

MISKOLCI EGYETEM MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI KAR  
MIKOVINY SÁMUEL FÖLDTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

A doktori iskola vezetője  
PROF. DR. SZŰCS PÉTER, EGYETEMI TANÁR



## A MÉLYSZERKEZET FELSZÍNFEJLŐDÉSRE ÉS FORMAKINCSTRE GYAKOROLT HATÁSA A BÜKKALJÁN

DOKTORI (PH.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**PECSMÁNY PÉTER**  
Okleveles Geográfus

Tudományos vezető  
DR. HEGEDŰS ANDRÁS  
egyetemi docens

MISKOLCI EGYETEM  
MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI KAR  
FÖLDRAJZ-GEOINFORMATIKA INTÉZET  
TERMÉSZETFÖLDRAJZ-KÖRNYEZETTAN INTÉZETI TANSZÉK

MISKOLC, 2021

## **I. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS**

A Bükkalja a Bükk hegység déli, fővölgyekkel és azokra merőleges mellékvölgyekkel tagolt, kettősosztatú hegyláb felszíne (MARTONNÉ ERDŐS K. 2002), mely Magyarország legkiterjedtebb hegységperemi dombsága (HEVESI A. – PAPP S. 1979; MARTONNÉ ERDŐS K. 2002). A kistáj hazánk földtani és felszínalaktani szempontból legalaposabban tanulmányozott területei közé tartozik, azonban az évszázadnyi földtani és felszínalaktani vizsgálatok ellenére is, a mai napig merülnek fel újabb és újabb problémák a terület felszínfejlődésével kapcsolatban.

Az elmúlt évszázad közepe óta a területen végzett földtani és geomorfológiai térképezés során születtek olyan megállapítások melyek szerint a hegyláb felszín törések mentén, sakktablaszerűen feldarabolódott és ennek következtében alakultak ki a Bükkalja medencéi és a területre jellemző „nyomók” (kibillent réteglépcsők, kueszták) (BALOGH K. 1963, 1964; PINCZÉS Z. 1968). Mások azonban ezen formákat több esetben is pusztán kőzetminőséghez igazodó denudációs, eróziós formaként értelmezték (HEVESI A. 1978). Később VÁGÓ J. és HEGEDŰS A. (2011) a hegyláb felszín morfológiai vizsgálatának eredményei alapján feltételezték, hogy az alsó- és a felső-hegyláb felszín közötti magasságkülönbséget, valamint a szinteken belül megnyilvánuló helyi tszf-i magasságtéréseket nem lehet pusztán lepusztulási folyamatokra visszavezetni. A fővölgyekre vonatkozóan is születtek megállapítások/felvetések, amelyek szerint a Tárkányi-, az Eger-, az Ostoros-, a Kánya-, a Hór-, a Kácsi- és a Kulcsárvölgyi-patak egyes szakaszai szerkezetileg előrejelzett völgyben futnak (SCHRÉTER Z. 1912, 1926, 1933; BALOGH K. 1963, 1964; DOBOS A. 2000, 2002; HEVESI A. 2002a, 2002b; LESS GY. et al. 2005; NÉMETH N. 2005; PETRIK A. 2016), azonban olyan munka még nem született, amely bizonyítaná valamelyik völgy összefüggését egy-egy konkrét szerkezeti elemmel.

Munkám célja az volt, hogy a legújabb szakirodalmi adatok alapján felvázoljam a Bükkalja felszínfejlődését, valamint terepi felszínalaktani és szerkezetmorfológiai megfigyelésekkel és észlelésekkel, illetve a digitális domborzat-/felszínmodellen végzett morfológiai/morfometriai vizsgálatokkal kiegészítsem a Bükkalja eddigi kutatási eredményeit. Kiemelten foglalkoztam a bükkaljai medencék kimutatásával, morfológiai elemzésével, valamint a területen futó földtani szerkezeti elemek felszínfejlődésre és formakincsre gyakorolt hatásának feltárásával, különös tekintettel a domborzatban megjelenő lineáris elemek (völgyek és lineamensek) kialakulására.

## **II. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK**

A terület domborzatának megismerése céljából alapos terepbejárásokat tettem. A felszínalaktani megfigyeléseket (formákat), valamint a földtani feltárások helyét GPS készülék segítségével rögzítettem, azokról fényképes dokumentációt készítettem. Ahol lehetőségem nyílt rá, szerkezetföldtani észleléseket végeztem, melyek keretében a szerkezeti elemek dőlését és

csapásirányát, valamint ahol tudtam a rétegdőlést is rögzítettem. Terepi megfigyeléseimet digitális domborzat- és felszínmodellen végzett morfológiai és statisztikai vizsgálatokkal egészítettem ki, melynek során elődeges (pl.: *lejtőmeredekség, lejtőkiettség, lejtőalak, relatív relief, felszabdaltság*) és összetett (pl.: *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness, Multiresolution Index of Ridge Top Flatness* [GALLANT, J.C. – DOWLING, T.I. 2003], *Topography Position Index* [WEISS, A. 2001; JENNESS, J. 2006], *Morphometric Features* [WOOD, J. 1996, 2009]) domborzati paramétereket számoltam ki. A formakincset sávszelvényezés (KORUP, O. et al. 2005; STOLAR, D.B. et al. 2007; ROBL, J. et al. 2008; TELBISZ T. et al. 2011, 2013) segítségével is elemeztem. Mindezek mellett vizsgáltam a vízfolyások kanyarulat-fejlettségét (TIMÁR 2003a, 2003b; PETROVSZKI J. 2013), valamint esését (*SL*) (HACK, J.T. 1973; GÁBRIS GY. 1986a; VÁGÓ J. 2010, 2012).

Morfológiai vizsgálataim alapját digitális felszín- és domborzatmodellek képezték. A felszínmodellek közül a 30 m-es térbeli felbontású EUDEM-et és a 25 m-es felbontású HydroDEM-et használtam. A saját készítésű digitális domborzatmodellt 1: 10 000 EOTR térképlapokból bedigitalizált szintvonalak, magasságpontok és völgyek alapján az ArcGIS-10.1 térinformatikai szoftver *Topo to Raster* interpolációs eljárása segítségével hoztam létre, ezen modell térbeli felbontása 25 m volt. A maradványfelszínek leválogatásához, módszertani sajátosságokból fakadóan, az általam létrehozott digitális domborzatmodellt használtam fel, míg a medencék kimutatásához az EUDEM-et, a többi morfológiai vizsgálatomhoz, valamint a sávszelvényezéshez a HydroDEM-et. A kanyarulat-fejlettség kiszámításához az 1806 – 1869 között készült Második Katonai Felmérés 1: 28 800-es méretarányú térképlapjait, míg az esésindex (*SL*) kiszámításához a EOTR szelvényeket használtam fel.

Mindemellett kutatásom során igénybe vettem a területről rendelkezésemre álló földtani térképeket (FODOR L. et al. 2005; LESS GY. et al. 2005; NÉMETH N. 2005; MCINTOSH R. W. 2014; PETRIK A. 2016; GÁL P. et al. 2019a, 2019b, 2020; GULÁCSI Z. é.n), az észlelt földrengések adatbázisát (TÓTH L. et al. 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011; GRÁCZER Z. et al. 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018), illetve a MÁFI évkönyveiben közzétett fúrási adatsorokat.

A digitális felszín- és domborzatmodelleket, valamint a vektoros állományokat QGIS 2.8.3, ArcGIS 10.1., SAGA GIS 2.1.2 program segítségével dolgoztam fel. A vektoros állományok feldolgozásához GIS kompatibilis Python 2.7.10 programozási nyelvet is felhasználtam. Az észlelési adatok ábrázolását, valamint az iránystatisztikai vizsgálatokat StereoNet 9.8.3 és RockWorks 16, míg a további statisztikai elemzéseket MatLab R2017b programban végeztem el. Az elkészült ábrák, térképek javítása Adobe PhotoShop CS6-ban történt meg. A diagramok Grapher 8 és MS Excel programok segítségével készültek.

### III. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

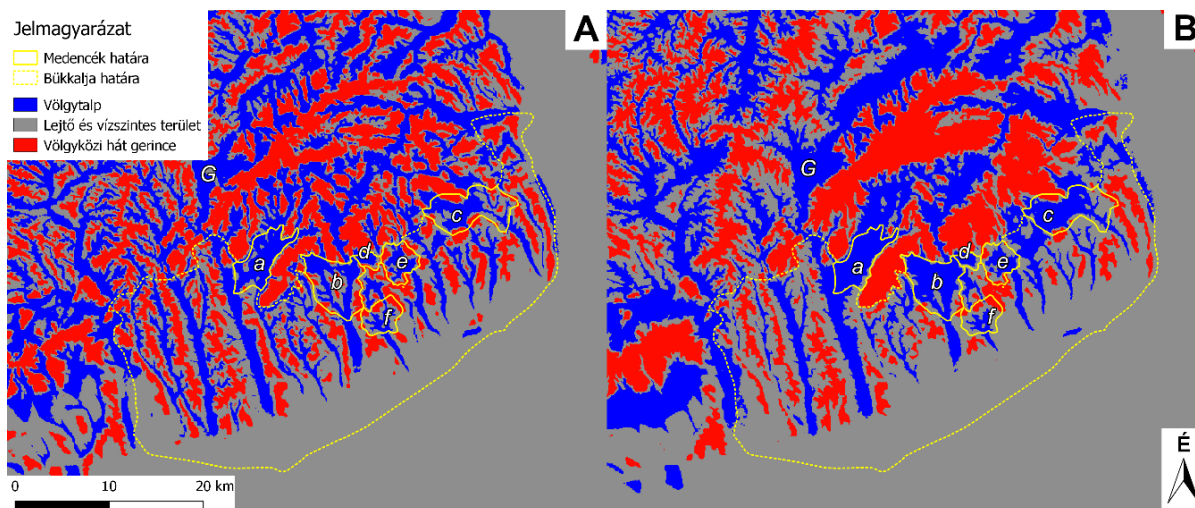
**Terepi megfigyeléseim alapján új völgymedencét azonosítottam a Bükkalján, melyet Tardi-völgymedencének nevezek. Ezzel a Bükkalján ismert medencék száma ötről hatra bővült (I. tézis).**

