

XX. reál- és humántudományi Erdélyi Tudományos Diákköri Konferencia (ETDK)

Kolozsvár, 2017. május 18–21.

A Rozsda-szakadék morfometriai és morfordinamikai elemzése

Szerzők:

Csergő Rebeka, BBTE, Kolozsvár, Földrajz Kar, Földrajz Szak, II. év

Benedek Emőke, BBTE, Kolozsvár, Földrajz Kar, Területfejlesztés Szak, I. év

Antal Vivien, BBTE, Kolozsvár, Földrajz Kar, Földrajz Szak, II. Év

Lukács Dávid-Attila, BBTE, Kolozsvár, Földrajz Kar, Területfejlesztés Szak, I. év

Témavezetők:

:

dr. Gál Andrea - egyetemi adjunktus, BBTE, Kolozsvári Magyar Földrajzi Intézet

dr. Imecs Zoltán - egyetemi docens, BBTE, Kolozsvári Magyar Földrajzi Intézet

dr. Poszet Szilárd - egyetemi adjunktus, SEMT, Kolozsvári Kar, Környezettudományi Tanszék

Tartalom

1. Bevezető.....	3
2. Elméleti keret.....	4
2.1. Az időszakos vízfolyások által létrehozott domborzat	4
2.2. A torrens általános jellemzői.....	5
3. A Rozsda-szakadék helyzete, kialakulását és fejlődését befolyásoló tényezők.....	8
3.1. A Rozsda-szakadék helyzete	8
3.2. Földtani viszonyok a Rozsda-szakadék környezetében.....	8
3.3. Klímaviszonyok a Rozsda-szakadék környezetében	10
3.4. Rozsda-szakadék környezetének növényzete és talajai	12
3.5. Antropogén hatások a Rozsda-szakadék környezetében	13
4. Módszerek, eszközök és felhasznált adatok:.....	13
4.1 Referencia pontok kijelölése	13
4.2 Modell elkészítésének módja	14
4.3 Térinformatikai feldolgozás lépései	15
5. A Rozsda-szakadék domborzatának elemzése.....	16
5.1. A Rozsda-szakadék szintvonalas domborzatábrázolása	18
5.2. Torkolatsűrűség.....	19
5.3. Morfodinamikai elemzések.....	21
5.3.1. Hátrálási ráta	22
5.4. Morfometriai elemzések	23
5.4.1. Lejtőmeredekség.....	24
5.4.2. Vízszintes tagoltság	26
5.4.3. Függőleges tagoltság.....	29
6. Következtetések.....	31
7. Könyvészet.....	33

1. Bevezető

A víz nagy energiával rendelkező, igen jelentős felszín alakító tényező főleg olyan térségekben, ahol a kőzetminőség változatossága, a védelmet nyújtó növénytakaró hiánya lehetővé teszi energiájának látványos kibontakozását. Egy ilyen terület a Bihar-hegységben található Rozsda-szakadék, amely egy nagyméretű torrens, jelentős turisztikai látványosság.

Az említett torrens tanulmányozásával elsőként nagyváradi kutatók foglalkoztak (Linc és Nedelcu, 2011). A fellelhető topográfiai dokumentumok alapján megpróbálták felbecsülni a torrens múltbeli fejlődését.

2014 márciusától a Cholnoky Jenő Földrajzi Szakkollégium geomorfológus csapata kezdett el terepi megfigyeléseket végezni. Munkájuk eredményeképpen született egy ETDK dolgozat (Simon, 2015), amelyben a térképi elemzéseket kiegészítették a terepi megfigyelések. 2016 nyarán sikerült készíteni egy fotogrammetriai felmérést a torrensről. Ez az újszerű technológiával előállított adat az eddigi legpontosabb ábrázolása a vizsgált területnek. Jelen tanulmányban a torrens részletes, 3 dimenziós fejlődését – a közvetlen terepi felmérések mellett – a drónnal készült felvételek térfotogrammetriai feldolgozása útján előállított digitális domborzatmodell segítségével elemezzük. Fő célunk a záporpatak katlanjainak fejlődését befolyásoló tényezőket feltárni. Elemzéseink során a földtani adottságok és a torrens alakulása közötti összefüggésre szeretnénk fényt deríteni a különálló katlanokban, illetve arra, hogy mennyire befolyásolják a morfometriai sajátosságok a lepusztulás mértékét és az elszállított anyag mennyiségét.

A morfometriai elemzés alapján megkíséreljük elkülöníteni az uralkodó felszínalakító folyamatokat, elhatárolva az uralkodóan vonalas eróziós illetve tömegmozgásos területeket.

A fotogrammetriai vizsgálatok rendszeres – legalább évente egyszeri – ismétlése által lehetőségünk lesz a torrens fejlődésének folyamatát pontosabban nyomon követni. Ennek a távlati tervnek az első lépését képezi jelen dolgozat.

2. Elméleti keret

2.1. Az időszakos vízfolyások által létrehozott domborzat

Éghajlati övezetünkben a vízerózió a legjellemzőbb felszínalakító folyamat. A vízeróziós tevékenységének két nagy típusát különböztetjük meg: areális (felületi) eróziót és lineáris (vonalas) eróziót. Az areális erózió akkor alakul ki, amikor a talaj már nem képes több vizet elnyelni, ezért a víz lefelszerűen folyik le a felszínen. A vonalas eróziót a talajfelszínen összefolyó víz koncentrált mozgása idézi elő. Így az összefüggő vízlepelnél nagyobb tömegű és energiájú vízfolyások alakulnak ki, amelyek belevágódnak a felszínbe (Stefanovits, 1971). A felszínt jelentős mértékben átalakító vonalas erózió folyamata végbemehet időszakos és állandó vízfolyások formájában.

A folyóvízi eróziót több tényező befolyásolja, amelyek a következők: bőséges csapadékmennyiség, gyenge beszivárgás, lejtőszög, lejtőkitettség, talaj és növényborítottság. A lejtőn lefolyó víz energiájától és a talaj ellenállóképességétől függően különböző eróziós formák alakulnak ki.

Az areális erózió egyik formája a **csepperózió**, amely az esőcseppek ütéhatásával pusztít. Különböző hatása van száraz és nedves talajon. Ha a cseppek kiszáradt talajfelszínre érkeznek, a hirtelen nedvesség és a becsapódás ereje felbontja a száraz talajmorzsákat és kis „kráterek” alakulnak ki.

A szakirodalomban a lineáris erózió több formáját különböztetik meg: barázdás-, árkos-, vízmosásos erózió. A lineáris erózió legenyhébb formája a **barázdás** erózió. Ez a forma akkor alakul ki, amikor a felszínre érkezett vízcseppek kezdetben egy kis energiájú érhálózatba koncentrálnak. Később ezekből az érhálózatokból alakulhatnak ki a nagyobb vízfolyások. Esőzések sorozata következtében jönnek létre az eróziós **árkok**, de akár egyetlen heves zápor után is, ha ez a folyamat a kevésbé ellenálló kőzeteken megy végbe. Ezeknek az árkoknak a mélysége néhány deciméter, vagy méter. Azokon a helyeken, ahol van növénytakaró, de valami folytán, – lehet antropogén vagy a klimatikus viszonyok miatt – megbomlik, akkor a talajvédő hatása csökken. Ezeken a területeken könnyen létrejöhetnek az eróziós árkok. Ezekben az árkokban a vízszállítás rövid ideig tart. A nedves éghajlaton jellemző a felszíni lefolyás, amely a lejtő alján kezdi el erodáló folyamatát, ahonnan hátrálással jut feljebb a lejtőn. Így a felszínről lefolyó vízmennyiség és a szivárgó talajvíz hatására alakulnak ki az árkok. Két csoportra lehet őket osztani: a bevésődő és a hátravágódó árkok. Meredek falú árkok keletkeznek, ahol a laza anyagban *bevésődik* a hirtelen lezúduló víz, de ezek továbbfejlődhetnek *hátravágó* erózióval,

aminek a kiindulópontjánál kicsi vízések növelik az erodálást vagy ugyanakkor omlás és alagosodás is bekövetkezhet. Az árkos erózió évtizedekig is fennmaradhat. Időközben hordalékkúpok is megjelenhetnek, minek következtében az időszakos vízfolyás hálózatot tud magának kialakítani. A hálózathoz 0 rendű vízfolyások csatlakoznak. Ha idővel a csapadék elegendő, akkor ez az eróziós árok forma vízmosássá alakulhat (Lóczy-Veress, 2005).

A lineáris erózió egy fejlettebb formája a **vízmosásos** erózió. Az összegyűjtött víz találkozási útján egy vízmosáshálózatot alakít ki, amely folytonosan mélyül, hátrál és terjeszkedik. A vízmosások meredek falain gyakran találkozhatunk tömegmozgásos folyamatokkal és formákkal. Ilyen például a csuszamlás, omlás, folyás (Stefanovits, 1999). Tömegmozgásnak nevezzük azokat a folyamatokat, amelyek a gravitáció közvetlen hatására játszódnak le. Ezen mozgások kialakulását döntően befolyásolja a kőzetminőség, éghajlat és lejtőmeredekség.

A vizsgált területre jellemző tömegmozgások: omlás (főleg köpergés), csuszamlás, folyás (törmelék- és talajfolyás). Az omlás nagyon meredek lejtőkön, hirtelen kialakul és nagy sebességű tömegmozgás. A csuszamláskor mozgó tömeg, a lejtő helyben maradó részétől csúszópálya mentén leváló rész. A folyások akkor alakulnak ki, amikor a különböző méretű törmelék- illetve üledékszemcsék vízzel való átitatódás következtében képlékennyé válnak és lamináris vagy turbulens folyással lezúdulnak a lejtőn. Törmelékfolyások meredek lejtőkön alakulnak ki a vízzel átitatott törmelék megfolyósodása miatt. (Poszet-Pál, 2010).

2.2. A torrens általános jellemzői

A torrensek, vagy más néven záporpatakok a már említett vonalas eróziós formák meghatározó alakjai, melyek nagy esésű, heves áradásokkal jellemzett időszakos vízfolyások következtében jönnek létre. Olyan domborzati formákról van szó, melyek fejlődésük során állandó vízfolyásokká is alakulhatnak.

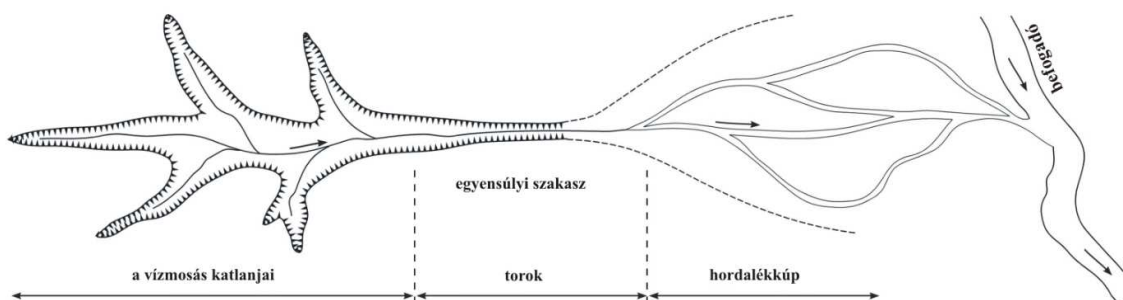
Hidrológiailag egy torrens létrejötténél leginkább az időszakos vízfolyások dominálnak. Geomorfológiailag pedig a záporpatakok kialakulását befolyásoló tényezők közé sorolhatóak a lejtőkre jellemző tulajdonságok (meredekség, hossz, kitettség), különböző tömegmozgások, talaj-, kőzetminőség, növényzet.

