

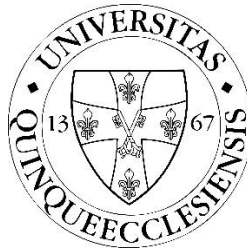
PhD-értekezés tézisei

Földtudományok Doktori Iskola

Rinnenkarrok fejlődésének modellvizsgálata

Mitre Zoltán

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi Kar
Földrajzi és Földtudományi Intézet



Pécs, 2024

A doktori iskola neve, címe: Pécsi Tudományegyetem
Természettudományi Kar
Földtudományok Doktori Iskola
7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

A doktori iskola vezetője: Dr. Geresdi István DSc.
egyetemi tanár
PTE TTK
Földrajzi és Földtudományi Intézet
Földtani és Meteorológiai Tanszék

A doktori program neve: Természetföldrajz-földtan-meteorológia

A doktori program vezetője: Dr. Lóczy Dénes DSc.
egyetemi tanár
PTE TTK
Földrajzi és Földtudományi Intézet
Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék

Az értekezés tudományága: Geomorfológia

Témavezetők: Dr. Lóczy Dénes DSc.
egyetemi tanár
PTE TTK
Földrajzi és Földtudományi Intézet
Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék

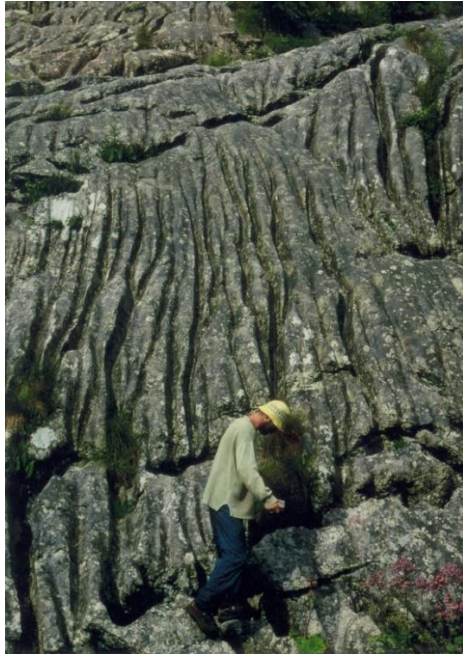
Dr. Veress Márton DSc.
professor emeritus
ELTE BDPK
Savaria Földrajzi Tanszék

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Célkitűzések	4
3. Kutatási módszerek	5
4. Az eredmények összefoglalása	7
A témakörben megjelent publikációk jegyzéke	11

1. Bevezetés

A rinnenkarrok csupasz, talaj nélküli karszterületeken lejtésirányú, oldásos eredetű lefolyástalan barázdák (vályúk, 1. ábra). Ez a legelterjedtebb és leggyakoribb karrtípus a magashegységek periglaciális övében. Az Alpokban a törpefenyő-öv (periglaciális öv) karrformáinak 67%-a, a csupasz öv karrformáinak 54%-a rinnenkarr. A rinnenkarr vízágak alatt alakul ki és fejlődik, amelyek a csapadékból vagy a hófoltokból táplálkoznak. Az összekapcsolódó vályúk vályúrendszereket alkotnak (Horton-típusú csatornák). A vályúrendszer egy fővályúból (ez a leghosszabb, gyakran 30-50 m hosszúságot is elérő és a legnagyobb keresztmetszetű), és egy vagy több becsatlakozó mellékvályúból áll. Szélességük és mélységük legfeljebb néhány dm.



1. ábra. Rinnenkarrok a Júliai Alpokban (Szlovénia).

Bár a rinnenkarrokat már több, mint egy évszázada leírták és a rinnenkarrok eloszlása és széles körű előfordulása miatt számos vizsgálat készült e formákról mégis részletes fejlődésüket csupán az elmúlt évtizedekben vizsgálták behatóan. A korábbi elméletek a rinnenkarr növekedését úgy értelmezték, hogy azok lejtésirányban fokozatosan növekednek. Viszont, a rinnenakarr vályúban vályú összecsatlakozásoknál vagy vízgyűjtőről származó vízbefolyások alatt a

keresztmetszet lokálisan megnövekszik. E helyeken gyakran jelennek meg különböző morfológiájú madáritatók is, amelyekbe itt több mellékvályú is becsatlakozhat.