A Bükkalján eddig a szakirodalom öt medencét említett: a Tárkányi-, Bogács-Cserépfalui-, Kisgyőri-, Kácsi-medencét és a Hidegkút-laposát (KEREKES J. 1936; DOBOS A. 2000, 2002; MARTONNÉ ERDŐS K. 2002; HEVESI A. 2003; DÖVÉNYI Z. 2010). Terepbejárások során figyeltem fel arra, hogy az említett medencéken kívül még egy újabb is feltételezhető a Tardi-patak középső szakaszán, a Cserépváraljai-patakkal való egyesülésénél. Mivel a Bükkalja medencéinek terepi azonosítása a domborzat tagoltsága miatt nem egyértelmű (pl.: Bogács-Cserépfalui-medence), ezért digitális felszínmodellen végzett morfológiai vizsgálatok segítségével próbáltam a medencéket kimutatni.

A digitális domborzatmodell hisztogramjának vizsgálata alapján a Hidegkút-laposát és a Tardi-völgymedencét félmedenceként lehet értelmezni, azonban terepi megfigyeléseim alapján inkább tűnnek medencének/völgymedencének. A Tárkányi-, a Bogács-Cserépfalui-, a Kácsi-, a Kisgyőri-medence és a Hidegkút-laposa részben az idősebb hegyláb felszínben, részben pedig az annál idősebb tönkfelszínben alakult ki, míg a Tardi-völgymedence az idősebb hegyláb felszín határán, zömében a fiatalabb hegyláb felszínbe mélyül, amit az elvégzett morfológiai vizsgálatok is alátámasztanak.

A felszínalaktani vizsgálatok során évtizedek óta használt „alap” morfológia eljárások mellett a *Topography Position Index* (TPI) (1. ábra), valamint a digitális felszínmodell magasságértékeinek vizsgálata (*hisztogram elemzés, klaszter elemzés*) is alkalmas lehet a medence, mint forma kimutatására. Fontos azonban megjegyezni, hogy az elvégzett vizsgálatok eredményei nagyban függenek a digitális domborzat-/felszínmodell térbeli felbontásától, valamint a vizsgált terület kiterjedésétől is. Az említett eljárások a Bükkalja medencéinek kimutatására együttesen alkalmazhatók, azonban nem pótolhatják a terepi megfigyeléseket!

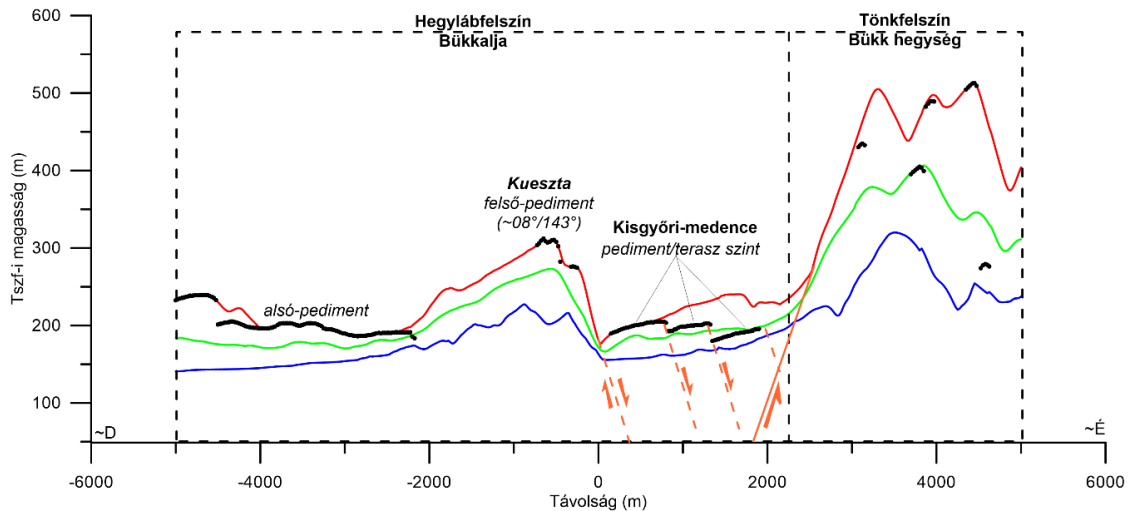
Elvégeztem a medencék alakrajzi vizsgálatát is, mely alapján kiderült, hogy a Tardi-völgymedence jól illeszkedik a Bükkalja medencéinek sorába. Ezen vizsgálatok során figyeltem fel arra, hogy alakrajzi szempontokból a Tárkányi-medence jelentősen eltér a többitől.



1. ábra. A Bükkalja és környékének WEISS, A (2001) módszere alapján készült egyszerűsített felszínformaterképe (A: 2000\*2000 m-es, B: 5000\*5000 m-es cellakörnyezetet használva). [a: Tárkányi-medence, b: Bogács-Cserépfalui-medence, c: Kisgyőri-medence, d: Hidegkút-lapos, e: Kácsai-medence, f: Tardi-völgy-medence, G: Bélapátfalvi-medence (nem a Bükkalja része)].

**A Bükkalja medencéit szerkezetileg preformálnak, de komplex genesisűnek értelmezem (II. tézis).**

A Tárkányi-medence kialakulását és a medence aszimmetrikus teraszrendszerét a sávszelvények elemzése alapján szerkezeti okokra lehet visszavezetni. Ez összhangban van az eddigi földtani vizsgálatok eredményével (LESS GY. et al. 2005; PETRIK A. 2016). A Kisgyőri-medence kialakulását az eddigi feltételezésekkel ellentétben szintén szerkezeti okokra vezetem vissza (2. ábra), bár további fejlődésében a kőzetminőség szerepét sem lehet elvetni. A medence É-i és D-i határát vetők mentén lehet kijelölni. A medencében futó szerkezeti elemek pedig a maradványfelszíneket is feldarabolták. A Bogács-Cserépfalui-medence kialakulásában a kőzetminőségen kívül szerkezeti okok is szerepet játszottak, amit nem csak az eddigi szerkezetföldtani és felszínalaktani kutatások (DOBOS A. 2000; LESS GY. et al. 2005; PETRIK A. 2016), hanem a sávszelvények elemzésének eredményei is alátámasztanak. Hasonló a helyzet a Kácsai-medence esetében is, melynek D-i határát a sávszelvényezés alapján vetősnek értelmezem. A Hidegkút-lapos É-i peremének határát szintén szerkezeti elem mentén lehet meghúzni. D-i peremén megjelenő, a sávszelvényen is megfigyelhető lejtőtörést azonban a terepi vizsgálataimmal sem sikerült kétséget kizáróan egy konkrét szerkezeti elemhez kötni, így a medence szerkezeti denudációs medenceként értelmezhető (vagyis kialakulását szerkezeti folyamatok indították el, de további fejlődését denudációs folyamatok irányították). A Tardi-völgy-medence kialakulását szerkezeti és kőzetminőségbeli okokra vezetem vissza. A medence É-i határa vetős kőzethatár, D-i pedig a morfológiai adottságok miatt szintén vetősként értelmezhető.



2. ábra. A Kisgyőri-medence sávszelvénye.

(piros: maximum értékek, zöld: átlag értékek, kék: minimum értékek, pontok: maradványfelszínek)

