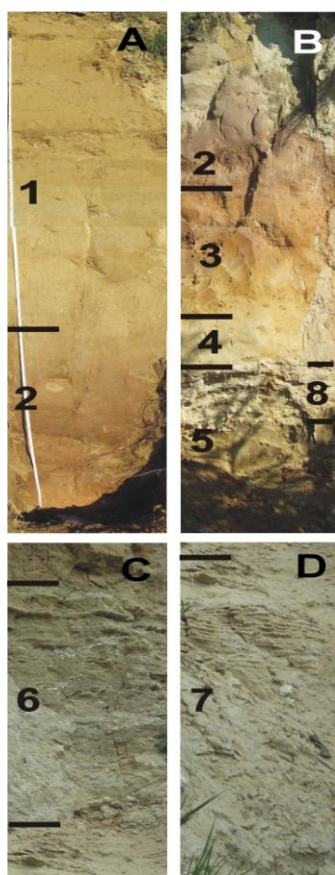
A völgymorfológia és a völgy fejlődésének megértésének érdekében a terepbejárás során felkutattam a fővölgy mentén található feltárásokat, remélve hogy magyarázatot kapunk az aszimmetria okára. A megtalált feltárások egy része kis magasságú volt – maximum 1 méter –, bennük áthalmozott talajokat találtam, más részük elérte a 4-5 méteres magasságot, azonban ezekben a rétegzetlen lösz felett legfeljebb csak a felszín közelében figyelhettem meg fiatal áthalmozásokra utaló jeleket. A völgyek falában talált feltárások nem mutattak jelentős kőzetminőségbeli különbségeket, azonban a hosszú völgyek középső szakaszainak löszplató peremi oldalán, az alacsony völgy pereme fölött a felszínen homokos löszet találtam.

A megtalált feltárások közül csak a dunakömlödi Sánc-hegy (más nevén Bottyán-hegy) Csárda utcai feltárásban tudtam kvázi folyamatos rétegsort leírni. A csuszamlásokkal szabdaltnyugati kitérű völgyoldalban négy szelvénymozaik összeillesztésével egy 8 méteres magasságot meghaladó szelvényt hoztam létre (3. ábra).



3. ábra: A leírt szelvények elhelyezkedése a Csárda utcai feltárásban.

Az "A" jelű szelvénymozaik felső részében egy 220 cm vastag löszhorizont húzódik (4. ábra), aminek legfőbb jellegzetességét a több magasságban is megjelenő vaskiválási szintek adják. Az egykori talajvízszint ingadozásához köthető, oxidatív környezetet jelző sávok egymással közel párhuzamosak, de nem teljesen vízszintesek a mai felszínhez képest, lefutásukat enyhe meghajlások jellemzik, minden bizonnyal az üledékes szerkezetet tükrözik.



4. ábra: A Csárda utcai szelvény feltárásban felvett szelvények.

1 = lösz; 2 = a talajkomplexum felső, agyagos tagja; 3 = a talajkomplexum alsó tagja;
4 = a talajkomplexum kilúgzási szintje; 5 = a karbonát-kiválási szint felső harmada; 6 =
a karbonát-kiválási szint; 7 = homok fekvő; 8 = karbonát-padkák

A löszhorizont alatt az "A" és "B" jelű szelvényekben egy jól fejlett talajkomplexumot figyeltem meg. A fosszilis talajszint pontos magassága klasszikus

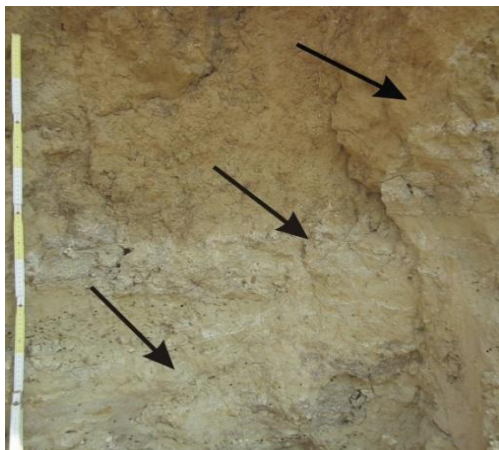
szelvényleírással csak pontatlanul volt megadható, mivel a "B" szelvényben talaj felső szintje csak bizonytalanul volt leírható, azonban az "A" szelvényben a talaj felső szintje megjelent. A párhuzamosítás érdekében a szóban forgó szelvénymozaikokon 5 centiméteres felbontásban megmértem a rétegsor mágneses szuszceptibilitását (MS). A mérések alapján sikerült egyértelműen összeilleszteni a két szelvényt, így a löszhorizont alatti átmeneti szint alját 240 cm mélységben határoztam meg. A talajkomplexum felső vöröses-szürke, rozsdabarna színű tagja 115 cm vastagságúnak adódott, amiben a repedések falán különösen sok mangánkiválás jelent meg. A talajkomplexum alsó vöröses tagja 355-440 centiméter közötti mélységben 85 centiméter vastagságú. A talajkomplexum két tagja közti átmenet fokozatos és lefelé a szemcseméret növekszik. A fosszilis talaj alatt, ahol az üledék már finom-, közepes szemcseméretű homokként írható le, 470 centiméteres mélységben átmenet nélkül egy erősen cementált karbonát padkás szint jelenik meg. A "B" és "C" szelvény karbonát-kiválási szintjei további két méteren át követik egymást, vastagságuk és cementáltságuk fokozatosan csökken. A rétegsorban helyenként 2-5 milliméteres kavicsokból álló vékony rétegek húzódnak, a rétegsor párhuzamosságát homoklencsék törik meg. A legalsó, "D" jelű szelvényben keresztarétegzett homokot találunk. A megfigyelések folyóvízi településű homokra utalnak, aminek cementáltságát a talajkomplexum kilúgzása, a különböző karbonátcementációs szinteket minden bizonnyal a homok eltérő szemcseméretű rétegei, esetleg az egykori talajvízszint ingadozása okozhatta.

A leírt szelvényt összevetettem a Paksi téglagyári feltárás rétegsorával (PÉCSI M. 1979), amelynek alapján a Sánc-hegyi szelvény fosszilis talaját az alapszelvényben leírt talajt Mende-Bázis talajkomplexumként (MB) azonosítottam. A Csárda utca házai mögött több száz méter hosszan követhető a MB talajszint, ami kirajzolja az paleodomborzatot. Ez alapján a Vörösmalomi-völgy bevágódása a fosszilis talaj képződését követően történhetett.

A feltárásban a talajkomplexum és a karbonátkiválások szintjében 4 helyen vetősíkokat talált figyeltem meg (5. ábra). Két esetben is azt találtam, hogy a vetősík meredeksége változik, alja a vízszinteshez tart. Ez arra utal, hogy nem tektonikus eredetű vetőre, hanem csuszamlások nyomára bukkantam. Ezt erősíti az a tény, hogy átlagosan 40 méter magasságú magaspart, innen alig 100 méterre, a Sánc-hegy keleti

oldala mentén húzódik, így korábban is könnyen megindulhattak jelentős, a Sánc-hegy rétegsorát felszabdáló csuszamlások.

A Sánc-hegy tetőszintjében találjuk a Római Birodalom egykori határán húzódó Limes kiemelt jelentőségű őrhelyét, Lussoniumot. A 2011. évi ásatások során a Paksi Városi Múzeum munkatársai lehetővé tették az egyik feltárt és leírt árok további négy méteres kimélyítését. A gödörben kialakított szelvényben egy a MB paleotalajnál rétegtanilag magasabb pozícióban elhelyezkedő, közel két méter vastagságú barna fosszilis talaj húzódik, amiben faszenet és állati csontok maradványait találtam meg. A paleotalaj alatti és feletti löszrétegekből dr. Novothny Ágnessel (ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék) lumineszcens kormeghatározásra mintákat vettünk. A mérés jelenleg is folyamatban van. A Sánc-hegy északi peremének közelében mélyített ásatási gödör kultúrszintjében témavezetőmmel találtunk egy élénksárga réteget, ami a paksi feltárás vulkáni hamurétegével, a Bagi Tefrával mutat nagyfokú makroszkópos hasonlóságot, így feltételezhető, hogy ez valószínűleg a Bagi Tefra. A feltárásban MB talajkomplexumként azonosított fosszilis talaj felismerését követően, figyelembe véve, hogy a MB fölött 10 méter vastagságot meghaladó üledékréteget találunk, a vulkáni hamuréteg megjelenésével már korábban is számoltam. A szóban forgó réteg azért maradhatott fenn az ókori őrhely alatt, mert a római építkezéseket megelőző planírozást megállította a tefraréteg felett néhány centiméterrel húzódó, karbonáttal erősen cementált szint. A régészek az ásatási gödröt a kultúrszint alá mélyítették, akaratlanul feltárva a Bagi Tefra kanárisárga rétegét. Ebben a feltárásban egy újabb csuszamlás nyomát találtam meg.



5. ábra: A Csárda utcai feltárásban megtalált egyik csuszamlás síkja

Az ásatáson talált fosszilis talaj és a tefra réteg részletes leírása megtörtént, mivel azonban ezek az eredmények egyelőre nem illeszthetők a völgyek fejlődéstörténetébe, ennek részletezésére jelen munkám során nem tér ki.

5. Térinformatikai adatelőkészítés

A völgyek fejlődésének és a felszínformák, valamint a völgyszakaszok kialakulásának jobb megértésére a térinformatika eszközeit hívtam segítségül. Korábbi morfometriai és morfogenetikai vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a digitális domborzatmodelleken végzett hasonló vizsgálatok a jelen kutatásban is értékes eredményekre vezethetnek. A többor morfometriai vizsgálatokkal kapcsolatban több tanulmány született (MARI L et al. 2007), a kidogozott módszerek termokarsztos mélyedések vizsgálatában, az űrfelvételeken történő kiértékelések során is alkalmazhatónak bizonyultak (TELBISZ T., NAGY B. 2008.). Egy másik sokat kutatott terület a vulkánok és salakkúpok szintvonalainak és lejtőprofiljának morfometriai elemzése, ami lehetőséget kínálhat a megfigyelt vulkáni formák relatív kormeghatározására és az egykori kúpok rekonstrukciójára (KARÁTSZON D. 2012).

A völgyek morfometriai vizsgálatához, a völgyprofilok felvételezéséhez és a profilokat jellemző paraméterek meghatározásához megfelelő digitális domborzatmodellre (DDM) volt szükség. A térinformatikai elemzéshez szükséges adatokat az ESRI ArcGIS 10.3 Desktop ArcMap alkalmazásával állítottam elő. Első lépésben EOVS 1:10000 méterarányú térképlapok szintvonalait digitalizáltam, mivel a szabad hozzáférésű adatbázisok nem biztosítottak kellően nagy terepi felbontást. A domborzatmodellt a Topo to Raster Tool segítségével állítottam elő, különböző, 1,2 és 25 m/képpont terepi felbontásban. A későbbiekben kiderült, hogy a kisebb felbontások nem nyújtottak kellő részletességet, a nagyobb felbontású raszterek viszont a digitalizált szintvonalak nagy távolsága miatt kialakult interpolációs hibák miatt alkalmatlanok voltak az adatelemzésre. Bár már a 4 m/pixel felbontású DDM-en is jórészt eltűntek ezek a hibák, mégis az 5 m/pixel felbontású DDM-et használtam a magassági adaton végzett elemzéskor. Az interpoláció során, a szintvonalak által nem jelzett gödrök jelentek meg a DDM-en, amik mélysége a kompromisszumos megoldásként

alkalmazott 5 m/pixel terepi felbontásnál jellemzően nem érte el az 1 métert. A megjelenő depressziók eltüntetését a Fill Toollal végeztem. Erre első sorban azért volt szükség, mert meg kellett határozni a felszínen összegyülekező és a völgyprofil legmélyebb pontján lefutó potenciális vízfolyásokat, amik a völgyi vízfolyásokkal közel azonos pályán futottak le a Duna ártéri síkja felé. A domborzatmodell minden olyan képpontját potenciális vízfolyásként kezeltem, ahová legalább 1000 képpontról, vagyis 2,5 ha-os területről folyt össze a víz. Az ennél kisebb területről összefolyó potenciális vízfolyások jelentősen eltértek a valódi vízfolyásoktól és a kitöltött gödrök sík felületén indokolatlanul kitértek a várható lefolyási iránytól. Ennek a problémának megoldása lehetett volna az EOVTérképlapokon jelzett vízfolyások DDM-be égetése, azonban itt nem a valódi, de hosszú szakaszokon szabályozott árkok futásának modellezése volt a fő célom. A fővölgyben lefutó modellezett vízfolyást völgyvonalként kezeltem, hiszen potenciális vízfolyás a völgy mentén minden profil legmélyebb pontját adta modellezés során. A potenciális vízfolyásokat digitalizáltam a völgy teljes hosszán, majd a gödrök kitöltésével módosított DDM magassági adatait hozzárendeltem a vonalas alakzat töréspontjaihoz. Ebből elő tudtam állítani a völgy esésgörbéit. Mivel az adatok DDM-ből származnak, ezért az esésgörbe nem esik egybe pontosan a völgyek valódi vízfolyásainak esésgörbéjével, azonban ilyen pontosságra a vizsgálat során nem is volt szükség.

