

Dr. Balázs Dénes

MADAGASZKÁR KARSZTVIDÉKEI

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerző az 1979. évi madagaszkári tanulmányútja alapján átfogó ismertetést ad a sziget karsztvidékeiről. Az eltérő geológiai adottságok, valamint a csapadék mennyiségében mutatkozó szélsőségek a madagaszkári karsztoknak változatos morfológiai együtteseit alakították ki: egyik véglet a klasszikus trópusi mogotekarszt, a másik szélsőséges típus a félsivatagos táblakarszt. A karsztok Madagaszkár felszínének 5,6%-át teszik ki (33 000 km²), karsztmorfológiai és speleológiai szempontból nagy részük még feltáratlan.

Madagaszkár szigete a földtörténeti múlt hatalmas déli szárazulatának, a Gondwanának egyik mozaikdarabja. A „mini-kontinens” felszínének mintegy kétharmadát ennek az ősi masszívumnak az átalakult kőzetei alkotják, melyek közé később gránit nyomult fel, majd a harmad- és negyedidőszakban helyenként bazaltömlések telepedtek rá. Madagaszkár a mezozoikum közepe táján vált el Afrikától, és elkülönült fejlődését bizonyítja az afrikaitól lényegesen eltérő növény- és állatvilága. A sziget közel 1500 km hosszú és 300–500 km széles.

A jura időszakban az ősi kontinensdarab nyugati oldala megsüllyedt. A tenger előrenyomulásával két nagyobb üledékgyűjtő alakult ki: a Majungai- és a Morondavai-medence. Itt karbonátos üledékek halmozódtak fel részben a jurában, majd később a harmadidőszak elején. A harmadidőszak második felében a terület megemelkedett, és a felszínre került karbonátos kőzeteken megindult a karsztos fejlődés.

Geológiai adottságok

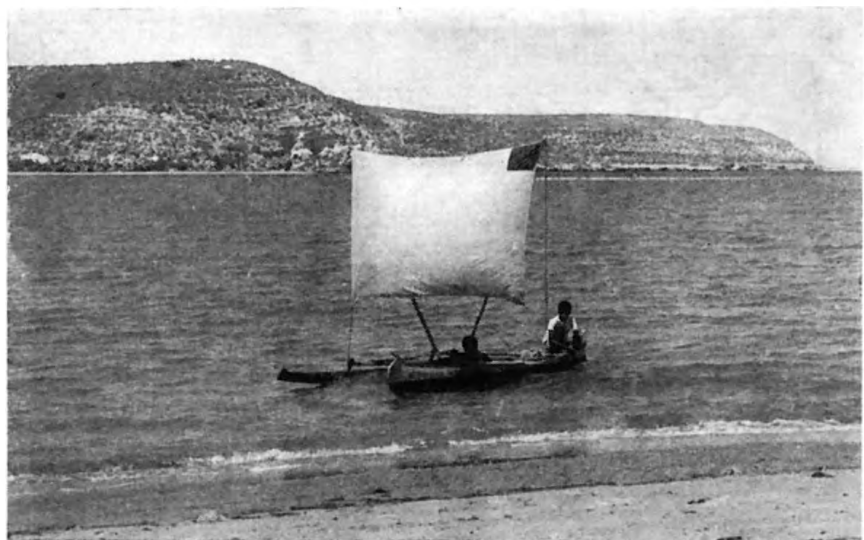
A bevezetőben vázolt földtani előtörténetből következik, hogy Madagaszkár karsztvidékei kizárólag a sziget nyugati üledékes zónájában helyezkednek