**A Bükkalja főbb vízfolyásainak jelentős része egyes szakaszokon szerkezeti előrejelzett völgyben fut (III. tézis).**

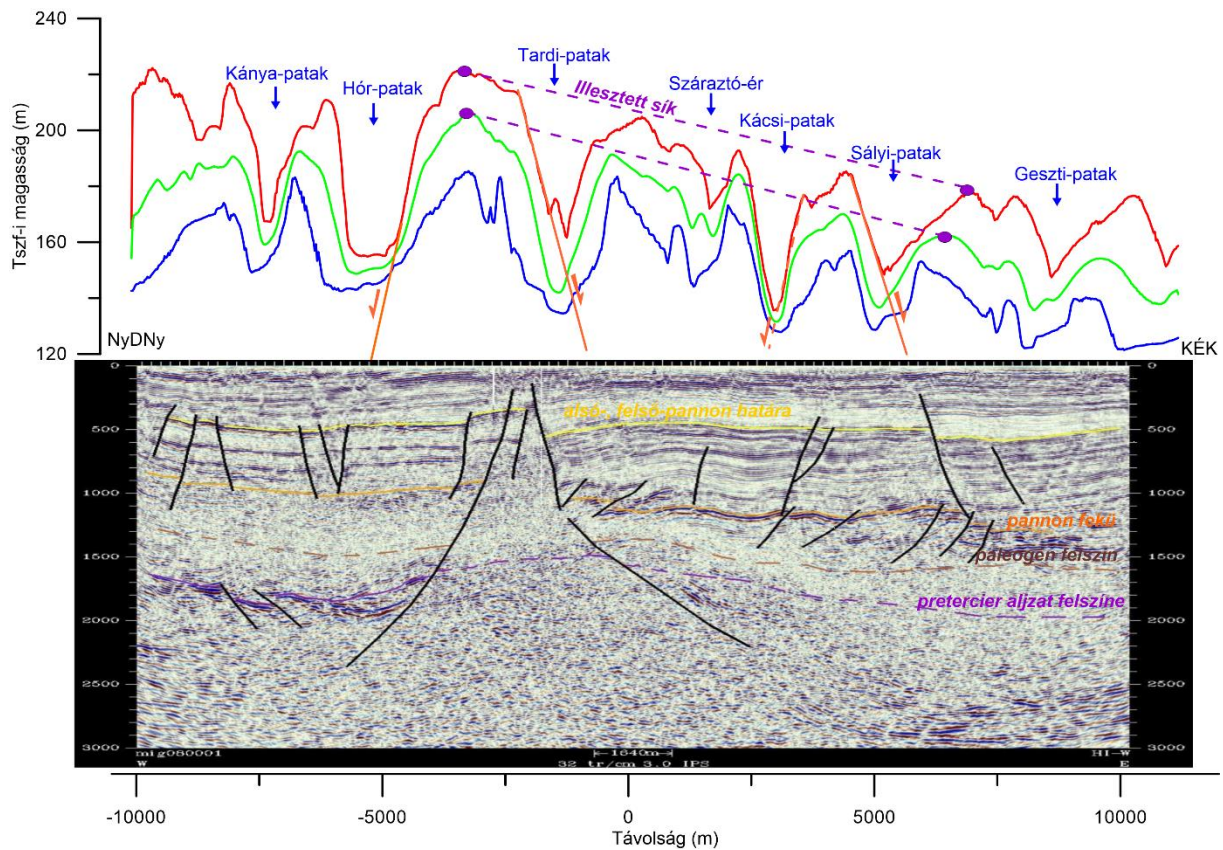
A fővölgyek mentén készített sávszelvények aszimmetrikus jellege, a szeizmikus időszelvényeken észlelt szerkezeti elemek, valamint a fúrési és szakirodalmi adatok együtt értelmezése arra enged következtetni, hogy a főbb völgyek egyes szakaszokon szerkezeti preformáltak (3. ábra). Kivétel a Csincse-patak riolittufa sávtól délre lévő völgyszakasza, a Geszti-patak és a Száraztó-ér völgye, melyek szerkezeti preformáltsága megkérdőjelezhető. A Kígyós-patak kialakulását az eddigi vizsgálatok alapján denudációs, eróziós folyamatokra lehet visszavezetni.

A völgyek és lineamensek jellemző iránya sok esetben jól követi a területen futó szerkezeti elemek irányát, így azok iránystatisztikai elemzése kiemelt jelentőséggel bír a szerkezetmorfológiai kutatások során (GÁBRIS GY. 1986b; CENTAMORE, E. et al. 1996; EYLES, N. et al. 1997; RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs. et al. 2007, 2009; RADAIDEH, O. M. A. et al. 2016; GIOIA, D. et al. 2018), ezért a hagyományos módon digitalizálással készült völgyhálózat, a digitális domborzatmodellből származtatott 1 km<sup>2</sup>-es és 0,2 km<sup>2</sup>-es kritikus forrásterülettel meghatározott víz- és völgyhálózat, valamint a digitális úton leszármaztatott lineamens hálózat iránystatisztikai vizsgálatát is elvégeztem.

A Bükkalja víz- és völgyhálózatának iránystatisztikai vizsgálata alapján a völgyek irányítottak, zömében ~ÉÉNy–DDK-i irányba futnak. A rendűség alapú vizsgálat szerint a másodrendűnél nagyobb völgyek szintén irányítottaságot mutatnak. Ezen irányok megegyeznek a Bükkalja általános lejtésirányával, valamint a területén futó haránt és diagonális törések csapásirányával.

A víz- és a völgyhálózat iránystatisztikai vizsgálata arra is rámutatott, hogy az 1 km<sup>2</sup>-es kritikus forrásterülettel számolt völgyhálózatnál minden rendűség esetében az ÉÉNy–DDK-i irány

dominál. Ez alapján arra következtettek, hogy az ilyen méretű, már az esetek jelentős hányadában vízfolyással rendelkező völgyek – tehát a vízhálózat – párhuzamos rajzolatú. Míg a 0,2 km<sup>2</sup>-es kritikus forrásterülettel számolt szakaszok – azaz a völgyhálózat – iránystatisztikai vizsgálatok alapján ágas rajzolatú.



3. ábra. HI-W jelű kiértékelt szeizmikus szelvény (KOVÁCS ZS. – PIROS O. 2017) és az a mentén készült sávszelvény (piros: maximum értékek, zöld: átlag értékek, kék: minimum értékek).

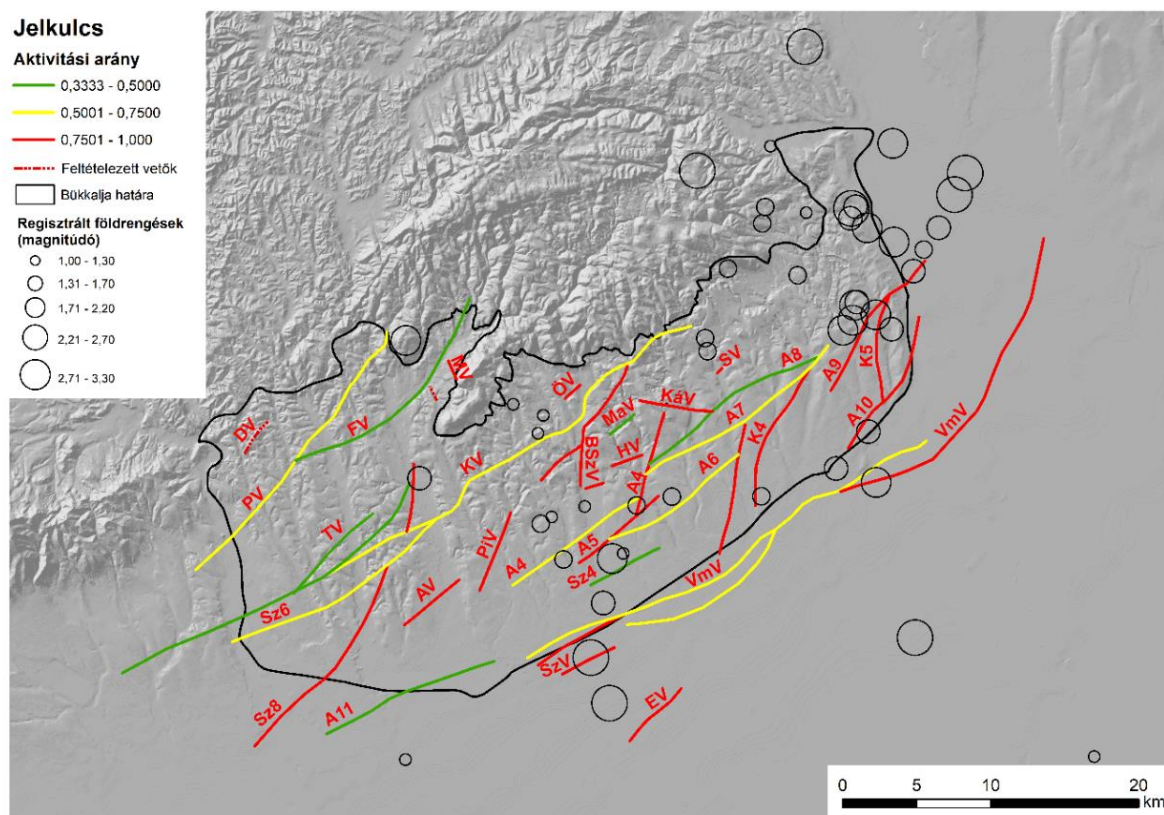
A szerkezeti elemek és a domborzatban megjelenő lineáris elemek (völgyek, lineamensek) közötti kapcsolatot lokálisan is megvizsgáltam. 25 feltárás/bányafal/útbevágás esetében végeztem szerkezetföldtani észleléseket. Az észlelések 2 km-es sugarú környékén belül elemeztem a völgyek és lineamensek hossz-, és iránygyakoriságát, és vettem össze ezen sugarú körön belüli már térképezett szerkezetek irány- és hosszirány gyakoriságával, valamint a feltárásokban mért csapásirányokkal. A völgyek és lineamensek szerkezeti elemekkel való kapcsolatát ezen vizsgálatom is megerősítette.

**Az ÉK–DNy-i csapásirányú vetők egy része a negyedidőszak során is aktív lehetett. Tehát a Bükkalja negyedidőszaki felszínfejlődését a fiatal szerkezeti mozgások a mai napig meghatározzák és módosítják (IV. tézis).**

A vízfolyások kanyarulat-fejlettségének és esésviszonyainak megváltozása utalhat fiatal szerkezeti mozgásokra is (OUCHI, S. 1985; KELLER, E.A. – PINTER, N. 1996; TIMÁR G. 2003a,

2003b; PETROVSZKI J. – TIMÁR G. 2010; MAHMOOD, S.A. – GLOAGUEN, R. 2012; PETROVSZKI J. et al. 2012; PETROVSZKI J. 2013), ezért 21 bükkaljai vízfolyás kanyarulat-fejlettségét és esését számoltam ki, majd vettem össze a térképezett földtani szerkezeti elemekkel, mely segítségével a terület neotektonikai folyamataira tudtam következtetni.