A völgyprofilokhoz és az azokat jellemző paraméterek előállításához szükséges keresztszelvényeket a DDM-ből levezetett lejtőszög térkép alapján határoztam meg. A keresztszelvényeket minden esetben a völgyvonalra merőlegesen vettem fel oly módon, hogy annak két végpontját ott jelöltem ki, ahol a hátrafelé futó völgyoldalak lejtőszöge lecsökken 2° -ra. További kritériumokat is figyelembe kellett venni a keresztszelvények felvételénél. Fontos szempont volt, hogy a keresztszelvény ne fusson bele egy közeli, vagy betorkolló mellékvölgybe, valamint végpontjait ne egy kisebb, például csuszamláshoz köthető pihenőn vegyem fel. Ezzel a módszerrel a 10 vizsgált völgy mentén összesen 184 keresztszelvényt sikerült kijelölni, amikhez egy bilineáris interpolációt alkalmazva átlagosan 2 méterenként hozzárendeltem (Extract Multi Values to Point Tool) az 5 m/pixel felbontású DDM magassági értékeit. Az alkalmazott eljárások így a DDM terepi felbontásánál valamivel nagyobb részletességet

eredményeztek. Eredményül megkaptam a szelvények menti völgyprofilokat és meg tudtam határozni a völgyperemek magasságát (H a keresztshelvény menti magasabb, h az alacsonyabb völgyperem magassága), valamint a völgyperemek távolságát (D).

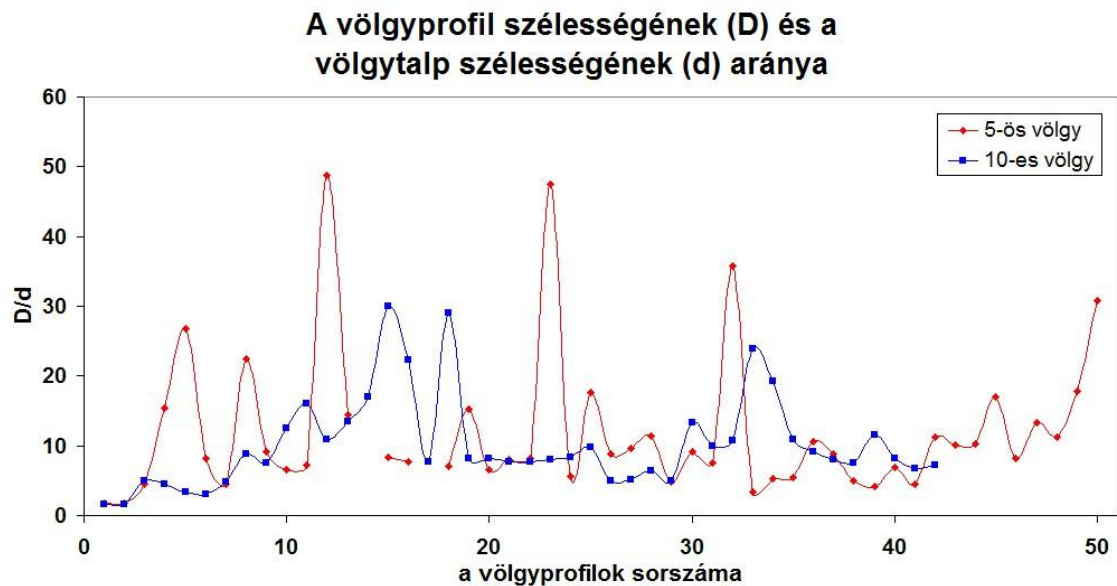
Ezen felül kimértem a völgytalp szélességét (d) ugyancsak a lejtőshög térkép alapján. A 2° -nál és a 5° -nál kisebb lejtésű profilszakaszokat kezeltem völgytalpként. A két, eltérő kritériumokkal végzett mérésre azért volt szükség, mert a völgyek különböző szakaszain az EOVS térképlapok szintvonalai más-más lejtőshögeknél jelezték a völgytalp és a völgyoldal határát. Annak eldöntése, hogy melyik kritérium helytállóbb a völgytalp kijelölésekor, esetleg ezek együttesen is alkalmazhatók, jelenleg folyik.

Elkészítettem a mintaterület lejtőshög térképét, felszingörbületi- és lejtő irányú görbületi térképét is annak reményében, hogy az belőlük származó adatokból, a keresztshelvényekre meghatározott paraméterekkel pontosítható legyen a völgyprofilok csoportosítása. Az újabb interpolációk során az 5 m/pixel terepi felbontású DDM digitalizálásból eredő hibái jelentősen felerősödtek ("teraszossá" váló felszín) ezért ezeket a levezetett térképeket csak folyamatos térképi és DDM alapján végzett ellenőrzés mellett tudtam használni.

6. Eredmények

6.1. A paraméterek

A kapott eredmények kiértékelésekor mindenképpen figyelembe kellett venni több, a DDM és az abból levezetett lejtőshög térkép interpolációja során adódó hibát, amelyek egy része a DDM felbontása miatt jött létre. Az interpoláció során a lejtőshög térképet a szintvonalak jól láthatóan torzították. Ez a jelenség főként a nagyobb hátakon és platókon mutatkozott, így a keresztshelvények kijelölése során nem jelentett problémát. Ezzel szemben komoly gondot jelentett a völgytalpak lejtőshög térképek alapján történő kijelölése. Azt tapasztaltam, hogy az domborzatmodellen az éles lejtőshög váltások nem jelentek meg, a DDM ezeket elsimította, ezáltal a völgytalpaknak a keresztshelvény mentén mért szélessége és az ebből számolt arányok csak fenntartásokkal értelmezhetők. A 6. ábrán jól megfigyelhetjük, hogy a völgy szélességének (D) és a völgytalp szélességének (d) aránya milyen jelentős eltéréseket mutat, akár már szomszédos profilokat vizsgálva is.



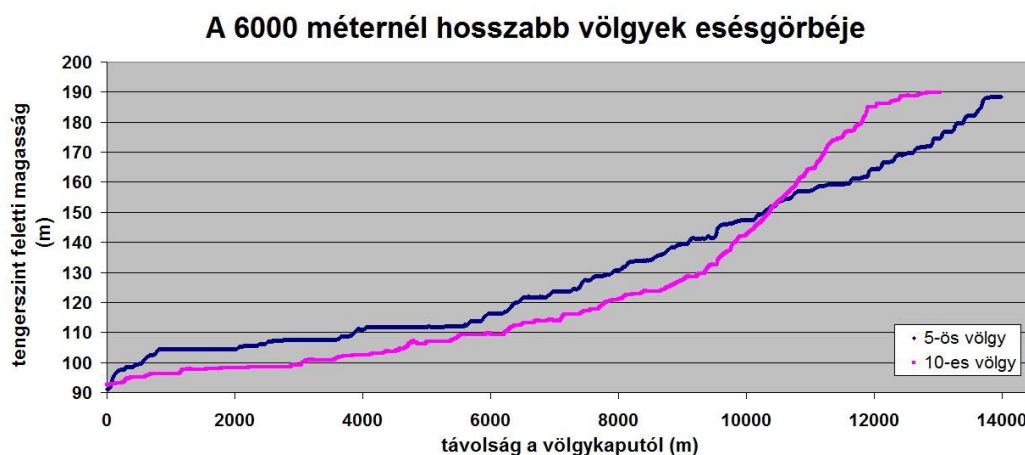
6. ábra: A völgy- és a völgytalp szélesség arányának változása a Vörösmalomi-völgy (5) és a Kanacs-Gyűrűsi-völgy (10) mentén.

Korábbi vizsgálatok is kimutattak hasonló jelenséget (VÉGH T. - HORVÁTH E. 2012) ám akkor a kevés számú minta és a pontatlanabb keresztaszvénny felvételezés kissé eltérő módja miatt úgy tűnt, hogy a hibásan felvett keresztaszvénnyek adják a kiugró értékeket és ezzel az aránnyal ezek a keresztaszvénnyek kiszűrhetők lesznek. Valószínűsíthető, hogy ahol nagyobb kiugró arány jelenik meg, ott a völgytalp szélessége, ahol kisebb az arány a szomszédos értékekhez képest, ott a völgyperemek távolságának meghatározása volt pontatlan. A völgy mentén haladva a D-d arány hirtelen is megváltozhat, ekkor azonban a domborzat-, a kőzetminőség-, vagy egyéb tényezők változásával valószínűsíthető. Mindez bizonyos völgyszakaszoknál valószínűleg igaz is lehet, azonban nem szabad megfeledkezni arról, hogy a mintaterület völgyeinek oldalát kisebb-nagyobb mellékvölgyek, vízmosások, csuszamlások tagolják, az egymáshoz közel futó völgyek között húzódó háta pedig sok esetben jelentősen lealacsonyodtak. Ez utóbbi jelenség a mostani vizsgálatban főként a mintaterület északi részén jelenik meg, ahol a vizsgált völgyek mellett közel párhuzamosan mellékvölgyek futnak és a völgyvonalak távolsága jellemzően 250-600 méter.

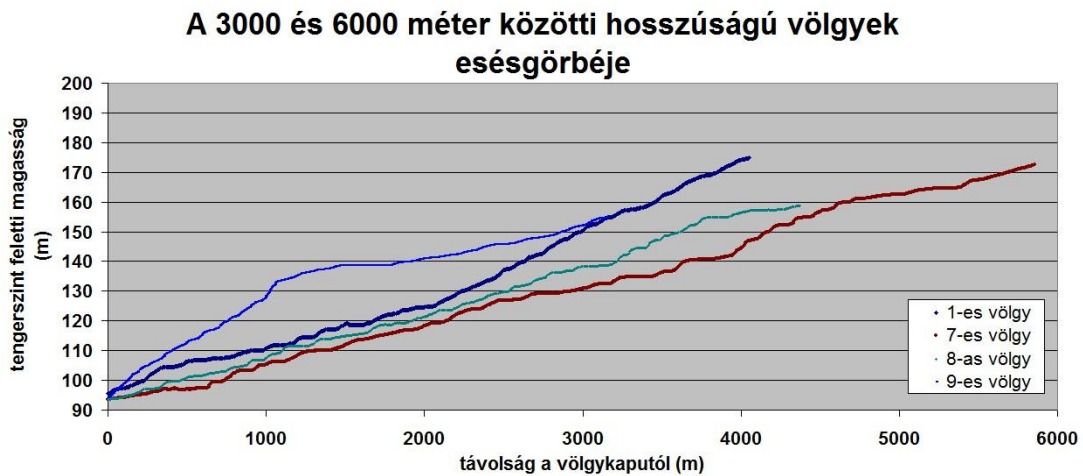
Mindez és a DDM-en keletkezett deciméteres nagyságrendű gödrök az jelzik, hogy a modellezett domborzat a valós felszínt csak hasonló nagyságrendű pontossággal adja vissza.

A potenciális vízfolyás magassági adataiból elkészültek a völgyek esésgörbéi, ami a hosszabb völgyek esetén a normál vízfolyások esésgörbéihez hasonlóan konkávok (7. ábra), ami a vártnak megfelelő eredmény, mivel a völgytalp kimélyítését a völgyben lefutó vízfolyás végzi. A 6 kilométernél rövidebb völgyek esésgörbéje jellemzően lineáris, vagy konvex profilt mutat, ami arra utal, hogy ezek a völgyek jóval fiatalabbak, vagyis korábbi fejlődési állapotban vannak és még nem alakult ki a normál esésgörbe (8-9. ábra).