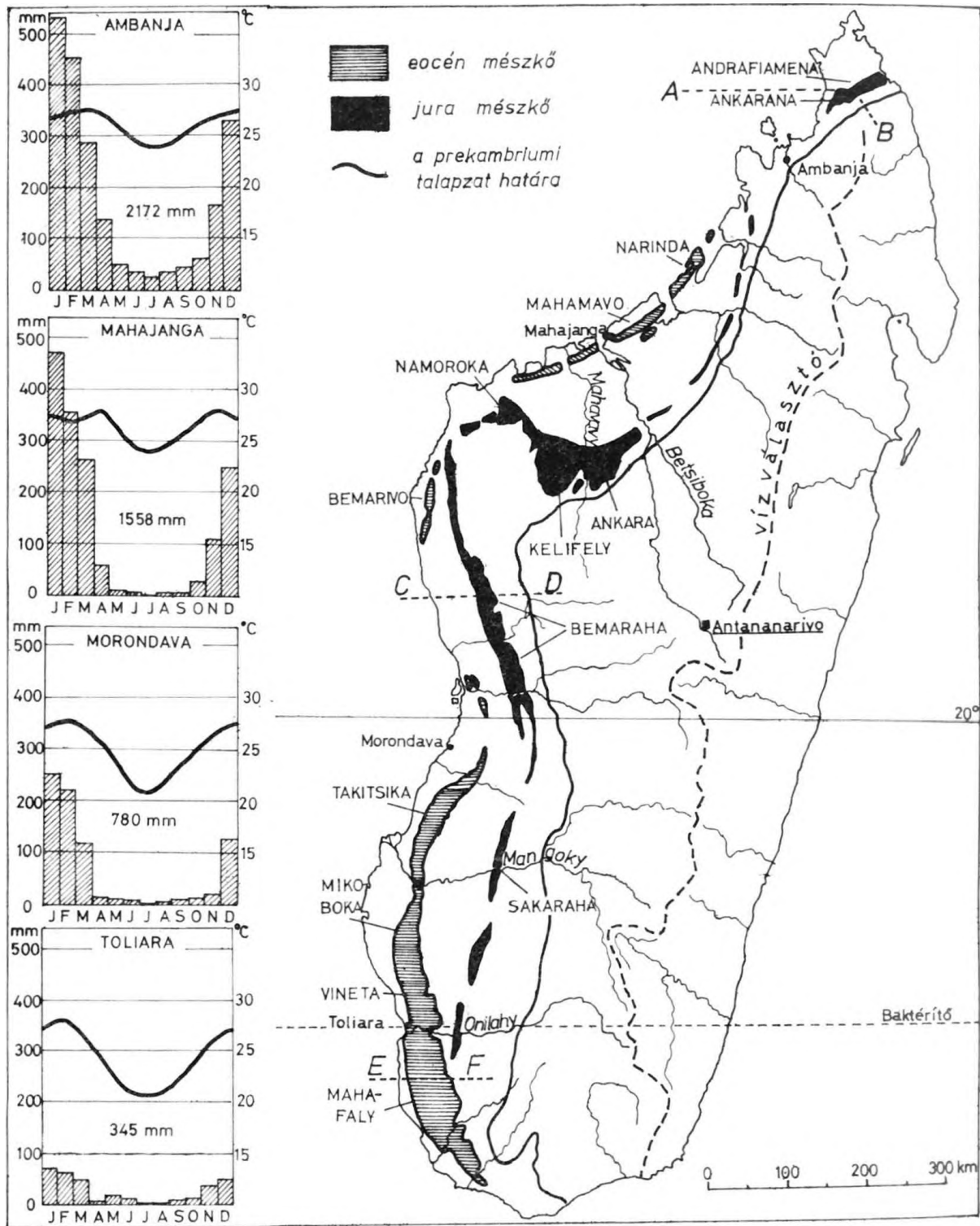
el. Közettani szempontból Madagaszkár karsztjait két csoportba sorolhatjuk:

1. *Középső jura mészkőből felépített karsztok.* Anyaguk kemény, tiszta, jól oldódó mészkő, a hajdani korallzátonyok maradványa. Származásuk idejét az ősmaradványok alapján bajóci és bathi emeletbe teszik. Ezek az üledékek gyűrődést nem szenvedtek, mivel alattuk — a karroo szárazföldi lerakódások mélyén — szilárd masszívum húzódik, a lassú kéregmozgás azonban szerkezetileg sok helyen összetörte, sőt néhol egészen aprólékosan feldarabolta a rideg mészkőtáblákat. Az aszimmetrikusan érvényesülő epirogenézis a táblák keleti felét általában jobban megemelte, az erózió pedig a környezeténél ellenállóbb mészkőből merészen kiemelkedő sziklaperemeket, kuesztákat alakított ki. A jurakarsztok legnagyobb darabja a Kelifely — Ankara, valamint a Bemaraha-fennsík (1. ábra).

2. *Eocén mészkőből álló karsztok.* Ezek anyaga a lutéciai emeletbe (középső eocén) sorolt nummulinás mészkő, mely 200–300 m vastag rétegsort alkot. A jura mészkőnél lazább szerkezetű, kevésbé tiszta, mindazonáltal jól karsztosodik, sok barlang képződött benne. Az eocén mészkővek a sziget délnyugati részén alkotnak kiterjedt karszttáblákat (Mahafaly).

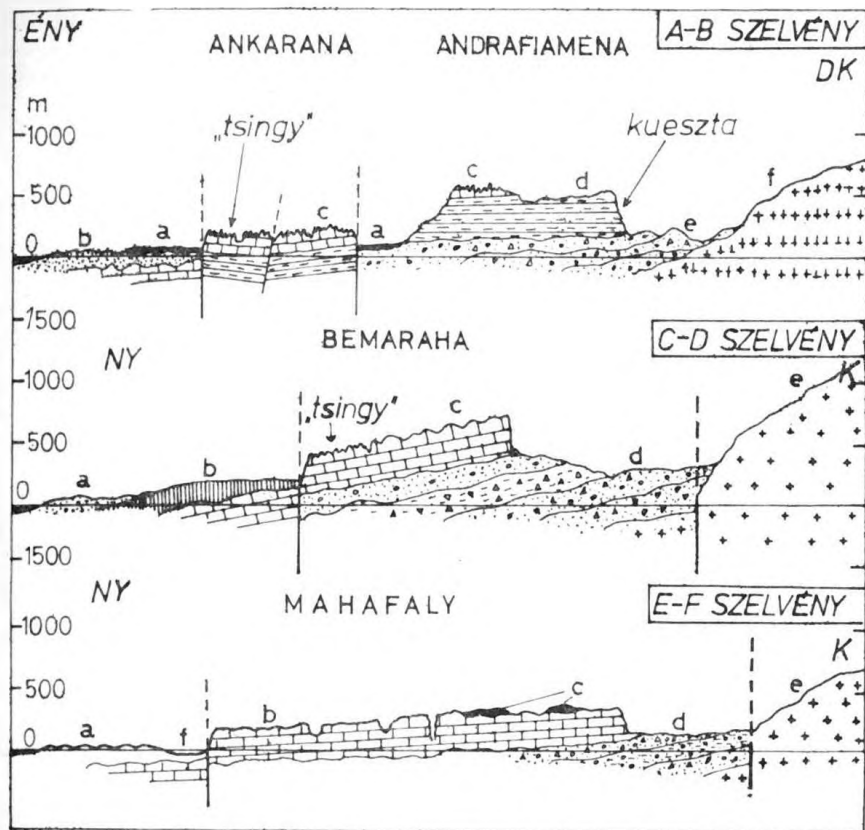
A Mahafaly-karszttábla tengerre nyúló pereme a St. Augustin-öböltől D-re