39 vető/vetőszakasz környezetében tapasztaltam jelentős kanyarulat-fejlettségbeli változást. A kanyarulat-fejlettség változást előidéző vetőkre aktivitási arányt (*kanyarulat-fejlettségbeli változások és a vető által átszelt vízfolyások számának aránya*) számoltam. 23 vetőnél/vetőszakasznál maximális (1) aktivitási arányt mértem és mindössze 3 vetőnél volt a legalacsonyabb az aktivitási arány (0,33), 13 vetőnél közepes (0,5 és 0,75 közötti) aktivitási arány volt tapasztalható (4. ábra).



4. ábra. A kanyarulat-fejlettség alapján aktívnak értékelhető vetők és azok aktivitási aránya, valamint a területen mért földrengések magnitúdója (TÓTH L. et al. 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011; GRÁCZER Z. et al. 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018)

(DV: Dongó-v., PV: Pirittyó-v., FV: Felnémeti-v., MV: Mészölygyi-v., TV: Tárkányi-v., KV: Kökötő-v., AV: Andornaktályai-v., PiV: Pipis-v., BSzV: Bogács-szomolyai-v., MaV: Mangó-v., HV: Hosszújáró-v., KáV: Kácsi-v., SV: Sályi-v., SzV: Széhalmi-v., EV: Egerfarmosi-v., VmV: Vatta-maklári-v.).

A fővölgyek esésviszonyainak elemzése során 123 db lokális maximum értéket különítettem el az esésgörbéken, melyből 33 db olyan szerkezeti elemhez kötődött, amely kanyarulat-fejlettség alapján is aktívnak értékelhető, 4 vető esetében pedig olyanhoz, melynek közelében földrengések pattantak ki. A kaptúrák, a földrengésadatok, a sávszelvényezés során feltárt aszimmetrikus teraszrendszerek, a „lokális anomáliák” és a szeizmikus szelvényen látható vetők fiatal üledékek felé



való kifutása neotektonikus folyamatokat tükröz. Ezek alapján a kialakult ÉK–DNy-i csapásirányú vetők egy része valószínűleg megváltozott kinematikával ugyan, de a negyedidőszak során is aktív lehetett.

**A digitális domborzatmodellen végzett morfológiai és statisztikai elemzésekkel sikerült a Bükkalja maradványfelszíneit leválogatni (V. tézis/a – módszertani tézis), valamint sikeresen továbbfejlesztettem az aktív földtani szerkezeti elemek kimutatására szolgáló kanyarulat-fejlettség módszertanát (V. tézis/b – módszertani tézis).**

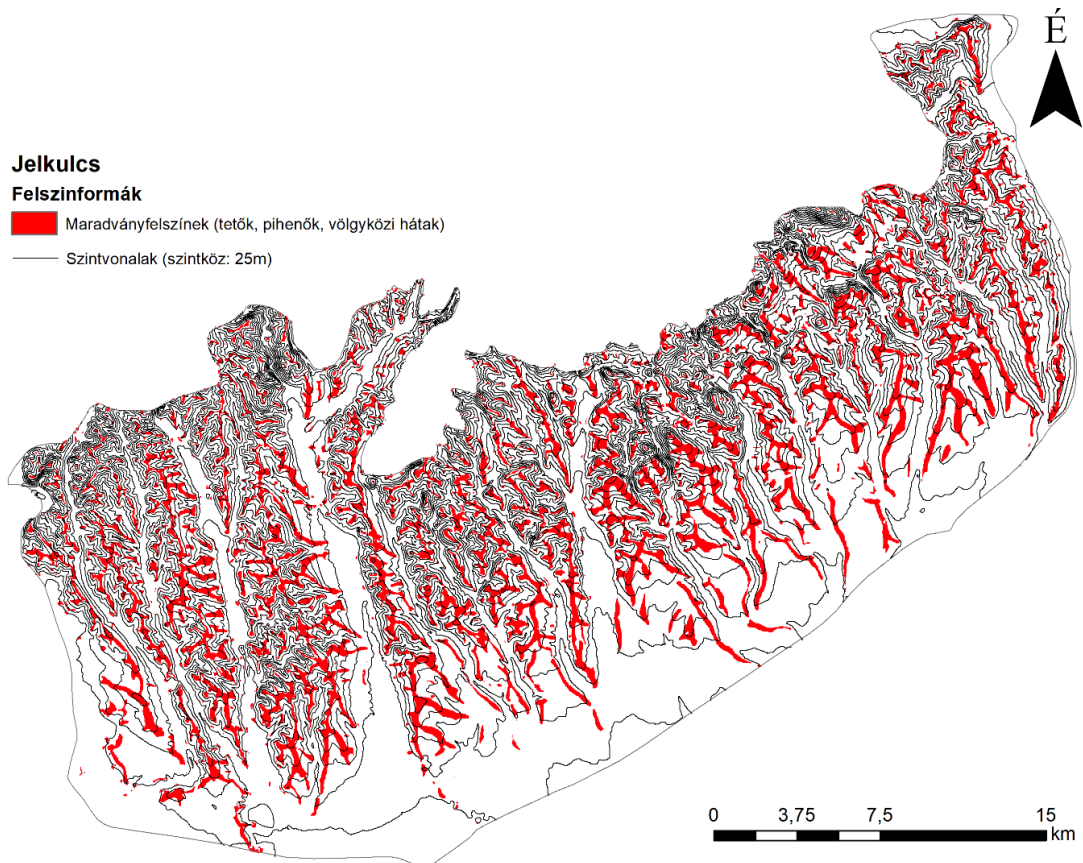
Munkám során számos „újszerű”, de a szakirodalomból már ismert morfológiai vizsgálatot végeztem el. Az alkalmazott módszerek egy részét az eljárás, valamint a vizsgált terület sajátosságai miatt továbbfejlesztettem. Ezek közül kettőt emelek ki.

### **Maradványfelszínek leválogatása**

A felszínformák közül a tetők, völgyközi háta és pihenők térképezése kiemelt jelentőséggel bír, hiszen ezen térszínnek hajdani maradványfelszínekként (tönkfelszín, pediment, terasz) értelmezhetők. A maradványfelszín elkülönítésével, valamint magasságuk elemzésével a terület felszínfejlődésével kapcsolatban tudunk következtetéseket levonni (HEGEDŰS A. 2008, 2011; VÁGÓ J. – HEGEDŰS A. 2011; SZEBERÉNYI J. 2014; PECSMÁNY P. et al. 2020).

A digitális domborzatmodellen alapuló geomorfológiai térképvázlatok készítésével, amely magában foglalja a maradványfelszín leválogatását is az utóbbi időben számos magyar (HEGEDŰS A. 2004; 2005; 2011; TELBISZ T. 2009; SZEBERÉNYI J. 2014) és külföldi (WEISS, A. 2001; JENNESS, J. 2006; IWAHASHI, J. – PIKE, R.J. 2007) kutató foglalkozott. Azonban az általuk kifejlesztett eljárások olyan területeken alkalmazhatók jó eredménnyel, ahol a felszínformák (számszerűsíthető tulajdonságaikban) határozottabban elkülönülnek egymástól, és az egyes formákon belül kisebb a változatosság. Hegylábi térszíneken – mint a Bükkalján is – a formák azonban fokozatosan mennek át egymásba, és az egyes formákon belül is nagyobb a változatosság (pl. egymás mellett fordulnak elő nagyon széles és keskeny völgytalpak), ezért egy-egy morfológiai paraméter alapján nehezen különíthetők el egymástól. Ennek okán én több elsődleges (*lejtőmeredekség, lejtőalak*) és összetett (*Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness, Multiresolution Index of Ridge Top Flatness* [GALLANT, J.C. – DOWLING, T.I. 2003], *Topography Position Index* [WEISS, A. 2001; JENNESS, J. 2006], *Morphometric Features* [WOOD, J. 1996, 2009]) morfológiai paramétert vettem figyelembe, mégpedig úgy, hogy ezeket az ArcGIS-be beépített *Composite Bands* modul segítségével sokcsatornás képpé egyesítettem. Az eljárást a műholdképek elemzése során sikeresen alkalmazták, hiszen a többcsatornás állományok többlet információkat hordoznak. Ezt követően a létrehozott kompozit állományon ArcGIS *Iso Cluster Unsupervised* modulja segítségével klaszterelemzést végeztem, feltételezve azt,

hogy több paramétert is figyelembe véve ezen felszíneknek vannak olyan közös morfológiai tulajdonságai, ami miatt egy csoportba kerülnek. Az optimális klaszterszámot dendrogram alapján 5-ben határoztam meg. A klaszterelemzést követően a tetők, pihenők és a völgyközi hátak a harmadik klaszterbe kerültek. A klaszterelemzés során kapott állomány újraosztályozásával pedig sikerült leválogatnom a lehetséges maradványfelszíneket (5. ábra).



5. ábra. A Bükkalja 1: 25 000 méretarányú digitális maradványfelszín térképe.