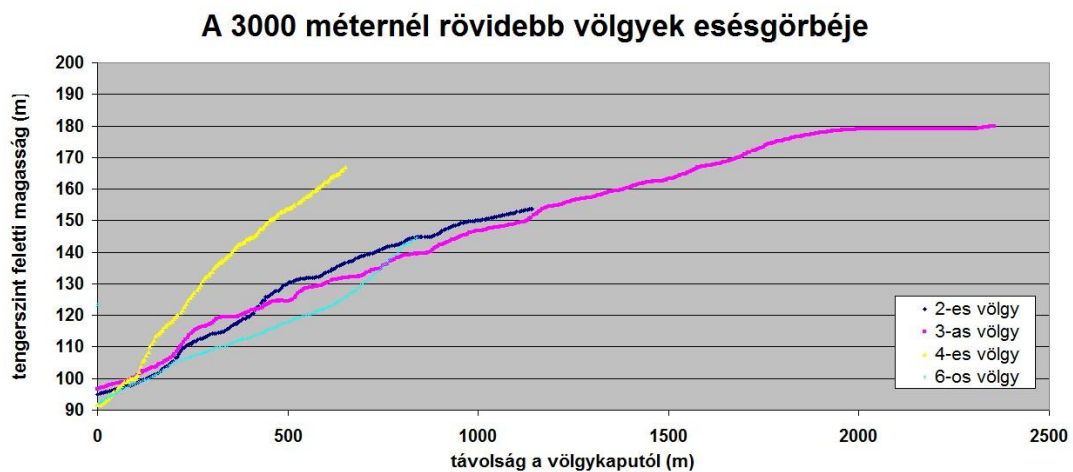
Az esésgörbéken megfigyelhetők vízszintes szakaszok, amik az interpoláció során kialakult gödrök kitöltéseiből köthetők. A gödrösödések helyét követően több ponton is jelentősen megnő az esésgörbék meredeksége. A DDM-mel összevetve ezeken a pontokon mellékvölgyek csatlakoznak a fővölgybe, ahol a fővölgyben lefutó patakba betorkollik a mellékvölgyből lefutó időszakos vízfolyás és a megnövekedett eróziót kifejtő patak mélyebben képes bevágni a felszínbe, mint a felsőbb szakaszon. Az esésgörbék a hosszabb völgyek alsó szakaszán ellaposodnak, ami ezen völgyszakaszok jelentős feltöltődésére utal. A görbéken a völgykapunál a magaspart pereméhez közeledve jelentős letörések figyelhetők meg. Itt a vízfolyások a magaspart előtti fiatalabb Duna-teraszba vágódtak bele, megkezdve a völgytalpak mélyítését az óholocén ártér szintjére.



7. ábra: A Vörösmalomi- és a Kanacs-Gyűrűsi-völgy esésgörbéje.



8. ábra: A közepes hosszúságú völgyek esésgörbéi.



9. ábra: A Duna-menti magasparra nyíló rövid völgyek esésgörbéi.

6.2. A klaszteranalízis eredményei

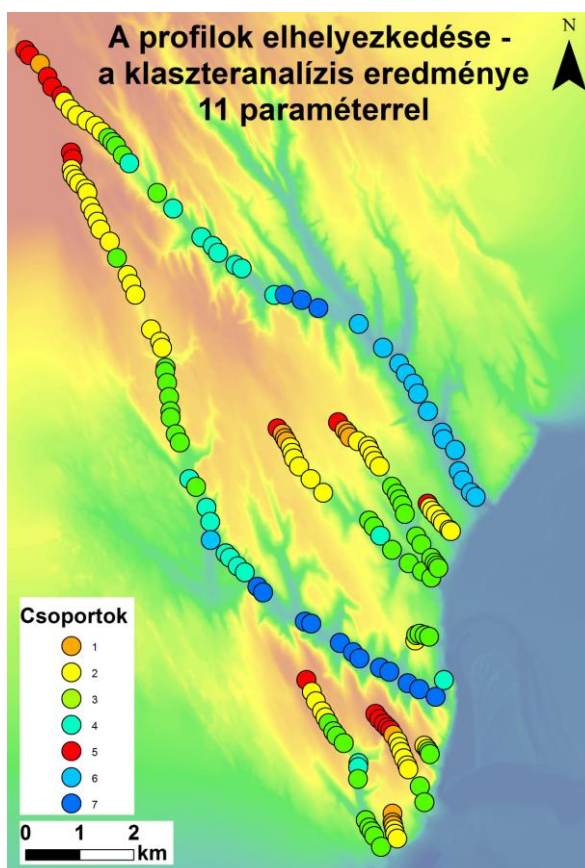
A kutatás megkezdésekor elsődleges célként tűztem ki, hogy a geomorfológiai vizsgálatok során egzakt matematikai módszerekkel támasszam alá a profilok csoportba sorolását. Az ily módon végzett adatelemzéssel azt kívántam elérni, minimálisra csökkenjen a annak a valószínűsége, hogy egy profil csupán azért kerül egy adott csoportba, mert a völgy mentén a környezetében hasonló megjelenésű profilok helyezkednek el. A klaszteranalízis megfelelő eljárásnak tűnt a profilok egzakt csoportosítására, amik konzulensem birtokában lévő, saját készítésű programok és az SPSS nevű szoftver segítségével készültek.

A klaszteranalízis megelőzően ki kellett választani azokat a keresztshelvényeket jellemző völgymorfológiát leíró paramétereket, amik alkalmasak voltak a vizsgálatra. Mivel a klaszteranalízis során csak egymástól független paraméterek alkalmazása célravezető, ezért első körben kizártam a DDM-ből és a levezetett térképekből mért minden olyan paramétert, ami valamilyen arányszámot mutat. Emiatt az analízisből többek között kizártam a völgyperemek távolságának (D) és a völgytalp szélességének arányát (d), valamint a völgyperemek távolságának (D) és a magasabb völgyperem relatív magasságának (H) arányát. Mivel a D érték mindkét paraméterben szerepel, ezért a klaszteranalízis során a d és H értékeknél nagyobb súllyal számítana a csoportok képzésekor. Ebből a megfontolásból csak olyan paraméterekre hagytam, amik a DDM-ből, vagy a levezetett térképekből származó nyers adatok.

Az első próba során a klaszteranalízist 11 paraméterre futtattuk le, ezek a következők:

- a keresztshelvényen átmenő potenciális vízfolyás vízgyűjtő területe (FA)
- a völgyperemek távolsága (D)
- a magasabb völgyperem völgyvonalhoz viszonyított, relatív magassága (H)
- a 2°-nál és 5°-nál kisebb lejtésű szakaszok hossza a keresztshelvény mentén (SL₂, SL₅)
- a völgytalp szélessége 3 különböző módon meghatározva:
 - a 2°-nál kisebb lejtésű völgytalp szélessége (d₂)
 - az 5°-nál kisebb lejtésű völgytalp szélessége (d₅)
 - a lejtő irányú görbületi térképen a legnagyobb görbületi értékű pontok távolsága (d_{pc})
- a magasabb völgyoldal meredeksége 3 különböző módon meghatározva:
 - a völgyoldal átlagos meredeksége a 2°-nál nagyobb lejtőszögű völgyoldal szakaszon (θ₂)
 - a völgyoldal átlagos meredeksége az 5°-nál nagyobb lejtőszögű völgyoldal szakaszon (θ₅)
 - a völgyoldal átlagos meredeksége az lejtő irányú görbületi térkép legnagyobb pozitív és legnagyobb negatív görbületű pontja között (θ_{pc})

Már az első próbafuttatás során a profilok olyan statisztikus csoportjai alakultak ki, amik völgyszakaszként is értelmezhető csoportokat alkottak, azonban a csoportok profiljainak jelentős része elszórtan helyezkedett el, ráadásul szemmel láthatóan nem a megfelelő csoportba került besorolásra (10. ábra).



10. ábra: A völgyprofil csoportok elhelyezkedése, a 11 paraméterrel végzett klaszteranalízis eredménye alapján.

A felhasznált paraméterek között több, hasonló jellemzőt leíró, de eltérő módon számolt adat található. Mivel ezen értékek egymáshoz viszonyított aránya egy-egy profilra jellemző, ezért azt vártam, hogy a klaszteranalízis során pontosíthatják a profilok csoportba sorolását, de számolni kellett azzal is, hogy a hasonló morfológiai jellemzőt leíró paraméterek korrelációja túl magas lesz, így nagyobb súllyal számítanak a csoportba sorolás során, mint más paraméterek. Az első csoportosítás során ezért a csoportok értelmezésén túl különösen fontos volt a korrelációs mátrix értékelése, vagyis annak vizsgálata, hogy a felhasznált paraméterek mennyire függetlenek. Itt elsősorban a

hasonló jellemzőket mutató paraméterek függetlenségével foglalkoztam - SL, d és θ paraméterek - hiszen ezek azok az adatok, amik túlzott mértékben meghatározhatják egy-egy profil besorolását (1. táblázat).

	FA (ha)	H	θ_2	θ_5	θ_{pc}	SL ₂	SL ₅	D	d ₂	d ₅	d _{pc}
FA (ha)	1,000	0,776	0,158	0,152	0,094	-0,014	-0,150	0,841	0,559	0,687	0,654
H	0,776	1,000	0,483	0,440	0,386	-0,253	-0,497	0,866	0,415	0,651	0,678
θ_2	0,158	0,483	1,000	0,929	0,884	-0,387	-0,732	0,134	-0,092	0,161	0,117
θ_5	0,152	0,440	0,929	1,000	0,926	-0,450	-0,685	0,147	-0,152	0,201	0,084
θ_{pc}	0,094	0,386	0,884	0,926	1,000	-0,424	-0,657	0,095	-0,160	0,154	0,070
SL ₂	-0,014	-0,253	-0,387	-0,450	-0,424	1,000	0,673	-0,134	0,550	-0,151	0,122
SL ₅	-0,150	-0,497	-0,732	-0,685	-0,657	0,673	1,000	-0,198	0,229	-0,212	-0,054
D	0,841	0,866	0,134	0,147	0,095	-0,134	-0,198	1,000	0,538	0,759	0,740
d ₂	0,559	0,415	-0,092	-0,152	-0,160	0,550	0,229	0,538	1,000	0,573	0,714
d ₅	0,687	0,651	0,161	0,201	0,154	-0,151	-0,212	0,759	0,573	1,000	0,718
d _{pc}	0,654	0,678	0,117	0,084	0,070	0,122	-0,054	0,740	0,714	0,718	1,000

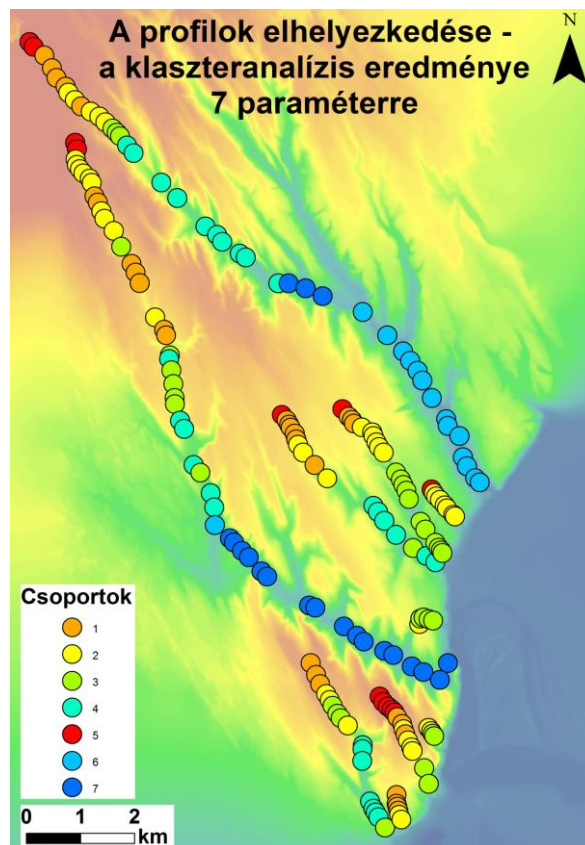
1. táblázat: A keresztmetszvényekre meghatározott 11 paraméter korrelációs mátrixa.

