

KÜLÖNBÖZŐ KÖZETEK KARRFORMÁI ÉS PUSZTULÁSA KARROSODÁSSAL

VERESS MÁRON

Berzsenyi Dániel Főiskola Természetföldrajzi Tanszék
9700 Szombathely, Károlyi gáspár tér 4. vmarton@bdtf.hu

Abstract: We measured the specific width and density of karren forms on limestone (uncovered and with soil covered surfaces), on marble, on travertine, on dolomite on granite, on halite and on quartzarenite. The average width of the karren forms can be calculate from the proportion the specific width and the density. The karrentificational denudation happens by vertical karrentification on the soil-covered limestone and the uncovered limestone with bedding planes then if number of crevices is great. The karren forms develop along crevices (kluftkarren and pits). The rock separates into parts during karrentification. The denudation of granite and quartzarenite happens by sheet karrentification. Namely local karren forms (solution pan) develop on these rocks. The karrentification of halite (and that of uncovered limestone if number of crevices is small, and angle of slope is great) is sheet karrentification. Then linear karren forms (rinnens) develop. The Wandkarren and notches develop if the rock borders vertical slope. The rock denude horizontally because of the slope back-denudation during the development of these karren forms.

1. Bevezetés

Karrok különböző kőzeteken egyaránt kialakulhatnak. Az oldódás típusa szerint elkülönítünk karbonátkarrokot (hidrokarbonátos oldódás), szemikarbonátkarrokot (a cementáló mészsanyag oldódik), parakarrokot (nem hidrokarbonátos oldódás, vagy mállás történik) és pszeudokarrokot (a karros forma nem oldódás hatására alakul ki). A karbonátkarrok mészkövön, márványon, dolomiton, a szemikarbonátkarrok mészsanyagot tartalmazó metamorf kőzeteken (zöldpala, mészfilit), mésztartalmú konglomerátumokon és homokkőveken, a parakarrok gipszen, anhidriten, kőson, kvarchomokkővön, kvarciton, grániton, a pszeudokarrok pl. agyagon jönnek létre (I. táblázat). Irodalmi és saját vizsgálataink is arra utalnak, hogy a karbonátkarrok alakulnak ki a legváltozatosabb környezetben. Így fedetlen- vagy félig fedett sziklafelszíneken, talajjal, vagy laza üledékkal fedett felszíneken (magas- és középhegységeken, partokon, barlangokban). Részben sajátos karros formákkal rendelkeznek a trópusi karsztok (kőerdőkarr, tsingy, stb.). A karbonátkarrok, különösen a mészkőkarsztok karrjai a legváltozatosabbak (I. táblázat).

Különböző kőzetek karros formái

Karren form of different rocks

I. táblázat

Table I.

(ANDREICHUK-ERASO 1996, BALÁZS 1976, BARTRUM-MASON 1948, BÖGLI 1976, CALAFORRA 1996, FORD-WILLIAMS 1989, MACALUSO-SAURO 1996, PLUHAR-FORD 1970, SZABLYÁR 1981, VINCENT 1983, VERESS 2001 adatainak felhasználásával)

(According to ANDREICHUK-ERASO 1996, BALÁZS 1976, BARTRUM-MASON 1948, BÖGLI 1976, CALAFORRA 1996, FORD-WILLIAMS 1989, MACALUSO-SAURO 1996, PLUHAR-FORD 1970, SZABLYÁR 1981, VINCENT 1983, VERESS 2001)

Forma	karbonátkarr				szemikarbonát karr			parakarr					pszeudokarr		
	mészkő	gejzirít (mészanyagú)	dolomit	márvány	meszes homokkő és flis	meszes konglomerá- tum	Meszes zöldpala	kőso	gipsz	kvarchomokkő	gránit	bazalt	kvarcit	agyag	t
rillenkarr	+ f	+ (e)	-	+ f	-	-	-	+ f	+ f	-	+(gy:?)	-	-	+ f	-
mikrorill	+ f	-	-	-	-	-	-	+ e	+ f	-	-	-	-	-	-
nagyriill	+ e	-	-	+ e	-	-	-	+ s	-	-	-	-	-	-	-
„ausgleichsfläche”	+ e	-	-	+ e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
rinnenkarr	+ f	-	+ (e)	+ f	-	+ (e)	+ (e)	+ s	+ s	+ s	+ (s)	+(gy:?)	-	-	-
kerekkarr	+ f	-	-	+ f	-	-	-	-	+ (gy:?)	-	+ (e)	-	-	-	-
tul.f.vályú	+ e	-	-	+ e	-	-	-	-	-	+ s	+ (e)	-	-	-	-
saroknyomkarr	+ f	-	-	+ f	-	-	-	-	+ (gy:s)	+ e	-	-	-	-	-
tölcséreskarr	+ e	-	-	+ e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fodorkarr	-	-	-	+ f	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fűzérkarr	+ e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
meanderkarr	+ s	-	-	+ e	-	-	+ (e)	-	-	-	-	-	-	-	-
mikromeanderkarr	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
falikarr	+ f	-	-	+ f	-	-	-	-	+(gy:?)	-	+ e	-	-	-	-
„scallops”	+ f	-	-	+ f	-	-	-	-	+(k:?)	-	-	-	-	-	-
karrbarlang, karrüreg	+ e + e	- + (k:?)	- + (gy:?)	-	- + (e)	+ (e)	-	-	-	- + e	+ (e)	-	+ (e)	-	+ (e) -
Hasadékkarr	+ s	+ (e)	+ (e)	+ e	-	+ (e)	-	-	+(gy:?)	+ e	-	-	+(gy:?)	-	+ (s)
Árok	+ e	-	-	+ e	-	-	-	-	-	+ e	-	-	+(gy:?)	-	-
Rácskarr	+ s	-	-	-	-	+ (e)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Karrtál	+ e	-	+ (s)	+ e	+ (e)	+ (e)	-	-	-	+ s	-	-	-	-	-
Madáritató	+ e	-	+ (s)	+ e	+ (e)	+ (e)	-	-	+(gy:?)	+ s	+ (e)	-	-	-	-
Kürtő	+ s	+ (e)	+ (e)	+ s	+ (e)	-	-	+ s	-	+ s	-	+(gy:?)	-	-	+ (e)
vályútalp és vályúvégkürtő	+ e	-	-	-	-	-	-	+ e	-	-	-	-	-	-	-
Phytokarszt	+ f	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Réteghézagkarr	+ s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rétegfejkarr	+ (s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gyűszűkarr	+ s	+ (f)	+ (e)	+ (e)	-	+ (s)	-	-	+(k:?)	+ e	-	-	-	-	-
Kúpkarr	+ f	-	-	-	-	-	-	+ f	+(gy:?)	-	-	-	-	-	-
Sziklahíd	+ s	+ (e)	-	-	-	+ (e)	-	-	-	+ e	-	-	-	-	-
Karrasztal	+ e	-	-	-	-	-	-	+ e	-	-	-	-	-	-	-
Tanúhegy	+ e	-	-	+ e	-	-	-	-	-	+ e	-	-	-	-	-
Bálnahátbucka	+ e	-	-	+ (e)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uzálóybucka	-	-	-	+ s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
„clints”, „clasts”, „karrennasen”	+ f	-	-	+ e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gyökérkarr	+ s	+ (gy:?)	-	-	-	-	-	-	-	+ e	-	-	-	-	-
Kehelykarr	+ s	-	-	- ?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tsingy	+ s	-	-	- ?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
swamp plots	+ e	-	-	- ?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
solution notches	+ e	-	-	- ?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinnacle	+ f	-	-	- ?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kőerdő	+ f	-	-	- ?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Színlő	+ (e)	-	+ (e)	+ (e)	+ (s)	+ (s)	+ (s)	-	-	+ (s)	-	-	-	-	-