Karrvályúk oldásos fejlődésében a turbulens áramlás hatása jelentős. A turbulens áramlás hatékonyabb diffúziót (ún. örvényes diffúziót) tesz lehetővé a mészkő felszíne és a víz között, ezért itt a mészkő oldása jóval intenzívebb. A turbulencia lokálisan felerősödik ott, ahol a vályúban áramló vizet külső hatás (vízbefolyás) éri. Vízbefolyás történhet vízgyűjtőről vagy mellékvályúból.

A vízgyűjtő melletti vályúrészek keresztmetszete vízbefolyás helyein kissé megnövekszik. A mellékvályú becsatlakozásnál az örvényesség adott hosszúságú, jól elkülöníthető helyi kiöblösödések alakít ki. A helyi kiöblösödés szakaszában a fogadó vályú szélessége, mélysége vagy mindkettő lokálisan jelentősen megnövekszik.

Mivel a vályúfejlődést a vízáramlás jellege határozza meg, a legutóbbi vizsgálatok laboratóriumi áramlási kísérletekkel egészültek ki. Az örvényességet a becsatlakozások helyénél laboratóriumi modellkísérlettel sikerült megerősíteni. A vizsgálatok a lokális keresztmetszet növekedés modelljét pontosították, azonban a vízgyűjtő vizsgálatára nem került sor. Így a vízgyűjtőterület, a vályúfejlődés és a mellékvályú kialakulás közötti kapcsolatot eddig még nem tanulmányozták. Az említett korábbi és a legutóbbi vizsgálatok mellőzték a többvályús becsatlakozásoknál a kiöblösödések fejlődésének és azok minden jellemzőjének vizsgálatát.

A magashegységi rinnenkarr kutatások egyik problémája, hogy a terep nem közelíthető meg hóolvadás vagy nagy mennyiségű csapadék idején, amikor vízáramlás van a rinnenkarrban. A laboratóriumi módszerek is korlátozottak az örvények és a vízgyűjtő hatások pontos vizsgálatában, hiszen kivitelezésük időigényes és technikai korlátokba ütközik. A numerikus szimulációk geomorfológiai célú használata egyre elterjedtebb fluvialis és eolikus problémák vizsgálatánál, ahol a terepi tanulmányozás korlátozott. Karsztmorfológiában karszthidrológiában és speleogenezisben (pl. ezen belül a csatornák növekedésének vizsgálatára) is találni numerikus megközelítésre példákat. Rinnenkarrokra készült ilyen vizsgálatok viszont nem lettek még kellően összhangba hozva a terepi megfigyelésekkel.

2. Célkitűzések

A céloom a rinnenkarrok morfológiáját és fejlődését vizsgálni: a rendelkezésre álló terepi és laboratóriumi méréseket modellvizsgálattal kiegészíteni, majd az adatok közös vizsgálatával, egybevetésével összefüggéseket feltárni. A kutatás komplex céljának megvalósításához a vályúrendszerek alábbi tulajdonságainak vizsgálatát tűztem ki célul:

1. A fővályú keresztmetszete és a vízgyűjtő terület kapcsolatának vizsgálatát egy vízmennyiség becslésére alkalmas közelítő módszer elkészítésével, ehhez kapcsolódva a mellékvályú kialakulás vizsgálatát a vályúrendszert hordozó lejtő dőlésviszonyainak értékelésével.
2. Fővályúban előforduló helyi kiöblösödések mért paraméterei és a becsatlakozó mellékvályúk vízágainak örvényessége közötti kapcsolat feltárását áramlásszimulációval, mindezt különböző lejtési és összecsatlakozási szög kombinációk esetén.
3. A helyi kiöblösödések morfológiai adatainak komplex értelmezését a modellvizsgálatok összekötésével, ezáltal a fővályúba vízgyűjtős szakaszon becsatlakozó mellékvályú, valamint a mellékvályúk becsatlakozási távolságának vályúfejlődésre, vályúmorfológiára gyakorolt hatását.