A magasabb völgyperemhez tartozó völgyoldal 3 különböző módon meghatározott átlagos meredekségei, 0,9 körüli korrelációt mutatnak, vagyis köztük erősen függő kapcsolat áll fenn. A völgytalp különböző módon meghatározott szélességei közül a d₂ és d_{pc} paraméterek, valamint a d₅ és d_{pc} magas korrelációt mutatnak, vagyis ezen paraméterek között is markáns a kapcsolat, viszont a d₂ és d₅ között csupán közepesen erős kapcsolat mutatkozott. Hasonló, közepes korreláció mutatkozott SL₂ és SL₅ paraméterek között.

A hasonló paraméterek közti erős, vagy markáns kapcsolat miatt szükségesnek bizonyult a vizsgálat során felhasznált paraméterek számának csökkentése, oly módon, hogy a hasonló paraméterekből csak egy maradjon a változók között a klaszteranalízis újabb futtatásakor. Korábban a lejtőszög térkép 2 fokos értékeit több más paraméter, mint például a H és D értékek meghatározásánál is figyelembe vettem, ezért a d és θ értékek hasonló szempont alapján meghatározott változatát, vagyis a d₂ és θ_2 értékeket alkalmaztam a továbbiakban, valamint ezek voltak azok az értékek, amiket keresztmetszvényeken, kizárólag az előre meghatározott elveket figyelembe véve is meg tudtam határozni. Az SL₂ és SL₅ paramétereket a továbbiakban is használtam, mivel

ezek csupán közepes korrelációt mutattak így nem jelentek meg túlzott súllyal a csoportosítás során.

A fennmaradó 7 paraméterre elkészült második csoportosítás jelentős eltérést mutatott a korábbitól. Amennyiben geomorfológiát figyelembe véve a klaszteranalízis eredményéül azt a csoportosítást fogadjuk el, amiben 7 csoport került kialakításra, akkor a 184 vizsgált keresztshelvényből 60, vagyis a profilok közel harmada került át más csoportba. A 60 profil esetén a csoportba sorolás megváltozása minden esetben a völgyek mentén, térben szomszédosan elhelyezkedő csoportba történő átsorolást jelentett. Ez utóbbi eredmény azt mutatja, hogy a kialakult csoportok a felvett adatok alapján statisztikailag valóban egységeket képeznek, a felhasznált paraméterek számának 11-től 7-re történő csökkentése pedig az egyes profilok csoportba sorolásának pontosítását eredményezte (11. ábra).



11. ábra: A völgyprofil csoportok elhelyezkedése, a 7 paraméterrel végzett klaszteranalízis eredménye alapján.

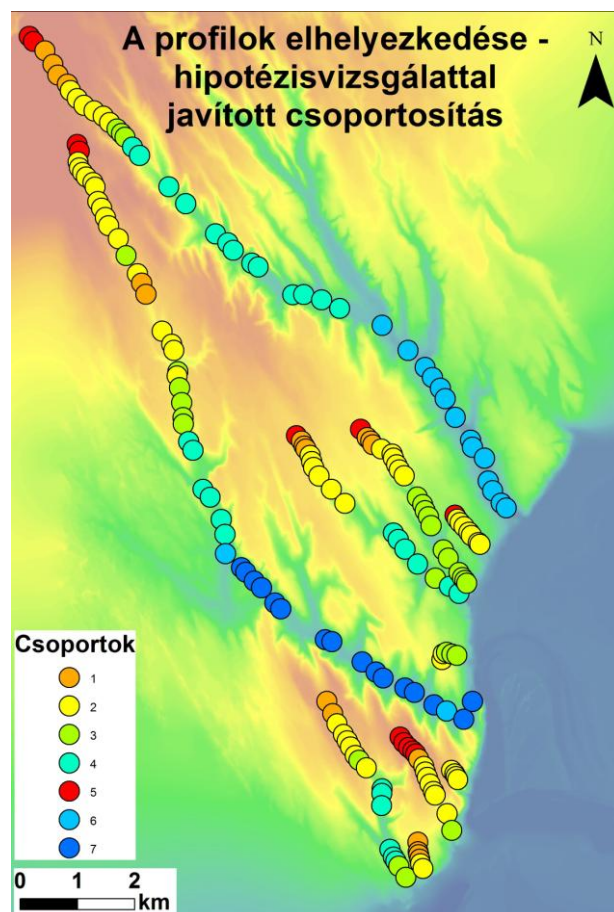
Az újonnan kialakult csoportok egyes tagjainak besorolása, egy olyan geomorfológiailag jobban értelmezhető csoportosításhoz vezetett, ami a felszínfejlődés szempontjából összetartozó, valódi völgyszakaszokat alkotó profilok halmazait eredményezte.

6.3. A hipotézisvizsgálat eredménye

Ezt követően hipotézisvizsgálat készült a 2. klaszteranalízis során kialakult 7 csoportra, annak érdekében, hogy megvizsgáljam a klaszteranalízis során kialakult csoportosítás helytállóságát, mivel az eljárás során bizonyos profilok egy - esetleg kettő - kiugró paraméter alapján kerülhetett besorolásra. A hipotézisvizsgálat során az érintett profilok átsorolásra kerültek abba a csoportba, amibe a 7 paraméter alapján nagyobb valószínűséggel tartoznak.

Az eljárás során kialakult a 3. csoportosítás, ami a 2. csoportosításhoz viszonyítva a besorolásnál 25 profil esetén mutatott eltérést. 14 esetben gyakorlatilag visszasorolást történt, vagyis az 1. és 3. csoportosításnál 14 keresztszelvény ugyanazt a besorolást kapta (12. ábra). A szóban forgó 25 profil alakját, a keresztszelvények elhelyezkedését és felvételének pontosságát egyenként megvizsgáltam, annak érdekében, hogy eldöntsem, valóban szükséges volt-e a hipotézisvizsgálat, valamint hogy az új csoportosítás geomorfológiai szempontok alapján valóban megalapozott-e. 18 esetben megalapozottnak bizonyult a csoport besorolásának megváltozása, hiszen ezek mind olyan profilok voltak, amik alakjukat és helyzetüket tekintve valóban jobban illettek az új csoportba. Jellemző volt, hogy a csoportosítás során kialakult két völgyszakasz között jelentek meg egy harmadik, eltérő csoportot alkotva, vagy a keresztszelvény kijelölésének módja miatt valamely paraméter – például a lejtő meredeksége, a völgyperemek távolsága, a völgytalp szélessége – jelentősen eltért a szomszédos paraméterek hasonló értékétől. 3 esetben az eredeti völgyszakaszt alkotó csoport szélső tagja került át a szomszédos csoportba, de nem sikerült a domborzat, vagy az adatfelvétel alapján magyarázatot adni. Az 1_16-os és 3_13-as azonosító számú profilok esetén nem tűnik indokoltnak a besorolás megváltozása. Az előbbi profil sekélyebb és szélesebb, mint az új csoport tagjainak jellemző alakja, míg az utóbbi profil esetében a

keresztshelvény egy közeli mellékvölgy betorkollásához közel lett felvéve, ami valószínűleg torzítja a profil alakját és növeli a völgyperemek távolságát, valamint a völgytalp szélességét. Az 5_22-es azonosító számú profil besorolásának módosítása indokoltnak tűnik, azonban véleményem szerint nem a megfelelő csoportba került besorolásra. Az 5_48-as azonosítószámú profil átsorolása a domborzat alapján szintén indokoltnak tűnik (a profil lealacsonyodott északi oldalú völgyszakaszon fekszik), azonban a szomszédos profilok és az új csoport profiljainak jellemző alakja alapján jobb lenne az eredeti besorolást megtartani. (A mintaterületen felvett keresztshelvények sorszámozása –”a_bb” – az alábbiak szerint történt: a = a völgy azonosító száma, délről észak felé növekszik, b = a völgyön belül felvett keresztshelvény sorszáma, a völgyfőtől a völgykapu felé növekszik. Ez alapján például a Vörösmalomi-völgy völgykapuhoz legközelebb eső, vagyis 50-edik keresztshelvénye az 5_50 azonosítót kapta.)



12. ábra: A völgyprofil csoportok elhelyezkedése, a 11 paraméterrel végzett klaszteranalízis eredménye alapján

Végeredményben a 25 átsorolt profilból 4 esetben volt indokolatlan, vagy véleményem szerint megalapozatlan a csoportba sorolás megváltozása, 3 esetben pedig nem sikerült megtalálni az átcsoportosítás lehetséges okát. Ez azt jelenti, hogy a hipotézisvizsgálat 18 esetben, vagyis a 72%-ban javított a csoportosításon, 12%-ban bizonytalan az eredmény és csupán 16%-ban bizonyult helytelennek az új besorolás. Mindezek alapján hipotézisvizsgálat szükséges lépésnek bizonyult az adatelemzés során.

A vizsgálatok során kiemelt kérdés volt, annak eldöntése, hogy az alkalmazott paraméterek milyen mértékben határozzák meg a csoportosítást és az egyes paraméterek mennyire alkalmasak a profilok olyan csoportba rendezésére, ami a vizsgált terület geomorfológiai jellemzőinek figyelembe vételével értelmezhető. Ezen kérdések eldöntése érdekében elkészült az adatok Wilk's Lambda statisztikája és a box-whiskers plotok kiértékelése.

6.4. A Wilk's Lambda statisztika eredménye

A Wilk's Lambda statisztika során azt vizsgáljuk, hogy az elemzésre felhasznált paraméterek egymáshoz viszonyítva milyen mértékben határozzák meg a kialakult csoportosítást. A mutató értéke minden vizsgált paraméterre $0 \leq \lambda \leq 1$ értéket vehet fel. $\lambda=1$ esetén a paraméter semmilyen mértékben nem határozza meg a csoportosítást, $\lambda=0$ esetén a vizsgált paraméter egyértelműen meghatározza a csoportokat, vagyis azok kialakítása a szóban forgó paraméter alapján történt.

A hipotézis vizsgálat során kialakult csoportosítás alapján, a vizsgált 7 paraméterre elkészült Wilk's Lambda statisztika azt mutatja, hogy a csoportosítás során az összes paraméter jelentősen meghatározza a besorolást, mivel a λ értékek 0,05 és 0,42 közötti tartományba esnek (2. táblázat). A legkisebb érték a keresztzelvényre eső vízgyűjtő terület (FA) adatsorához tartozik, ezt követi a völgy mélysége (H) és a völgyvállak szélessége (D). Különösen szembetűnő, hogy az FA paraméter ennyire alacsony értéket vett, kiváltképpen ha összevetjük a H adatsorának háromszor, valamint a D adatsorának közel négyszer nagyobb λ -értékével. Az utóbbiak ezzel együtt is alacsony értékeknek számítanak, azt jelzik, hogy a H és D paraméter is meghatározó a csoportosításban. A felszínformálás szempontjából jól értelmezhető a három adatsor

rangsorban elfoglalt viszonylagos helyzete, hiszen a mintaterület laza üledékes kőzetébe vágódó völgyek szakaszainak szélességét és mélységét – éppen a közt viszonylagos homogenitása és erodálhatósága miatt – a vízfolyások vízgyűjtőterülete nagymértékben meghatározza. Az FA, H és D paraméterek közti nyilvánvaló kapcsolat ellenére mégsem indokolt a H és D bármelyikének mellőzése a vizsgálatok során, mivel ezek összevetése a többi paraméterrel, a völgyszakaszokat jellemező csoportok határain elhelyezkedő profilok besorolásában fontos szerepet játszik. Hasonló módon, a Wilk's Lambda statisztika alapján, nem szabad eltekinteni a völgytalp szélesség (d_2) adatsorának klaszteranalízisben való alkalmazásától sem. Bár ennek λ -értéke közel nyolcszorosa az FA adatsor λ -értékének, a statisztika jellege alapján még is az látható, hogy fontos szerepet kap – különösen a völgyfő közeli lapos és a völgyek legfejlettebb alsó szakaszán található – profilok csoportba sorolásában.

paraméter	λ
FA	0,053
H	0,156
D	0,195
SL ₅	0,199
SL ₂	0,215
θ_2	0,220
d_2	0,416

2. táblázat: A paraméterek Wilk's Lambda statisztikájának eredménye

A Wilk's Lambda statisztika értékelésénél mindenképpen meg kell jegyezni, hogy a vizsgálatok eredményei a kutatás jelen fázisában csak a Dunakömlőd-Paksi-löszháton felvett mintaterületre érvényesek, vagyis laza üledékes, viszonylag homogén rétegsorba vágódott völgyekre. A statisztika, kivétel nélkül alacsony λ -értékei azt is megmutatják, hogy a későbbi vizsgálatok és a módszer továbbfejlesztése során meg kell vizsgálni további paraméterek alkalmazásának lehetőségét, amire a rendszer pontosabb leírásához szükség lehet.