Megjegyzés:

- a forma kifejlődése folytonos: f
- a forma sűrűsége nagy: s
- a forma megjelenése egyedi: e
- a forma kifejlődése bizonytalan (k:?)
- a gyakorisági adatok becsltek (gy:?)
- a karros formák talaj és növényhulladék kitöltésében: t

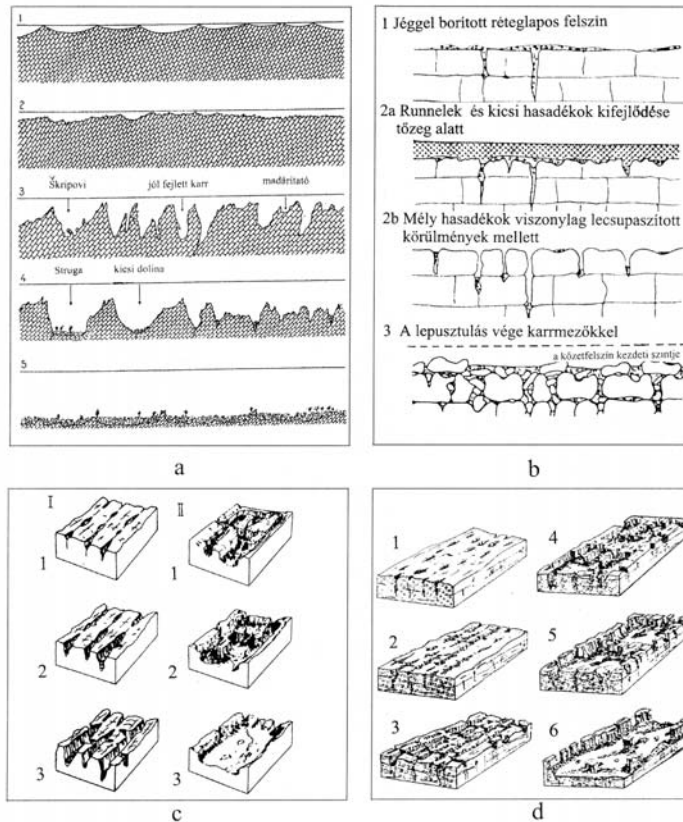
- occurring of form is continuous: f
- density of form is great: s
- occurring of form is individual: e
- occurring of form is uncertain: (k:?)
- frequency data is estimatet (gy:?)
- karren forms are in infilling of soil and plant litter: t

Nem karbonátos kőzetekről az alábbi karros formákat írtak le. Gránitról madáritatókat (HEDGES 1969, DZULYNSKI-KOTARBA 1979), rinneket (RASMUSSEN 1959), rilleket (MIGON-DACH 1995), homokköröl, fodrokat (DYGA *et al.* 1976), madáritatókat, rilleket és különböző típusú homokkőpoligonokat (ROBINSON-WILLIAMS 1992), rinnekhez hasonló képződményeket és kürtöket bazaltról (BARTRUM-MASON 1948), kvarcitról rinneneket, hasadékokat, labirynt karsztot (WHITE *et al.* 1966, MARKER 1976, WHITE 1988, BROOK- FEENEY 1996), valamint kősóról és gipszről rilleket, saroknyomokat, rinneket, falikarokat (CALAFORRA 1996) és kisméretű formák sorát pl. mikrorilleket, mikromeanderkarokat (SZABLYÁR 1981, MACALUSO-SAURO 1996). Szilikát tartalmú cseppköveket is kimutattak (SIEGEL *et al.* 1968), ami a Si oldatban történő szállítására utal. Valószínűleg ugyancsak parakarros formáknak tekinthetők a főleg grániton, de homokkővön is kialakuló, több méteres szélességet és mélységet elérő medencék (madáritatók?), amelyek kisebb változatát „pit”-nek, nagyobb változatát „slump”-nak nevezik. (GOUDIE-MIGÓN 1997). Fenti szerzők kialakulásukra magyarázatként a biogén hatást, a deflációt és az oldódást említik. A roraimai terület (DK Venezuela) egyik homokkőben kialakult barlangjában is kimutattak oldásos (karros?) formákat (COLVEÉ 1973).

Egyes karros formák közetspecifikusak. Egy, vagy csak néhány kőzeten fordulnak elő (pl. saroknyomok). Más karrformák „kozmozopoliták” és több, vagy az összes karrosodást mutató kőzeten létrejönnek. Legtöbb kőzeten kialakulnak a rinnek, a madáritatók, a hasadékok és a kürtők.

E munkában néhány típusterület adatainak felhasználásával mennyiségileg elkülönítjük, hogy egy-egy kőzetre valamely karrforma mennyire jellemző. A karrformákat csoportosítjuk alakjuk figyelembevételével aszerint, hogy kialakulásuk, újraképződésük a kőzetfelszínnek milyen jellegű pusztulását eredményezik. Ennek ismeretében összehasonlíthatjuk a különböző kőzetek karrosodásból származó lepusztulási sajátosságait. Megemlítjük azonban, hogy ugyanazon kőzetnek a karros lepusztulása és így felszínfejlődése is számottevően eltérő lehet a fedettség mértékétől, ill. a lejtő tulajdonságaitól (lejtőszög, a prekarros lejtőfejlődés, stb.) függően.