3. Kutatási módszerek

Az alkalmazott kutatási módszerek megválasztását az ausztriai Totes Gebirge területén a gleccservölgyek réteglapos felszínein felmért rinnenkar rendszerek és vályú-becsatlakozások adatai, valamint vályúkban zajló áramlást utánzó fizikai laboratóriumi kísérletek eredményei jelölték ki.

1. Számítottam a vályú keresztmetszet-területét és szélesség-mélység arányát (ún. alakját) minden mérési szelvényen. Külön-külön kiszámoltam a helyi kiöblösödés szakaszán belülré eső keresztmetszet-terület, alak és mellékvályú becsatlakozási szög értékek átlagait. A terepi adatokat, valamint a számítással előkészített adatokat különféle szempontok szerint és felbontással csoportosítottam (pl. adott kiöblösödő formába történő becsatlakozások száma, lejtőszög, becsatlakozási szög szerint). Az egyes csoportokat kiábrázoltam és cél szerint megfelelő koordináta-rendszerben ábrázoltam. Ahol szükséges, az adatok tendenciájának vizsgálata és megértése céljából regresszióval egy- és kétváltozós függvényeket illesztettem. A kapott eredményekből a vályúfejlődés hátterére következtettem.
2. A víz összegyűlését a vízgyűjtőn egy cellás felosztáson alapuló eljárással becsültem meg. Az eljárás alapkonceptióját egy térinformatikában is használt módszer képezte. A vízgyűjtő területet 0.01 m^2 méretű területegységekre (azaz vízgyűjtő cellákra) osztottam fel. A cellákhoz két értéket rendeltem hozzá. Az egyik az áramlás irányát jellemző vektor, amelyet a vízgyűjtő terület dőlései (lejtés és csapásirányú) szabnak meg, a másik a becsült vízmennyiség értéke. A folyamatos csapadék vagy hólé utánpótlás miatt a cellákba egységnyi vizet feltételezek. Ehhez adódik hozzá a szomszédos cellákból érkező vízmennyiség. Adott cellában a szomszédos cellákból érkező becsült vízmennyiség értékeit arányosan összegzem úgy, hogy figyelembe veszem azok vektorjai által kijelölt áramlási irányokat. A módszerrel a vízgyűjtő szélétől a vektorok iránya mentén történő

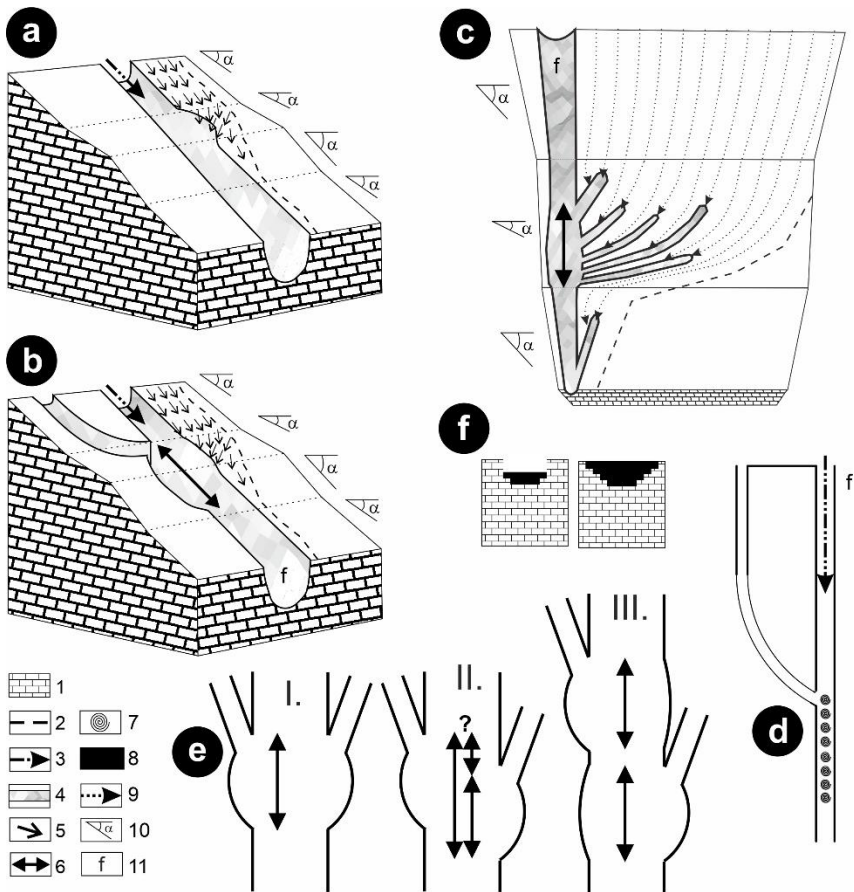
folyamatos összegzéssel néhány példavályú esetén a vízösszegyűlés mintázatát megbecsültem. Az összegzés vályúperemnél kapott végeredményeiből megbecsültem annak adott pontjain összegyűlő (és a vályúba befolyó) vízmennyiségeket. E vályúperemi vízmennyiség értékeit a távolság függvényében vizsgáltam és vettem össze a vályú keresztmetszet-területek azonos pontokon vett értékeivel.