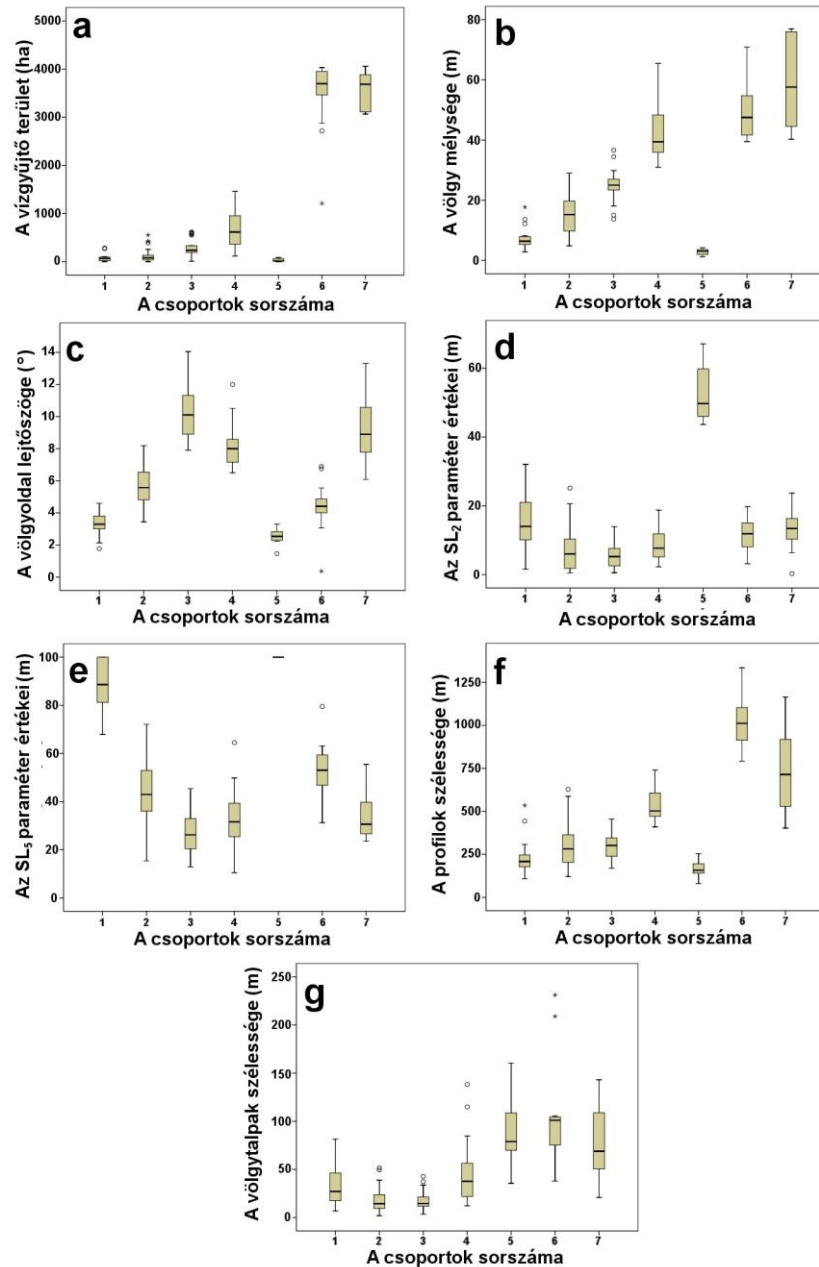
6.5. A box-whiskers plotok értékelése

Az analízis során alkalmazott 7 paraméter csoportokon belüli eloszlásának bemutatására, minden adatsorra úgynevezett box-whiskers plot ábrákat készítettünk. A ábrázolás előnye, hogy a diagramon több statisztika is megjeleníthető egyszerre. Az adatsor mediánját a téglalapon belüli vastag vízszintes vonal jelöli, ami normál eloszlás esetén a doboz (box) függőleges oldalának felezőjénél található. A box alsó oldala az alsó, felső oldala pedig a felső kvartilis jelöli, így a box-ban találjuk az adatok 50%-át. A box-ból függőleges irányba egy-egy vonal húzható – ami az úgynevezett whisker-ben (bajusz) végződik –, ennek hossza az interkvartilis terjedelem másfélszerese. Az interkvartilis terjedelem 1,5-3 szorosa közé eső adatok kiugrónak tekinthetők, amiket az ábrákon kör (°) jelöl, az interkvartilis terjedelmen háromszorosán kívül eső adatokat pedig extrém, "gyanús" értékeknek tekinthetjük, ezeket az ábrákon csillag (*) jelöli (13. ábra)

A kiugró és extrém értékek több módon is magyarázhatók. Bizonyos esetekben, ha ugyanazon keresztmetszvény több paraméter box-whiskers plot-ján is kiugró, vagy extrém értéket vett fel, ez jelentheti a keresztmetszvény kijelölésének hibáját. A vizsgált profilok túlnyomó többségénél azonban az volt a jellemző, hogy csupán egy-egy paraméter esett kívül az interkvartilis terjedelem másfélszeresén. Ennek okai valóban visszavezethetők a keresztmetszvény helyének és futásában meghatározására, de sokkal inkább okozzák a völgyszakasz jellegzetességei – csuszamlásokkal kialakult pihenők, vagy tömegmozgásokkal átformált lejtő –, mint a rossz helyen kijelölt keresztmetszvény.

Az FA paraméter adatsorára készült ábrán a fejlődésben leginkább előrehaladott 6-os és 7-es csoport jól elkülönül a többi csoporttól, ami azzal magyarázható, hogy ezen profilok olyan völgyszakaszokhoz kapcsolhatók, amik felett nagyobb mellékvölgyek csatlakoznak a fővölgyekbe. (13.b ábra) A völgyfejlődés szempontjából fiatalnak tekinthető völgyszakaszokhoz tartozó csoportok FA paramétere egy szűk tartományba esik, ami a nagyobb becsatlakozó mellékvölgyek hiányát mutatja (5-ös, 1-es, 2-es és 3-as csoportok). (Az ábrák értelmezésénél fontos figyelembe venni, hogy a klaszteranalízis és a hipotézis vizsgálattal során kialakult csoportok között fejlődési állapot szerint az alábbi sorrend állítható fel: 5-, 1-, 2-, 3-, 4- és 6-7-es csoport. A 6-7-es csoport profiljai fejlődési állapot szerint hasonló stádiumot jeleznek, a két csoport

elkülönülése a csatlakozó mellékvölgyek eltérő méretű vízgyűjtőjére és domborzati viszonyokra vezethető vissza, lásd 7. fejezet.)



13. ábra: A hipotézisvizsgálat eredménye alapján, a 7csoportra készült box-whiskers plotok.

Ha a H paraméter ábráját a völgyeket fejlődési sorba állítva elemezzük, akkor jól megfigyelhető, hogy a völgyfőtől a völgykapuig haladva a völgyek mélysége

fokozatosan növekszik (13.b ábra), ami párhuzamba hozható völgy mentén felvett keresztmetszvényekre mért FA értékek fokozatos növekedésével. Ebben az esetben a H minden csoport kialakításában fontos paraméternek bizonyul. Hasonlóan jellemezhető a D paraméter adatsora alapján készült box-whiskers plot is (13.f ábra).

A fejlődési sor szerint vizsgálva a θ_2 paraméter ábráját (13.c ábra), az értékek csoporton belül jellemző értékeiben két csúcsot és egy lokális minimumot látunk. A 3-as csoportig fokozatosan növekszik az ép lejtőoldal lejtése, ami a völgyek mélyülésére utal. A reliefenergia itt elegendően nagy ahhoz, hogy a derázios folyamatok során, a völgyben lefolyó víz a lejtőkről lepusztuló anyagot képes legyen elszállítani, ami ezáltal nem képes felhalmozódni a szűk völgytalpakon. Ezek csoportok az esésgörbék legmeredekebb részeinél találhatók és a völgyek völgyfő közeli szakaszaihoz kapcsolódnak (7. ábra). Ezután a 4-es és 6-os csoportoknál csökkennek a paraméter jellemző értékei. Ezeken a völgyszakaszokon csökken a völgy irányú lejtés, a kimélyült völgyek oldalain felerősödik a lejtő lepusztulása, így alacsonyodik a völgyperem és ellenben a völgytalpak a felhalmozódó lejtőtörmelék és hordalék miatt feltöltődnek és szélesednek.

Az SL_2 és SL_5 adatsorok az egyes csoportoknál közel normál eloszlásúak, ami azt mutatja, hogy a keresztmetszvény ezen jellemzőjének kialakításáért több, közel azonos súllyal megjelenő folyamat lehet felelős. Ez egybevág azzal a ténnyel, hogy a profil egyes elemeinek (völgytalp, lejtőmeredekség, mélység, stb.) kialakításában eltérő jellegű, vagy különböző intenzitású felszínalakító folyamatok vesznek részt. Ezen két paraméter részletesebb elemzése véleményem szerint több mintavételi pontot és részletesebb csoportfelbontást igényel. Míg az SL_5 paraméter statisztikájának (13.e ábra) abszolút maximumát a legfiatalabb fejlődési állapotú szakaszok csoportjainál látjuk (5-ös és 1-es csoport), az abszolút minimumát, pedig annál a 3-as csoportnál, ahol a völgyprofilok már jelentősen kimélyültek. Ezen felül egy lokális maximumot találunk a völgyek alsó szakaszán lévő csoportok között is (6-os csoport), amit a völgyvállak lealacsonyodása a völgytalp kiszélesedése és a völgyoldalak tagoltsága okoz. Az SL_2 paraméter statisztikájának box-whiskers plot ábrájából (13.d ábra) is hasonló következtetések vonhatók le, azzal a különbséggel, hogy ezen paraméter felvételezése

miatt a csoportok közötti különbségek markánsabban jelennek meg és a jellemző értékek változásában is jobban megfigyelhető a változás tendenciája.

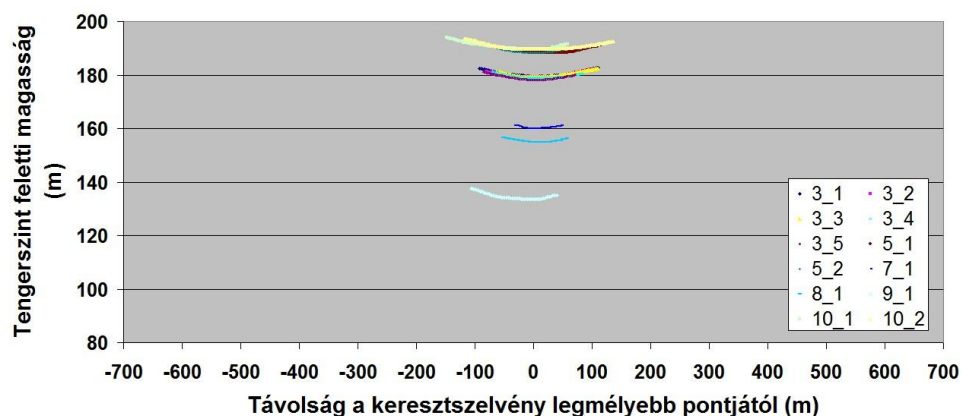
A d_2 paraméternél az előzetes várakozásokkal ellentétben nem csupán a völgykapu közelében találunk magas értékeket, hanem a völgyfők közelében elhelyezkedő profilok csoportjánál is (13.g ábra). Ez a térinformatikai adat-előállítás során alkalmazott módszerből adódik. A paraméter értéke a 2° -nál kisebb lejtésű völgytalp szélességére lett meghatározva, lejtőszög térkép alapján. A statisztikából leszűrhető, hogy a módszer a völgyfők környékén nem szolgáltat pontos eredményt, hiszen azt várjuk, hogy ezeken a völgyszakaszokon legfeljebb csak egy nagyon szűk völgytalp alakul ki, a lejtőket alacsony lejtőszög jellemzi.