Egy torrens kialakulását sokszor antropogén hatások indítják el, majd ezt követően a fejlődési folyamatot a meteorológiai körülmények irányítják, a felszín fokozatosan pusztul és megjelennek a különböző tömegmozgásos folyamatok is. A torrensek esetében a leggyakoribb tömegmozgások a következők: kúszás, omlás, csuszamlás, törmelékfolyás. Ezeket a

tömegmozgásokat nagyban befolyásolja a kőzetminősége, a lejtő meredeksége, hossza, kitétsége, valamint a növénytakaró.

A záporpatakok általában magas hegyvidékekben, szabálytalan, meredek lejtőkön alakulnak ki, melyeket nagy intenzitású eső és hirtelen hóolvadás okoz. (Munteanu et al. 1991)

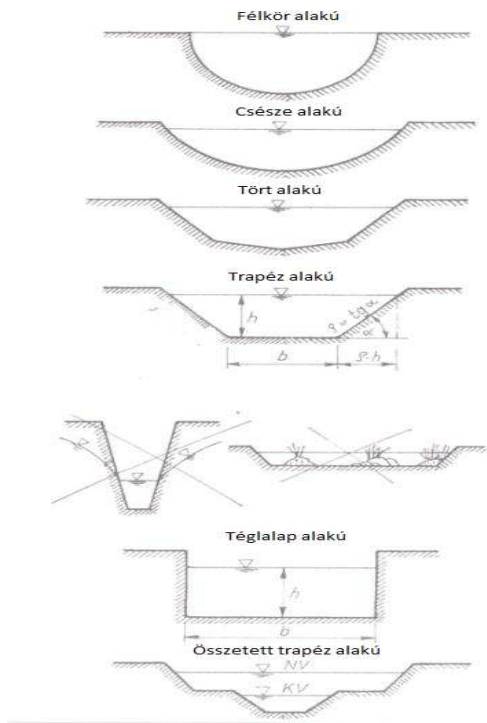
Egy torrens szerkezetileg három részre tagolódik. A felső részen kialakult katlannak nevezett forma a torrens vízgyűjtő-területe is egyben. Több árokra tagolódik, melyeket pengeéles gerincek választanak el egymástól, az erózió a katlanban hátrálást, mélyülést és szélesedést okoz. A középső szakasz a katlant és a hordalékkúpot összekötő torok (csatorna) rész, melyben keresztül szállítódik a víz és a hordalék, a kis esés miatt lassabban fejlődik. A torrens alsó részén található a hordalékkúp, melyet a katlanból lehordott törmelékanyag képez. Általában a záporpatak hordalékát itt hirtelen lerakja, medrét feltölti (1. ábra). A torok alsó szakaszán a bevágódás elérte a mészkő réteget, így a torrens kisebb vízesésben végződik. A Rozsda-szakadékra a hordalékkúp a mészkő jelenléte miatt nem jellemző.



1. ábra A torrens részei (forrás: www.vit.bme.hu)

A vízfolyás hidraulikai tulajdonságai befolyással vannak a hordalék minőségére, így a sebes folyású, nagy esésű folyók, folyószakaszok hordaléka durvább, míg a lassúbb, kis esésűeké finomabb szemcse összetételű. Ezen kívül a hordalék a vízfolyás hosszában állandó kopásnak van kitéve, így a szemcsék a vízfolyás felső szakaszaitól lefelé haladva állandóan kisebbek lesznek (Gribovszki, 2010).

A hordalékszállítás és lerakás függvényében a torok (csatorna) részen különböző alakú mederformák jöhetnek létre, keresztmetszet alapján 6 típust különböztetnek meg: félkör, tört, trapéz, téglalap, összetett trapéz alakúakat (2. ábra). Példaként megemlíthető, hogy az összetett trapéz alakú mederben kisebb teraszok képződnek, mivel ebben az esetben több törmelékanyag rakódik le. Ez a Rozsda-szakadék völgyeinek keresztmetszeteire is jellemző.

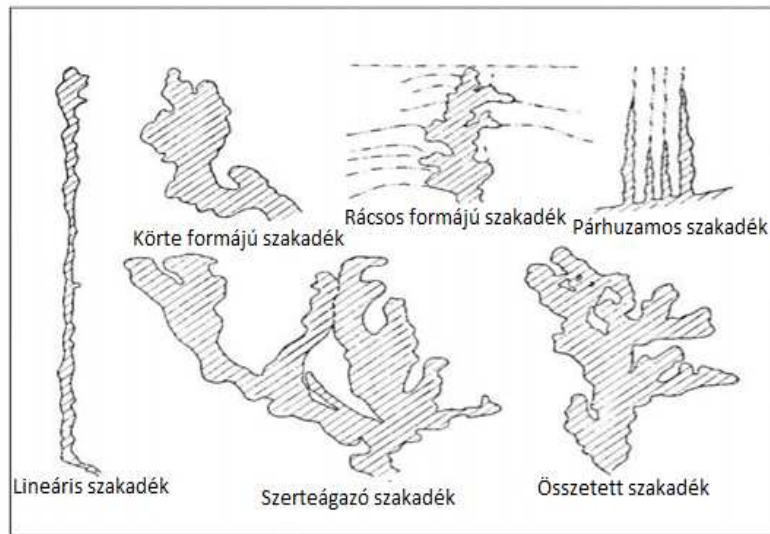


2. ábra Egy torrens medrének lehetséges alakjai (Molnár, 2012)

A meder kialakulásában fontos szerepet tölt be a vízfolyás sebessége, mivel állandó vízhozam mellett a szűkebb keresztmetszeten a vízfolyás felgyorsul, nagyobb keresztmetszeten lelassul. Kérdéses ugyan, hogy egy csatorna mennyi csapadékot képes levezetni és elszállítani. Ezt a következő tényezők határozzák meg: a csatorna mérete (szélessége, mélysége), az a keresztmetszet, amelyiken a víz áramolhat), lejtése, állapota (Molnár, 2012).

A már említett katlan részen a különböző eróziós tevékenységek hatására (pl. tömegmozgások), úgynevezett szakadékok jönnek létre. A medrekhez hasonlóan, itt is hat különböző formát különböztetnek meg, a katlanok lehetnek: lineárisak, párhuzamosak, összetett alakúak, körte alakúak, rácsosak és

szerteágazóak (3. ábra). Ezek a szakadékok idővel át is formálódhatnak, mégpedig úgy, hogy a kimélyült mederben az alámosott oldalak beomlanak. Így a szakadék elkezd szélesedni és átfurmálódni.

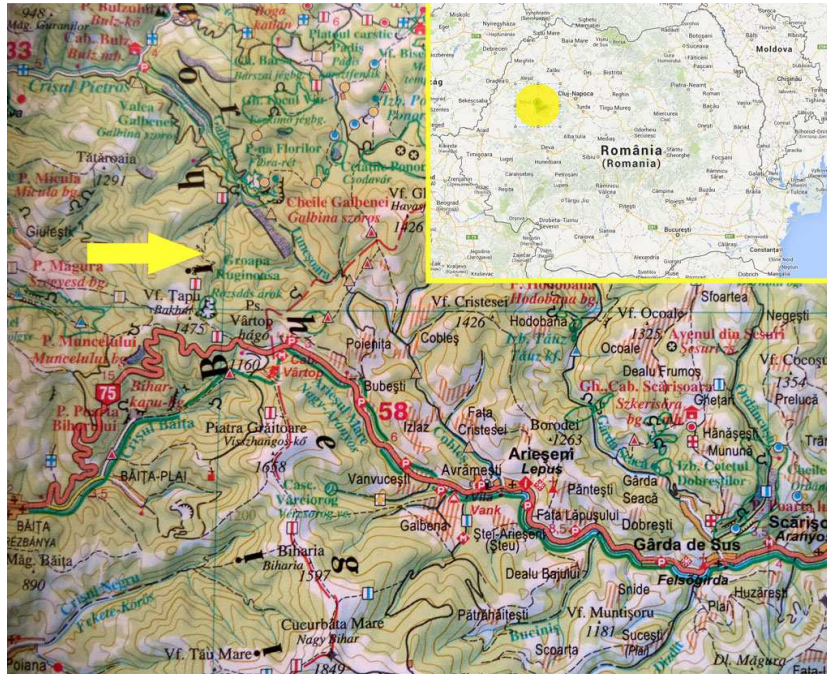


3. ábra Szakadékformák (Schumm et al., 1984)

3. A Rozsda-szakadék helyzete, kialakulását és fejlődését befolyásoló tényezők

3.1. A Rozsda-szakadék helyzete

A Rozsda-szakadék a Bihar-hegységben helyezkedik el. Az Erdélyi-szigethegység Natúrpark területén található, kb. 1400 m magasan fekszik, a Țapu és a La Morminți csúcsok között. A Száraz-patak vízgyűjtő területéhez tartozik, amely a Köves-Körös völgyéhez kapcsolódik.



4. ábra A Rozsda-szakadék földrajzi helyzete (Forrás: www.povesticalatoare.ro)

3.2. Földtani viszonyok a Rozsda-szakadék környezetében

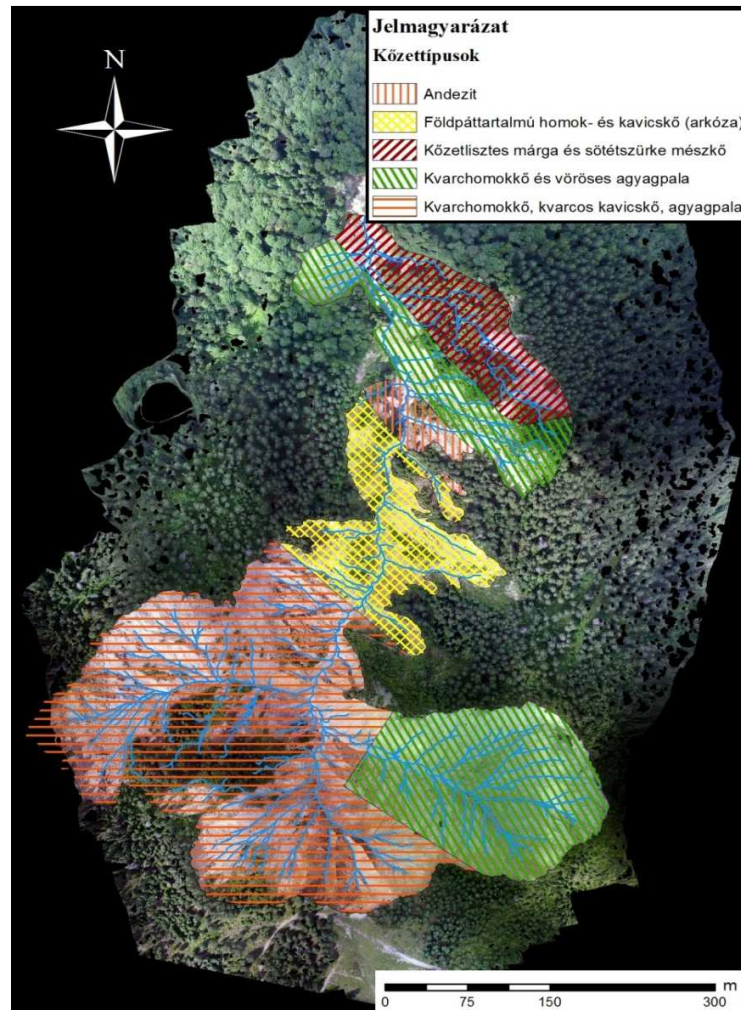
A Bihar-hegység geológiai szempontból két részre osztható: az északi része legnagyobb részt mezozoós kőzetekből tevődik össze, míg a déli paleozoikum kőzetekből áll.

A Bihar-hegység déli része geológiailag komplexebb összetételű, mivel a tektonikai mozgások következtében egymásra tolódott takaróredők megbontották a kőzetrétegek kronológiai felépítését. Ezek a takaróredők a hegység északi részéről tolódtak át, amelyek a Dél-Bihar-hegységet alkotják: legnagyobb részben mészkő, váltakozva jelenik meg kisebb sávokban a konglomerátum és a homokkő.