1. ábra. Madagaszkár karsztvidékeinek földrajzi elhelyezkedése. Bal oldalon: csapadék- és hőmérsékleti diagramok.

Fig. 1. Geographical distribution of karst areas in Madagascar. Left: Precipitation and temperature of selected stations.



2. ábra. Három madagaszkári karsztvidék földtani szelvénye. Fent az Ankarana trópusi karsztja. A betűjelek magyarázata: a = negyedidőszaki bazalt, b = alluvium, c = középső júra kristályos mészkő, d = alsó júra márgás mészkő, e = paleozoikumi szárazföldi üledékek (Isalo-sorozat), f = prekambriumi kristályos talapzat. A középső szelvény: Bemarahaha-karsztfennsík, a = pliocén és negyedidőszaki szárazföldi lerakódások, b = felső kréta tengeri üledék, c = középső júra mészkő, d = paleozoikumi szárazföldi üledékek (Isalo-sorozat), e = a prekambriumi kristályos talapzat (gneisz, gránit) szerkezeti törés mentén kiemelve (Bongolava). Az alsó szelvény a Mahafaly-karsztábrát ábrázolja: a = negyedidőszaki parti dűnehomok, b = középső eocén mészkő, c = felső eocén márgás mészkő (foltokban), d = paleozoikumi szárazföldi üledékek (Isalo-sorozat), e = prekambriumi kristályos talapzat, f = Tsimanampetsotsa-tó.

Fig. 2. Geological sections. Above: Section of Ankarana tropical karst areas (A—B section). Legend: a = Quaternary basalt, b = Alluvium, c = Middle Jurassic crystalline limestone, d = Upper Jurassic marly limestone, e = Paleozoic continental deposits, f = Precambrian basement complex. Middle: Bemarahaha karst plateau (C—D Section). Legend: a = Pliocene and Quaternary continental deposits, b = Upper Cretaceous marine sediments, c = Middle Jurassic limestone, d = Paleozoic continental deposits (Isalo Facies), e = Precambrian basement complex. Below: Mahafaly karst table (E—F Section). Legend: a = Quaternary dune sand, b = Middle Eocene limestone, c = Upper Eocene marly limestone, d = Paleozoic continental deposits (Isalo Facies), e = Precambrian basement complex, f = Lake Tsimanampetsotsa.

Éghajlati feltételek

Madagaszkár szigete az egyenlítőtől délre a 12. és 26. szélességi fok között helyezkedik el. Éghajlati szempontból tehát Madagaszkár karsztvidékei a trópusi zónában fekszenek, csupán délen a Mahafaly karsztábrát esik túl a Baktérítőn.

A sziget tekintélyes észak—déli kiterjedése ellenére hőmérsékletben nincs nagy eltérés az északi és déli karsztok között: Ankarana térségében az évi középhőmérséklet 26—27 °C, míg délen Toliara

(Tuléar) vidékén 23—24 °C. Annál jelentősebb különbség mutatkozik a csapadék mennyiségében, márpedig a karsztosodás szempontjából ennek van elsődleges szerepe.