A karros kutatások szintéziseként több kutató is foglalkozott a karros felszínfejlődéssel. Így a karros lepusztulási ciklus végére CVIJIC (1924) szerint a felszín areálisan alacsonyodik, elegyengetődik (1.a. ábra). WILLIAMS (1966) szerző szerint a karros lepusztulás végső fázisában az előregedő karros formák karros eredetű törmelékkel fedődnek el (1.b. ábra). Más szerzők (BROOK-FORD 1978), BROOK-FENEY (1996) szerint a karros felszínfejlődés eredményeként nagyméretű mélyedések jönnek létre, közöttük maradványformákkal (1.c. ábra, 1.d. ábra).



1. ábra: Karros felszínfejlődés a: jégelborítástól mentes felszín (CVJIČ 1924 szerint), b: ideiglenesen jéggel borított felszín (WILLIAMS 1966 szerint) c: a kezdeti felszín hasadékkarros felszín (BROOK-FORD 1978 szerint), d: a kezdeti felszín kürtőkarros felszín (BROOK-FEENEY 1996 nyomán) esetén

Jelmagyarázat: a. 1-2 néhány méter sekély csatornák és éles gerincek, 3. 3-4 méter mély csatornák, „škipovi”, karr kutak (kürtők), madáritató formák, 4. „struga” és dolina formák, 5. a kiálló részek teljesen elpusztulnak, a felszínt kőtörmelék borítja be, b. a jég által pusztított réteglapos felszínen (1), talaj alatt runnelek és hasadékok képződnek (2a), a talaj és a karrformák közti felszín részletek pusztulásával lecsonkolódott hasadékok maradnak vissza (2b), majd törmelékkel elborított térszín alakul ki (3) c: „labyrinth karszt” kifejlődése úgy, hogy hosszanti hasadékok szélesednek „utcákká” (1.1.-1.3.), oldódás és fagyaprózódás hatására clint”-ek és tornyok maradnak vissza (II.1.-II.2.), végül nagyobb zárt depressziók keletkeznek (II.3), d. labyrinth karszt alakul ki kürtőkből (1-3), a hasadékok továbbnövekedésével hasadékszerű mélyedések és „fennsíkok” képződnek, maradvány „clint”-ekkel és tornyokkal (4; 5), végül a mélyedések továbbfejlődésével maradvány „clint”-ek és tornyok maradnak vissza (6) Fig.1. Karrentification development a: on glacial-free surface (after CVJIČ 1924), b: the surface was covered with glacial originally (after WILLIAMS 1966), c. on surface originally with are grikes (after BROOK-FORD 1978), d. on surface originally with pits (after BROOK-FEENEY 1996).

Legend: a. 1-2: there are channels and sharp ridges of few meters, 3. there are channels, which can be about 3-4 meters, fox example 'skipovi', karst wells, kamenitzas, 4. there are 'struga' and dolinas forms, 5. the remnant will die the surface will be covered with debris, b. glacier will form the surface (1) grikes and runnels develop under the soil (2a), 'truncated' grikes remain with the denudation of the surface between the grikes (2b), debris will cover the surface (3) c. 'labyrinth karst' develop because grikes will widen and they will create 'streets' (1.1.-1.3), 'clints' and towers will develop because of the dissolution and freeze and thaw disintegration (II.1.-II.2.), depressions develop (II.3.), d. strings of solution pits (1-3) coalesce to form intersecting networks of grikes or karst streets (2 and 3), as grikes and streets enlarge and coalesce, grike depressions and karst platea are formed often with residual clints or towers projecting from their floors (4 and 5), the coalescence of grike depressions and karst platea ultimately leads to the formation of marginal erosion surfaces surmounted by residual clints or karst towers (6).

FORD-WILLIAMS (1989) a karrformákat kialakulás szerint két csoportba sorolja. Az áramlásos formák (rillek, rinnek, saroknyomok, meanderkarrok, falikarrok) a lejtőn áramló víz oldóhatása során képződnek. A nem áramlásos formák (hasadékkarrok, kürtők, madáritatók) vízelészívárgás során képződnek. E munkában karrformákat csoportosítjuk aszerint, hogy a kifejlődésükkel a hordozó kőzet milyen típusú lepusztulását okozzák. Ez lehet felületi, vertikális és oldalirányú. A felületi lepusztulás során a kőzetfelszín önmagával párhuzamosan eltolódva areálisan pusztul. A felületi lepusztulást azok a karrformák eredményezik, amelyeknek a hosszirányú és keresztirányú kiterjedése meghaladja a mélységüket. E formák alakjuk szerint további két csoportba különíthetők. A vonalas jellegű, lejtésirányú formák (rillek, rinnek, meanderkarrok) lejtőirányú kiterjedése többszöröse a szélességüknek, míg a lokális formáknak (saroknyomok, madáritatók) a szélessége és a hosszúsága nem különbözik számottevően. Vertikális lepusztulás során a kőzet csak részben pusztul a felszíne felől karrosodás által, másrészt a kőzet feltagolódik, ill. pusztulása a felszíne alatt is végbemegy. A vertikális karrosodáshoz azok a karrformák (vertikális karrformák) járulnak hozzá, amelyek mélysége meghaladja hosszúságukat, vagy szélességüket. E csoportba sorolhatók a hasadékkarrok, a rácskarrok, a kürtők és talán a gyűszűkarrok. Természetesen e csoportba tartoznak a karrbarlangok is. E formák azonban nem mérhetők. A lokális kiterjedésű (pl. kötőmbök), vagy lejtőkkel tagolt kőzetek pusztulása oldalirányba is végbemehet. A lejtő önmagával párhuzamosan hátrál. E csoportba azok a karrformák sorolhatók, amelyek réteglépcsőn, vagy a lokális kifejlődésű kőzet oldallejtőin fordulnak elő (oldalhelyezetű karrformák). E csoportba sorolhatók a falikarrok, a színlők, a zsebek, a tafonik és a szabálytalan formák.

2. Kutatási módszerek

A különböző kőzetek karros felszínein kijelöltünk egy nyomvonalat úgy, hogy lefektettünk egy mérőszalagot. A mérőszalag mentén előforduló karrformáknak mértük a szélességét, mélységét, helyét (távolságát a szelvény kezdetétől) és irányát. A mérések (szelvények) helyszíneit a *II. táblázat* mutatja. A karrformáknak az alábbi jellemzőit számítottuk.