Megvizsgálva a Rozsda-szakadék térségének geológiai térképét, megfigyelhető a törésvonalak jelenléte, ami a rétegzettség megszűnését eredményezi, valamint repedések és hasadékok jelennek meg a kőzetben (Papp-Kertész, 1979).

A Rozsda-szakadék környezetében három törésvonal jelenik meg: egy északkelet-délnyugat irányú, a másik törésvonal a Tatár-hegy (Vf. Tătăroaia) és a Știrbina-Țapu-csúcs közelében halad, a harmadik pedig a Țapu-csúctól indul keletre a La Morminți-csúcs irányába.

A Rozsda-szakadék geológiai térképén megfigyelhető, hogy ennek a viszonylag kis területnek, milyen rendkívül változatos a kőzettani felépítése (5. ábra).



5. ábra A Rozsda-szakadék kőzettani felépítése - saját szerkesztés Geológiai térkép, 1:50000, 1985 alapján

A térkép elemzéséből és terepi megfigyeléseinkből kiderül, hogy a torrens északi részén mészkő és márga bukkan a felszínre, egy nagyon keskeny sávban pedig magmás intrúzió jelenik meg. A torrens keleti részénél széteső szerkezetű homokkő található. Legnagyobb részét (Ny és D) pedig magas földpáttartalmú homok- és kavicskő alkotja. Ezen kőzetek színének köszönhetően kapta a torrens a Rozsda-szakadék nevet.

A kőzetminőségnek megfelelően más-más felszínalakító folyamatokat figyeltünk meg. A konglomerátum és homokkő alig mállik, viszont jól aprózódik. Ennek eredményeképpen éles gerincek, meredek lejtők és kanyonszerű árkok alakultak ki (Bulla, 1954). A legnagyobb tömegű csuszamlás a torrens délnyugati részén található, ahol az erősen mállott, agyagosodott kvarchomokkő és kvarcos kavicskő a jellemző. Az omlás a homokköves lejtőkön a leggyakoribb, amelynek a repedezett, széteső kőzetszerkezet mellett a hiányos növénytakaró az oka. A torrens meredek, homokköves lejtőin nagyon gyakori folyamat a törmelékfolyás, amely a víz hatására a gyengén osztályozott és a kevert törmelékanyag elfolyósodásának az eredménye.

3.3. Klímaviszonyok a Rozsda-szakadék környezetében

A Rozsda-szakadék létrejöttében nagy szerepet játszott a földrajzi helyzet, mivel a nyugatról közeledő légtömegek felemelkedésre kényszerülnek, a Bihar-hegység nyugati oldalán. A légtömeg felemelkedése által, a levegő hűlni kezd, a vízrészecskék kondenzálódnak és csapadék formájában kihullnak. A nyugati légtömeg mozgása a helyszínen is megfigyelhető. Nagy különbség van a hegység keleti és a nyugati oldalai között; míg az előbbire a szél- és csapadékmennyiség, addig az utóbbira az intenzív esőzés jellemző. A légtömegmozgás ciklikussága teremti meg azokat a körülményeket, melyek elősegítik a folyamatos, dinamikus fejlődést.

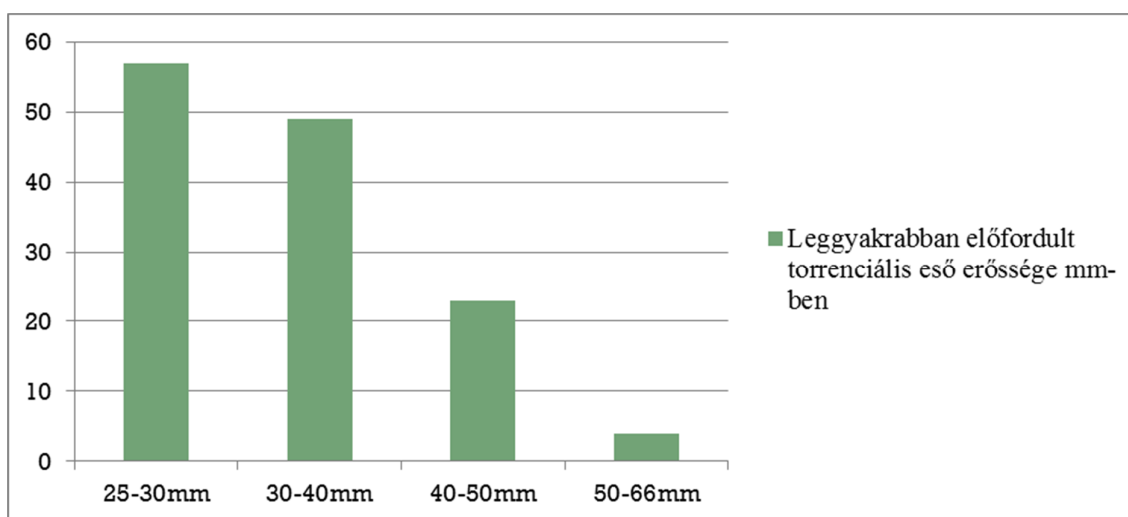
A meteorológiai adatokat, a záporpatakhöz legközelebb lévő meteorológiai állomásról szereztük be, ami Biharfüreden található, légvonalban 18 km-re, 1108 méter tengerszint feletti magasságban. Az adatokat 50 évre visszamenőleg vizsgáltuk, és megtudtuk, hogy az évi csapadékösszeg átlagban 1000 mm körüli érték volt, de volt olyan év is, amikor elérte az 1400 mm-t is.

A torrens kialakulását és fejlődését leginkább a felhőszakadások határozzák meg. A torrenciális jellegű felhőszakadások leginkább a nyári időszakra jellemzőek, melynek kialakulása a földfelszín eltérő felmelegedésének köszönhető és legfőbb tulajdonsága, hogy

hirtelen nagy mennyiségű csapadék hull le, nagyon rövid idő alatt, emiatt nagy áradásokat is okozhat.

Torrenciális esőzésnek minősíthető a 24 óra alatt, 25 mm-t meghaladó csapadékmennyiség (Gaceu, 2005). A meteorológiai állomásról kapott adatokat elemezve, elmondhatjuk, hogy az elmúlt 50 évben, a 24 óra alatt lehullott maximális csapadékmennyiség átlaga 37 mm volt, de a nyári hónapokban elérheti a 60 mm-t is (Simon, 2015).

A meteorológia állomás hónapos adatait kaptuk meg az 1961–2013-as időintervallumra, melyben le van jegyezve minden egyes hónap maximális csapadékmennyiségének adata. Összesen 636 adatunk van, melyből 132 esetről (20,75 %) beszélhetünk torrenciális esőzésről.



6. ábra 1961-2013 között mért torrenciális esőzések kategorizálása a biharfüredi meteorológiai állomás adatai alapján (saját szerkesztés)

A 6. ábrán, 4 kategóriába soroltuk a 25 mm-nél nagyobb lehullott csapadékmennyiséget: 52 év alatt, a 25–30 mm közötti csapadékmennyiség 57-szer fordult elő, a 30-40 mm közötti csapadékmennyiség 49-szer, a 40–50 mm közötti csapadékmennyiség 23-szor, míg az 50 mm feletti csapadékmennyiség csak 4-szer fordult elő.

A 1. táblázatban láthatjuk a torrenciális esők arányát, 1961–2013 között 133 havi adat haladja meg a 25 mm csapadékot, jól észrevehető, hogy ezek a torrenciális esők leginkább a nyári időszakra jellemzők. A vizsgált 52 évben, 1980 júliusában mérték a legnagyobb napi csapadékmennyiséget, mely 65,9 mm volt, e hónap össz csapadék mennyisége pedig 278,06 mm volt.

1. táblázat: Torrenciális eső intenzitások hónapokra vizsgálva 1961–2013 között (saját szerkesztés a biharfüredi meteorológiai állomás adatai alapján)

Gyakoriság	Csapadék 25-30 mm	Csapadék 30-40 mm	Csapadék 40-50mm	Csapadék 50-66 mm	Összesen
Január	1	1	0	0	2
Február	1	0	1	0	2
Március	4	2	0	0	6
Április	3	1	0	0	4
Május	4	7	1	0	12
Június	7	11	6	1	25
Július	10	12	4	2	28
Augusztus	13	9	4	0	26
Szeptember	3	2	2	0	7
Október	3	1	3	0	7
November	4	1	2	1	8
December	4	2	0	0	6

A torrenciális esők 80,3%-a, 25–40 mm között fordulnak elő a legnagyobb gyakorisággal, és ezek pedig leginkább a nyári hónapok között. Ezt azért fontos megemlíteni, mert ezekre a hónapokra jellemzők a nagy, nyári zivatarok. Ezek pedig aktívan részt vesznek az erodálásban, mivel a napsugarak által felhevült kőzetek hőmérséklete hirtelen lehül az eső miatt, a hőingadozás következtében beálló térfogatváltozás hatására a kőzetek aprózódnak. Másrészt pedig a csapadék az időszakos hordalékszállítás mellett elindíthatnak tömegmozgási folyamatokat is. Véleményünk szerint, a tömegmozgásokat befolyásolhatja a felszint betakaró hóréteg elolvadása, ami kinyúlik egészen a május–június időszakra. Az olvadás hatására megnő az eróziót elősegítő vízmennyiség is, és ez is elősegíti a hordalék szállítását. Éjszaka a fagy hatására felerősödik a fagyaprózódás.

3.4. Rozsda-szakadék környezetének növényzete és talajai

Az Erdélyi-szigethegység növényvilága a szubalpesi övezethez tartozik, amely a hegyvidéki növényzettel jellemezhető, ezt magasság függvényében több szintre oszthatjuk: lombhullató erdők, a túlevelű erdők, és az alpesi legelők szintjére.

A túlevelű erdők szintje határozza meg leginkább a Rozsda-szakadék környezetének talajait és növényvilágát, ami kb. 1000–1700m között helyezkedik el. A szakadékot sűrű fenyőerdő öleli körül, találkozhatunk a túlevelű-erdők tipikus növényfajtaival, mint pl.: lucfenyő (*Picea Abies*), ezüstfenyő (*Picea Glauca*), vörösfenyők (*Larix*), áfonya (*Vaccinium Myrtillus*), zuzmók (*Lichenophyta*).



7. ábra A Rozsda-szakadéket körülvevő fenyőerdő és a csuszamláson megjelenő erdő (saját fénykép, 2016 június)

Ami a talajokat illeti a térségben a kevésbé ellenálló savanyú barna erdőtalajokkal, valamint agyagbemosódásos barna erdőtalajokkal találkozhatunk.