7. Konklúzió – a csoportosítás geomorfológiai értelmezése

A klaszteranalízis során a mintaterületen felvett keresztshelvényeket legfeljebb 9 jól elkülöníthető, statisztikailag különálló csoportra lehetett szétválogatni. A különböző csoportosításokat geomorfológiai szempontok alapján értékeltem, hogy megtaláljam a lehető legmegfelelőbb felosztást. Ez alapján a keresztshelvények 3, vagy 4 csoportra történő felosztása is értelmezhetőnek bizonyult, azonban – figyelembe véve a rendelkezésre álló minták számát – a lehető legnagyobb, még értelmezhető felbontás megtalálására törekedtem. A meghatározott paraméterek számának redukálását és a hipotézisvizsgálatot követően, mindezek alapján az előállított 184 keresztshelvény legjobb felosztását a paraméterek hét csoportba történő besorolása adta. Ennél a felosztásnál 12-62 közötti elemszámú csoportok alakultak ki. A nagyobb elemszámnak köszönhetően ez már önmagában is részletesebb felbontást jelent annál, mint azt az előzetes tanulmány jelezte (VÉGH T.- HORVÁTH E. 2012), ráadásul a többváltozós statisztikai módszerekkel történő csoportosítás és a kialakult csoportok ellenőrzése pontosabb besorolást ad. A csoportokat a következőkben fejlődési állapot szerint sorba rendezve mutatom be. A klaszterezési eljárás által kialakított sorszámukat nem módosítottam, annak érdekében, hogy elkerüljem az adatelemzés során ebből adódó esetleges tévedéseket.

A völgyfők közelében húzódó alacsony sorszámú keresztshelvények jelentősen eltérnek az alsóbb szakaszok profiljaitól (14. ábra). A völgyfejlődés szempontjából

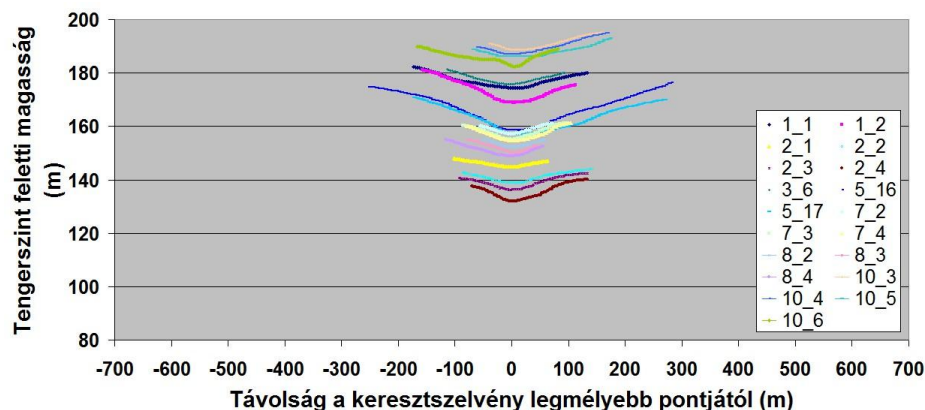
legfiatalabb völgyszakaszokhoz tartozó profilok a klaszteranalízis során az 5-ös számú csoportba kerültek besorolásra. A halmazt alkotó lapos profilok mélysége 4,5 méter alatti – jellemzően 2,3 méter –, szélességük általában 150-200 méter, de nem haladja meg a 260 métert, a völgyoldalak homorúak. A széles-lapos völgyfőben uralkodó az areális erózió, a lineáris erózió legfeljebb csak kisebb árkokat alakít ki, a derázió hatása alárendeltebb, jellemző folyamat a lejtőleomosás. Műholdfelvételeken a völgyfőket övező platón defláció és szuffóziós mélyedések figyelhetők meg. Ez a legkisebb elemszámú, mindössze 12 profilt magába foglaló csoport. A csoport létezését jobban alátámasztaná, ha több elemet tartalmazna, azonban a profilok alakja alapján és geomorfológiai szempontból jól elkülönülő csoportról van szó, ami a különálló kezelését igazolja. Csupán 6 völgy profiljai kerültek az 5-ös csoportba, azonban valószínűleg minden völgnél találhatnánk olyan rövid szakaszokat, ahol kijelölhető lenne az ide sorolható keresztmetszvény.



14. ábra: A völgyprofilok 5-ös számú csoportja.

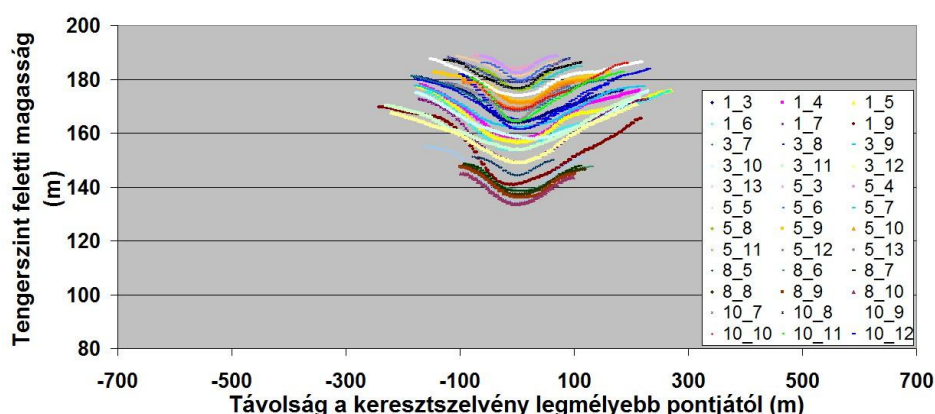
A profilok következő, 1-es sorszámú csoportja (15. ábra), azokban a továbbfejlődött völgyszakaszokban találhatók, ahol a völgyvonal mentén már megkezdődik a völgy kimélyülése. A völgyprofil továbbra is széles és lapos, jellemzően 5-10 méter mélységű. A völgyvállak továbbra is nehezen kijelölhetőek, azonban fontos különbség az előző csoporthoz képest, hogy a völgyoldalak a kimélyülés miatt már homorúak. A felerősödik a lineáris erózió hatása, a völgyoldalakon megjelenhetnek lejtős tömegmozgások nyomai. Gyér, vagy hiányzó növényborítás esetén a lejtőleomosás

és a völgyvonal menti lineáris erózió hatása rendkívül gyors lehet a völgyszakasz fejlődése, további mélyülése. A csoportba 19 keresztmetszvény került besorolásra.



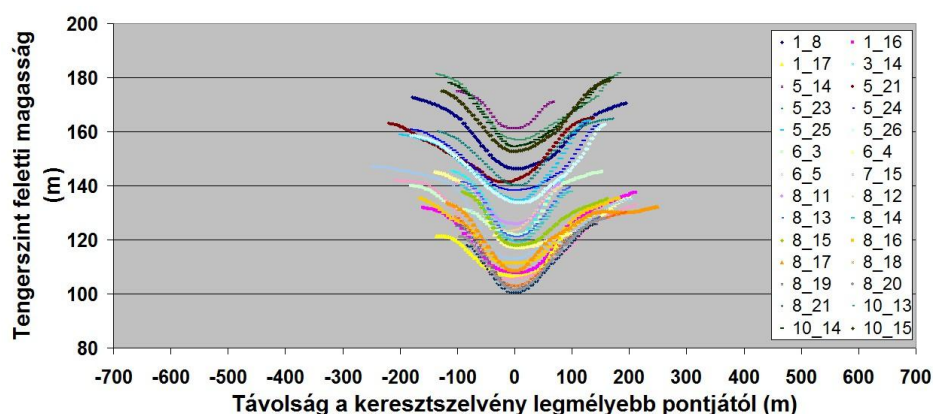
15. ábra: A völgyprofilok 1-es számú csoportja.

A fejlődési sorban következő szakaszhoz a 2-es csoport profiljai tartoznak (16. ábra), amelyek már jelentősen mélyebbek (10-20 méter) az előző csoport profiljainál, szélességük nem haladja meg a 600 métert. Határozott völgyvállak jelennek meg, felettük a lejtő homorú, ami az eredeti felszín lepusztulását jelzi. A lehordott lejtőtörmelék a völgyben lefolyó víz elszállítja, így annak felhalmozódására és a széles völgytalp megjelenésével még nem számolhatunk. A csoportban mind a 10 völgyből találunk mintákat, a nagyobb völgyek esetén viszonylag hosszú, jellemzően alig változó völgyszakaszok profiljai tartoznak ide, ennek köszönhetően ez a legnagyobb elemszámú csoport.



16. ábra: A völgyprofilok 2-es számú csoportja. A besorolt 62 profilból 46 került ábrázolásra.

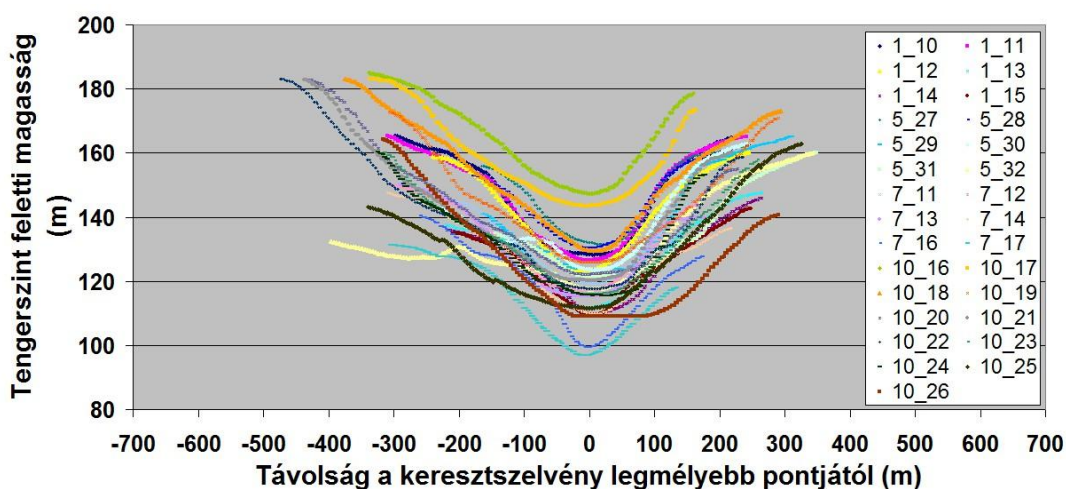
A 3-as számú csoport tagjai (17. ábra) legszembetűnőbben a profil mélységében térnek el az előzőtől. Mélységük 15-25 méter közötti, szélességük az előző csoporthoz hasonlóan 600 méternél kisebb. Itt találjuk a legnagyobb átlagos lejtőszögű profilekat. A fentiek összefüggésbe hozhatók azzal, hogy a csoport profiljai az esésgörbék ellaposodó szakaszai előtti meredek részén helyezkednek el, ami már önmagában az érintett völgyszakaszok erőteljesebb bevágódására utalnak. A lefolyó vizek energiája továbbra is elegendő a derázióval lepusztuló lejtőoldal törmelékének tovaszállításához. A völgyvonal mélyülése miatt a völgyvállak annyira eltávolodtak egymástól, hogy csak rövid és homorú profilszakaszokat találunk a lejtőoldalon és megközelítik a 2%-os lejtőszögnél kijelölt keresztmetszvények végpontjait. A csoportba 7 völgy 28 profilja került besorolásra.



17. ábra: A völgyprofilok 3-as számú csoportja.