II. táblázat
Table II.

Kutatási helyszínek
Research areas

kőzet	szelvényszám	hely (hegység, karsztterület, stb.)	ország	megjegyzés
mészkö	5	Totes Gebirge	Ausztria	
mészkö	14	Dachstein	Ausztria	
mészkö	8	Júliai-Alpok	Szlovénia	
mészkö	11	Assiagói-fennsík	Olaszország	
mészkö	5	Balatonfelvidék	Magyarország	talaj alól kitakaródott
mészkö	2	Plitvice	Horvátország	talaj alól kitakaródott
mészkö	2	Medjugorje	Bosznia	talaj alól kitakaródott
édesvízi mészkö	3	Tihanyi-félsziget Aranyház	Magyarország	
márvány	1	Diego de Almagro-sziget	Chile	
dolomit	8	Kádárta, Veszprémi-fennsík	Magyarország	
kőszó	5	Parajd, Sós-hegy	Románia	
gránit	3	Korziika	Franciaország	
gránit	3	Velencei-hegység, Sukoró	Magyarország	
kvarchomokkó	7	Káli-medence	Magyarország	

- A karrforma fajlagos szélességét, vagy a fajlagos leoldódást (VERESS *et al.* 2001), amely az 1 m-re jutó karrforma össz-szélesség (f_{sz}) átlaga. Ez az alábbi módon számítható:

$$f_{sz} = \frac{\sum k_{sz}}{h}$$

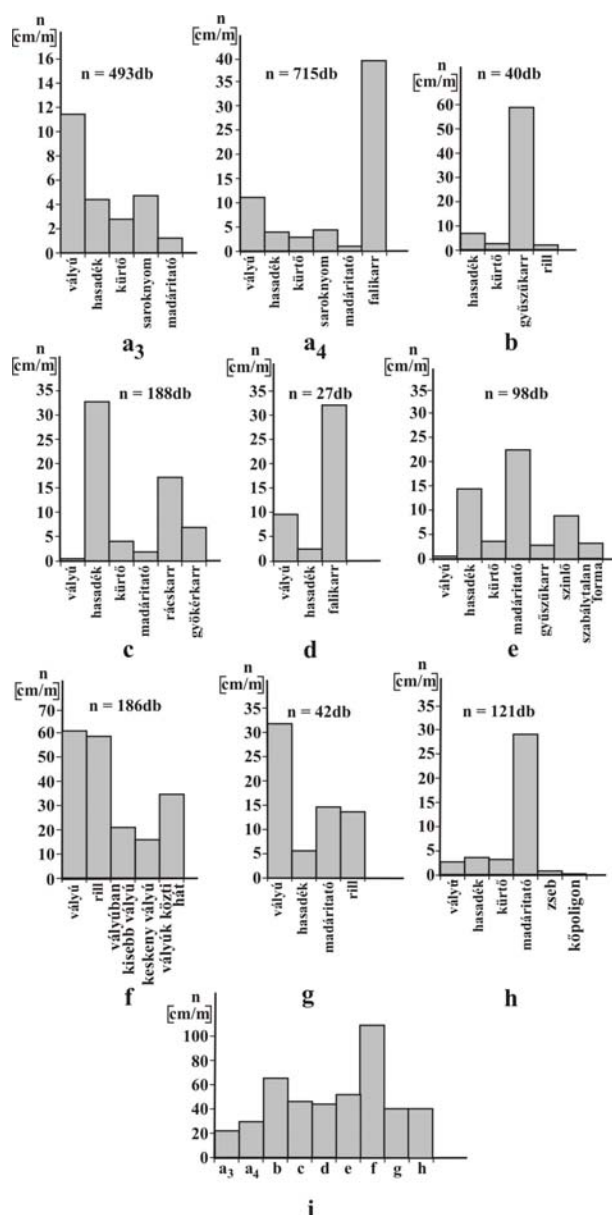
ahol $\sum k_{sz}$: a szelvény mentén felmért karrformák összes szélessége, amely úgy képezhető, hogy valamely szelvény mentén előforduló karrformának a szélességét összegezzük

h: a szelvény hossza.

- A karrformák sűrűségét (s), amely az 1 m-es szelvényhosszra jutó karrforma darabszáma.

- A karrformák átlagos kiterjedését (A_k), amely valamely szelvény karrformáinak átlagos szélessége (kiterjedése) és az alábbi módon számítható:

$$A_k = \frac{f_{sz}}{s}$$

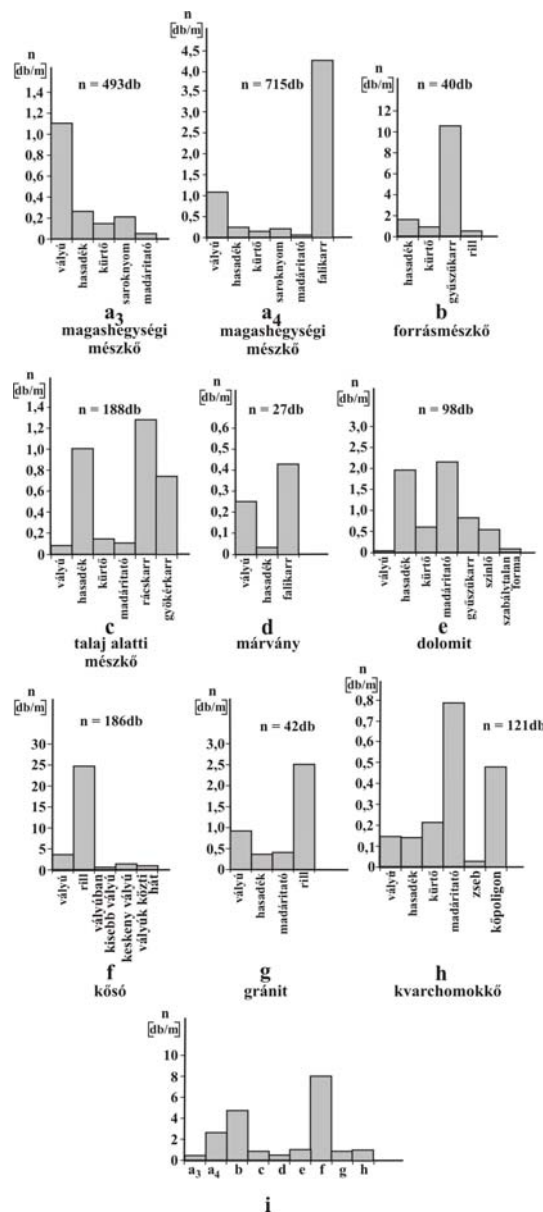


2. ábra: Átlagos fajlagos leoldódási értékek különböző kőzeteken

Jelmagyarázat: a. magashegységi mészkövön (a₃ Dachstein, Totes Gebirge, Júliai Alpok, Assiagó a₄ falikarokkal), b. forrásmészkövön, c. talajjal fedett mészkő, d. márványon, e. dolomiton, f. kőson, g. grániton, h. kvarc homokkő, i. összes vizsgált kőzetnél