3.5. Antropogén hatások a Rozsda-szakadék környezetében

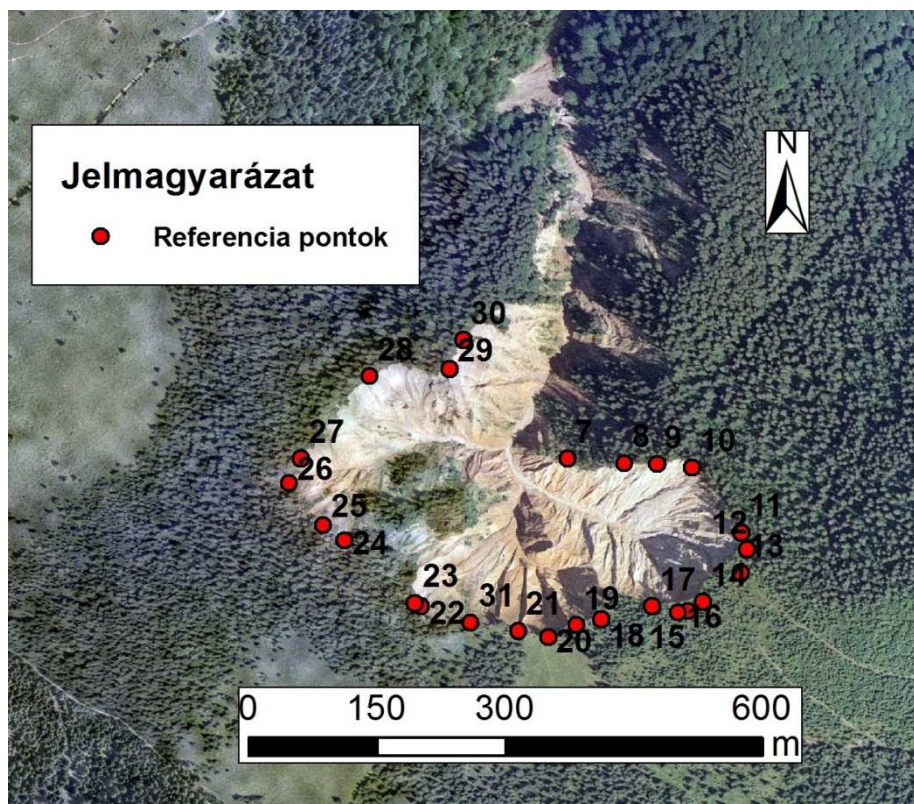
A torrens alakulását jelentős mértékben meghatározó tényezők lehetnek az emberi tevékenység. A vizsgált területről, Bleahu a *Bihar-Vlegyásza-hegység* című, 1981-ben megjelent munkájában leírja, hogy a Rozsda-szakadék közelében megfigyelhetők az emberi tevékenység nyomai, ugyanis a Száraz-völgyben valamikor nemesfémérc-kitermelő bányatelep volt. A Valea Țiganelor patak néhány szakaszán áthaladva sok helyen, nagy számban megfigyelhetők a bányászati ásítások nyomai. Továbbá megemlíti, hogy a kirándulása során, a Száraz Patak és a Valea Țiganelor összefolyásától 25 perces gyaloglásra, régi vagonokat, síneket, lerobbant kunyhókat talált, ez is bizonyítja a bánya létezését. A bányaához vezető utak befolyással lehettek a záporpatak fejlődésére, hiszen a lejtőbe többé-kevésbé bemélyülő földutak kiinduló pontjai lehetnek a vonalas eróziós formák kialakulásának.

4. Módszerek, eszközök és felhasznált adatok:

4.1 Referencia pontok kijelölése

A 2015-ös (2015. április 12) terepbejárás alkalmával a szakadék peremének közvetlen közelében fákat jelöltünk meg, ezek lettek azok a referencia pontok, melyek folytonos

vizsgálatával meg tudjuk állapítani a Rozsda-szakadék katlanjainak hátrálási rátáját. Minden egyes bejelölt fa koordinátáit bemértük GPS-szel, ugyanakkor lemértük a perem és a fák közötti távolságokat. Ezeket a pontokat térképen is bejelöltük (8. ábra), a mérések eredményeit pedig táblázatba foglaltuk össze (4. táblázat). Arra törekedtünk, hogy fél évenként adatokat gyűjtsünk a Rozsda szakadékról, mivel az ilyen jellegű torrensek esetében, a változások nagyon gyorsan történnek, emiatt szeretnénk minél többször pontosabb adatokat összegyűjteni.



8. ábra Referencia pontok a perem közelében (Simon, 2015)

4.2 Modell elkészítésének módja

Az első légi felvételeket a torrensről 2016 júliusában egy DJI Phantom 3 Advanced típusú drónnal készítettük, mely kamerájának felbontása 12 megapixeles. Több, mint 200 fénykép készült 110 méter magasságból. Fotogrammetriai programmal előállítottuk az ortofotót, amelynek a felbontása 6,5 cm valamint a felszín modellt, amelynek a felbontása 13 cm. A térinformatikai programban végzett elemzéseinket az így készült felszínmodell alapján végeztük.

Módszerünk újszerűségét éppen ennek az új adatnyerési eljárásnak az alkalmazása jelenti. Az ortofotó és a domborzatmodell pontosságán helyenként ront a sűrű, összefüggő

növényzet jelenléte, ahol nem sikerült felszíni adatot nyerni és emiatt a magassági értékek a fák tetejére és nem a felszínre vonatkoznak.

4.3 Térinformatikai feldolgozás lépései

A hidrológiai és morfológiai elemzésekhez először a vízhálózatot hoztuk létre az ArcGIS Spatial Analyst moduljának segítségével. Ebben a modulban található egy kimondottan hidrológiai elemzésekhez használható eszköztár (Hydrology). A fent említett felszínmodellt felhasználva, a különböző lépések megfelelő sorrendben történt végrehajtása után rajzolódott ki az időszakos vízfolyások hálózata raszteres formában. Ezt vektoros formába alakítva kaptuk meg a vízhálózatot. A folyók vonalainak a megjelenítéséhez: először a Flow Direction modult használtuk, amely meghatározza a lefolyási irányt a vizsgált területen. Ezt követően a Flow Accumulation modul összesíti a lefolyást a raszter cellák szintjén. Annak érdekében, hogy láthatóvá váljanak a lefolyási csatornák a Map Algebra modullal le kellett válogatnunk a raszter celláknak azt a részét ahol a lefolyás megvalósul. Ez egy döntő jelentőségű művelet, mivel az itt kiválasztott határérték függvényében dől el, hogy a keletkező völgyhálózat milyen sűrű lesz. Miután megjelentek a vízfolyások vonalai, a Stream Order modul segítségével csoportosítottuk őket, így alakult ki a Strahler szerint létrehozott rendűség. Végül ezt lehetett vektoros formába alakítani, ezáltal megkapva az általunk kiválasztott nagyságrendű völgyhálózatot.

A következő lépésben a Rozsda-szakadék katlanjait határoltuk le. Ehhez nagy szükségünk volt az előzőekben előállított folyókra, mivel pontosan be kellett jelölnünk azt a pontot, aminek a vízgyűjtő területét szeretnénk volna lehatárolni. Magát a lehatárolást a Watershed eszközzel végeztük el. A szintén raszteres formában kapott eredményt vektoros formába alakítottuk.

A függőleges és a vízszintes tagoltság kiszámításához egy szabályos, 10*10 méteres négyzethálót hoztunk létre a Data Management Toolsban található Create Fishnet modullal. A Spatial Analyst modulban lévő Zonal Statistics as Table eszköz segítségével tudtunk egy statisztikai elemzést készíteni a magasságokról – a felszínmodell alapján, valamint a völgyekről a kapott völgyhálózat alapján.

A területméréshez a vízgyűjtők táblázatában (Attribute Table) hozzáadtunk egy új oszlopot, amiben a Calculate Geometry-vel kiszámítottuk a teljes katlan és a külön meglévő 5 katlan területét m²-ben.

A felszínmodell segítségével lehetőségünk van a vízszintes értelemben vett területen kívül (2D) a katlan valódi területét (3D) is kiszámítani.

5. A Rozsda-szakadék domborzatának elemzése

A Rozsda-szakadék egy hatalmas vízmosás, mely a kőzetnek köszönhetően jellegzetes vöröses színekben (9. ábra) tárul elénk, innen ered a torrens neve is.



9. ábra Rozsda-szakadék részlete - Keleti katlan (saját kép, 2015. 04. 12)

Szerkezetét tekintve a Rozsda-szakadék annyiban különbözik a többi záporpataktól, hogy itt a torrens alsó részén nem alakult ki hordalékkúp, mégpedig azért, mert a csatornán végigfolyó időszakos vízfolyás elérte a mészkő réteget, vizeséseket hozott létre és egy állandó vízfolyásba torkollik. Ilyenkor a lehordott anyag nem halmozódik fel, hanem tovább szállítódik az állandó vízfolyás által. A torrensekhez hasonlóan a Rozsda-szakadék is rendelkezik egy katlan és egy torok résszel, annyi különbséggel, hogy a mi esetünkben a katlan része három főkatlanra tagolódik. A három főkatlanon kívül még lehatároltunk 2 kisebb katlant, az egyik a torok nyugati oldalán, a másik a keleti oldalán található. (10. ábra)

A fenti ortofotón megfigyelhető, hogy a Rozsda-szakadék esetében a torok rész továbbfejlődött és újabb, kisebb katlanok jöttek létre, viszont mivel túl kicsik és fiatalok, ezért nem kaptunk mindig értékelhető eredményeket sem. Amennyiben ezek a kisebb katlanok hátrálás következtében tovább fejlődnek, újabb, nagyobb katlanok fognak létrejönni és ezzel együtt a perem is hátrál.



10. ábra A lehatárolt katlanok elhelyezkedése (saját szerkesztés)

A torrensen belül növényzettel borított terület igen kevés van. Ha katlanonként megfigyeljük a növényzeti adottságokat, nagy különbséget figyelhetünk meg a keleti és a nyugati katlan között, ugyanis a nyugati katlanban található egy elég nagy kiterjedésű erdő, míg ezzel ellentétben a keleti katlan teljesen kopár területtel rendelkezik. A déli katlan nyugati oldalán található egy kisebb erdős terület, amely folytatása a nyugati katlanban megjelenő erdőnek. A torok részen kisebb, növényzettel borított területek jelennek meg, ahol inkább az aljnövényzet dominál.

A Rozsda-szakadék formavilágát vizsgálva az általunk készített ortofotón megfigyelhető, hogy az éles gerincekkel határolt, viszonylag mély völgyek rendkívül szabdalt felszín hoznak létre.

A következő táblázatban (2. táblázat) a teljes Rozsda-szakadék és a rajta lehatárolt három nagyobb és két kisebb katlan magassági és területi adatai láthatók. A katlanok közül a keleti katlan átlagmagassága áll a legközelebb a teljes torrens átlagmagasságához. A szintkülönbségek a torok területén lehatárolt katlanok esetében a legkisebbek (107-119 m), a legnagyobb értékeket a keleti és déli katlanok esetében számoltunk.

A felszínmodell segítségével kiszámoltuk a vízszintes értelemben vett területet (2D) és a katlan valódi területét (3D). A kettő aránya – véleményünk szerint kifejezi a katlan mélyülésének a mértékét. Megfigyelhető, hogy a vízszintes – vetületi terület – és a katlanok valódi területe között jelentős a különbség. Ezt fejezi ki a két terület közötti arány is. Valójában minél nagyobb a különbség – vagyis az arány értéke minél közelebb van a 0-hoz – annál nagyobb mértékben mélyült a torrens. A kettő aránya – véleményünk szerint kifejezi a katlan mélyülésének a mértékét. Megfigyelhető, hogy a keleti katlant jellemzi allometrikus növekedés, mármint a területi növekedés párhuzamosan ment végbe a mélyüléssel. Valószínűleg ez a kőzettani összetételnek is betudható, itt ugyanis az uralkodó kőzet a homokkő, ami töredezett szerkezete miatt könnyen pusztul le.