3. A vályúban folyó vízáramlást Computational Fluid Dynamics (CFD) numerikus szimulációval modelleztem egyszerűsített modellvályúkat alkalmazva. Először elvégeztem a numerikus szimulációt egy olyan vályúszorozaton, amely egymástól független fővályúba egyenként 10° - 90° közötti becsatlakozási szöggel csatlakoznak mellékvályúk. A modellkísérlet 5° - 45° dőlésszög értékek között végeztem el. Megvizsgáltam az örvényesség értékeit, térbeliségét, azt összevettem néhány azonos méretű (ideális) terepi vályú morfológiájával. A terepi minták, a szimulált örvényesség átlagának fővályú mentén változó értékei és lokális maximumai segítségével hozzávetőlegesen kijelöltem azokat az intenzív örvényes szakasz hosszakat a szimuláció eredményeiben, amelyeket a laboratóriumban megfigyelhetek, valamint amelyek hosszirányú kiterjedése nyomán a helyi kiöblösödések létrejönnek. Egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) segítségével vizsgáltam, hogy e három szakasz hossz-típus mért értékeinek átlagai szignifikánsan eltérőek-e. Amennyiben nem, a három forrásból származó értékek átlagát számítottam, amely a helyi kiöblösödés hosszának legvalószínűbb várható értéke. Ezekre kétváltozós függvényregresszióval megadtam azt az empirikus függvényt, amellyel lejtési és becsatlakozási szög függvényében e szakasz hossz tendenciája tanulmányozható.
4. A helyi kiöblösödés hosszát befolyásoló két hatást vizsgáltam. A vizsgálatok előtt számítottam a helyi kiöblösödés terepen mért hosszainak eltérését – az előzőleg számított – legvalószínűbb értéktől. Majd az így kapott értéket először vizsgáltam a fővályú pereméhez összegyűlő (cellás módszerrel becsült) vízmennyiség függvényében. Ezt követően, másodsor, vizsgáltam a mellékvályú becsatlakozások egymástól való távolságának függvényében. Ez utóbbi esetén a kapott eredmények értelmezéséhez szimulációval további kísérletet végeztem olyan modellvályúrendszerekben, ahol egy fővályúba ritkán és sűrűn csatlakoznak be mellékvályúk. Az örvényesség értékeit, hosszát és szerkezetét tanulmányoztam párhuzamba állítva egy-egy terepi vályúrendszer adataival. A vizsgálatokkal a vízgyűjtő és a mellékvályú távolságok hatását figyelembe véve az egyéni helyi kiöblösödések hosszfejlődésére, elkülönülésére adtam meg elméleti modelleket.
5. Vizsgáltam a helyi kiöblösödések keresztmetszetének fejlődését a becsatlakozó mellékvályúk tulajdonságait figyelembe véve. A helyi kiöblösödés átlagos keresztmetszet-területének mérete és a vályúk átlagos becsatlakozási szöge, valamint a térszín dőlése közötti kapcsolatot empirikus