Fig 2: The different rocks of the specific width of the quantity

Legend: a. on high mountain limestone (a₃ Dachstein, Totes Gebirge, Julian Alps, Assiagó a₄ with Wandkarren), b. on travertine, c. with soil covered on limestone, d. on marble, e. on dolomite, f. on halite, g. on granite, h. on quartzarenite, i. at altogether rocks



3. ábra: A karrformánkenti átlagos sűrűsége a különböző kőzeteken

Jelmagyarázat: a. magashégyi mészkővön (a₃ Dachstein, Totes Gebirge, Júliai Alpok, Assiagó a₄ falikarokkal), b. forrásmészkővön, c. talajjal fedett mészkővön, d. márványon, e. dolomiton, f. kősón, g. grániton, h. homokkővön, i. összes vizsgált kőzetenél

Fig 3: Average density of the different rocks their karren forms

Legend: a. on high mountain limestone (a₃ Dachstein, Totes Gebirge, Julian Alps, Assiago a₄ with Wandkarren), b. on travertine, c. with soil covered on limestone, d. on marble, e. on dolomite, f. on halite, g. on granite, h. on quartzarenite, i. at altogether rocks

A fajlagos szélesség alkalmas a karrosodás intenzitásának mennyiségi kifejezésére, ill. bármely két térszín karrosodási intenzitásának összehasonlítására. Megadja ugyanis, hogy adott szelvény mentén 1 m-es hosszúságú kőzetfelszín hányad részén oldódott a kőzet. A fajlagos szélesség megadható valamely kőzetnél egy, vagy több szelvényre. A karrformánkénti értékének kiszámításához adott kőzetnél az összes szelvény adatát felhasználtuk (tehát azét is, amely mentén esetleg a forma elő sem fordult). Az átlagos kiterjedés kiszámításához ugyancsak felhasználtuk az összes szelvény adatát, de a fajlagos szélességek átlagát az egyes szelvényekből (és nem a különböző karrformákra számított fajlagos szélességekből) számított értékekből képeztük. Az átlagos kiterjedés utal a szelvény mentén a karrformák kiterjedésére. Ez lehet kicsi, vagy nagy. Előző esetben a formák szélessége még nagyobb sűrűség esetén is kicsi. Utóbbi esetben még kisebb sűrűség esetén is nagy.

3. A különböző kőzetek karrosodásának összehasonlítása

A különböző kőzeteken egyes karrformák által reprezentált átlagos fajlagos leoldódást és a karrformák sűrűségét a 2. *ábra* és a III. *táblázat* mutatja. A magashegységi mészköveken uralkodnak a falikarrok ill. a vályúk és hasadékok. Morfológiai környezetüket tekintve megállapítható, hogy réteglépcsőkön az előzőek, réteglapokon az utóbbiak terjedtek el. Változatos, sokféle karrforma jellemzi a magashegységi mészkő karrokhoz viszonyítva a talaj alatti karokat, a dolomit és a homokkő karrjait. Nagyon kevés karrforma típus fordul elő az édesvízi mészkőn, a márványon, a kőszén és a grániton. Ez azonban részben arra vezethető vissza, hogy egyes kőzeteken (édesvízi mészkő, márvány) csak nagyon kevés szelvény kialakítására került sor.

A különböző kőzetek karrosodásának fajlagos szélességét összehasonlítva, azt tapasztaljuk, hogy a vártnál nagyobb leoldódási értékek jellemzik az édesvízi mészkövet, a gránitot és homokkövet (2. *ábra*). Meglepő módon a talajjal fedett térszínek karrosodása a vártnál kisebb. Más, karrosodást alakító tényezők hatása sem mutatkozik meg közvetlenül a karrosodás intenzitásában. Így a kőzet oldékonysági hajlama (mészkő), vagy a csapadék mennyisége (Diego de Almagro szigetén a márvány). Ezért megállapítható, összhangban a korábbi kutatásokkal, hogy egy adott helyen a karrosodás jellegét és intenzitását számos hatás alakítja. Ha nem így lenne, akkor sem lehetne közvetlen kapcsolatot kimutatni a karrosodás, a kőzet oldhatósága, valamint a karrosodást előidéző tényezők között. Ugyanis a különböző térszínek karrosodási kora egy-egy területen belül is igen eltérő

lehet. Hangsúlyozni kell azt is, hogy a magashegységi mészkő karrok adatait csak fenntartásokkal lehet összehasonlítani a más kőzetek karrosodásával, miután e kőzetnél taláломra történt a szelvény helyek kijelölése, míg a többi kőzetnél célzatosan a legkarrosodottabb helyek kiválasztása történt.