A 4-es számú csoport völgyszakaszainak megjelenése (18. ábra), jelentősen eltér a korábbi csoportokétól. A profilek szélessége átlagosan 600 méter körüli, egyes helyeken meghaladja a 750 métert, mélységük jellemzően 30-40 méter, de akár 50 méternél is mélyebb. A völgyoldalakat nagy számban tagolják pihenők és nagyobb csuszamlások nyomai. A csoporthoz tartozó völgyszakaszokon már nagyobb mellékvölgyek csatlakoznak a fővölgyekhez. A völgyvállakat a keresztmetszvények végpontjai közelében találjuk, kivételt képeznek ez alól a völgy alakját torzító mellékvölgyek és nagyobb pihenők közelében felvett profilek. A profilekat a völgyek esésgörbéjének ellaposodó szakaszán találjuk és geomorfológiai szempontból fontos jellemző, hogy a völgytalp elkezd szélesedni, egyes helyeken lapos völgytalpak

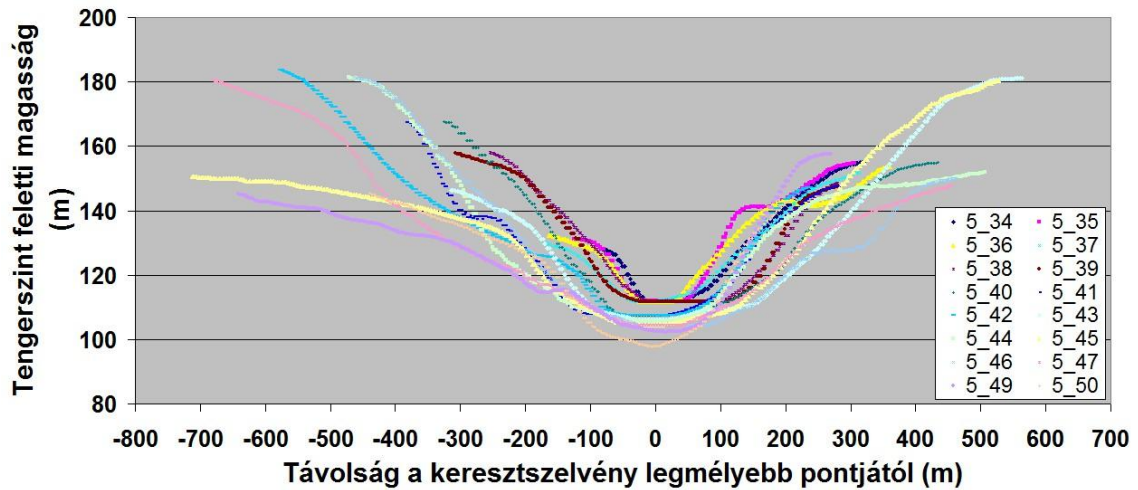
jelennek meg. Ez a völgyfejlődés szempontjából jelentős változásra utal. Az erőteljesebben kimélyült völgyszakaszokban a lejtőoldalakon felerősödnek a tömegmozgásos folyamatok. A nagy mennyiségű lejtőtörmelékot és mellékvölgyekből származó hordalékot a völgyben lefolyó víz már csak rövid távolságokra képes elszállítani, ami a völgytalpon halmozódik fel, így az ellaposodik és kiszélesedik. A kialakult csoportba 31 profil tartozik, amiket már csupán 4 völgyben találunk meg. Ez egyértelműen arra utal, hogy ilyen jellegű szakaszok, csak az előrehaladott fejlődési állapotú völgyekben fordulnak elő.



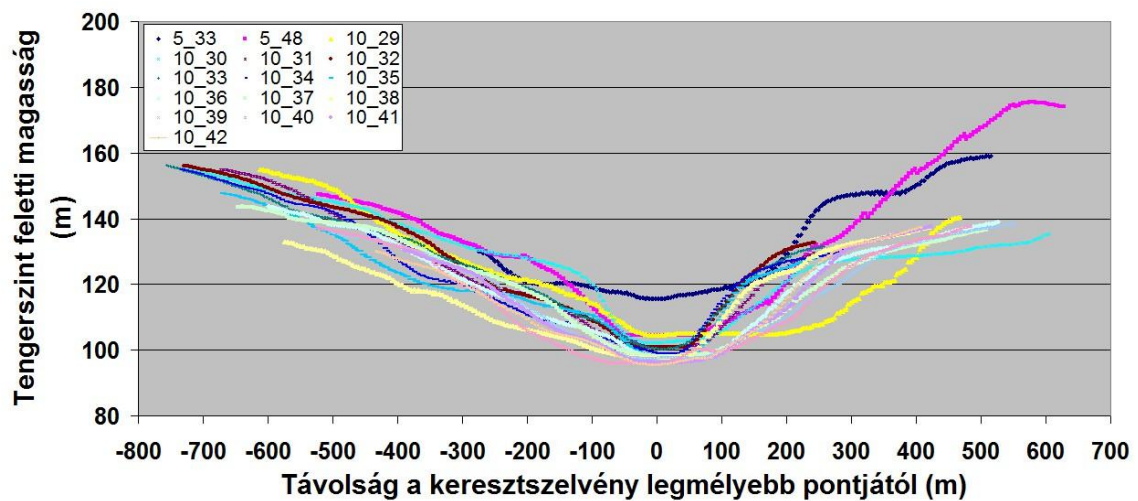
18. ábra: A völgyprofilok 4-es számú csoportja.

Völgyfejlődési szempontból a 6-os és 7-es számú csoport nehezen állítható sorba. Mindkét csoport 16 elemet tartalmaz. A 7-es csoportot csak a Vörösmalomi-völgyhöz (5. völgy) tartozó profilok alkotják (19. ábra), a 6-os csoportban 14 profilt találunk a Gyűrűs-Kanacsi-völgyből (10-es sorszámú völgy) és kettőt a Vörösmalomi-völgyből (20. ábra). Látható, hogy a két csoportot, két különböző völgy alsó szakaszainak keresztmetszései reprezentálják. A legjelentősebb különbség a két völgyszakasz között, hogy Gyűrűs-Kanacsi-völgybe a 7-es csoport mentén, több és nagyobb vízgyűjtő területű mellékvölgy csatlakozik be, mint a Vörösmalomi-völgybe. Az utóbbi esetében a legnagyobb mellékvölgy egy homokkal fedett területről érkezik. A közetminőségbeli különbségeknek köszönhetően a mellékvölgy erősen lepusztult és az innen származó hordalék és a befolyó víz eltérő módon befolyásolja a fővölgy fejlődését. Mindezek figyelembe vételével a két csoport külön is értékelhető, de fontos megjegyezni, hogy a

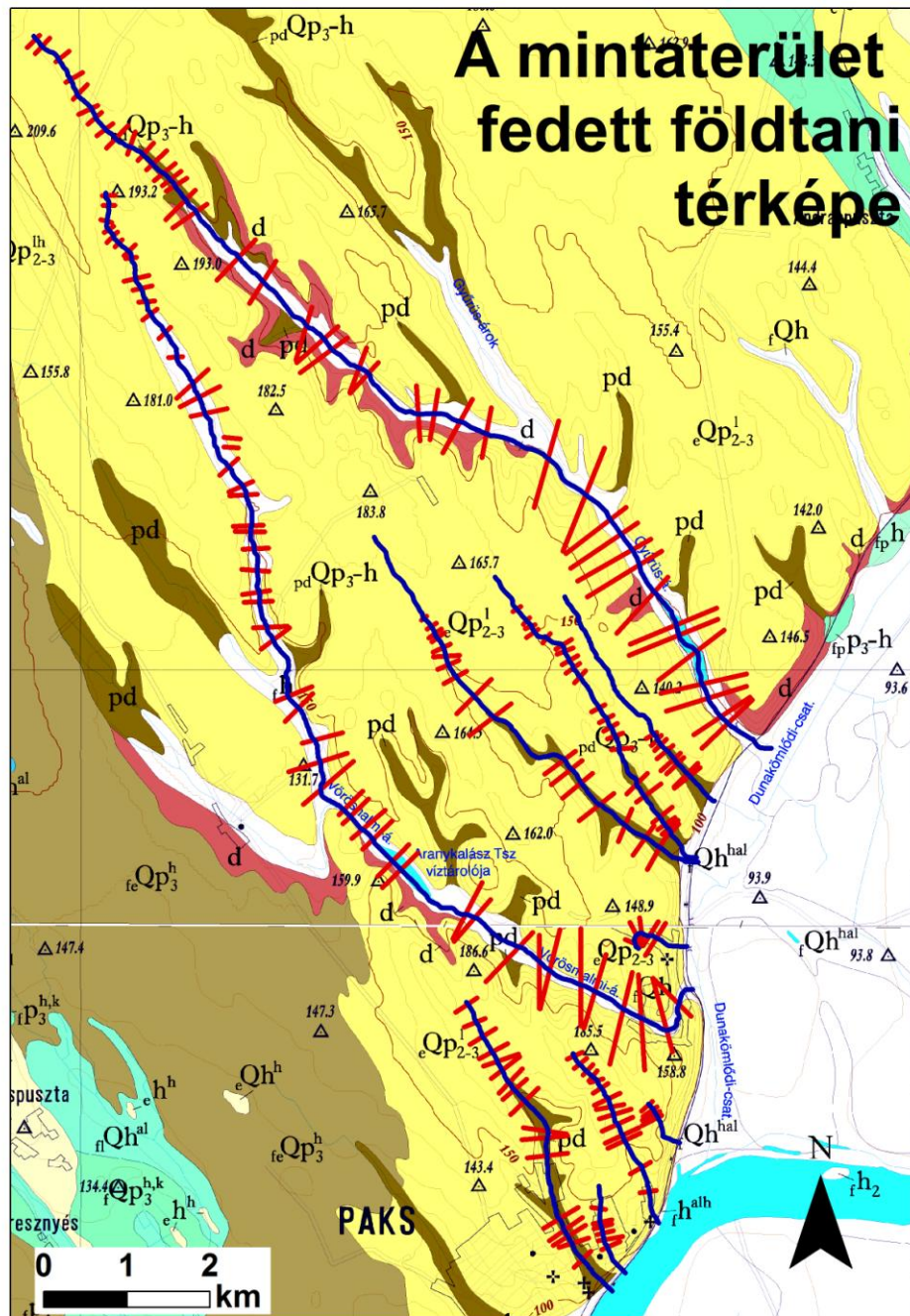
rendelkezésre álló adatok alapján, jelenleg csupán a fejlődési állapot azonos szintjén értelmezhetők, azonban olyan előrejelzések vázolhatók fel, amik a későbbiek során, hasonló fejlettségű völgyek vizsgálatakor ellenőrizhetővé válhatnak (21. ábra).



19. ábra: A völgyprofilok 7-es számú csoportja.



20. ábra: A völgyprofilok 6-os számú csoportja.



21. ábra: A mintaterület fedett földtani térképe. Középső-, felső pleisztocén üledékek:
 eQp_{2-3}^1 = lösz (fiatal lözssorozat); felső pleisztocén üledékek: pd és $pdQp_{3-h}$ =
 proluviális-deluviális üledék, d = deluviális üledék, $feQp_3^h$ = fluvioeolikus homok, fp_{3-h} =
 folyóvízi proluviális üledék; holocén üledékek: fQh^{hal} = homokos aleurit, eQh^h =
 futóhomok, fQh = folyóvízi üledék, fh^{alh} = aleuritos homok

A 7-es csoportot minden keresztshelvénye a Vörösmalomi-völgyben található (19. ábra). A csoportban a széles völgyvállú (500-1200 méter) és 50-70 méter mély profilok jellemzők. A völgyoldalak átlagos lejtése már lecsökkent ($6-14^\circ$), azonban a lejtöket nagyméretű pihenők tagolják. A völgytalpak jelentősen kiszélesedtek (50-120 méter), ami a fejlődés során nagy mennyiségű hordalék felhalmozódására utal. A profilok többsége jelentős aszimmetriát mutat, ami magyarázható lenne eltérő kőzetminőséggel és erodáltsággal, azonban ezen a szakaszon a völgy két oldalát hasonló rétegsor tagolja, a betorkolló mellékvölgyek mérete és száma is hasonló. Ezek alapján a tektonika is szerepet játszhatott a völgyszakasz mai morfológiájának kialakításában. Figyelembe véve, hogy ez a szakasz a Vörösmalomi-völgy legfejlettebb, ezáltal legidősebb szakasza, a tektonikus hatásokra történő elmozdulás és kibillenés, valóban nem zárható ki. Ennek ellenőrzésére geofizikai mérésekre lenne szükség, mivel a mintaterületen fellelt, többnyire fiatal üledékekben nem találtam tektonikához köthető vetőket.