kétváltozós függvény segítségével tanulmányoztam. Elkészítettem a helyi kiöblösödések átlagos alakjait az átlagos keresztmetszet-terület függvényében ábrázoló grafikonokat az azokba becsatlakozó mellékvályúk száma szerint elkülönítve. A tendenciákat függvényillesztésekkel vizsgáltam. E függvények alapján kapott eredményeket áramlásszimulációval értelmeztem olyan modellvályúkban, amelyek kiöblösödő és nem kiöblösödő részén az egymás közelében becsatlakozó mellékvályúk számát fokozatosan növeltem. Vizsgáltam az örvényesség szerkezetét, értelmeztem és megadtam a helyi kiöblösödések keresztmetszet-fejlődésének elméleti modelljét.

4. Az eredmények összefoglalása

1. A fővályú és vályúrendszer fejlődését meghatározza a vízgyűjtője. A terepen a fővályú keresztmetszete nemcsak fokozatosan növekedik lejtésirányban – ahogyan a korábbi kutatások megállapították –, hanem azokon a szakaszokon is megnövekedik, ahol nagyméretű vízgyűjtővel érintkezik (2a. ábra). A megnövekedett keresztmetszetű vályúszakaszt a mellékvályúk becsatlakozásánál lokálisan (szakaszosan) helyi kiöblösödések, kürtök, madáritatók tagolják (2b. ábra). A vályú kialakulása és fejlődése a korábbi szakirodalmi közlések szerint a lejtő vízága alatt történik. Eredményeink arra utalnak, hogy a vízágas vályúfejlődésre egyre nagyobb hatással lesz a vízgyűjtője. A rinnenkarrok fejlődését a vízgyűjtő területe és a mellékvályúja közösen szabályozza (2b. ábra). Amikor a vízgyűjtő területe kicsi, a fővályú fejlődésére gyakorolt szerepe csekély. Nagyméretű vízgyűjtő terület esetén a fővályúk keresztmetszet-növekedése követi a vályúperemhez becsült vízbefolyás mértékét. Mellékvályú ott alakul ki a vízgyűjtőn, ahol a kőzet felszínén folyó víz koncentrálnálódik. A nagy kiterjedésű vízgyűjtők a vályúk keresztmetszet növekedését jelentősen befolyásolják azon a szakaszon, ahol a lejtőszög lecsökken. Itt jelentős vízmennyiség gyűlhet össze a fővályú pereménél. A mellékvályú kialakulás is itt jellemzőbb (2a., 2b., 2c. ábrák).
2. A vályúk vízáramlásának áramlásszimulációs modellezése megerősítette, hogy a fővályúban létrejövő intenzív örvényességet a mellékvályúból érkező vízág okozza (2d. ábra). A szimulált örvényesség morfológiájának térbeli vizsgálata alapján az örvényesség jelenléte és értéke a fővályúban a mellékvályú becsatlakozásánál a vályúkeresztmetszet becsatlakozás felőli oldalánál a legnagyobb. Bizonyos esetekben az örvényesség röviden behatolhat a mellékvályú(k)ba is. Az örvényesség értéke a mellékvályú becsatlakozás(ok) szakaszát elhagyva fokozatosan csökken. Az alkalmazott áramlásszimuláció újszerűsége, valamint a többféle módszerrel gyűjtött adatok összehasonlítása, illetve azok párhuzamos értékelése lehetővé tette a vályúfejlődés korábbiaknál mélyebb értelmezését.