Kapcsolat mutatható ki azonban a karros formák átlagos szélesség (mérete) és a kőzet oldhatósága között. A jól oldható kőzeteknél az átlagos szélesség kicsi. Mészkőnél 14,12 cm (ill. 10,49 cm), dolomiton 7,83 cm, édesvizi mészkőnél 5,33 cm, kősnál 4,51 cm. Ezzel szemben a kevésbé oldódó kőzetek karros formáinak átlagos szélessége nagy: grániton 17,94 cm, kvarchomokkőn 31,09 cm (IV. táblázat). Kivételt képez a márvány, ahol nagy a forma szélesség (42,78 cm). A nagyobb fajlagos szélesség márványon (mintegy négyszerese az Alpokban mért értéknek) magyarázható a sziget extrém csapadékosságával (MAIRE et al. 1999). A mintegy 8000 mm/év csapadék ugyancsak mintegy négyszerese az Alpokban lehulló csapadéknak. Az Alpokban a karrasztalok magasságának BÖGLI (1961) felhasználásával a fedetlen sziklafelszínnek lepusztulását 0,015 mm/évnek számította, míg a szigeten HOBLEA et al (2001) a leoldódási sebesség 0,06-0,09 mm/év. Tehát a leoldódás sebesség is mintegy négyszerese az alpi leoldódási sebességnek. A szigeten a kis fajlagos szélesség melletti nagy forma szélességet a jelentős szél hatással magyarázzuk. (A tartós és gyakran viharos erejű szél a felszíni vizeket egy-egy helyre „koncentrálja”, miáltal a formák sűrűsége kisebb, szélessége nagyobb lesz. Meglepőnek tűnik, hogy a talajjal fedett mészköveken a karros formák átlagos szélessége igen nagy (26,05 cm). Azonban ha figyelembe vesszük, hogy a talaj alatti karrosodás törések, réteglapok mentén kezdődik el, akkor kevésbé tűnik ez az érték nagynak. Ugyanis a törések réteglapok sűrűsége továbbá a talaj által irányított szivárgás felső határt szab a kialakuló karros formák sűrűségének. Ugyanakkor ha valahol a talaj alatt a karrosodás elkezdődik, ott a bőségesen rendelkezésre álló CO₂ miatt a forma növekedése gyors. A fentiekből kiindulva magyarázható a kevésbé oldódó kőzetek nagy karrforma mérete is. A nehezebben oldódó kőzeten ritkán alakulnak ki karrformák. Ezen azonban nagyméretűvé fejlődhetnek, miután környezetükből bőségesen kaphatnak vizet. Adott felszínre jutó csapadékvíz kevés forma közt oszlik el.

III. táblázat

Table III.

Vertikális és felületi karrformák átlagos fajlagos szélességei (a) és sűrűsége (b) és átlagos kiterjedése (karrformánként)
Average specific width of vertical and surficial karren forms (a) and their density(b) on different rocks (karren forms separating)

vertikális karrforma	a ₃	a ₄	b	c	d	e	f	g	h
hasadék	4,36	4,36	6,44	32,6	2,5	14,59	-	2,94	4,42
rácskarr	-	-	-	5,79	-	-	-	-	-
kürtő	2,9	2,9	3,33	4,24	-	3,75	-	-	2,54
gyűszűkarr	-	-	58,76	-	-	2,64	-	-	-
összege részesedése [%]	7,26 28,75	7,26 11,27	68,53 96,54	42,63 92,77	2,5 5,68	20,98 37,46	-	2,97 7,13	6,96 16,81
felületi karrforma									
falikarr		39,26			32,08				
vályú és rill	11,69	11,69	2,44	0,52	9,48	0,65	76,13	23,13	2,94
saroknyom	4,88	4,88	-	-	-	-	-	-	-
madáritató	1,31	1,31	-	0,62	-	22,39	-	14,8	30,52
összege részesedése [%]	17,88 70,81	57,14 88,73	2,44 3,43	1,14 2,48	41,56 94,32	23,04 41,14	76,13 77,78	37,93 92,02	33,46 80,8
összes %-ban	25,14 99,56	64,4 100	70,97 99,97	43,77 95,25	44,06 100,03	44,02 78,6	76,13 77,78	40,9 93,15	40,42 97,61

*rácskarral együtt

Vertikális	a ₃	a ₄	b	c	d	e	f	g	h
Hasadék	0,26	0,26	1,66	1,02	0,03	1,96	-	0,16	0,15
Rácskarr	-	-	-	0,42	-	-	-	-	-
Kürtő	0,14	0,14	0,51	0,15	-	0,61	-	-	0,19
Gyűszűkarr	-	-	10,55	-	-	0,81	-	-	-
Összege részesedése [%]	0,4 22,6	0,4 7,0	12,72 95,57	1,59 82,38	0,03 4,23	3,38 54,0	-	0,16 7,1	0,34 18,81
Felületi karrforma									
Falikarr		4,36			0,43				
vályú és rill	1,1	1,1	0,59	0,05	0,25	0,05	16,87	1,71	0,16
Saroknyom	0,21	0,21	-	-	-	-	-	-	-
Madáritató	0,07	0,07	-	0,04	-	2,19	-	0,41	0,8
Összege részesedése [%]	1,38 77,97	5,74 93,0	0,59 4,43	0,09 4,66	0,68 95,77	2,24 35,78	16,87 95,85	2,12 92,98	0,96 51,34
összes %-ban	1,78 100,57	6,14 100,0	13,31 100,0	1,68 87,04	0,71 100,00	5,62 89,78	16,87 95,85	2,28 100,08	1,3 70,15

Megjegyzés:

a₃ mészkövön Dachstein, Totes Gebirge, Júliai Alpok Assiagó (falikarrok nélkül)a₄ mészkövön Dachstein, Totes Gebirge, Júliai Alpok Assiagó (falikarokkal)

b forrásmészkövön

c talajjal fedett mészkövön

d márványon

e dolomiton

f kőszén

g grániton

h kvarchomokkövön

Note:

a₃ on limestone Dachstein, Totes Gebirge, Julian Alps, Assiago (without Wandkarren)a₄ on limestone Dachstein Totes Gebirge, Julian Alps, Assiago (with Wandkarren)