### **Vízfolyások kanyarulat-fejlettségének vizsgálata, módszertani továbbfejlesztés:**

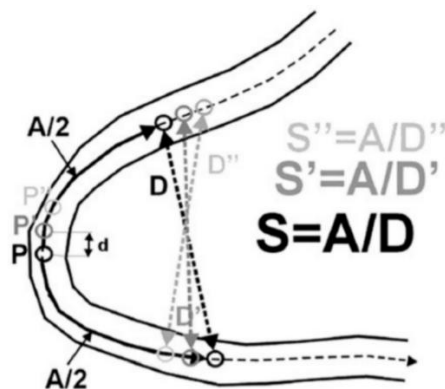
A vízfolyások a szerkezeti mozgások okozta süllyedésekre és/vagy emelkedésekre viszonylag gyorsan reagálnak, ezt a terepasztalon végzett kísérletek is bizonyítják (OUCHI, S. 1985; MARPLE, R.T. – TALWANI, P. 1993; TWIDALE, P. 1996, 2004; TIMÁR G. 2003a, 2003b; PETROVSZKI J. – TIMÁR G. 2010; PETROVSZKI J. et al. 2012; PETROVSZKI J. 2013). A szerkezeti aktivitás vizsgálatára számos, vízfolyásokhoz köthető felszínalakító folyamatot, formát használnak. A nemzetközi szakirodalomban igen elterjedt a vízfolyás hossz menti kanyargósság-változásának, vagyis kanyarulat-fejlettségének tektonikai szempontú vizsgálata. Ezen kutatások jelentős hányada azonban csak nagyobb vízfolyásokkal foglalkozott és nem egy adott törés, hanem általában egy vetőzóna aktivitására vontak le következtetéseket (lásd.: TIMÁR G. 2003a; PETROVSZKI J. 2013).

A Bükkalján való eredményes alkalmazhatóság érdekében az aktív szerkezeti elemek kimutatására szolgáló kanyarulat-fejlettség módszertanát továbbfejlesztettem, kiegészítettem.

A kanyarulat-fejlettségét ( $S$ ) tulajdonképpen a medermenti távolság ( $A$ ) és a légvonalbeli távolság ( $D$ ) hányadosa (SCHUMM, S.A. 2005; PETROVSZKI J. 2013) (1. képlet).

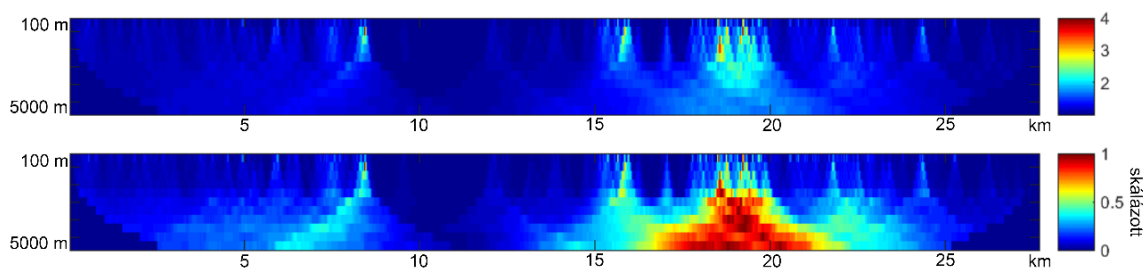
$$S = \frac{A}{D} \quad (1)$$

Az 1. képlet és a 6. ábra jól mutatja, hogy a kanyarulat-fejlettséget egy bizonyos szakaszra számoljuk és a szakasz közép +1 pontjához rendeljük az értéket. A szakaszméret ( $A$ ) változtatásával eltérő értékeket kapunk (PETROVSZKI J. – TIMÁR G. 2010; PETROVSZKI J. et al. 2012; PETROVSZKI J. 2013). A vizsgálat során 11 szakaszméretre ( $A= 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000 \text{ m}$ ) számoltam ki a kanyarulat-fejlettséget és rendelttem az értékeket azok „közeppontjához”.



6. ábra. A vízfolyás kanyarfejlettségének számítása (PETROVSZKI J. – TIMÁR G. 2010).

Ezt követően a kanyarulat-fejlettség értékeket „heatmap” (magyarul: hőterkép, vagy kanyarulat-fejlettségi spektrum) szerűen ábrázoltam, megjelenítve minden szakaszméretet (7. ábra). Az ábrázolás során PETROVSZKI J. (2013) ellentétben a kanyarulat-fejlettség értékek skálázását is végre hajtottam és ezt is hasonló módon ábrázoltam. Erre egyrészt azért volt szükség, hogy a kiugró értékeket kezeljem, így a kisebb és nagyobb változások is egységesen jelennek meg az ábrázolás során, másrészt pedig, hogy a vízfolyásokat össze tudjam hasonlítani egymással, mivel nagyjából hasonló nagyságrendű vízfolyásokról kell beszélnünk.



7. ábra. A Tardi-patak kanyarulat-fejlettségének „heatmap” szerű ábrázolása. A felső a skálázatlan kanyarulatfejlettség, az alsó az 0 és 1 közé skálázott értékek.

Az ábrázolás ebben az esetben kulcsfontossággal bír, hiszen ha a kanyarfejlettség változása a kisebb és a nagyobb szakaszméret mellett is megjelenik (7. ábra – *piramisszerű formák kirajzolódása a kanyarulat-fejlettségi spektrumon*), akkor lehetséges, hogy szerkezeti okok is közrejátszanak a kanyarulat-fejlettség megváltozásában (PETROVSZKI J. – TIMÁR G. 2010; PETROVSZKI J. et al. 2012). Ez a piramisszerű alakzat mind a skálázott, mind pedig a skálázatlan adatok esetében megnyilvánult.

A „heatmap” szerű ábrázolás mellett lehetőségünk van a kanyarulat-fejlettségek térképi megjelenítésére is. Ennél az ábrázolásnál először azt a szakaszméretet kellett megállapítani, amely kapcsolatba hozható a tektonikával. LANCASTER, S.T. és BRASS, R.L. (2002) alapján TIMÁR G (2003a) és PETROVSZKI J. (2013) azt a szakaszméretet választotta, ahol a legmagasabb volt a szórás, azonban az én esetemben ez nagyon kis szakaszméretet eredményezett (400 m), mely túlságosan is elaprózta volna a megjelenítést. Ha egy vízfolyás különböző szakaszméretekkal számított átlagos kanyarulat-fejlettség értékeit a szakaszméret függvényében ábrázoljuk Descartes-féle derékszögű koordináta-rendszerben, akkor a szakaszméret növekedésével hirtelen megnő a kanyarulat-fejlettség átlagértéke, majd gyors emelkedés után „stagnálni” kezd, majd ezt követő kisebb léptékű átlagérték emelkedés figyelhető meg. TIMÁR G. (2003a) ezt a kapcsolatot is ábrázolta a Tiszánál, és annál a szakaszméretnél, ahol a kanyarulat-fejlettség átlagértéke „stagnálni” kezdett, nagyjából megegyezett a szórás alapján meghatározott optimális szakaszmérettel, ezért a szórás helyett jómagam az átlagértékek vizsgálatával próbáltam meghatározni az aktív tektonikával kapcsolatba hozható szakaszméretet. Ezt minden patakra megállapítottam, majd a leggyakoribb szakaszméretet (~1000 m) tekintettem az aktív szerkezeti elemek indikátorának, melyet térképen is ábrázoltam.

Ezt követően a kiválasztott szakaszméret adatállományán simítást (zajszűrést) végeztem el, hogy a kisebb, minden bizonnyal technikai forrásból származó (digitalizálási hibák, georeferálási hibák) változásokat ki tudjam küszöbölni. Az adatrendszeren a simítást MatLab szoftverben végeztem el a LOESS függvény felhasználásával. Ezt követően szintén MatLab-ben meghatároztam a lokális minimum értékeket (*findpeaks* függvény segítségével) minden vízfolyás esetében. A lokális minimumokra azért volt szükség, hogy meghatározzam azokat a pontokat melyek előtt, vagy után változás következik be, ezen pontok tulajdonképpen a jelentős kanyargósság változások helyei. A Bükkalja 21 vízfolyásának kanyarulat-fejlettség grafikonjain 208 db lokális minimum értéket sikerült észlelni. Ezt összevetve LESS GY. et al. (2005) 1: 50 000, valamint PETRIK A. (2016) 1:100 000 méretarányú földtani térképein megjelenített szerkezeti elemekkel 144 esett valamely vető valamelyik oldalára. Ez a teljes minimum értékek csaknem 70%-a. Ezen jelentős kanyarulat-változások helyét térképen is ábrázoltam és meghatároztam minden pont és a hozzá legközelebb eső vető távolságát. Ezek után MatLab szoftverben nem hierarchikus klaszterelemzést végeztem a

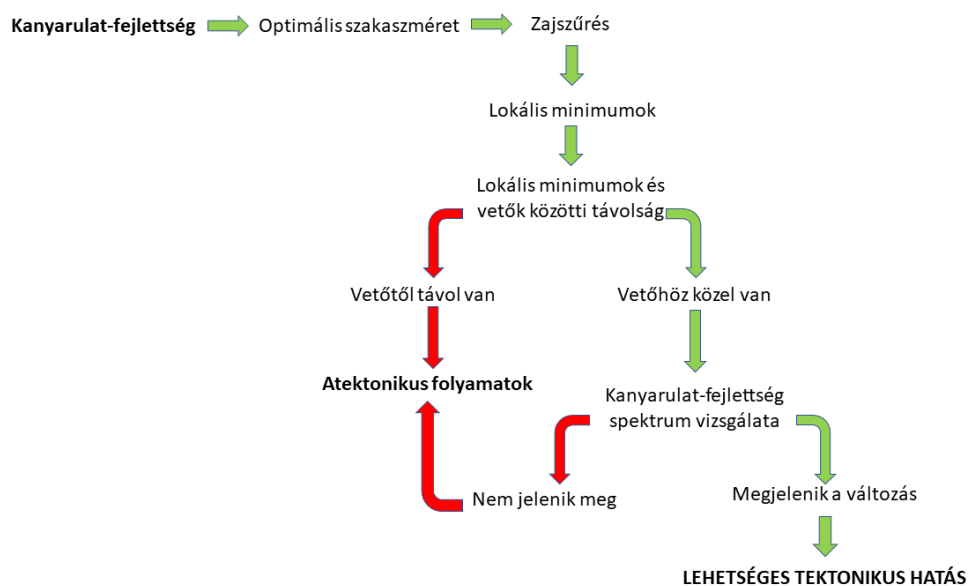
távolságokon. Mivel az adatrendszerben voltak kiugró értékek is, ezért a csoportképzés során az objektumok közötti távolságok kiszámításához a robusztus City-block (Manhattan) távolság módszerét használtam. Az optimális klaszterszámot az SSE (*Sum of Squared Error*) módszer (STEINER F. 1990) segítségével 4-ben határoztam meg.