2. ábra. Vályúfejlődést befolyásoló terepi hatások összefoglalása (elvi ábrák). (a). A vízgyűjtő keresztmetszet-növekedést (formálódó helyi kiöblösödést) hoz létre. (b). A mellékvályú okozta örvényesség hatására helyi kiöblösödés jön létre, amely morfológiáját a vízgyűjtőről beáramló vízmennyiség befolyásolja. (c). A vízösszegyülés, a mellékvályúkban sűrűbb részek és a közös helyi kiöblösödés az alacsonyabb dőlésű térszín szakaszokat jellemzi. (d). Az áramlásszimuláció alapján az örvényesség (ezáltal az örvényes diffúzió) minden esetben a becsatlakozásoknál jelenik meg, adott hosszúságú szakasz mentén. (e). Egyre távolabb becsatlakozó mellékvályúk esetén (I→III) a helyi kiöblösödés is egyre jobban elkülönül. (f). A kiöblösödő formában minél nagyobb vízhozam fordul elő, annak oldalfalára gyakorolt oldódás, így annak szélesedése is annál számottevőbb.

Jelmagyarázat: 1. Mészke. 2. Vízgyűjtő határa. 3. Vízáramlás iránya a fővályúban. 4. Rinnenkarr. 5. Vízgyűjtőn mozgó víz iránya. 6. Mellékvályú okozta terepi helyi kiöblösödés szakaszhossza. 7. Intenzív örvényes szakasz. 8. Vízkitöltöttség. 9. Vízágak a vízgyűjtőn. 10. Térszín(szakasz) dőlése. 11. Fővályú.

3. A vályúk összecsatlakozásánál kialakuló helyi kiöblösödések fejlődését meghatározza a vízágak találkozásánál kialakuló örvényesség (2d. ábra). Amikor a mellékvályúk kialakulnak, a fővályúba történő becsatlakozásánál a két vízág találkozása okozta örvényes szakasz mentén a fővályú keresztmetszete lokálisan, jól elkülöníthetően megnövekedik (2b. ábra). A szimulált modellkísérleteink lehetővé tették az intenzív örvényes szakasz azonosítását (2d. ábra). A szimulációban mérhető örvényes szakaszok hossza összhangban vannak a terepi mérésekkel azonosított helyi kiöblösödések hosszaival. A három különböző módszerrel (terepen, fizikai labor-kísérlettel és szimuláció segítségével) gyűjtött szakaszhossz adatok átlagának hasonlósága az intenzív örvényesség és a helyi kiöblösödés kapcsolatát erősíti. A szimulált modellkísérletek és terepi minták közös értelmezése arra is utal, hogy a helyi kiöblösödés keresztmetszetének mérete (vagyis az oldás mértéke) és az örvényesség átlagos mértéke között arányosság állhat fenn.
4. A fővályúk, mellékvályúk és így a vályúrendszerek fejlődését meghatározza a hordozó térszín és térszín részek lejtésirányú dőlése. A kis dőlésű lejtőn nő a fővályúba konvergáló vízösszefolyás esélye, ezáltal nő a mellékvályú és sűrűn mellékvályús szakaszok kialakulásának esélye (2c. ábra). A fővályú fejlődése az alacsonyabb lejtésű helyeken hatékonyabb, ami a mellékvályúk becsatlakozásainak tudható be. Magas dőlésszögnél a mellékvályú becsatlakozás, így a mellékvályú-eredetű örvényes vályúfejlődés ritkábban fordul elő (2c. ábra). A modellkísérlettel szimulált intenzív örvényes szakaszok és a terepen mérhető helyi kiöblösödések hossza alacsony lejtésszögnél a legnagyobbak. A becsatlakozási szögeket tekintve átlagosan azok a mellékvályúk okoznak hosszabb intenzív örvényes szakasz-hosszt, amelyek meredekebb becsatlakozási szöggel kapcsolódnak a fővályúkhöz. Az ilyen becsatlakozások esélye pedig kicsi lejtésszögnél a nagyobb (2c. ábra).
5. A mellékvályú becsatlakozások környezetében lévő vízgyűjtő és a mellékvályúk sűrűsége meghatározzák a kiöblösödő szakaszok morfológiáját és fejlődését. A becsatlakozó mellékvályú közelében az intenzív örvényes szakasz és a terepi helyi kiöblösödés hossza közötti eltérést a vízgyűjtő cellás közelítésével kapott eredményeink szerint a vízgyűjtő nagysága meghatározza. A helyi kiöblösödések annál markánsabban különíthetők el más vályú szakaszoktól, minél kisebb a közvetlen vízgyűjtőterület mérete a fővályú mentén (2b. ábra). Sűrűn mellékvályús helyek tipikusan azok a szakaszok a fővályúban, ahol a lejtésszög lokálisan lecsökken. Ez esetben a becsatlakozási szakaszon kiterjedt és folytonos örvényesség alakul ki a fővályúban, amely egybefüggőnek észlelhető közös helyi kiöblösödést (ill. kürtöt és madáritatót) alakít ki (2c. ábra). A modellkísérletben kapott örvényes szakaszok figyelembevételével a potenciálisan