b on travertine

c with soil covered on limestone

d on marble

e on dolomite

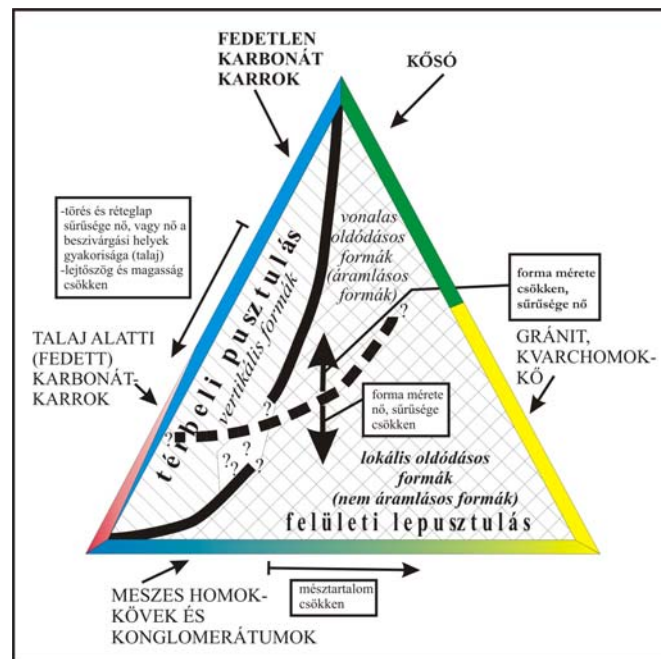
f on halite

g on granite

h on quartzarenite

A IV. táblázat megmutatja, hogy a karbonátos kőzeteken (magas-hegységi mészkövek réteglapos felszínei, az édesvízi mészkövek, a talajjal fedett mészkövek és a dolomit) a vertikális karformák által reprezentált átlagos fajlagos leoldódás 50%-hoz közeli, vagy azt meghaladó. Kivételt képez a márvány. A vertikális karos formák által képviselt kicsi átlagos fajlagos leoldódás márványon nem magyarázható azzal, hogy kimaradtak a szelvény mentén felmérésből a hasadékok, ugyanis az oldódási medencék sem kerültek felmérésre. (Ez utóbbiak a lokális formákhoz sorolhatók.) Inkább a metamorfózis során elszenvedett nagyfokú összepréseléssel indokolható ez a sajátosság a márványon. Akárcsak kőson, ahol ismert, hogy a diapír jelenleg is nyomás alatt van. Fordított a helyzet a gránit és a homokkő esetében, ahol a vályúk, madáritatók az átlagos fajlagos leoldódásához több mint 80%-ban járulnak hozzá. Ez, mint említettük azzal magyarázható, hogy a kőzetfelszíneken az oldódás kis kiterjedésű részleteken történik. Ott azonban a más, nem oldódó kőzetfelszínekről összefolyó vizek miatt az oldódás nagyobb és így kiterjedtebb lesz.

A különböző kőzeteken kifejlődött karos formák típusait és e kőzetek karos lepusztulási jellegzetességeit a 4. ábrán mutatjuk be.



4. ábra: Karos lepusztulás és karos forma típusok eloszlásának elvi ábrája különböző folytonos kifejlődésű kőzeteken, néhány karrosodást befolyásoló tényező figyelembevételével

Fig 4: The theory figure of the karrenification denudation and with karren forms distribution by using the karrenification creating their factors

IV. táblázat
Table IV.

Vertikális és felületi karrformák összegzett fajlagos szélessége, sűrűsége és átlagos kiterjedése a különböző kőzeteken
Average specific width of vertical and surficial karren forms, their density and their average width on the different rocks

oldhatóság	Kőzet	vertikális karrforma		felületi karrforma		vertikális karrforma		felületi karrforma		átlagos szélesség [cm/db]	megjegyzés
		fsz [cm/m]	%	fsz [cm/m]	%	sűrűsége		sűrűsége			
						[db/m]	%	[db/m]	%		
jól oldódó	Forrás mészkő	68,53	96,54	2,44	3,43	15,72	95,57	0,59	4,43	5,33	sok, kicsi, vertikális forma
	dolomit	20,98	37,46	23,04	41,14	3,38	54	2,24	35,78	7,83	kevés, felületi, kisméretű forma
	mészkő (a ₃)	7,26	28,75	17,88	70,81	0,4	22,6	1,38	77,97	14,12	sok, felületi és vertikális forma
	mészkő (a ₄)	7,26	11,27	57,14	88,73	0,4	7,0	5,74	93,0	10,49	sok, felületi forma
	kőso	-	-	76,13	77,78	-	-	16,87	95,85	4,51	sok, felületi, vonalas forma
	márvány ²	2,5	5,68	41,56	94,32	0,03	4,23	0,68	95,77	42,78	kevés, nagy felületi forma
	talajjal fedett mészkő	42,63	92,77	1,14	2,48	1,59	1,59	0,09	4,46	26,05	kevés, vertikális, nagyméretű forma
kevésbé jól oldódó	gránit	2,97	7,13	37,93	92,02	0,16	0,16	2,12	92,98	17,94	kevés, felületi, lokális, nagyméretű forma
	kvarchomokkő	6,96	16,81	33,46	80,80	0,34	0,34	0,96	51,34	31,09	kevés, felületi, lokális, nagyméretű forma

Megjegyzés:
a₃: falikarrok nélkül
a₄: falikarrokkal

Note:
a₃: without Wandkarren
a₄: with Wandkarren

4. Következtetések

- A jól oldható- és a kevésbé jól oldható kőzetek karrformáinak átlagos szélessége különböző. A jól oldódó kőzetek karrformáinak átlagos szélessége 15 cm/db-nál kisebb, míg a rosszul oldódó kőzeteknél ez a fenti értéknél nagyobb. Valószínűleg minél jobban oldódik a kőzet, annál inkább uralkodnak felületein a kisebb szélességű karrformák. E karrformák elsősorban áramlásos genetikájúak. Bár pl. mészköveken szivárgásos genetikájú karrok (hasadékkarrok) is jelentős mennyiségben lehetnek jelen. Mindez arra utal, hogy a jól oldódó kőzeteken a forma kialakulást a gyors oldódás miatt már a lejtőn lefolyó vizek is képesek létrehozni. A nagy formasűrűségben az is közre játszhat, hogy a lejtőn áramló víz egyenletesen „szétoszlik”, a kis szélességben viszont az, hogy a formák egymás növekedését gátolják, illetve „egymástól” vonják el a növekedésükhöz szükséges vizet. A rosszul oldódó kőzeteken és fedett karrokon a nagy szélességű formák a jellemzőbbek. Mindez arra utal, hogy a karrformák kialakulása egy-egy helyre koncentrálódik. Ez mivel az oldódás lassúbb arra utal, hogy az oldódás elszivárgásnál, ill. akkor történik, ha a víz tartósan érintkezik a kőzettel. A karrosodásban a kőzetszínén áramló víznek kisebb a szerepe. A rosszul oldódó kőzeteken a vályúk sűrűsége számottevő lehet. E formák többsége törés mentén képződik. Tehát a lejtőn áramló víz elsősorban törés mentén elszivároghatva képes csak oldást kifejteni.

- A jól oldódó kőzetek karros eredetű pusztulása a kőzet szerkezetétől függ. Akkor, ha a kőzet nem töredezett, vagy töredezett, de a lejtőszög nagy, a kőzet felszíne leoldódik az áramlásos formák (vonalas formák) kialakulása során tehát felületileg pusztul. A törésszám növekedésével, ill. a felületi vízfolyás csökkenésével (talajjal fedettség) a karbonát kőzeteken szivárgáshoz köthető vertikális karrformák alakulnak ki. A kőzet részekre tagolódva fogy.