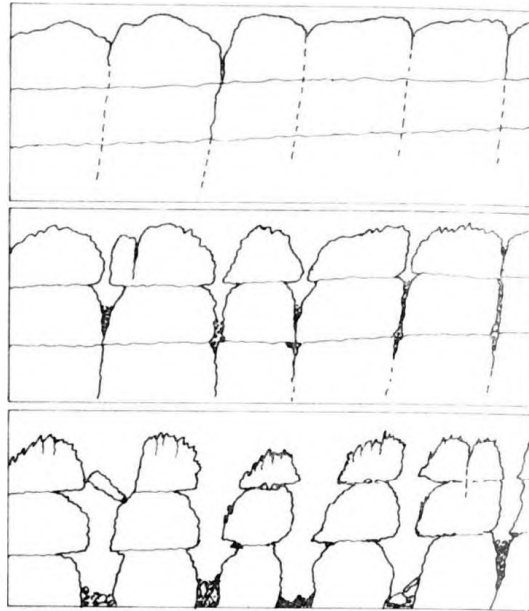
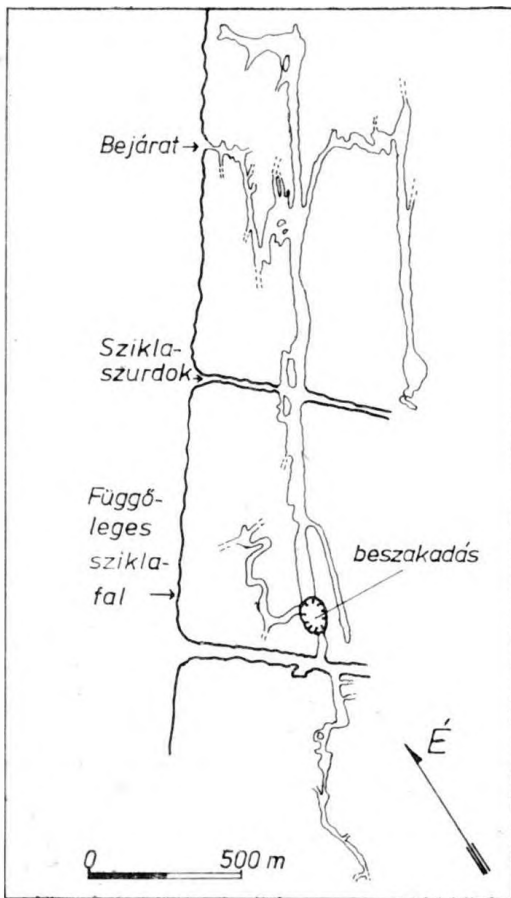
Madagaszkár csapadékviszonyait két globális éghajlati övezet légáramlási rendszere szabályozza. Legdöntőbb hatása a délkeleti passzátszélnek van, mely az Indiai-óceán felől egész éven át nedves légtömegeket szállít a széliránnyal merőlegesen álló szigetre. A másik övezet, az egyenlítői esőzóna évszakosságot okoz: kiadós csapadékot akkor ered-

ményez, amikor az övezet délre tolódik el, és decembertől márciusig Madagaszkár északnyugati részét uralja.

A karsztfejlődés szempontjából nagyon kedvezőtlen Madagaszkár aszimmetrikus domborzata. A legnagyobb magaslatok észak–déli irányban a sziget keleti oldalán húzódnak, itt helyezkedik el a sziget fő vízválasztó vonala. A masszívum domborulatának keleti oldala megcsapolja a nedves tengeri légtömeget, és a sziget nyugati oldalára a magasföldröken át már csak fön-jellegű, leszálló száraz levegő érkezik. Emiatt a nyugati partok karsztvidékei kelet felől alig kapnak esőt. A nagyon várt csapadékot az egyenlítői esőzóna délre tolódása hozza meg, ennek áldását azonban főként az északi karsztvidékek élvezik, a trópusi esők a sziget délnyugati részéig már ritkán jutnak el.

Az elmondottakból következik a madagaszkári karsztok csapadékviszonyainak két fő jellemvonása:

1. hosszú száraz és rövid, de nagyon csapadékos évszakok váltakozása,
2. északról dél felé a csapadék rohamos csökkenése. Jól szemléltethető ez az 1. ábra négy éghajlati diagramján.



4. ábra. A tsingy kialakulása.
Fig. 4. Development of tsingy

Főbb karszt típusok

A kétféle kőzetfácies, valamint a csapadékviszonyok szélsőséges kilengése változatos karszt típusok kifejlődését eredményezte. Madagaszkáron egyaránt megtalálható a nedves trópusra jellemző, gömbölyded vagy kúp alakú hegyek (mogote) karsztja, a felsivatagos vidék karsztjelenségeiben nagyon szegény száraz karszt táblája, valamint az ezek átmenetét képező dolinás karsztplató.

A klasszikus „trópusi” karszt mintapéldája Madagaszkáron az Ankarana. Mintegy 25 km hosszan nyúlik el DNy–ÉK irányban átlagosan 6–7 km szélességben. A karszt pereme 100–150 m magas, közel függőleges, korrodált falakkal emelkedik környezete fölé, melyet a negyedidőszaki vulkanizmus vékony lávatakarója borít (2. ábra, A–B szelvény). A karsztos tömb északnyugati falában több tucat barlang felnyílt folyosója tátong, míg a délkeleti peremén bő hozamú víznyelők sorakoznak. A kedvező hidrogeológiai feltételek számos nagy barlangrendszer kialakulását eredményezték. Legismertebb a Grotte d’Andrafiabe, melynek felmért hossza 9 km, és jelenleg Madagaszkár legnagyobb ismert barlangjának számít (3. ábra).

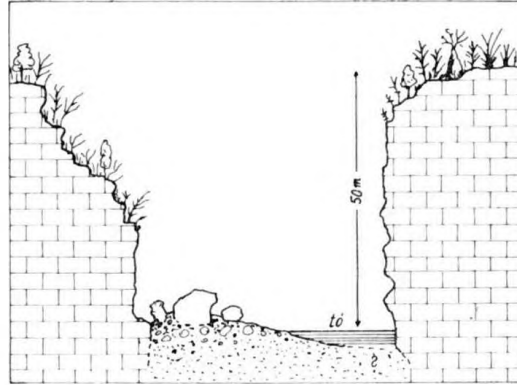
Az Ankarana-karszt tömböt DNy–ÉK, erre merőleges ÉNy–DK, valamint NyDNy–KÉK irányú törérendszer szabdalja fel mértani formákat mutató tömbökre. A törések mentén 50–80 m mély, keskeny sziklaszurdokok képződtek, melyek trópusi