2. táblázat: A Rozsda-szakadék katlanjainak magassági és területi viszonyai

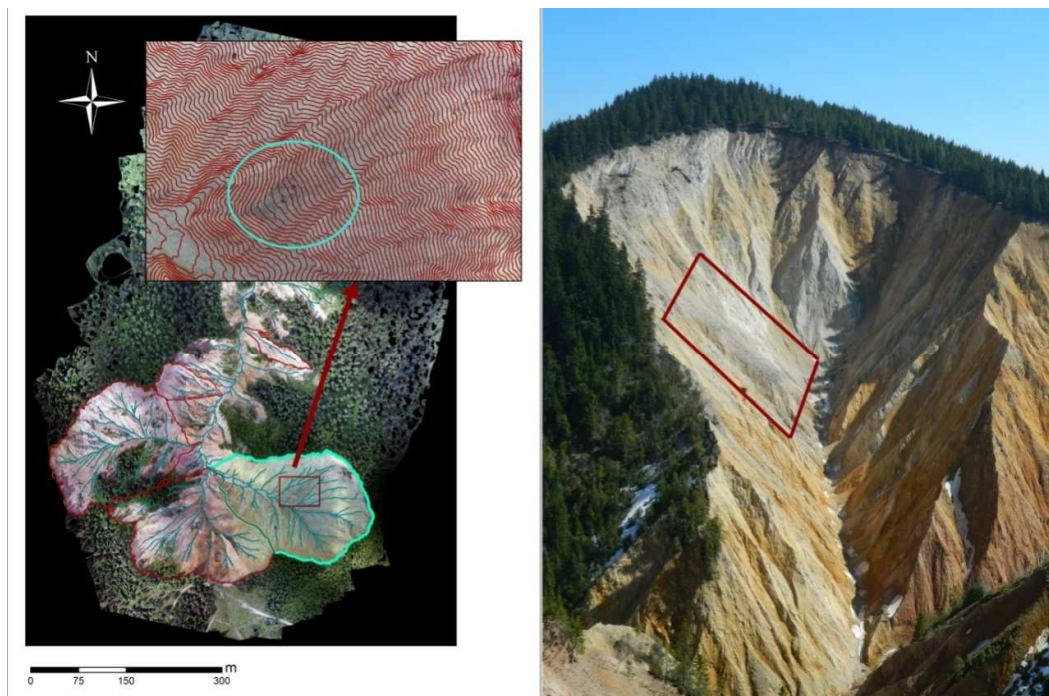
Katlanok	Tengerszint feletti magasság (m)			Terület (m ²)		Mélyülés
	Min.	Max.	Átlag	2D	3D	2D/3D
Teljes Rozsda	1162.87	1436.75	1319.70	155259.56	300627.20	0.52
Nyugati	1286.45	1434.80	1361.83	29993.98	61968.63	0.48
Nyugati-1	1272.10	1391.17	1331.90	3851.94	7149.98	0.54
Déli	1291.81	1426.65	1351.07	28728.15	50728.80	0.57
Keleti	1291.78	1435.32	1354.96	30078.54	47133.39	0.64
Keleti-1	1248.83	1355.66	1299.98	2207.88	3793.11	0.58

5.1. A Rozsda-szakadék szintvonalas domborzatábrázolása

A szintvonalakat a domborzatmodell alapján generáltuk, az alapszintköz 1 méter.

A Rozsda-szakadék alapvetően mély árkok és éles gerincek váltakozásából áll, ez jól megfigyelhető az élesen irányt váltó szintvonalak rajzolatából is. A szintvonalas térkép részletes elemzésekor megfigyelhető hogy helyenként a szintvonalak a lejtő irányába enyhén

domborulnak, ebben az esetben törmelékhalomokról beszélhetünk (11. ábra).

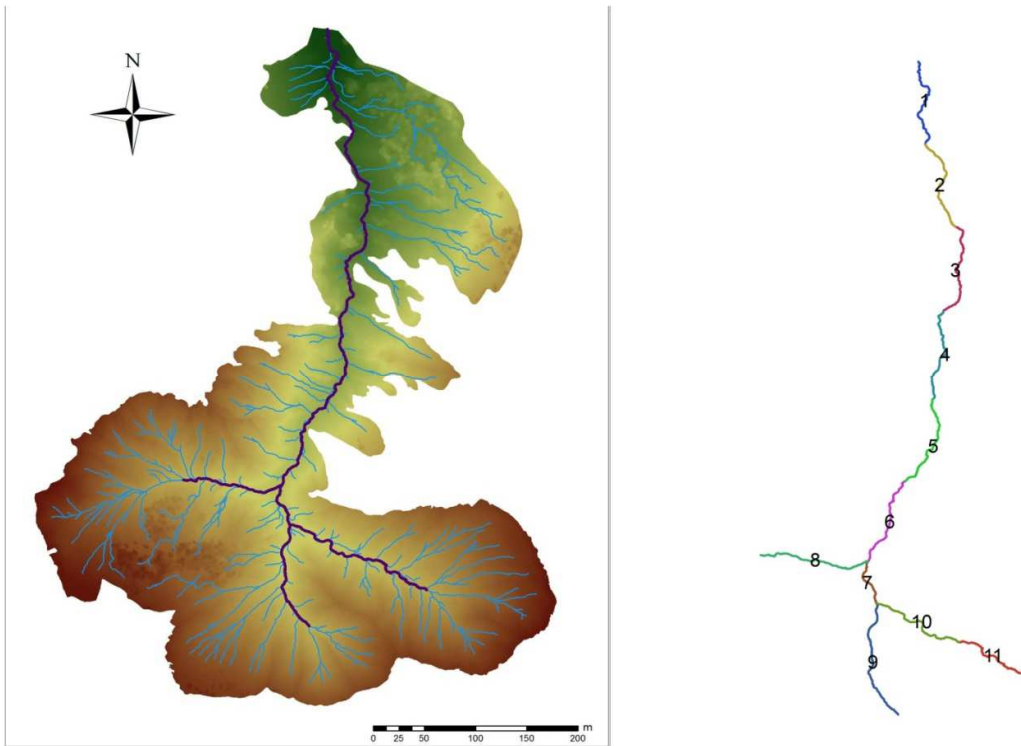


11. ábra A keleti katlan szintvonalas térképének részlete; Fotó a keleti katlanról (saját szerkesztés, saját fotó)

Már említettük, hogy a keleti katlan északkeleti oldalát töredezett szerkezetű homokkő jellemzi, amelyen gyakoriak a tömegmozgások, illetve az általuk létrehozott törmelék felhalmozódások. Egy ilyen törmelék felhalmozódást vizsgáltunk a keleti katlan szintvonalas térképének a kivágatán (11. ábra, bal oldali térkép). A kiemelt részen nagyon jól kirajzolódik egy törmelék halom, amelyet szélesebb sávban a lejtés irányába ívelő szintvonalak jeleznek. Ugyanez a jelenség figyelhető meg az 11. ábra jobb oldalán lévő fényképének bekeretezett részen is.

5.2. Torkolatsűrűség

Ha az időszakos vízfolyásokat tekintjük, a Rozsda-szakadék belsejében található egy fővölgy, amely közel 600 m hosszú, ezt a fő völgyet, az ArcGis 10.1 program segítségével 100 méteres szakaszokra daraboltuk, majd a szakaszok mentén lévő torkolatokat megszámláltuk. A keleti katlanban található völgy, két darabra van osztva. A többi völgy rövidebb, vagy kicsivel hosszabb, mint 100 m, így ezeket egységesen vizsgáltuk. (12. ábra)



12. ábra Torkolatsűrűség vizsgálata (saját szerkesztés)

A fenti ábra alapján szeretnénk volna szemléltetni az általunk készített darabolást, amely ábrázolja magát a fővölgyet a torkolatokkal együtt, valamint a számozott fővölgyet melynek segítségével 100 méterenként sikerült megszámolni minden egyes torkolatot a fővölgy mindkét oldalán.

3. táblázat: Torkolatok száma 100 méteres szakaszonként, (saját szerkesztés)

Szakaszok száma	Torkolatok száma
1	8
2	6
3	9
4	8
5	11
6	8
7	4
8	11
9	13
10	8
11	9

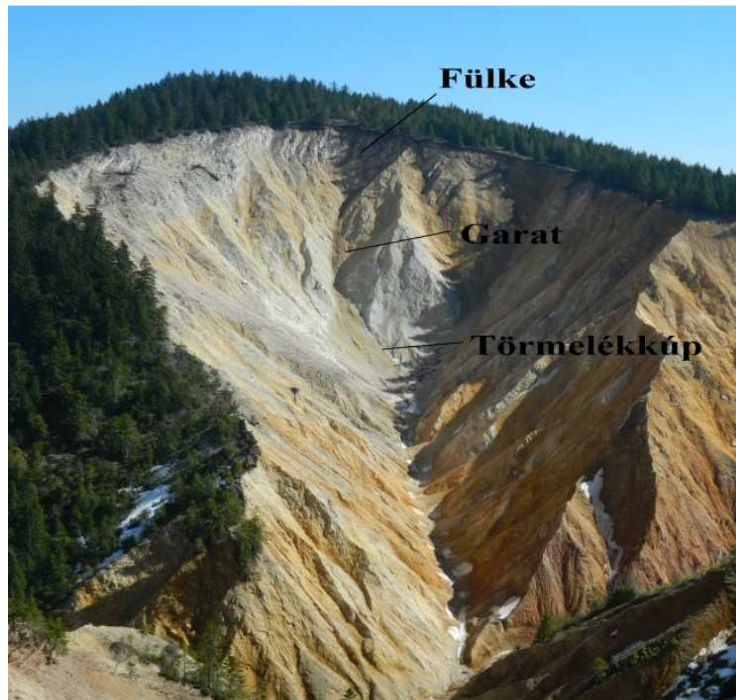
A darabolás a Rozsda-szakadék torok részének legalsó pontjától kezdődik és a keleti katlan legfelső pontján fejeződik be. Az alábbi táblázat rámutat arra, hogy a katlanokban több torkolat található, mint a torok részen. Az is megfigyelhető, hogy ahol a három katlan fővízfolyása találkozik, ott nagyon kis számban jelennek meg torkolatok. Valójában a Nyugati katlan torkolata és a Déli+Keleti katlan torkolata közötti távolság csak 48 m (a térképen a 7. szakasz), ezzel magyarázható a kisebb torkolat szám. 100 méterre vonatkoztatva az érték hasonló lesz a többi, torokban lévő szakaszhoz (3. táblázat).

Jelenlegi eredményeink alapján összesen 95 torkolatot számoltunk össze. Ezek a torkolatok szabdalják leginkább a felszínt és ezáltal a domborzat rendkívül tagolttá válik.

5.3. Morfodinamikai elemzések

Bár a torrens felszínét a vízerózió alakítja ki, akárcsak más vízeróziós formák esetében (Poesen et al., 2003, Rădoane és Rădoane, 2016) jelen pillanatban a Rozsda-szakadék esetében a tömegmozgások (kúszás, omlás, csuszamlás, törmelékfolyás) befolyásolják leginkább a felszín alakulását, ezen belül is többnyire az omlás formaelemei figyelhetők meg (13. ábra). Terepen jól érzékelhető a fagyrepszítés és a hőingadozás hatására kialakuló köpergés jelensége. A lejtőkön meginduló köpergéseket csak hang után tudtuk beazonosítani, ugyanis az apró szemcséjű kőzetanyagot mozgásba hozó folyamatok nagy gyakorisággal és rövid idő alatt mennek végbe.

Az omlások következtében kialakult lepusztulási formák általában szorosan kapcsolódnak a lejtő felső szakaszához, ahonnan a kőzetanyag leválik, a felhalmozódási formák pedig a lejtő alsó szakaszára jellemzőek. A fülkék lassan hátráló, fokozatosan mélyülő és az alsó részük felé keskenyedő formák, amelyek egy garatnak nevezett csatornában folytatódnak, ezen keresztül a különböző méretű törmelék szemcsék tovább haladnak, míg végül a lejtő alsó szakaszához érnek, a lehullt törmelék szemcsék felhalmozódás következtében, törmelékkúpot eredményeznek.



13. ábra Az omlás formaelemei

5.3.1. Hátrálási ráta

A hátrálási ráta a lejtők hátrálásával járó lepusztulást adja meg egy bizonyos időszakra kifejezve. Mi félévente végeztünk méréseket a referenciapontok segítségével, viszont a hátrálást m/év-ben adtuk meg a könnyű összehasonlíthatóság érdekében. A hátrálási rátát már Simon (2015) és Imecs et al. (2016) is kiszámolták régi térképek és saját mérések alapján. Ennek megfelelően 1883 óta, a hátrálási ráta folyamatosan nőtt. A legkisebb hátrálást (7cm/év) 1883–1939 között mérték, ez az érték megkétszereződött 1939–1990 között, és szinte elérte a 20cm/évet 1990 és 2005 között. A legnagyobb érték (46,74 cm/év) a 2005-ben készült ortofotó és az általunk, 2016-ban drónnal készített ortofotó összehasonlításából származik. Érdeemes kihangsúlyozni, hogy bár a térképi adatok, amiről a hátrálást számolták nem teljesen megbízhatóak, mégis összhangban vannak a terepi mérések eredményeivel, ugyanis az átlagos hátrálási ráta értéke 47,10 cm/év (Imecs et al., 2016).