- A rosszul oldódó kőzeteken (alacsonyabb mésztartalom, vagy rosszul oldódó ásványú kőzetek) felületi, de nem áramlásos karrformák képződnek. A kicsi törésszám nem kedvez a szivárgásnak (ill. még ekkor is vannak vonalas formák, pl. vályúk keletkezhetnek) és így a vertikális karrforma kialakulásának. A kisebb oldódási hajlam, mint említettük, nem kedvez az áramlásos formák létrejöttének. A lokális oldódási formák kialakulása a kőzet kismértékű felületi lepusztulását eredményezi.

- Ha a kőzetben különféle hatásokra meredek felületek alakulnak ki, e felületek mentén is karrosodás történik. (Mészkövön, márványon, grániton falikarrok, mésztartalmú kristályos kőzeteken, homokköveken színlők, tafonik képződnek.) E formák fejlődése, újraképződése a kőzetet határoló

felületek hátrálását eredményezi. Valószínűleg a felületi típusú lepusztuláshoz, ill. a kőzet részekre különüléséhez képest ez utóbbi a leglassúbb lepusztulás.

IRODALOM

- ANDREICHUK, V.-ERASO A. (1996): Karren landforms on the artificial salt massives in the Ural area. - In: Fornos, I. J.-Gines, A. (szerk.): Karren Landforms, p. 243-252. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- BALÁZS D. (1976): Karsztvidékek Afrika déli részén - Karszt és Barlang I-II. p. 29-38.
- BARTRUM, J. A.-MASON, P. A. (1948): Lapiez and solution pits in basalts at Hokiang, New Zealand - New Zealand J. Sci. Technology 30, B, p. 165-172.
- BÖGLI, A. (1961): Karrentische, ein Beitrag zur Karstmorphologie - Zeit. f. Geomorph. 5. p. 185-193.
- BÖGLI, A. (1976): Die Wichtigsten Karrenformen der Kalkalpen - In: Karst Processes and Relevant Landforms. ISU Commission on Karst Denudation, Ljubljana p. 141-149.
- BROOK, G. A.-FEENEY, T. P. (1996): Morphology and denudation of quartzite and limestone pavements in Southern Africa and North America: are they small scale versions of labyrinth karst? - In: FORNÓS, J. J. - GINÉS, Á. (szerk.): Karren Landforms p. 25-39, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- BROOK, G. A.-FORD, D. C. (1978): The origin of labyrinth and tower karst and the climatic conditions necessary for their development - Nature 275, p. 493-496.
- CALAFORRA, J. M. (1996): Some examples of gypsum karren - In: FORNÓS, I. J.-GINÉS, A. (szerk.): Karren Landforms, p. 253-260. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- COLVEÉ, P. (1973): Cuave en Cuarcitas en el Cervo Autana, Territorio Federal Amazonas - Bol. Soc. Venezolana Espele 4, p. 5-13.
- CVIJIČ J. (1924): The evolution of lapiés a study in karst physiography, - Geogr. Rev. XIV, p. 26-49.
- DYGA, R. T.-SZÉKELY K.-ZAWIDZKI, P. (1976): A Venezuelai Sarisariñama-fennsík homokkő aknája - Karszt és Barlang I-II, p. 43-46.
- DZULYNSKI, S.T.-KOTARBA, A. C. (1979): Solution pans and their beaving on the development of pediments and tors in granite - Zeits. f. Geomorph., 23. p. 172-191.
- FORD, D. C. - WILLIAMS, P. W. (1989): Karst Geomorphology and Hydrology - Unwin Hyman, London

- GOUDIE, A. S. - MIGÓN, P. (1997): Weathering pits in the Spitzkoppe Area, Central Namib Desert - Zeits. f. Geomorph., 41. p. 417-444.
- HEDGES, J. (1969): Opferkessel – Zeits. f. Geomorph. 13, p. 22-55.
- HOBLEA, F.-JAILLET, S.-MARIE, R. (2001): Erosion et ruissellement sur karst nu en context subpolaire océanique les lacs calcaires de Patagonie - Karstologia, 38, p. 13-18.
- MACALUSO, T.-SAURO, U. (1996): The Karren in evaporitic rocks: a proposal of classification - In: Fornos, I. J.-Gines, A. (szerk.): Karren Landforms, p. 277-293. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca
- MAIRE, R.-L'équipe Ultima Esperanza-PERNETTE, J. F.-FAGE, L. H. (1999): Les „glaciers de marbre” de Patagonie, Chili – Un karst subpolaire océanique de la zone australe – Karstologi 33, p. 25-44.
- MARKER, M. E. (1976): Note on some South African pseudokarst – Bol. Soc. Venezolana Espel. 7, p. 5-12.
- MIGON, P.-DACH, W. (1995): Rillenkarren on granite outcrops, SW Poland, age and significance – Geografiska Ann. 77 A p. 1-9.
- PLUHAR, A. - FORD, D. C. (1970): Dolomite karren of the Niagara Escarpment, Ontario, Canada - Zeits. f. Geomorph. 14. p. 392-410.
- RASMUSSEN, G. (1959): Karstformen im Granit des Fichtelgebirges – Die Höhle, 1. p. 1-4.
- ROBINSON, D. A.-WILLIAMS, R. B. G. (1992): Sandstone weathering in the High Atlas, Morocco – Zeits. f. Geomorph., 36, p. 413-429.
- SIEGEL, F. R.-MILLS, J. P.-PIERCE, J. W. (1968): Aspectos petrográficos y geoquímicos de espeleotemas de opalo y calcita de la Cueva de la Bruja Mendoza Republica Argentina. – Revista Assoc. Geol. Argentina, 23, p. 5-19.
- SZABLYÁR P. (1981): Az Umm Masabih-barlang morfológiája – Karszt és Barlang I.-II, p. 27-34.
- VERESS M. (2001): Karrformák morfológiai csoportosítása – Földr. Közl. (megj. alatt)
- VERESS M.-TÓTH G.-ZENTAI Z.-KOVÁCS GY. (2001): Study of a new method for characterising karren surfaces based on alpine researches – Revue de Géographie Alpine, 89. p. 49-62.
- VINCENT, P. J. (1983): The morphology and morphometry of some arctic Trittkarren – Zeits. f. Geomorph. 27 p. 205-222.
- WHITE, B. W. (1988): Geomorphology and Hydrology of karst terrains – Oxford University Press, New York
- WHITE, B. W.-JEFFERSON, G. L.-HAMAN, J. F. (1966): Quarzite karst in Southeastern Venezuela – Internatl J. Speleol. 2, p. 309-314.
- WILLIAMS, P. W. (1966): Limestone pavements with special reference to Western Ireland - Inst. Brit. Geogr. Trans., 40. p. 155-171.