3. ábra. Andrafiabe-barlang az Ankarana-karsztban, Ambilobe várostól északra (Duflos nyomán).
Fig. 3. Andrafiabe Cave in the Ankarana Karst, North of Ambilobe (after Duflos).

bozóttal átszőve járhatatlanná teszik a felszínt. A mikrotektonizmus és a korrózió együttes munkájának az eredménye egy rendkívül fejlett trópusi karmező, amit a helybeliek *tsingy* néven ismernek (ejtsd: cing). Legjobban a platóperemek közelében fejlődött ki, ahol a csapadékvíz lemeztelenítette a kőzetfelszínt, és a mészkövet a korrózió éles felületű sziklaalakzatokká (pinnacles) formálta. A képződmény hasonló a délnyugat-kínai Junan-plató „kőerdőjéhez” (4. ábra).

Másik, átmeneti karsztípus a Bemaraha-fennsík. Kőzetanyaga szintén a középső jurából származik, de a kéregmozgás jobban kiemelte (600–900 m). Nyugati oldalát szerkezeti törés alakította ki, a jobban kiemelt keleti peremét pedig a kemény kőzettel nehezebben megbirkózó erózió kuesztává formálta (2. ábra, C–D szelvény). Míg az Ankarana-karsztot évente 2200 mm eső öntözi, a Bemaraha-plató már csak 1100–1500 mm-t kap, a száraz évszak hossza is 7 hónapra növekszik. Tsingy-formákat itt csak a nyugati platóperem közelében figyelhetünk meg, a fennsík többi részét száraz dolinák borítják. Feltehetően hatalmas barlangrendszerek húzódnak a mélyben, de ezek felkutatása még várat magára. Utak hiánya miatt a karszterület nehezen közelíthető meg.

A madagaszkári jurakarszt legnagyobb tömbje a Kelifely- és az Ankara-plató (8000 km²). Mindkét tábla törésekkel szabdaltságot mutat, a dél felé tekintve a két fennsíkot a Mahavavy-folyó széles völgye különíti el egymástól. Teljesen lakatlan, gyér fás szavannás terület, alacsony mészkődombokkal és tágas, lapos dolinákkal. A felszíni vízhálózat fejletlen, a mélybeli hidrográfiai rendszer pedig ismeretlen. A térség kutatását megnehezíti, hogy utak még nem épültek, bár terepjáró autóval a száraz évszakban a fennsík elérhető és bejárható. Ismertebb vidék a karsztos tömb nyugati kiszögellése, a Namoroka, amely erősen szétszabdalt, tsingy-gel borított trópusi karszt (Rossi, 1977).



5. ábra. Egy tipikus szakadékdolina (francia szóhasználat: *aven*) a Mahafaly-karsztplatón.
Fig. 5. A typical karst shaft (french: *aven*) of the Mahafaly karst plateau.

A száraz karsztábla iskolapéldája a Mahafaly-fennsík. Itt évente mindössze 300–500 mm csapadék hull, a száraz évszak teszi ki az év kétharmadát. A fennsík átlagos magassága nyugatról kelet felé 150 m-ről 300 m-ig növekszik (2. ábra, E–F szelvény). A felszínt szárazságtűrő cserjés bozót fedi, helyenként baobabfák is előfordulnak. Az előző karsztvidékektől eltérően a Mahafaly-plató eocén mészkő építi fel. A pozitív domborzati formát alacsony, lapos kúpok képviselik, közöttük helyenként sekély depressziók fekszenek. A Mahafaly-plató sajátos karsztos képződményei azok a katlanszerű beszakadások, melyeket a francia földrajzosok *aven*-nek neveznek (5. ábra). Átmérőjük 100–250 m, mélységük 50–100 m. A szakadék falai általában függőlegesek, és az akna alját gyakran állóvíz tölti ki. Ezek az *avenek* freatikus úton képződött hatalmas üregek felszakadásával keletkeztek, több



A Grotte de Sarodrano beszakadása a tengerpart közelében

aven aljából a vízszintes barlangjártat is hozzáférhető. A Mahafaly-plató avenjei nagyon hasonlítanak a genetikailag rokon *cenoté*-hoz (Yucatán-tábla) és a dél-ausztráliai Fátlan-síkság karsztaknáihoz. A három legnagyobb avent légifényképek segítségével fedezték fel (Aven de l'Andramanoetse, Aven de Lavakira és Aven du Ranofoty), szárazföldi úton a sűrű tüskés növényzet miatt rendkívül nehéz megközelíteni őket. A Mahafaly-tábla Madagaskár legnagyobb karsztvidéke, területe meghaladja a 9000 km²-t.

Karsztleltár

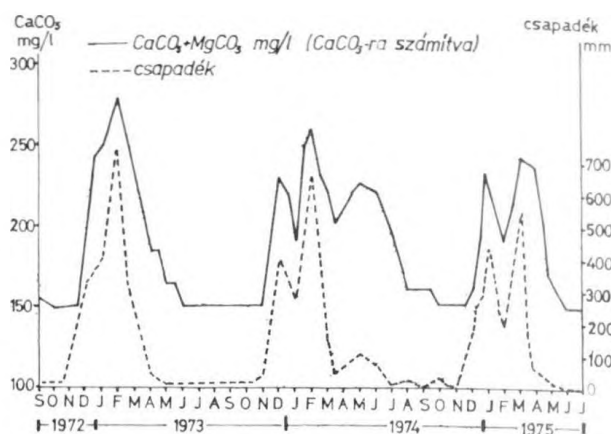
E rövid cikk keretében valamennyi madagaskári karsztvidéket nem ismertethetem, csupán táblázatban foglalom össze a jelentősebbeket északról délre haladva (1. ábra).