egybefüggő közös helyi kiöblösödés a mellékvályú sűrűség csökkenésével fokozatosan helyi kiöblösödésekre tagolódik (2e. ábra). Amikor a terepi mellékvályúk távolsága meghaladja a méteres távolságot az egyes kiöblösödő szakaszok teljesen elkülönülnek.

6. Akárcsak a vályú egészében, az összecsatlakozásoknál is a vályú keresztmetszet általános fejlődési iránya a mélyülés. Ezáltal a kezdeti szakaszban kialakuló (közös) helyi kiöblösödés idővel kürtővé fejlődik. Azonban minél több mellékvályú csatlakozik be egymás közelében (tehát minél nagyobb a vízbepótlás), a vályú keresztmetszetének fejlődésében az oldalirányú növekedés (szélesedés) mértéke annál nagyobb lesz (2f. ábra) és madáritatószerű forma jön létre. A keresztmetszet fejlődését már egy mellékvályú becsatlakozása is meghatározza. Ebben az esetben a mellékvályú becsatlakozási szöge a meghatározó, amely minél nagyobb, a fővályúban hozzá tartozó helyi kiöblösödés mélyülésének mértéke annál nagyobb arányú. A modellkísérletek szerint az örvénylés a vályúk egyéb nem kiöblösödő részén is jelen van, csak kisebb mértékű. Ez a vízág áramlási sajátosságainak tudható be. Ez eredményezi a vályúnak a kiöblösödések közti szakaszokon történő kisebb mértékű keresztmetszet növekedését is, amelyekről korábbi kutatások beszámoltak.

A témakörben megjelent publikációk jegyzéke

Idegen nyelvű lektorált folyóiratban

- Veress, M., Deák, Gy., & Mitre, Z. (2023). The vertical electrical sounding (VES) of the epikarst: A case study of the covered karst of the Bakony region (Hungary). *Acta Carsologica*, 52(2-3), 245-258. (Q3; IF: 0,7).
- Mitre, Z., & Veress, M. (2023). Reveal the development of rinnenkarren local hollowings using field data (Totes Gebirge) and simulation at different numbers of channel junctions. *Acta Carsologica*, 52(1), 29-42. (Q3; IF: 0,7).
- Mitre, Z. (2023). Effects of the tributary channel and water catchment area on rinnenkarren development (Totes Gebirge, Austria). *Physical Geography*, 44(4), 478-502. (Q2; IF: 1,6).
- Veress, M., & Mitre, Z. (2021). Rinnenkarren Systems and the Development of Their Main Channels. *Journal of Geography and Cartography*, 4(1), 43-54.
- Veress, M., Samu, Sz., & Mitre, Z. (2015). The effect of slope angle on the development of type A and type B channels of rinnenkarren with field and laboratory measurements. *Geomorphology*, 228, 60-70. (Q1; IF: 3,9).
Független hivatkozások száma: 3.
- Veress, M., Zentai, Z., Péntek, K., Mitre, Z., Deák, Gy., & Samu, Sz. (2013). Flow dynamics and shape of rinnenkarren systems. *Geomorphology*, 198, 115-127. (Q1; IF: 3,9).
Független hivatkozások száma: 4.
- Kozma, K., & Mitre, Z. (2012). Variations of type A channels in Totes Gebirge. *Zeitschrift Für Geomorphologie*, 56(Suppl. 2.), 37-46. (Q3; IF: 2,2).