Az első és második klaszterbe kerültek azok a jelentős kanyarulat-változáshoz köthető pontok, melyek ~509 m-nél (508,944 m) közelebb helyezkednek el a vetőhöz. A megállapított tűréshatár a felhasznált adatállományok esetében még elfogadhatónak tekinthető, hiszen mind a földtani térképek (LESS GY. et al. 2005; PETRIK A. 2016), mind a Második Katonai Felmérés felvételezése, valamint annak georeferálása (TIMÁR G. et al. 2006), mind a digitalizálás, hibákat hordozhat. A vetőtérkép a hordalékkúp területen a szeizmikus szelvények alapján a reflexiókra és fúrási adatokra támaszkodva készült el (PETRIK A. 2016), ezért a vetők felszíni kifutása néhány 100 méterrel arrébb is lehet (FOSSEN, H. 2010).

Néhány esetben a vető két oldalán elhelyezkedő mindkét minimum érték beleesett ebbe a két klaszterbe, ekkor azt a minimum értéket választottam, mely előtt vagy után nagyobb kanyarulat-fejlettségbeli változás történt meg.

A következő lépésben azon pontokat, melyek a megfelelő klaszterbe estek, a kanyarulat-fejlettségi spektrumon is megvizsgáltam. Ha a változás a spektrumon is észlelhető volt (vagyis mind a két módszerrel kimutatható), feltételezhető, hogy a kanyargósság megváltozását neotektonikus folyamatok okozzák.

Az általam módosított és kiegészített eljárásról a 8. ábra ad vázlatos áttekintést.



8. ábra. Az aktív szerkezeti elemek kimutatására szolgáló módszertani továbbfejlesztés egyszerűsített folyamatábrája.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- CENTAMORE, E. – CICCACCI, S. – DEL MONTE, M. – FREDI, P. – LIPIA PALMIERI, E. 1996: Morphological and morphometric approach to the study of the structural arrangement of northeastern Abruzzo (Central Italy). *Geomorphology*, 16. (2): pp. 127–137.  
Elérhető: [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(95\)00138-U](https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00138-U)
- BALOGH K. 1963: A Bükk hegység és környékének földtani térképe 1: 100 000. MÁFI.
- BALOGH K. 1964: A Bükkhegység földtani képződményei. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve*, 48. (2): 719 p.
- DOBOS A. 2000: A Hór-völgy fejlődéstörténete és természetvédelmi szempontú tájértékelése. Doktori (PhD) értekezés, Debreceni Egyetem (KLTE). pp. 1–119.
- DOBOS A. 2002: A Bükkalja II. Felszínalaktani leírás. In.: *A Bükki Nemzeti Park*. Szerk.: BARÁZ Cs., Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger. pp. 217–227.
- DÖVÉNYI Z. (szerk.) 2010: Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest. pp. 736-759.
- EYLES, N. – ARNAUD, E. – SCHEIDEGGER, A.E. – EYLES C.H. 1997: Bedrock Jointing and Geomorphology in Southwestern Ontario, Canada: An Example of Tectonic Predesign. *Geomorphology*, 19. (1–2): pp. 17–34.  
Elérhető: [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(96\)00050-5](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(96)00050-5)
- FODOR L. – RADÓCZY GY. – SZTANÓ O. – KOROKNAI B. – CSONTOS L. – HARANGI SZ. 2005: Post conference excursion: tectonics, sedimentation and magmatism along the Darnó Zone. *GeoLines*, 19. pp. 142–162.
- FOSSEN, H. 2010: *Structural Geology*. University of Bergen, Norway. Cambridge University Press. 450 p.
- GALLANT, J.C. – DOWLING, T.I. 2003: Multiresolution index of valley flatness for mapping depositional areas. *Water Resources Research*, 39. pp. 1347–1359.  
Elérhető: <https://doi.org/10.1029/2002WR001426>
- GÁBRIS GY. 1986a: A vízhálózat háromdimenziós vizsgálata. *Földrajzi Értesítő*, 35. (3-4): pp. 269–278.
- GÁBRIS GY. 1986b: A vízhálózat és a szerkezet összefüggései. *Földtani Közlöny*, 116. pp. 45–56.
- GÁL P. – PECSMÁNY P. – PETRIK A. – LUKÁCS R. – FODOR L. – KÖVÉR SZ. – HARANGI SZ. 2019a: Geological and geomorphological remapping of the Miocene sedimentary-volcanic basin at the border area of the Mátra and Bükk Mountains (NE Hungary). In.: *ILP 2019 :14th Workshop of the International Lithosphere Program Task Force Sedimentary Basins Abstracts*. Szerk.: KÖVÉR, SZ. – BALÁZS, A. – FODOR, L., Hévíz. pp. 32–34.
- GÁL P. – PECSMÁNY P. – PETRIK A. – LUKÁCS R. – FODOR L. – KÖVÉR SZ. – HARANGI SZ. 2019b: A Mátra és a Bükk határvidékét borító miocén képződmények újratérképezése. In.: *Saxa Loquuntur - Kőbe zárt történetek: X. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés*. Szerk.: PÁL-MOLNÁR E. – LUKÁCS R. – HARANGI SZ. – SZEMERÉDI M. – NÉMETH B. – MOLNÁR K. – JANKOVICS M.É., Budapest. pp. 45–45.
- GÁL P. – PECSMÁNY P. – PETRIK A. – LUKÁCS R. – FODOR L. – KÖVÉR SZ. – HARANGI SZ. 2020: A Sirok környéki miocén rétegsor földtani és geomorfológiai reambulálása. In.: *Átalakulások: XI. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés*. Szerk.: FÜRI J. – KIRÁLY E., Budapest. p. 32.
- GIOIA, D. – SCHIATTARELLA, M – GIANO, S.I. 2018: Right-Angle Pattern of Minor Fluvial Networks from the Ionian Terraced Belt, Southern Italy: Passive Structural Control or Foreland Bending?. *Geosciences*, 8. (9): 331.  
Elérhető: <https://doi.org/10.3390/geosciences8090331>
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. 2012: Magyarországi földrengések évkönyve – Hungarian Earthquake Bulletin, 2011. *GeoRisk – Földrengéskutató Intézet*. Budapest. 357 p.

- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. 2013: Magyarországi földrengések évkönyve – Hungarian Earthquake Bulletin, 2012. GeoRisk – Földregészkutató Intézet. Budapest. 260 p.
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. 2014: Magyarországi földrengések évkönyve – Hungarian Earthquake Bulletin, 2013. GeoRisk – Földregészkutató Intézet. Budapest. 466 p.
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. 2015: Magyarországi földrengések évkönyve – Hungarian Earthquake Bulletin, 2014. GeoRisk – Földregészkutató Intézet. Budapest. 563 p.
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. 2016: Magyarországi földrengések évkönyve – Hungarian Earthquake Bulletin, 2015. GeoRisk – Földregészkutató Intézet. Budapest. 281 p.
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. 2017: Magyarországi földrengések évkönyve – Hungarian Earthquake Bulletin, 2016. GeoRisk – Földregészkutató Intézet. Budapest. 355 p.
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. 2018: Magyarországi földrengések évkönyve – Hungarian Earthquake Bulletin, 2017. GeoRisk – Földregészkutató Intézet. Budapest. 405 p.
- GULÁCSI Z. é.n.: Földtani észlelési térkép. MÁFI. ÉMoSzR. 308-22.
- HACK, J.T. 1973: Stream-profile analysis and stream gradient index. Journal Research of U.S. Geological Survey, 1. (4): pp. 421–429.
- HEGEDŰS A. 2004: A domborzat fő formáinak vizsgálata digitális domborzatmodell alapján. In.: Domborzatmodell alkalmazások Magyarországon, HUNDEM 2004 konferencia, Miskolc. 11. p.
- HEGEDŰS A. 2005: Az Ózd-Pétervásárai dombság felszínalaktani térképezése hagyományos és térinformatikai módszerek ötvözésével. In.: Földtani és felszínalaktani érték védelme. Szerk.: DOBOS A. – ILYÉS Z., Eger. pp. 335–349.
- HEGEDŰS A. 2008: Felszínalaktani vizsgálatok az Ózd-Pétervásárai-dombságon. Doktori (Ph.D.) értekezés, Miskolci Egyetem Földrajz Intézet. 109 p.
- HEGEDŰS A 2011: Felszínalaktani szintek keresése, kijelölése domborzatmodell segítségével. In.: HunDEM 2011 kerekasztal és konferencia közleményei. Lehetőségek a domborzatmodellben 2011, Miskolc. pp. 1–16.
- HEVESI A. 1978: A Bükk szerkezet- és felszínfejlődésének vázlatja. Földrajzi Értesítő. 27. (2): pp. 169–203.
- HEVESI A. 2002a: A Bükk hegység földrajzi helyzete, kialakulása, éghajlata. In: A Bükk hegység földrajzi helyzete, kialakulása, éghajlata. In: A Bükki Nemzeti Park. Szerk.: BARÁZ Cs., Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger. pp. 15–22.
- HEVESI A. 2002b: Fejlődéstörténet II. Felszínfejlődés. In: A Bükki Nemzeti Park. Szerk.: BARÁZ Cs., Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger. pp. 83–108.
- HEVESI A. 2003: A Kárpát-medence és a Kárpátok természetföldrajzi tájtagolása. Budapest. Földrajzi Értesítő, 52. (3-4): pp. 253–267.
- HEVESI A. – PAPP S. 1979: Evaluation of Natural Potentials of a Microregion Bükkalja (Based on Sample Area, Scale: 1:10 000). Contemporary Geography and Integrated Landscape Research II. Slovak Academy of Sciences Institute Geographical Society, Bratislava. pp. 267–275.
- IWAHASHI, J. – PIKE, R.J. 2007: Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. Geomorphology, 86. (3–4): pp.409–440.  
Elérhető: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.09.012>
- JENNESS, J. 2006: Topographic Position Index (tpi\_jen.avx) extension for ArcView 3.x, v. 1.3a. Elérhető: [http://www.jennessent.com/arcview/TPI\\_jen\\_poster.htm](http://www.jennessent.com/arcview/TPI_jen_poster.htm)