Az első méréskor a távolság a referencia pontok és a perem között sokkal nagyobb volt, mint az utolsó méréskor, ebből arra következtethetünk, hogy a Rozsda-szakadék peremei, gyorsan hátrálnak.

Összehasonlításképpen, a 2015. április 12-i mérés feljegyzett adatait hasonlítottuk össze a legutóbbi mérés adataival, mely 2016. október 31-én történt, tehát kiszámoltuk, hogy másfél év alatt mennyit hátrált és a következő eredményeket kaptuk:

4. táblázat: A Rozsda-szakadék peremének hátrálás 2015 április 12. – 2016 október 31. között, (saját szerkesztés)

Referencia pont száma	Hátrálás 2015 április - 2016 október között (m)	Referencia pont száma	Hátrálás 2015 április - 2016 október között
7	0	19	0,63
8	0	21	0,05
9	0,69	22	0
10	0,03	23	4,1
11	0,38	24	0,92
12	0,9	25	0,53
13	0,76	26	0,64
14	1,05	27	0,25
15	0,1	28	0,06
16	1,55	29	0,21
17	0,33	30	0,36
18	0,95	31	0,77

Észrevehető, hogy a keleti katlan peremei átlagosan lassabban hátrálnak, mint a déli- illetve a nyugati katlan peremei. Ez a jelenség azzal magyarázható, hogy itt a hátrálást a vízfolyások pusztító hatása mellett a tömegmozgások határozzák meg és az itt uralkodó folyamatnak számító kőzetomlás nagyobb mértékű anyagot mozgat meg, de ritkábban következik be. Ezzel szemben az arkózás (magas földpát tartalmú homokkő) kőzetanyag esetében a kőpergés és lassú folyások kisebb méretűek, de majdnem állandó jellegű folyamatok.

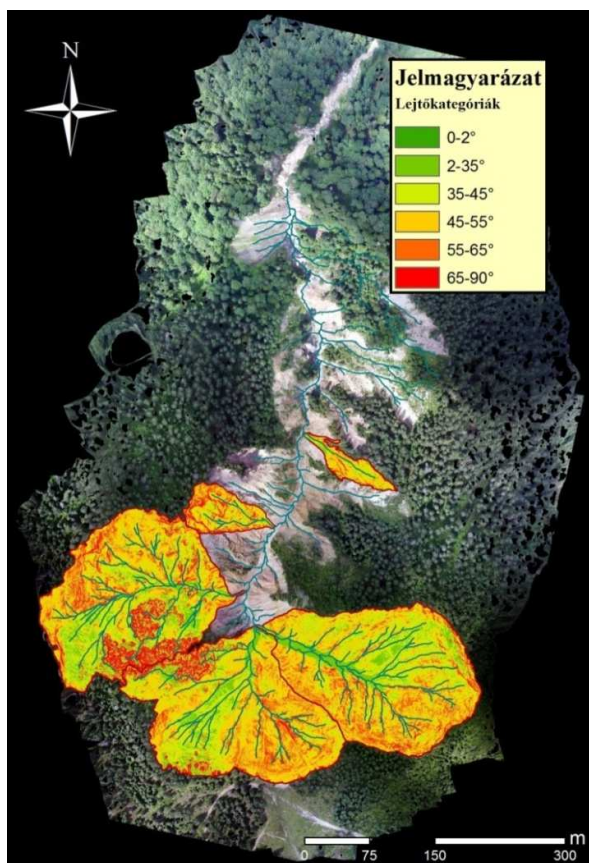
5.4 Morfometriai elemzések

A torrens alakulását és fejlődését a földtani viszonyok, a talaj, a klíma és a növényzet mellett még számos tényező befolyásolja. Ezek a következők: lejtőmeredekség, lejtőkiettség, vízszintes és függőleges tagoltság. A felsorolt mutatók elemzéseit GIS programban végeztük el, majd a kapott adatokból készített diagramokat segítségével értelmeztük a kapott eredményeket.

5.4.1. Lejtőmeredekség

A morfometriai elemzésekhez a lehatárolt 5 vízgyűjtő területen végeztünk számításokat: a három fő katlanban (nyugati-, déli-, keleti katlan) és a torok részen lehatárolt két kisebb vízgyűjtő területen (kis nyugati katlan, kis keleti katlan).

A lejtőmeredekségi térképeket (14. ábra) az ArcGIS programban a már említett digitális



felszínmodell alapján készítettük el. Színskálát alkalmazva, ábrázoltuk a lejtők meredekségi fokát, ahol a színek zöldtől pirosig haladva egyre meredekebb lejtőket jelölnek. A lejtőmeredekség szemléltetésére 6 kategóriát alkalmaztunk, ahol a legkisebb kategóriába (0–2°) tartoznak a majdnem teljesen sík felszínek, míg a legmagasabb kategóriába (65–90°) a legmeredekebb lejtők. A kategóriák lehatárolása az értékek előfordulásának gyakorisága alapján történt.

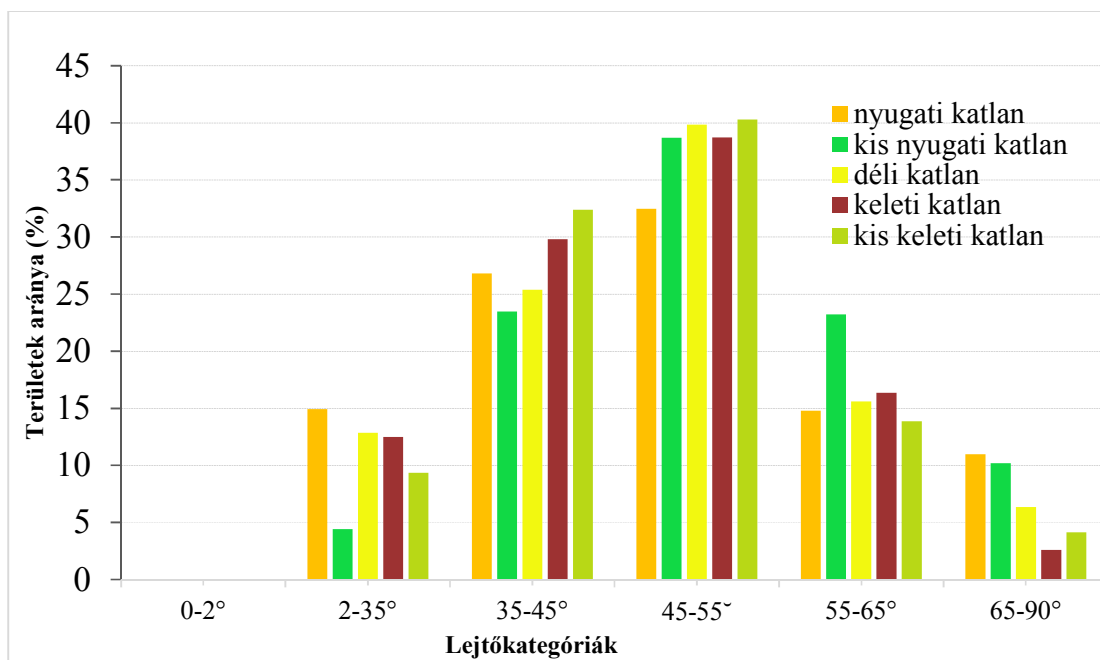
Felhasználva a katlanok összterületét, kiszámoltuk az egyes lejtőkategóriák által elfoglalt területet, amelyet a 15. ábra szemléltet.

14. ábra A Rozsda-szakadék lejtőmeredekségi térképe (saját szerkesztés)

5. táblázat: A Rozsda-szakadék lejtőkategóriáinak területi eloszlása katlanonként (saját szerkesztés)

	Nyugati katlan	Kis Nyugati katlan	Déli katlan	Keleti katlan	Kis keleti katlan
0-2°	0,026%	0,0034%	0,029%	0,037%	0,0098%
2-35°	14,94%	4,43%	12,84%	12,47%	9,34%
35-45°	26,82%	23,46%	25,36%	29,79%	32,37%
45-55°	32,44%	38,69%	39,82%	38,71%	40,28%
55-65°	14,77%	23,21%	15,59%	16,36%	13,84%
65-90°	10,98%	10,19%	6,34%	2,61%	4,13%
Átlagos	48,10		47,49	46,03	

A lejtőmeredekség nagymértékben függ a kőzetminőségtől: ahol keményebb, ellenállóbb kőzettel találkozunk, ott nagyobb arányban jelennek meg nagyobb dőlésszögű lejtők is. Ilyen például a kis nyugati katlan, ahol legnagyobb részt agyagpalával találkozhatunk. A kis nyugati katlan területén megjelenő legmeredekebb érték meghaladja a 88°-ot. Ez az érték már majdnem eléri a legmagasabb kategória felső határát.



15. ábra A Rozsda-szakadék lejtőkategóriáinak területi eloszlása katlanonként (saját szerkesztés)

Ugyanez elmondható a nyugati katlan északi feléről is, ahol szintén ez a kőzet uralkodik. A diagramról nagyon jól leolvasható, hogy 80–90° közötti lejtővel leginkább a kis nyugati katlanban találkozhatunk, ahol ez a meredekség az összterület 10%-át teszi ki, ami elég jelentős. Látható az is, hogy a nyugati vízgyűjtőben is magas ez a százalék, viszont ebben az esetben megjelenik az erdő, mint zavaró tényező. A térképen látszik egy kusza piros rész, ami elvileg azt jelentené, hogy ott 90°-os lejtőmeredekséggel találkozhatunk. Viszont ez nem egy valós érték, mivel a fenyőfák sűrűsége miatt a drón nem volt képes felszíni adatot rögzíteni.

A kőzetminőség ugyanúgy, ahogy a meredek lejtők kialakulását, a lankás területek megjelenését is meghatározza. A keleti katlan északkeleti lejtőjén a meredekség jóval kisebb értéket mutat – amely a 15. ábrán megfigyelhető zöld színen is jól látszik – mivel ezt a területet egy könnyen pusztuló homokkő alkotja. A kisebb meredekséget az is befolyásolja, hogy ezen a lejtőn gyakoribbak a tömegmozgások (omlások), valamint a sűrűbb vízhálózat kialakulása.

következtében a keskenyebb gerincek jóval lealacsonyodtak. A keleti katlan területén a 2–35°-os lejtők aránya 10–15% közé tehető.

A 16. ábrán nagyon jól kirajzolódik, hogy a Rozsda-szakadékot legnagyobb részt a meredek lejtők jellemzik. Meredek lejtőnek számít a 45° és annál magasabb érték. A torrens összes vizsgált katlanjában a 45–55° közötti meredekség az uralkodó. A vízgyűjtők összterületének majdnem felében (35–40%) ez a meredekség a jellemző. Ugyanakkor nagyon jól kitűnik, hogy lapos felszínekkel aligha találkozhatunk, a 0–2° közötti meredekség még az 1%-ot sem éri el egyik katlanban sem. Kvázihorizontális felszínnel kizárólag a főbb vízfolyások mentén találkozunk, ott, ahol a lerakott hordalékból kisebb teraszok alakultak ki (16. ábra).