A karszt neve	Kiterjedése km ²	A mészkő kora	Karszt típus, jellegzetes karsztformák
Ankarana	150	k. jura	mogote, tsingy, nagy barlangok
Andrafiomena	900	k. és f. jura	kevés tsingy, fedett karszt
Narinda	800	eocén	fossilis trópusi karszt, erősen lepusztult szigethegyek barlangroncsokkal
Mahamavo	700	eocén	
Kelifely	4500	k. jura	platókarszt dolinákkal, nagy barlangokkal
Ankara Bemarivo	3500	k. jura	
Bemaraha	500	eocén	fossilis trópusi karszt
Bemaraha	4000	k. jura	platókarszt (kúp-hegyek, szakadékok, tsingy, barlangok)
Takitsika	2000	eocén	alacsony, száraz platókarszt szakadékdolinákkal (avenekkel)
Mikoboka	2000	eocén	
Vineta	2000	eocén	k. jura és eocén
Mahafaly	9000	eocén	
Egyéb	2950	k. jura és eocén	
Összesen	33000		

Madagaskár domborzatában a karsztos tájak 5,6%-ot képviselnek. Az összes karszterületből körülbelül 15 000 km²-t tesz ki a jura időszak mészkőből felépített karszt és 18 000 km² az eocén-karszt.

A trópusi karsztosodás intenzitása madagaskári példák alapján

Korábbi trópusi tanulmányutaimra terepi víz-elemző felszerelést vittem magammal, hogy a helyszínen vizsgálhassam a karsztvizek fiziko-kémiai

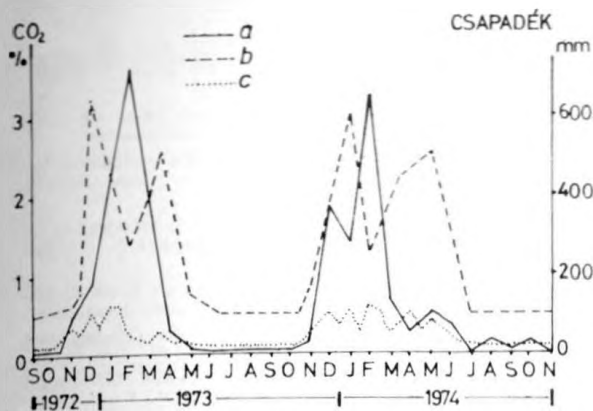


6. ábra. Az Ankarana-karszt egyik nagy karsztforrása hidrogénkarbonát-tartalmának alakulása (G. Rossi nyomán).

Fig. 6. Contents of carbonate in a karst spring of Ankarana (after G. Rossi). The dotted line: precipitation

sajátosságait, elsősorban a karsztfejlődés szempontjából jelentős hidrogénkarbonát-tartalmat. Madagaskáron ilyen méréseket nem végeztem, két okból is. Egyrészt utazásom a száraz évszakra esett, és korábbi tapasztalataim szerint ezek az adatok nem jellemzőek és nem extrapolálhatók az egész évre, tehát a leggondosabb elemzéssel sem lehetett volna megbízható következtetések levonására alkalmas adatokat nyerni. Másrészt megelőzött e munkában G. Rossi, a Madagaskári Egyetem földrajzi laboratóriumának adjunktusa, akinek módja nyílt, hogy 1972 és 1975 között rendszeresen analizálja a sziget északi trópusi karsztvizeit. A mintákat minden hónapban repülőgépen szállították a fővárosba.

G. Rossi (1974, 1975, 1976, 1977) vizsgálatai rendkívül értékes megfigyeléseket eredményeztek. Korábban általános volt az a nézet, hogy az esős évszakban a karsztforrások vizének keménysége lecsökken, a víz „felhígul”. (Hazai mérések is azt dokumentálták, hogy nagy esőzés után a levonuló árhullám vize fajlagosan jóval kevesebb oldott anyagot tartalmaz.) Az Ankarana egyik nagy karsztforrásának vizsgálata ennek az ellenkezőjét bizonyította: az esős évszakban nemcsak mennyiségi alapon növekedett meg a karsztkorrózió intenzitása, hanem fajlagosan is (6. ábra). Az esős évszak elmúltával — némi eltolódással — a karsztforrás keménysége visszaállt a száraz évszakra jellemző értékre (150 ± 10 mg/l). G. Rossi a Namoroka-karszton is végzett hosszú időtartamú mérésorozatot, s ott is azt tapasztalta, hogy az esős évszakban megnövekszik a karsztvíz fajlagos keménysége, de a hidrogénkarbonát-koncentráció csúcsa az esős évszak végén, sőt azt követően jelentkezett. Ez valószínűleg azzal függ össze, hogy a Namoroka földalatti víztárolója nagyobb méretű, míg az Ankarana esetében gyors átfolyás érvényesül.