- KELLER, E.A. – PINTER, N. 1996: Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landforms. Prentice Hall, New Jersey, USA. pp. 1–362.
- KEREKES J. 1936: A Tárkányi-öböl morfológiája. Földrajzi Közlemények, Budapest, pp. 80–67.
- KORUP, O.O. – SCHMIDT, J. – MCSAVENEY, M. J. 2005: Regional relief characteristics and denudation pattern of the western Southern Alps, New Zealand. *Geomorphology* 71. pp. 402–423.
- Elérhető: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.04.013>
- KOVÁCS ZS. – PIROS O. 2017: Tard szénhidrogén koncesszióra javasolt terület komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati jelentés tervezete. MBFSZ, Budapest. 274 p.
- LANCASTER, S. T. – BRAS, R. L. 2002: A simple model of river meandering and its comparison to natural channels. – *Hydrological Processes* 16. pp. 1–26.
- Elérhető: <https://doi.org/10.1002/hyp.273>
- LESS GY. – KOVÁCS S. – PELIKÁN P. – PENTELÉNYI L. – SÁSDI L. 2005: A Bükk hegység földtana. Szerk.: PELIKÁN P., Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest. 249 p.
- MAHMOOD, S. A. – GLOAGUEN, RICHARD 2012: Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM derived geomorphic indices and drainage analysis. *Geoscience Frontiers*, 3. (4): pp. 407–428.
- Elérhető: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2011.12.002>
- MARPLE, R. T. – TALWANI, P. 1993: Evidence of possible tectonic upwarping along the South Carolina coastal plain from an examination of river morphology and elevation data. – *Geology*, 21. pp. 651–654.
- Elérhető: [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1993\)021<0651:EOPTUA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1993)021<0651:EOPTUA>2.3.CO;2)
- MARTONNÉ ERDŐS K. 2002: A Bükkvidék. Kézirat, Debreceni Egyetem.
- Elérhető: <http://geo.science.unideb.hu/taj/dokument/bukk.doc>
- MCINSTOSH R.W. 2014: A Bükkium morfortektonikája. PhD (doktori) értekezés, Debreceni Egyetem. 239 p.
- NÉMETH N. 2005: A Délkeleti-Bükk keleti részének szerkezetföldtani viszonyai. PhD (doktori) értekezés, Miskolci Egyetem Ásványtani-Földtani Intézet. 156 p.
- OUCHI, S. 1985: Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement. *Geological Society of America Bulletin*, 96. pp. 504–515.
- Elérhető: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1985\)96<504:ROARTS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1985)96<504:ROARTS>2.0.CO;2)
- PECSMÁNY P. – HEGEDŰS A. – VÁGÓ J. 2020: Remnant surfaces in the Tárkány Basin. *Landscape and Environment (Acta Geographica Debrecina)* 14. (2): pp. 20–30.
- Elérhető: <https://doi.org/10.21120%2FLE%2F14%2F2%2F2>
- PETRIK A. 2016: A Bükk déli előterének kainozoos szerkezetalakulása. Doktori (PhD) értekezés. ELTE Földrajz-Földtudományi Intézet. Budapest. 264. p.
- PETROVSZKI J. – TIMÁR G. 2010: Channel sinuosity of the Körös River system, Hungary/Romania, as possible indicator of the neotectonic activity. *Geomorphology*, 122. (3-4): pp. 223–230.
- Elérhető: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.11.009>
- PETROVSZKI J. – SZÉKELY B. – TIMÁR G. 2012: A systematic overview of the coincidences of river sinuosity changes and tectonically active structures in the Pannonian Basin. *Global and Planetary Change*, 98-99. pp. 109–121.
- PETROVSZKI J. 2013: A Pannon-medence meanderező vízfolyásainak kanyarfejltség elemzése - neotektonikai és folyódinamikai következtetések. PhD (doktori) értekezés. ELTE Földrajz-Földtudományi Intézet, Budapest. 145 p.
- PINCZÉS Z. 1968: A Bükk hegység tönk és pediment felszínei. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Természetföldrajzi Dokumentáció 7. pp. 32–39.
- RADAIDEH, O.M.A., GRASEMANN, B., MELICHAR, R. and MOSAR, J. 2016: Detection and analysis of morphotectonic features utilizing satellite remote sensing and GIS: An example in SW Jordan. *Geomorphology*, 275. pp. 58–79.
- Elérhető: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.09.033>



- ROBL, J. – HERGARTEN, S. – STÜWE, K. 2008: Morphological analysis of the drainage system in the Eastern Alps. *Tectonophysics*, 460. pp. 263–277.  
Elérhető: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2008.08.024>
- RUSZKICZAY-RÜDIGER ZS. – FODOR L. – HORVÁTH E. – TELBISZ T. 2007: Folyóvízi, eolikus és neotektonikai hatások szerepe a Gödöllői-dombság felszínfejlődésében - DEM-alapú morfometriai vizsgálat. *Földrajzi Közlemények*, 131. (4): pp. 319–342.
- RUSZKICZAY-RÜDIGER, ZS. – FODOR, L. – HORVÁTH, E. – TELBISZ, T. 2009: Discrimination of fluvial, eolian and neotectonic features in a low hilly landscape: A DEM-based morphotectonic analysis in the Central Pannonian Basin, Hungary. *Geomorphology*, 104 (3-4). pp. 203–217.  
Elérhető: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.08.014>
- SCHRÉTER Z. 1912: Eger környékének földtani viszonyai. In.: MÁFI évi jelentés. pp. 130–146.
- SCHRÉTER Z. 1926: Az 1925 január 31-i egri földrengés. *Földtani Közlöny*, 55. pp. 26–49.
- SCHRÉTER Z. 1933: A Bükk-hegység délkeleti oldalának földtani viszonyai. In.: A Magyar Királyi Földtani Intézet Éveji Jelentése az 1932-34. évekről. pp. 511–526.
- SCHUMM, S.A. 2005: *River variability and complexity*. Cambridge University Press. 220 p.
- STEINER F. 1990: *A geostatistika alapjai*. Tankönyvkiadó, Budapest. 352 p.
- STOLAR, D.B., WILLETT, S.D. – MONTGOMERY, D.R. 2007: Characterization of topographic steady state in Taiwan. *Earth and Planetary Science Letters*, 261. pp. 421–431  
Elérhető: <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.07.045>
- SZEBERÉNYI J. 2014: A Délkeleti-Börzsöny és a Visegrádi-szoros geomorfológiai szintjeinek kapcsolata. Doktori (PhD) értekezés, Pécsi Tudományegyetem Földtudományi Doktori Iskola. 129 p.
- TELBISZ, T. 2009: Digitális domborzatelemzési módszerek alkalmazása karsztos területek geomorfológiai térképezésében. In.: HunDEM 2009 és GeoInfo 2009 Konferencia, Miskolc. pp. 1–13.
- TELBISZ, T. – KOVÁCS, G. – SZÉKELY, B. 2011: Sávszelvények készítése és elemzése. In.: HunDEM 2011 és GeoInfo 2011 Konferencia, Miskolc. pp. 1–8.
- TELBISZ, T. – KOVÁCS, G. – SZÉKELY, B. – SZABÓ, J. 2013: Topographic swath profile analysis: a generalization and sensitivity evaluation of a digital terrain analysis tool. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 57. (1): pp. 485–513.  
Elérhető: <https://doi.org/10.1127/0372-8854/2013/0110>
- TÓTH L. – MÓNOS P. – ZSÍROS T. – KISZELY M. – CZIFRA T. 2003: Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2002. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 106 p.
- TÓTH L. – MÓNOS P. – ZSÍROS T. – KISZELY M. – CZIFRA T. 2004: Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2003. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 138 p.
- TÓTH L. – MÓNOS P. – ZSÍROS T. – KISZELY M. – CZIFRA T. 2005: Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2004. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 96 p.
- TÓTH L. – MÓNOS P. – ZSÍROS T. – BUS Z. – KISZELY M. – CZIFRA T. 2006: Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2005. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 84 p.
- TÓTH L. – MÓNOS P. – ZSÍROS T. – BUS Z. – KISZELY M. – CZIFRA T. 2007: Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2006. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 82 p.
- TÓTH L. – MÓNOS P. – ZSÍROS T. – BUS Z. – KISZELY M. – CZIFRA T. 2008: Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2007. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 78 p.