Magyar nyelvű lektorált folyóiratban

- Mitre, Z. (2018). Digitális vályúmodellel végzett áramlási szimulációk adatainak vizsgálata különböző lejtési és becsatlakozási paraméterek esetén. *Karsztfejlődés*, XXIII, 5-18.
Független hivatkozások száma: 1.
- Mitre, Z. (2017). Karros fővályúban létrejövő áramlások szimulációs vizsgálata. *Karsztfejlődés*, XXII, 77-88.
Független hivatkozások száma: 1.
- Mitre, Z. (2016). Vályúban áramló víz áramlási viszonyainak modellezése számítógépes szimulációval. *Karsztfejlődés*, XXI, 75-95.
Független hivatkozások száma: 1.
- Veress, M., Zentai, Z., Mitre, Z., Széles, Gy., & Döbrönte, L. (2016). Vályúkarrok (rinnenkarrok) szélesség változásai. *Karsztfejlődés*, XXI, 65-73.
- Veress, M., Samu, Sz., Széles, Gy., Döbrönte, L., Zentai, Z., & Mitre, Z. (2015). Vályúrendszerek fejlődése. *Karsztfejlődés*, XX, 101-124.

- Mitre, Z., & Péntek, K. (2014). Karros vályúk morfometriai vizsgálata a mellék-vályú becsatlakozási helyek közelében. *Karsztfelődés*, *XIX*, 173-184.
- Deák, Gy., Samu, Sz., Péntek, K., Mitre, Z., & Veress, M. (2012). A vizáramlási modellkísérletek vályúrendszereken. *Karsztfelődés*, *XVII*, 155-163.
Független hivatkozások száma: 1.
- Veress, M., Zentai, Z., Péntek, K., Mitre, Z., Deák, Gy., & Samu, Sz. (2012). Vályúrendszerek fővályúinak fejlődése. *Karsztfelődés*, *XVII*, 131-154.
- Veress, M., Zentai, Z., Péntek, K., & Mitre, Z. (2011). Rinnenkarr rendszerek fejlődése. *Karsztfelődés*, *XVI*, 71-85.
- Veress, M., Péntek, K., Zentai, Z., & Mitre, Z. (2010). Vízágas vályúkarrok fejlődési típusai. *Karsztfelődés*, *XV*, 61-84.
- Veress, M., Zentai, Z., Péntek, K., Eöry, M., & Mitre, Z. (2009). Vályúfejlődés csupasz lejtőkön. *Karsztfelődés*, *XIV*, 139-159.
Független hivatkozások száma: 1.
- Veress, M., Péntek, K., Czöpek, I., Zentai, Z., Deák, Gy., & Mitre, Z. (2007). Adatok a Totes-Gebirgei lejtők karrosodásához. *Karsztfelődés*, *XII*, 137-152.

Könyvfejezetek

- Deák, Gy., Péntek, K., Mitre, Z., Zentai, Z., Kozma, K., Samu, Sz., & Veress, M. (2012). Vályúkarrok morfológiája és kialakulása. In Horváth, E., & Mari, L. (Eds.), *Természetföldrajzi kutatások Magyarországon a XXI. század elején: Tiszteletkötet Gábris Gyula Professzor Úr 70. születésnapjára*. (pp. 9-22). Budapest: ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Természetföldrajzi Tanszék.
- Veress, M., Péntek, K., Zentai, Z., & Mitre, Z. (2008). Development of rinnenkarren on bare slopes and on slopes with dwarfpine. In Csapó, T., Kocsis, Zs. & Veress, M. (Eds.), *Geographical studies on the University of West Hungary*. (pp. 52-68). Szombathely: University of West-Hungary Faculty of Sciences.