7. ábra. A széndioxid-tartalom alakulása az Ankarana-karszt talajában (G. Rossi nyomán). Jelmagyarázat: a = csapadék, b = a humusztartalmú felső „A” talajsztint levegőjének CO₂ tartalma százalékban, c = a humuszmentes „B” szint széndioxidtartalma
 Fig. 7. Contents of CO₂ in the soil of Ankarana Karst (after G. Rossi). Legend: a = precipitation, b = CO₂ in the air of „A” horizon (topsoil with humus), in %, c = CO₂ in the „B” horizon, %.

Mivel magyarázható viszont az a meglepő eredmény, hogy az esős évszakban megnövekszik a karsztvíz keménysége, a fajlagos hidrogénkarbonát-koncentráció?

Ennek nyilvánvalóan az az oka, hogy a talaj bioaktivitása a száraz évszak szunnyadása után az esők beköszöntével megélnkül, és e folyamat révén nagy mennyiségű széndioxid képződik a talajban (7. ábra). Ebben szerepet játszik az is, hogy az esős évszak egyben az év legmelegebb szakasza (nyár). A hideg klímában az egységnyi csapadékvíz ugyan elméletileg több széndioxidot képes felvenni, de ott a talajból eleve hiányzik a kellő mennyiségű CO₂. Ezzel szemben a trópusi karsztra hulló csapadék nyomban bőséges széndioxidhoz jut, és hamar agresszív válik. Az is bizonyított megállapítás, hogy az oldás folyamata magasabb hőmérsékleten gyorsabb, mint a hideg vagy mérsékelt övezetben, következésképpen a trópuson a karsztos korrózió elsősorban a felszínen hat, és kevésbé a mélyben. Ezzel magyarázhatók a trópusi karsztokra oly jellemző kúpos-tornyos domborzati nagyformák (mogote, szigethegyes karszt) és az óriási méretű karrmezők — Madagaszkár esetében a tsingy.

Hangsúlyozni kívánom azonban korábbi nézeteimet, miszerint a trópusi karsztosodásban is a döntő tényező nem a víz fajlagos korróziója, hanem a nagy mennyiségű és nagy intenzitással hulló csapadék együttes korróziós-eróziós hatása. Ezt a véleményemet G. Rossi adatai is alátámasztják, sőt ő is kihangsúlyozza a mennyiség elsődlegességét a víz oldóképességével szemben. A száraz és nedves évszakot ritmikusan váltó éghajlat alatt a karsztosodás gyakorlatilag csak az esős periódusra koncentrálódik. Ezt példázzák a madagaszkári adatok is, miszerint az esős évszak négy hónapjában a

vizsgált ankarana forrás víze kilencszer annyi mészkövet szállított el oldott állapotban, mint amennyi az év nyolc száraz hónapjában együttvéve lepusztult.

G. Rossi (1976) adatai szerint az Ankarana forrásának víze literenként átlagosan 187 mg oldott Ca/MgCO₃-ot tartalmazott. Ez a mennyiség a corbeli formulát alkalmazva 135 mm/1000 év korróziós lepusztulásnak felel meg. (Éves csapadék-átlag 2200 mm, ebből 1800 mm a lefolyás.) A Namoroka forrása átlagosan jóval több, 245 mg/l oldott karbonátot szállított, de mivel a csapadék mennyisége kisebb (1430 mm, ebből a lefolyás 1100 mm), a karsztokorrózió letaroló hatása 109 mm/1000 év. (Itt jegyzem meg, hogy Indonéziában magam is ehhez közelítő adatokat nyertem. A madagaszkári karsztok földtörténeti fejlődésére ezekből az adatokból azonban csak bizonytalanul lehet következtetni, mivel nem ismerjük kellően a paleoklimatikus viszonyokat).

Madagaszkár karsztbarlangjai

Befejezésül röviden ismertetem a sziget karsztbarlangjait.

A két fő mészkőfácies közül — közzetani és szerkezeti okok miatt — a jura mészkőekben képződtek nagyobb és képződményekben gazdagabb barlangok. Az Ankarana-karszt barlangjait már a madagaszkári őslakók is ismerték, sőt bennük laktak, ezért is nevezik még ma is az itteni törzset antankarana néven (a sziklak népe). A modern kor kutatói már több tucat barlangot dolgoztak fel, és mintegy 35 km hosszban térképeztek. Közöttük számos vizesbarlang akad, ezek felkeresése azonban szokatlan veszéllyel jár: a barlangok tavas bejáratainál, sőt beljebb is krokodilusokkal találkozhatunk!

Sok kisebb barlangüreg ismeretes a Mahajanga (Majunga) város környékének eocén fosszilis karsztjaiban. Ezek a barlangok a harmadidőszak közepén lehettek aktívak, a pliocénban a karsztplató erősen lepusztult, szétszabdalt darabjait részben szárazföldi üledékek fedték be, és csak a negyedkorban exhumálódtak ismét a szigethegyek — a roncsbarlangokkal egyetemben. Ezek közül legismertebb az Anjohibe- (Androhibe) barlang a Mahabo-platón, Mahajangától ÉK-re 80 km-re. Csak a száraz évszakban, terepjáró autóval érhető el.