- TÓTH L. – MÓNOS P. – ZSÍROS T. – BUS Z. – KISZELY M. – CZIFRA T. 2009: Magyarországi földrengések évkönyve – Hungarian Earthquake Bulletin, 2008. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 100 p.
- TÓTH L. – MÓNOS P. – ZSÍROS T. – BUS Z. – KISZELY M. – CZIFRA T. 2010: Magyarországi földrengések évkönyve – Hungarian Earthquake Bulletin, 2009. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 94 p.
- TÓTH L. – MÓNOS P. – ZSÍROS T. – BUS Z. – KISZELY M. – CZIFRA T. 2011: Magyarországi földrengések évkönyve – Hungarian Earthquake Bulletin, 2010. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 142 p.
- TIMÁR G. 2003a: Geológiai folyamatok hatása a Tisza alföldi szakaszának medermorfológiájára. Doktori (Ph.D.) értekezés, ELTE Földrajz-Földtudományi Intézet, Budapest. 135 p.
- TIMÁR G. 2003b: Controls on channel sinuosity changes: a case study of the Tisza River, the Great Hungarian Plain. *Quaternary Science Reviews*, 22. pp. 2199–2207.  
Elérhető: [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(03\)00145-8](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(03)00145-8)
- TIMÁR G. – MOLNÁR G. – SZÉKELY B. – BISZAK S. – VARGA J. – JANKÓ A. 2006. Digitized maps of the Habsburg Empire – the map sheets of the second military survey and their georeferenced version. Arcanum, Budapest. 59 p.
- TWIDALE, C. R. 1996: Late Cenozoic activity of the Selwyn upwarp, northwest Queensland. *Journal of the Geological Society*, 13. pp. 491–494.  
Elérhető: <https://doi.org/10.1080/00167616608728627>
- TWIDALE, C. R. 2004: River patterns and their meaning. *Earth-Science Reviews*, 67. pp. 159–218.  
Elérhető: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2004.03.001>
- VÁGÓ J. 2010: Stream Gradient investigation in the Bükkalja using interpolated surfaces. *AGD Landscape and Environment*, 4. pp. 23–36.
- VÁGÓ J. – HEGEDŰS A. 2011: DEM based examination of pediment levels: a case study in Bükkalja. *Hungarian Geographical Bulletin*, 60. (1): pp. 24–44.
- VÁGÓ J. 2012: A kőzetminőség szerepe a Bükkalja völgy- és vízhálózatának kialakulásában. Doktori (Ph.D.) értekezés, Miskolci Egyetem Földrajz Intézet. pp. 15–95.
- WEISS, A. 2001: Topographic Position and Landforms Analysis – Poster presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA.  
Elérhető: [http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc\\_18x22.pdf](http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc_18x22.pdf)
- WOOD, J. 1996: The Geomorphological characterisation of Digital Elevation Models, 1996 Dissertation, Department of Geography, University of Leicester, U.K. 466 p.
- WOOD, J. 2009: Geomorphometry in LandSerf. *Developments in Soil Science*, 33. pp. 333–349.  
Elérhető: [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00014-7](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00014-7)

## **A SZERZŐ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁVAL KAPCSOLATOSAN MEGJELENT TANULMÁNYAI**

- PECSMÁNY P. 2014: Szihalom domborzati viszonyainak jellemzése. In: *Diáktudomány: A Miskolci Egyetem Tudományos Diákköri munkáiból* 7. Szerk.: KÉKESI T.; JÁRMAI K. – DABASI, HALÁSZ ZS., Miskolc. pp. 27–31.
- PECSMÁNY P. 2016: Teraszvizsgálatok a Bükkalja nyugati részén. In: *Diáktudomány: A Miskolci Egyetem Tudományos Diákköri munkáiból*. Szerk.: KÉKESI T. – WOPERA ZS. – DABASI-HALÁSZ ZS., Miskolc. pp. 22–27.
- PECSMÁNY P. 2017: Szihalom és környékének fejlődéstörténeti és felszínalkotásai. In.: *Ahol az elemek találkoznak: víz, föld és tűz határán*. VIII. Közéleti és Geokémiai Vándorgyűlés. Szerk.: DÉGI J. – KIRÁLY E. – KÓNYA P. – KOVÁCS I.J. – PÁL-MOLNÁR E. – THAMÓNÉ BOZSÓ E. – TÖRÖK K. – UDVARDI B., Budapest. pp. 134–137.
- PECSMÁNY P. 2018: A Bükkalja medencéinek kimutatása digitális felszínmodellen végzett statisztikai vizsgálatokkal. In.: *Doktoranduszok Fóruma: Műszaki Földtudományi Kar szekciókiadványa*. Szerk.: MUCSI G. – PAPP R.Z., Miskolc. pp. 57–67.

- PECSMÁNY P. 2019a: A medence fogalma, medencék osztályozása. In.: Doktoranduszok Fóruma: Miskolc, Műszaki Földtudományi kar szekciókiadványa. Szerk.: SZABÓ N.P. – PAPP R.Z., Miskolc. pp. 82–95.
- PECSMÁNY P. 2019b: Maradványfelszínek kimutatása digitális domborzatmodellen végzett morfometriai vizsgálatok segítségével a Bükkalján. In: Műszaki tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2019 Konferencia. Szerk.: BODZÁS S. – ANTAL T., pp. 297–300
- PECSMÁNY P. 2020a: A bükkaljai vízfolyások kanyarulatfejlettségének vizsgálata szerkezetföldtani okok és következtetések. Földrajzi Közlemények, 144. (2): pp. 133–152. Elérhető: <https://doi.org/10.32643/fk.144.2.1>
- PECSMÁNY P. 2020b: A Cserépváraljai- és a Tardi-patak bükkaljai völgyszakaszának felszínfejlődése. Műszaki Földtudományi Közlemények, 89. (1): pp. 35–41.
- PECSMÁNY P. 2021: A Bükkalja völgyhálózatának rendűség szerinti iránystatisztikai vizsgálata. Multidiszciplináris tudományok, 11. (2): pp. 9–16. Elérhető: <https://doi.org/10.35925/j.multi.2021.2.2>
- PECSMÁNY P. – HEGEDŰS A. – DOBOS E. 2018: Felszínalaktani vizsgálatok a Cserépváraljai- és a Tardi-patak völgyében. In.: XX. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Gyulafehérvár (RO). pp. 198–199. Elérhető: <https://doi.org/10.13140%2FRG.2.2.14752.48645>
- PECSMÁNY P. – KRISTÁLY F. 2018: Agyagásványok eloszlásának vizsgálata két felszínmozgásveszélyes területen. In.: Az asztenoszféra az atmoszféráig: IX. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés absztrakt kötet. Szerk.: BERKESI M. – CSERESZNYÉS D. – GELENCSÉR O. – KIRÁLY Cs. – PÁLÓS Zs. – SPRÁNTZ T. – SZABÓ Zs. – SZABÓ Zs., Budapest. pp.145–146.
- PECSMÁNY P. – HEGEDŰS A. – VÁGÓ J. 2018: Szállítóközeg nélküli lejtős tömegmozgások térképezése a Bükkalja medencéiben. In.: Földrajzi tanulmányok 2018. Szerk.: FAZEKAS I. – KISS E. – LÁZÁR I., Debrecen, MTA DAB Földtudományi Szakbizottság. pp. 67–70.
- PECSMÁNY P. – HEGEDŰS A. – VÁGÓ J. 2019: Landslide susceptibility mapping using gis-based methods in the Bükkalja (Hungary). In: MultiScience - XXXIII. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference. Szerk.: KÉKESI T., Miskolc. pp. 1–12. Elérhető: <https://doi.org/10.26649%2Fmusci.2019.008>
- PECSMÁNY P. – HEGEDŰS A. – VÁGÓ J. 2020: Remnant surfaces in the Tárkány Basin. Landscape and Environment (Acta Geographica Debrecina) 14. (2): pp. 20–30. Elérhető: <https://doi.org/10.21120%2FLE%2F14%2F2%2F2>
- PECSMÁNY P. – KILLIK R. 2020: A leggyakoribb érték módszerének alkalmazási lehetősége a digitális domborzatmodellek zajsűrésére. In.: Doktoranduszok Fóruma: Miskolc, Műszaki Földtudományi kar szekciókiadványa. Szerk.: SZABÓ N.P. – PAPP R.Z., Miskolc. pp. 51–59.
- PECSMÁNY P. – SZABÓ N.P. 2020: Vízfolyások kanyarulat-fejlettségének vizsgálata feltáró faktoranalízis segítségével. In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában XI.: Theory meets practice in GIS. Szerk.: Molnár V.É., Debrecen. pp. 191–197.
- PECSMÁNY P. – VÁGÓ J. 2020: A mélyszerkezet és a domborzat közötti kapcsolat a Bükkalja területén. Műszaki Földtudományi Közlemények 89. (1): pp. 29–34.
- PECSMÁNY P. – HEGEDŰS A. 2021: Völgyek és lineamentek kapcsolata a szerkezeti elemekkel a Bükk délnyugati előterében. Multidiszciplináris tudományok 11. (1): pp. 38–49. Elérhető: <https://doi.org/10.35925/j.multi.2021.1.4>
- PECSMÁNY P. – HEGEDŰS A. – VÁGÓ J. – NÉMETH N. 2021: Directional analysis of drainage network and morphotectonic features in the south-eastern part of Bükk Region. Hungarian Geographical Bulletin 70. (2). (*in press*)