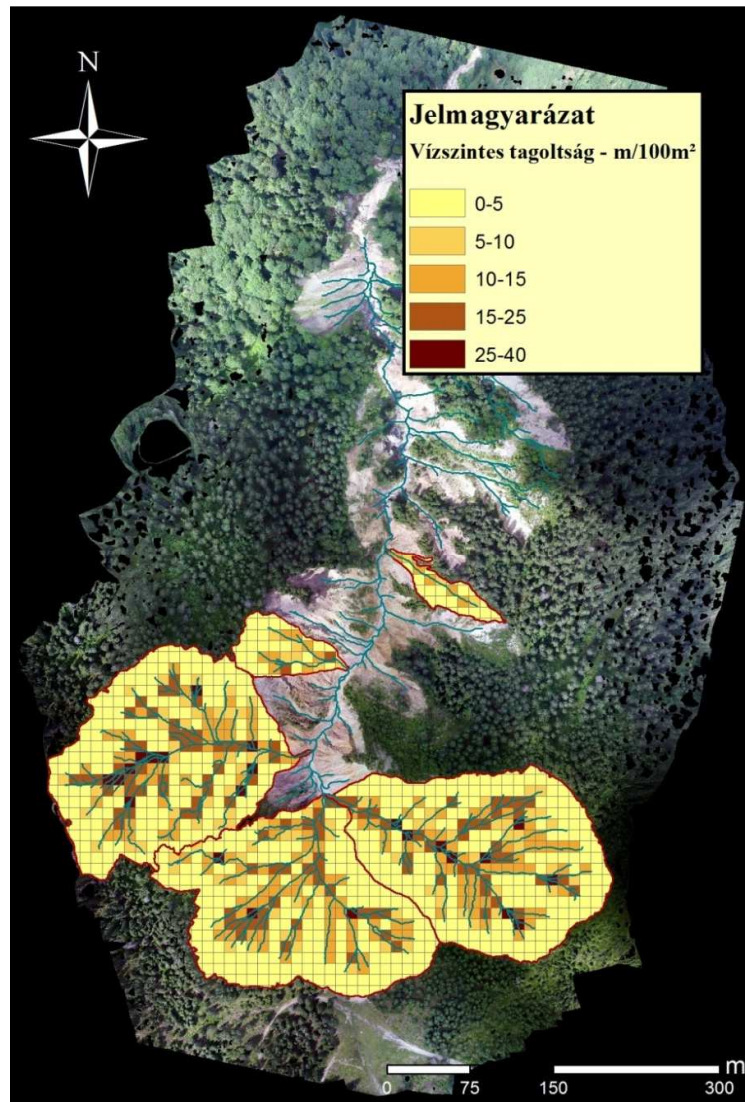


16. ábra Teraszos felszín (saját fénykép)

5.4.2. Vízszintes tagoltság

A vízszintes tagoltság egy adott térség területegységre jutó völgyhálózatának hosszát jelenti, melynek mértékegysége km/km². Figyelembe véve a Rozsda-szakadék méreteit, úgy döntöttünk, hogy 10x10 méteres négyzetekben (hálószemekben) számolunk, tehát esetünkben a mértékegység m/100m². A Rozsda-szakadék esetében nem folyóhálózatról, hanem időszakos vízfolyások hálózatáról beszélhetünk, amelyek kezdetben barázdákat, majd árkokat hoztak létre. Az árkok továbbmélyülése a felszín tagoltságát eredményezték. A digitális felszínmodell segítségével készítettük el a vízszintes tagoltsági térképet, majd ebből kivágtuk a katlanok

területét. A kapott adatokból generáltunk egy diagramot (18. ábra), ahol százalékban határoztuk meg az egyes sűrűség kategóriák területi arányát. A térképen a világos színtől a sötét szín felé emelkednek az értékek.

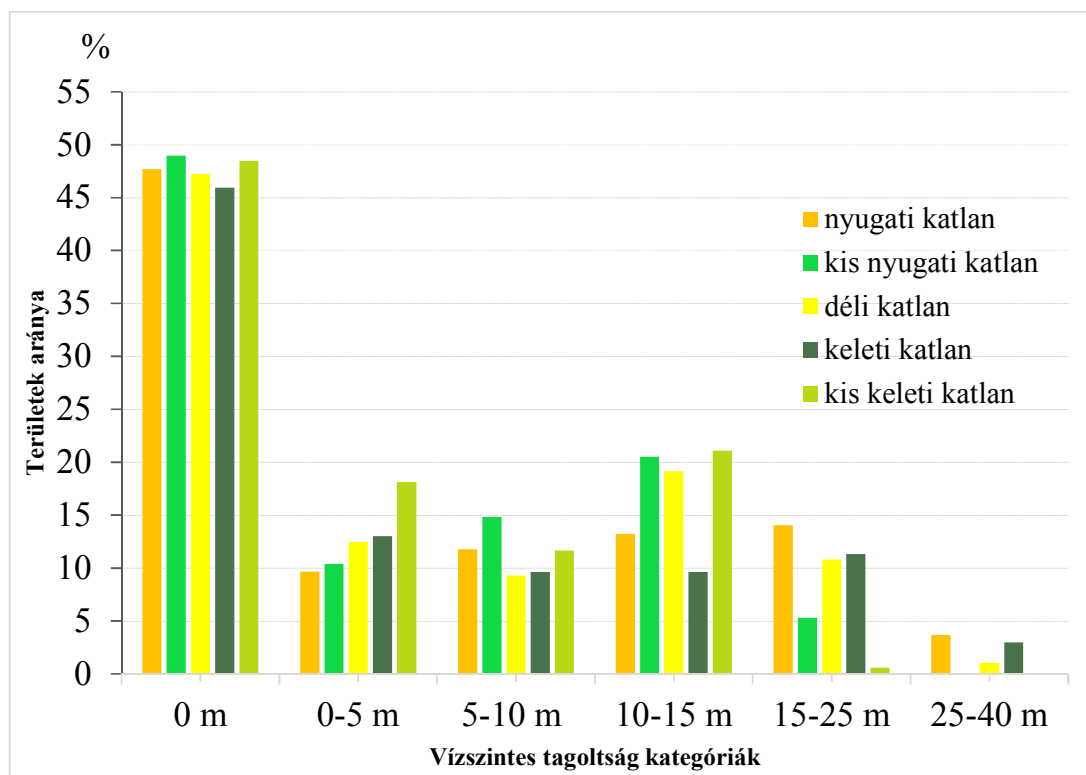


17. ábra A Rozsda-szakadék vízszintes tagoltsága katlanonként (saját szerkesztés)

A 18. ábrán a vízszintes tagoltság területi eloszlásának százalékos arányát ábrázoltuk katlanonként. A vízszintes tagoltság értéke ott a legmagasabb, ahol nagy a torkolatsűrűség értéke. Nagyon jól kitűnik, hogy a terület legnagyobb részében nem találunk vízfolyást. Ezek a területek az összterület majdnem felét teszik ki. Ezt a 0 méter jelöli a diagramon, amely leginkább a katlanok peremeire koncentrálódik. Ez annak tulajdonítható, hogy ezeken a területeken nagy a lejtőmeredekség (55–90° közötti skálán mozog) és emiatt kevésbé tudnak bevágódni az időszakos vízfolyások. Ugyanakkor a peremi területeken elsősorban az areális

erózió az uralkodó, mivel el kell telnie egy kis időnek, amíg összegyűl annyi víz, hogy a bevágódás megindulhasson.

A nyugati katlan esetében legnagyobb bevágódás és a legtöbb vízfolyás a 2–45°-os lejtőkön a leggyakoribb. Ugyanez jellemző a déli és a kis nyugati katlanra is. Annak a lehetősége, hogy mennyire tud bevágódni egy vízfolyás, függ a terület kőzet minőségétől. A geológia térképen is nagyon jól kirajzolódik, hogy a nyugati katlan északi részén és a kis nyugati katlan majdnem teljes területére az agyagpala a jellemző, amely egy kemény kőzet, így nehezebben vágódnak be a völgyek. Ez a rész meredekségében is nagyobb értékeket mutat. (17. ábra)



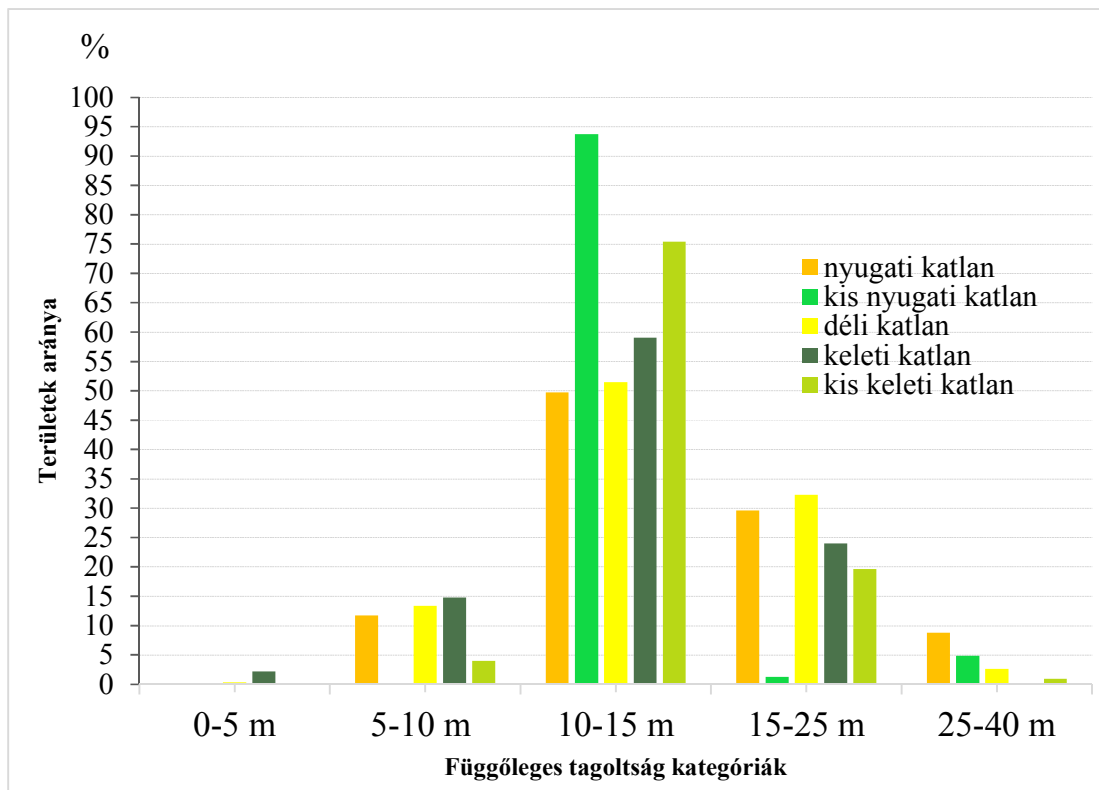
18. ábra A Rozsda-szakadék vízszintes tagoltsága katlanonként (m/100m²-ben)(saját szerkesztés)

A diagramról egyértelműen leolvasható, hogy a nagyon magas vízszintes tagoltság, azaz annak az esélye, hogy egy cellában akár 40 méternyi vízfolyáshálózat alakuljon ki, nagyon alacsony és csakis ott éri el ezt az értéket, ahol a torkolatsűrűség magas. A két legnagyobb katlan esetében (keleti és nyugati) ez az érték majdnem eléri az 5%-ot, viszont a többi vízgyűjtőnél ez az érték elenyésző.

A kis keleti katlan egy friss képződmény, amely esetében nem beszélhetünk jogosan katlanról, mivel csak egy völgy alkotja. Itt még nem jelenik meg a szétágazó vízhálózat.