Számos barlangnyílás figyelhető meg Nyugat- és Délnyugat-Madagaszkár mészköves kuestáinak, fennsíki peremeinek sziklafalaiban. Toliarától (Tuléártól) délre a tengerparton nyílik a Sarondranobarang, melyről fényképet közlök.

A madagaszkári barlangok kutatása a második világháború utáni időszakban lendült fel, amikor a Madagaszkári Egyetem néhány fiatal geográfusa és geológusa (Dufles, Ravelonanosy, Rossi, Saint-Ours) expedíciók sorát vezette a sziget különböző karsztvidékeire. Madagaszkáron jelentősebb társadalmi vagy állami barlangkutatási szervezet nem létezik, jelenleg is csak az egyetemen működik egy szerény barlangkutató csoport.

Dr. Balázs Dénes
 Érdliget
 Sárd u. 45.
 2030

- BATTISTINI, R. (1965): Problèmes morphologiques de l'extrême Nord de Madagascar. — *Madag. Rev. Géogr.* 7. p. 1., 60, Antananarivo.
- BATTISTINI, R. (1966): Le littoral du Paléokarst de la presqu'île de Narinda. — *Bull. Assoc. Géogr. Franç.* No. 346—347. Paris.
- BATTISTINI, R. (): Étude Géomorphologique de l'extrême sud de Madagascar. Tome I—II. — *Thèse de Doctorat. Antananarivo.*
- COQUET, G. et de SAINT-OURS, J. (1964): Exploration de la grotte d'Andriafiabe. — *Madag. Rev. Géogr.* 4. p. 133—136.
- DONQUE, G. (1971): Contribution Géographique à l'étude de climat de Madagascar. — p. 478. Antananarivo.
- DUFLOS, J. (1966): Bilan des explorations biospéléologiques pour 1965. — *Madag. Rev. Géogr.* 9. p. 235—252. Antananarivo.
- DUFLOS, J. (1968): Bilan des explorations spéléologiques pour 1966. — *Madag. Rev. Géogr.* 12. p. 121—159. Antananarivo.
- DUFLOS, J. et de SAINT-OURS, J. (1968): Résultats hydrogéologiques des explorations souterraines dans le karst de l'Ankarana. — *C. R. Sem. Géol. Antananarivo, 1967.* p. 79—81.
- RAVELONANOSY C. et DUCLOS, J. (1965): Bilan des explorations spéléo à Madagascar pour l'année 1964. — *Madag. Rev. Géogr.* 6, p. 117—132. Antananarivo.
- ROSSI, G. (1973/a): Problèmes morphologiques du karst l'Ankarana. — *Madag. Rev. Géogr.* 23. Antananarivo.
- ROSSI, G. (1973/b): Un Karst du domaine tropical sec: le plateau de l'Ankarana. — *Bull. Assoc. Géogr. Franc.* No. 410. Paris.
- ROSSI, G. (1974): Sur une de serie mesures de teneurs en CO₂ de sols tropicaux (—au Nord de Madagascar). — *Bull. Assoc. Géogr. Franç.* No. 415—416. Paris.
- ROSSI, G. (1975): Aspects morphologiques du Karst de Narinda. — *Madag. Rev. Géogr.* 27. p. 65—88. Antananarivo.
- ROSSI, G. (1977): Le karst du Namoroka (Madagascar). *Rev. — Géomorph. Dynamique.* XXVI. 3. p. 96—104. Paris.
- SAINTE-OURS, J. de (1959): Les phénomènes karstiques à Madagascar. — *Ann. Spéleo.* 14. p. 260—291. Paris.
- SAINTE-OURS, J. de et PAULIAN, R. (1953): Les grottes d'Andranoboka. — *Publications O.R.S.T.O.M., Antananarivo.*

THE KARSTIC REGIONS OF MADAGASCAR

On the basis of his study tour of Madagascar in 1979 the author gives an all-round review of the karstlands of the islands. Differences in the geologic background and liability to extremes in the quantity of precipitations have resulted in the development of varied karstic morphologies in Madagascar. Most widely known Madagascar example of the classical tropical mogote-karst is the Ankarana Karst in the northern part of the island, whereas the other extreme is provided by the example of a typical platform-karst of arid climatic regime, the Mahafaly Plateau in the southwestern part. 5.6% of the area of Madagascar is constituted by karstlands (33 000 km², of which 15 000 km² consist of Jurassic limestones and 18 000 km² of Eocene limestones).

КАРСТОВЫЕ РАЙОНЫ МАДАГАСКАРА

Автор на основании научной командировки на мадагаскар в 1979 г. предлагает нашему вниманию обширное сообщение о карстовых районах этого острова. Различные геологические условия, а также крайности, проявляющиеся в количестве выпадающих осадков, образуют разнообразные морфологические совокупности мадагаскарских карстов. Самый известный пример (на Мадагаскаре) классического тропического карста моготе представлен Анкарана Карстом, находящимся в северной части острова, а типичный пример другой крайности, карста засушливого плато — Махафали Плато находится в юго-западной части острова. 5,6% поверхности острова Мадагаскара занято карстовыми районами (33000 кв.км, из них 15000 кв.км занимают карсты из юрских известняков и 18000 кв.км — из эоценовых известняков).