A 6-os csoport keresztshelvényeit, 2 kivételével a Gyűrűsi-völgyben jelöltem ki (20. ábra). Mint arra korábban rámutattam (6.3. fejezet), a két kivétel, az 5_33-as és az 5_48-as profil, nagy valószínűséggel a kijelölés hibája miatt került ebbe a csoportba. A profilok szélessége nagyobb (800-1350 méter) mint az előző csoportban, mélységük hasonló (40-70 méter). Legfeltűnőbb eltéréseket a völgyoldalakon tapasztaljuk. A lejtők hosszabbak és átlagos lejtésük csupán $3-6^\circ$ közötti és a pihenők előtti lejtők is kevésbé meredek. Ezek az értékek azt jelzik, hogy a felszínalakító folyamatok intenzívebben jelennek meg a Gyűrűsi-völgyben, mint a Vörösmalomi-völgyben, hiszen a profilok alakja és a lejtők erősebb lepusztulását mutatnak.

8. Összefoglalás

A mintaterületen felvett keresztshelvények paramétereinek többváltozós statisztikai elemző módszerekkel történő vizsgálata során a völgyprofilokat geomorfológiai szempontból értelmezhető csoportokban sikerült besorolni. Az adatsor geomorfológiai és völgyfejlődési szempontból is helyes, legnagyobb felbontásának keresése során arra a megállapításra jutottam, hogy a profilok 7 különböző csoportra oszthatók. Ezek az egyes csoportok keresztshelvényei az egymás mellett húzódó völgyek hasonló fejlettségi állapotú völgyszakaszaihoz tartoznak. A csoportok nem csupán elméletben állíthatók fejlődési állapot szerint sorba, hanem a digitális domborzatmodellen megjelenítve, térben is jól elkülönülő csoportokat alkotnak, amiket minden völgy esetén, a völgyfőtől a völgykapuig haladva is fejlődési állapot szerint egymást követő sorban találunk meg.

A csoportosításellenőrzése céljából végzett statisztikai elemzések azt mutatják, hogy a klaszteranalízis során alkalmazott paraméterek jól leírják az egyes völgyszakaszok morfológiáját. A vizsgált mintaterületen feldolgozott 184 keresztshelvény alapján elmondható, hogy a felhasznált paraméterek mind fontosak és szükségesek a csoportosításhoz. Ezzel kapcsolatos legfontosabb eredmény, hogy jelen rendszerben a profilok besorolása során, a keresztshelvényre jutó vízgyűjtő terület gyakorolta a legnagyobb hatást. A Wilk's lambda statisztika alapján, tehát mind a 7 paraméter jelentősen befolyásolta a csoportosítást, ami arra mutat rá, hogy további független paraméterek alkalmazásának lehetőségét is meg kell vizsgálni a rendszer pontosabb leírása érdekében.

Ezen felül több más okból is szükséges a rendszer továbbfejlesztése. A dolgozat elején megfogalmazott völgyomorfológiai alapú klímátörténet felállítása, a rendelkezésre álló adatok alapján nem lehetséges. Ehhez a csoportosítás nagyobb felbontására, végeredményben több mintaként szolgáló völgyre és a keresztshelvények nagyobb sűrűséggel történő kijelölésére van szükség, ami azért is fontos lenne, hogy minden csoportba kellően nagyszámú elem kerüljön. Ha ez megtörténik az is lehetővé válik, hogy felismerjük, hogy egy adott csoportba történő besorolás során, mely paraméter(ek) szerepe volt a legnagyobb.

9. Köszönetnyilvánítás

A dolgozat elkészítése során nyújtott segítségért köszönet illeti témavezetőmet, Dr. Horváth Erzsébetet, aki a kapott eredmények értelmezésében geomorfológiai jártasságával nyújtott segítséget.

Külön köszönet illeti Dr. Kovács Józsefet, konzulensemét, aki nagyban hozzájárult a dolgozat megszületéséhez. Segítsége nélkül a többváltozós statisztikai elemzések nem készülhettek volna el, az általa és kollégái által írt programok segítették a az eredmények kiértékelését.

Felhasznált irodalom

- ÁDÁM L., MAROSI S., SZILÁRD J. 1959: A Mezőföld természeti földrajza. in: BULLA B. (szerk.): Földrajzi monográfiák, Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 514.
- BALLA Z. 1999: Van-e bizonyíték negyedidőszaki tektonizmusra Paks környékén? ("A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága" kötet megjelenése kapcsán), Földrajzi Közlöny, 129/1., pp.97-107.
- BALLA Z., MAROSI S., SCHEUER Gy., SCHWEITZER F., SZEIDOVITZ Gy. 1993: A paksi atomerőmű földrengéskockázatával kapcsolatos szerkezeti és geomorfológiai vizsgálatok., Földrajzi Értesítő 42. 1-4. pp.111-140.
- BODROGI M., CSATHÓ B., GULYÁS Á., Kiss J., PRÁCSEK E. 1994: Lineamentum vizsgálat digitális űrfelvételek alapján Paks környezetében., Kézirat, Paksi Atomerőmű Rt. Földrengés Project jelentéstára, Paks.
- GILLIJS K., POESEN J., DECKERS J. 2005: On the characteristics and origin of closed depressions in loess-derived soils in Europe—a case study from central Belgium., In: Catena 60. (2005), pp.43-58
- HATVANI I.G. 2010: Tanulmány a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer (KBVR) mintavételezési pontjainak csoportosulásáról és vízkémiai paramétereinek térbeli alakulásáról. Adsumus VIII., pp. 212-227.
- HORVÁTH F., CSONTOS L., ERDÉLYI M., FERENCZ Cs., GÁBRIS Gy., HEVESI A., SÍKHEGYI F. 1990: Paks környezetének neotektonikája., Kézirat, Paksi Atomerőmű Rt. Földrengés Project jelentéstára, Paks.
- HORVÁTH F., CSONTOS L., DÖVÉNYI P., WÉBER Z., DRAHOS D., NAGYMAROSSY A., SZÉKELY B., TÍMÁR G., GYÓRI E., SZABÓ A., VÁRKONYI L., CSERNY T., CZELLER I., GOMBOS Cs., REMETE L., SAMU L., BUNTERBARTH G. 1993: Paks környezetének szerkezeti viszonyai és nagytektonikai helyzete az újabb szeizmikus szelvények és már földtani-geofizikai adatok komplex kiértékelése alapján., Kézirat, Paksi Atomerőmű Rt. Földrengés Project jelentéstára, Paks.
- KARÁTSZON D., TELBISZ T., WÖRNER G. 2012: Erosion rates and erosion patterns of Neogene to Quaternary stratovolcanoes in the Western Cordillera of the Central Andes: An SRTM DEM based analysis. Geomorphology 139-140, pp. 122-135
- KOVÁCS J., KISZELY-PERES B., SZALAI J., KOVÁCSNÉ SZÉKELY I. 2012: Periodicity in shallow groundwater level fluctuation time series on the Trans-Tisza Region,

- Hungary, In: Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica 4-5. (2010), Debrecen, pp.65-70.
- MAGYARI Á., MARS I., THAMÓ BOZSÓ E. (2011): Indications of Late Pleistocene Neotectonic and paleoseismic activity in the Middle Part of the Danube Valley (Pannonian Basin) - XVIII. INQUA Congress Bern, Switzerland, 21-27 July 2011, Abstracts 2886.
- MARI L., TELBISZ T., ČALIČ J. 2007. A Kazán-szorosok déli oldalán magasodó Miroč-hegység karsztos formakincse., Karsztfejlődés XII, Szombathely, pp. 153-169
- MARTIN S. BROOK, MARTIN S. KIRKBRIDE, BEN W. BROCK 2008: Temporal constraints on glacial valley cross-profile evolution: Two Thumb Range, central Southern Alps, New Zealand., In: Geomorphology 97. (2008), pp.24-34
- MAROSI S., MESKÓ A. 1997: A Paksi Atomerőmű földrengésbiztonsága. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 178.
- MAROSI S., SCHWEITZER F. 1997: Geomorfológiai vizsgálatok Paks környékén. in: MAROSI S. és MESKÓ A. (szerk.): A Paksi Atomerőmű földrengésbiztonsága., Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 153-175.
- PÉCSI M. 1979: Rövid összefoglaló értékelés a paksi löszfeltárások újabb kutatási eredményeiről. Földrajzi Közlemények., 27/4., pp. 292-300.
- RUSZKICZAY-RÜDIGER ZS. 2007: Tectonic and climatic forcing in Quarternary landscape evolution in the Central Pannonian Basin: A quantitative geomorphological, geochronological and structural analysis. Doktori Értekezés, ELTE TTK Budapest, ISBN: 978-963-06-1674-
- TELBISZ T., NAGY B. 2008: Termokarsztos mélyedések vizsgálata töbör-morfometriai módszerekkel, úrfelvételek alapján. Karsztfejlődés XIII., Szombathely
- TÓTH T. 1994: Jelentés a Paks környékén 1993-ban végzett sekélyreflexiós mérések eredményeiről. Kézirat, EGLI.
- TÓTH T., HORVÁTH F. 1999: Van bizonyíték negyedidőszaki tektonizmusra Paks környékén! ("A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága" kötet megjelenése kapcsán), Földrajzi Közöny, 129/1., pp.109-124.
- VÉGH T. – HORVÁTH E. 2012: Völgyfejlődési vizsgálatok a Dunakömlőd-Paksi-löszháton, in.: VI. Magyar Földrajzi Konferencia, konferencia kiadvány, Szeged, szerk.: Nyári Diána, pp. 949-963, <http://www.geography.hu>, ISBN 978-963-306-175-6

ZHU Z., ZHOU H., AN Z., LIU T. 2012: A river erosion estimate on the Loess Plateau: a case study from Luohe River, a second-order tributary of the Yellow River., In: Global and Planetary Change 41. (2004), pp.215-220

Internetes hivatkozások:

GOOGLE EARTH, műholdfelvétel: <http://www.google.com/earth>, Utolsó megnyitás: 2012.11.29.

Az MSc szakdolgozat tematikája

Tervezett cím: Többváltozós statisztikai módszerek alkalmazása, negyedidőszaki üledékekkel fedett mintaterületek felszínének és völgyrendszerének geomorfológiai összehasonlító vizsgálatában

- 1.) Problémafelvetés: Bemutatom, hogy a többváltozós statisztika módszerek milyen módon segíthetik a geomorfológiai kutatásokat. Célul tűzöm ki az eddigi módszerek pontosítását, hatékonyabb értelmezését, ami által remélhetőleg a völgyfejlődés részletei is leírhatók lesznek.
- 2.) A korábbi, hasonló témájú (DDM elemzés, völgyfejlődés) kutatások részletes bemutatása
- 3.) A mintaterületek bemutatás: A dunakömlődi és másik negyedidőszaki üledékekkel fedett mintaterület, például a Gödöllői-gombság részletes jellemzése (vízrajz, fedő üledékek, szerkezet, felszíninformálódás jellemző, jellegzetes felszínformák).
- 4.) Az pontosított adat előállítás részletes leírás. Reményeim szerint sikerül kiküszöbölni a keresztmetszvény kijelölésének megmaradt hibáit, valamint az egyes paraméterek felvételét is pontosítani tudom.
- 5.) Az adatfeldolgozás, adatelemzés lépéseinek bemutatása. A szakdolgozatra során a klaszteranalízis remélhetőleg jobb felbontást és nagyobb elemszámú csoportokat eredményez. Ezt a dunakömlődi mintaterület kiterjesztésével és a mintavétel sűrítésével kívánom elérni. A munkám során eddig nem alkalmazott módszereket is használni fogok.
- 6.) Az adatelemzés eredményeinek bemutatás a mind a dunakömlődi, mint az összehasonlítás miatt megvizsgált mintaterületre.
- 7.) Az eredmények értelmezése, külön a két mintaterületre. A csoportosításban remélhetőleg sikerült közös elemek találni, így lehetővé válik azok együttes értékelése is, ami esélyt adhat általános érvényű következtetések levonására
- 8.) Konklúzió: Értékelem az alkalmazott módszerek hatékonyságát az általam végzett vizsgálatban. Számba veszem azon felszínformákat, amik hasonló morfológiai vizsgálatával a jövőben, a doktori képzés során érdemes lehet foglalkozni