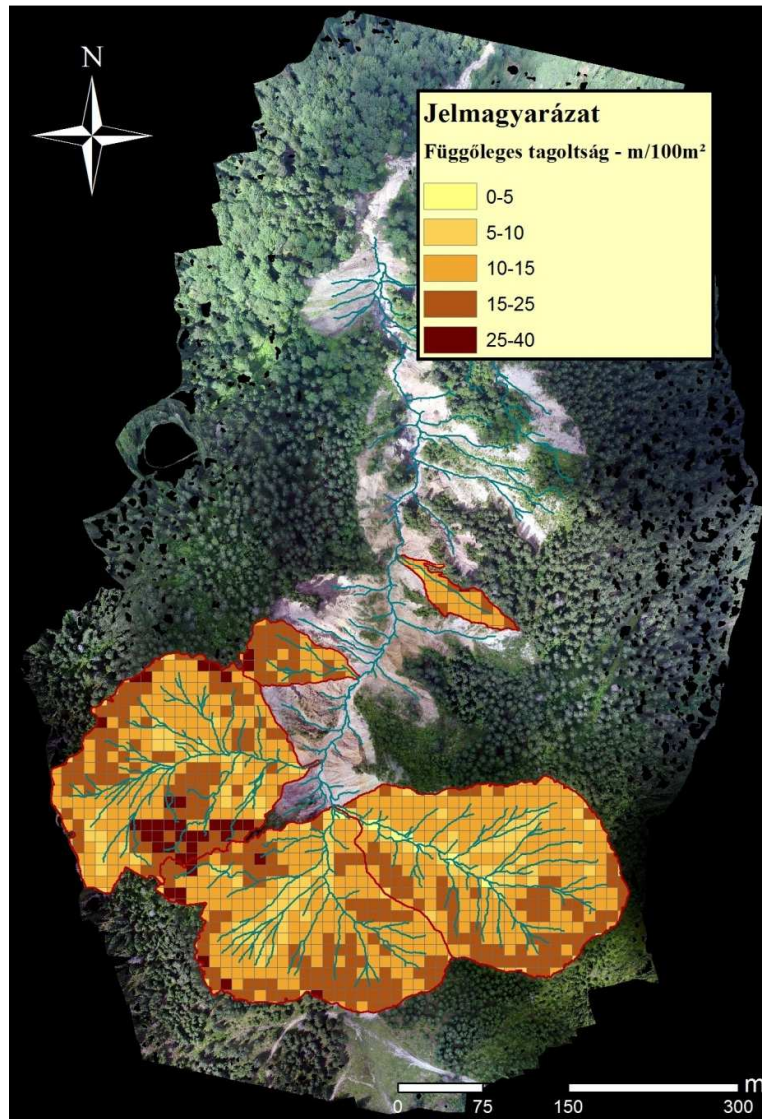
5.4.3. Függőleges tagoltság

A függőleges tagoltság megmutatja, hogy egy adott hálószem területén belül mennyire nagy a szintkülönbség, valamint, hogy bizonyos magasságok mennyire jellemzik az adott területet. Azt a területet nevezhetjük függőlegesen tagoltnak, ahol az alacsony és a magas területek váltakoznak, amely nagy szintkülönbséget ad. A függőleges tagoltság esetében is 10x10 méteres négyzetekben számoltunk, tehát a mértékegység itt is $m/100m^2$.



19. ábra A Rozsda-szakadék függőleges tagoltsága katlanonként ($m/100m^2$ -ben)(saját szerkesztés)

A 19. ábrát szintén a digitális domborzatmodell segítségével elkészített térképek adataiból generáltuk. A vízszintes tengelyen 5 függőleges tagoltság csoportot különítettünk el, majd a katlanok összterületét felhasználva szintén kiszámítottuk ezek százalékos eloszlását. Legnagyobb intervallum a 25–40 méter, amelynek az aránya nagyon kevés minden vizsgált katlanban. A diagramon úgy tűnhet, hogy a nyugati katlanban legalább 10% ennek az értéke, viszont ebben az esetben a már fentebb említett zavaró tényező, az erdő hatása érvényesül. Tehát ezek az adatok nem megbízhatóak.



20. ábra A Rozsda-szakadék függőleges tagoltsága katlanonként (saját szerkesztés)

A meredekségi- és a függőleges tagoltsági térképek összevetését követően megállapítható, hogy ahol meredekebb lejtőkkel találkozunk, ott a függőleges tagoltság is magas. Ez szintén az ellenálló, kemény kőzeteknek tudható be. Ebben az esetben szintén megemlíthető a nyugati katlan északi fele, valamint a kis nyugati katlan, ugyanis itt a vörös agyagpala jelenléte járul hozzá a függőleges tagoltság magas értékeihez. Szintén a kőzet ellenálló képességére hivatkozva jellemezhetjük a déli katlan keleti oldalát, valamint a keleti katlan nyugati lejtőjét. Morfometriai vizsgálataink és megfigyeléseink alátámasztják, hogy a két katlan ezen oldalain a kőzetfelépítés megegyezik. A 19. ábráról leolvasható, hogy a déli vízgyűjtő területének majdnem 30%-a 15–25 méter közötti függőleges tagoltsággal jellemezhető.

A kőzetminőség nem csak a nagy függőleges tagoltságú területeket határozza meg, hanem az alacsonyabb tagoltságú területek kialakulásához is hozzájárul. A keleti katlan északkeleti lejtőin töredező szerkezetű homokkővel találkozhatunk, amelyen gyakoribbak a tömegmozgások, valamint sűrűbb vízhálózat tud kialakulni. Ennek következtében jobban be tudnak vágódni, csökkentve a relatív magasságot. Ez a diagramról is leolvasható, ugyanis látszik, hogy egyedül a keleti katlan az, amely jobban kiemelkedik a 0–5 méteres intervallumon belül a többi közül. Ebben a vízgyűjtőben 0–5 méteres függőleges tagoltság meghaladja a 2%-ot, míg a többi katlannál még az 1%-ot sem éri el.

6. Következtetések

Dolgozatunk első felében elemeztük a szakadék kialakulását kiváltó és befolyásoló tényezőit, rávilágítottunk, hogy a torrens fejlődésében a torrenciális esőzések mellett fontos szerepe van a tömegmozgásoknak.

A meteorológiai adatokat vizsgálva bebizonyosodott az, hogy a Rozsda-szakadék területén a nyári időszakban a torrenciális esőzések dominálnak, mivel 52 év alatt 132 (a 636-ból) esetben a csapadékmennyiség több volt, mint napi 25 mm.

A Rozsda-szakadék morfometriai értékeit vizsgálva elemeztük a függőleges- és vízszintes tagoltságot, illetve a lejtőmeredekséget. Ezekből kiderült, hogy katlanonként milyen meredekségű lejtők vannak nagyobb számban. A tagoltsági térkép adatait elemezve arra a következtetésre jutottunk, hogy ahol meredekebb a lejtő, ott a függőleges tagoltság is magasabb. A vízszintes tagoltság értéke a torkolatsűrűség értékétől függ, itt megállapítottuk, hogy ahol nagyobb a torkolatsűrűség értéke, ott a legmagasabb a vízszintes tagoltság.

A morfordinamika vizsgálata során kiderült, hogy a torrensen belül végbemenő tömegmozgások nagyban befolyásolják a záporpatak alakulását. Ezzel szemben, a referencia pontok alapján kiszámítottuk, hogy mennyit hátrál a torrens pereme. Mindezt, értelmezésünk szerint a morfometriai adottságok és a kőzet típusa határozza meg. A töredező szerkezetű homokkőves részen (keleti katlan) inkább a nagyobb méretű omlások, törmelékfolyások uralkodnak, az események ritka bekövetkezése miatt lassabban hátrálnak a lejtők (átlagosan 0,62 m/másfél év) és meredekségükből is gyorsan veszítenek. A vízszintes és függőleges tagoltsági értékek is alacsonyabbak ezen a területen, így a lepusztulás mértéke is kisebb. Ezzel szemben az arkózás területeken a kisméretű tömegmozgásos folyamatok (főleg kőpergés, talajfolyás) majdnem állandó jellegűek, emiatt a hátrálás nagyobb méreteket ölt (átlagosan 0,78

m/másfél év). A hátrálás ott a leglassúbb, ahol növényzet borítja a peremet és védi a lepusztulástól. Az agyagpalás területeken a magas függőleges tagoltsági értékek is rámutatnak arra, hogy ez egy ellenállóbb rész és a meredekebb lejtők képesek hosszabb távon is fennmaradni.

Végezetül egy 2D/3D területi arányszámmal rámutattunk arra, hogy melyik katlan fejlődése esetében fedezhető fel a legnagyobb, illetve a legkisebb mélyülés. A keleti katlanban fedezhető fel 1-hez legközelebb álló érték (0,64), amiből arra következtetünk, hogy itt a bevágódás mellett nagy szerep jut a tömegmozgásoknak. Összevetve a morfometriai és a hátrálási adatokkal azt feltételezzük, hogy ez a katlan a legrégebbi, ugyanis itt a fejlődés lassúbb ütemet mutat, mint a többi katlanban. A déli katlanban és a torok részről lehatárolt katlanban a területi arányszám értékei kisebbek (nyugati kis katlan 0.54, déli 0,57, keleti kis katlan 0,58), mármint a mélyülés jobban érvényesül, mint a szélesedés. Ha az előbbi gondolatmenetet követjük, akkor feltételezhetjük, hogy ezek fiatalabb képződmények, amit alátámaszt a torok részen újonnan megjelent két kis katlan is.

7. Könyvészet

1. Bleahu M. (1981): Munşii Bihor-Vlădeasa, Bucureşti, Editura Sport Turism
2. Bulla B.: Általános természeti földrajz, 2. kötet: A szilárd kéreg általános természeti földrajza, a földfelszín formáinak ismerete (Geomorfológia). Budapest, Tankönyvkiadó
3. Gribovszki Z. (2010): Mezőgazdasági infrastruktúra alapjai 9., Sík-, hegy-, és dombvidéki vírendezés, Székesfehérvár
4. Imecs Z., Gál A., Simon É-B, Poszet Sz. (2016): The evolution of Groapa Ruginoasa ravine studied by GIS technology, Geographia Napocensis, X. 2 – 2016, 7-18 p.
5. Linc R., Nedelcu, Gh., (2011), Evoluția Gropii Ruginoasa în intervalul 1886-2009, urmăriind documente cartografice, [<http://geobihor.blogspot.ro/2011/11/evolutia-gropii-ruginoasa-munteletapu.html>]
6. Lóczy D., Veress M. (2005): Geomorfológia I., Földfelszíni folyamatok és formák. Dialóg Campus Kiadó, Budapest Pécs, 17-35p.
7. Molnár F. (2012): Vízgazdálkodás, Tesztek, hidrológiai és hidraulikai számítások
8. Papp F. , Kertész P. (1979): Geológia. Budapest, Tankönyvkiadó
9. Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Valentin, C. (2003). "Gully erosion and environmental change: importance and research needs." *CATENA*, 50(2-4), pp. 91-133.
10. Poszet Sz., Pál Z. (2010): A felszínformák ismeretének alapjai, 1. kötet. Kolozsvár, Ábel Kiadó
11. Rădoane, M., Rădoane, N., (2016), Gully Erosion, in RĂDOANE M., VESPREMEANU-STROE, A. (eds.), Landform Dynamics and Evolution in Romania, Springer Geography, DOI 10.1007/978-3-319-32589-7_16, pp. 371-396
12. Simon É. B. (2015): A Rozsda-szakadék hátráló eróziójának vizsgálata, Bsc. Szakdolgozat, Kolozsvár
13. Stefanovits P., Filep Gy., Fülek Gy. (1999): Talajtan. Budapest, Mezőgazda Kiadó
14. ***A Rozsda-szakadék földrajzi helyzete: <http://www.povesticalatoare.ro/wp-content/uploads/2013/10/Harta-Groapa-Ruginoasa.jpg>
15. *** A torrens részei: http://www.vit.bme.hu/vit/oktatas/feltoltesek/BMEEOVVASF1/vizkar_bs_4.pdf
16. ***Meteorological data: [http://www.meteoromania.ro/anm/?lang=ro_ro]