

Trópusi karszt típusok a Fülöp-szigeteken

DR. BALÁZS DÉNES

A Fülöp-szigeteken igen kiterjedt felszíneket alkotnak a karbonátos kőzetek: az archipelágus szigeteinek közel tíz százalékán karsztosodó mészkövek uralkodnak. A felszíni lepusztulási formák nagyon változatosak, megtaláljuk itt a klasszikus trópusi „kúp-karszt” valamennyi változatát a tornyos alakzatoktól a lapos dombokig.

A felszíni karsztos formakincs kialakításában elsődleges szerepe van az éghajlatnak, ettől függően formálódnak a hideg, mérsékelt és meleg övezetek, valamint a száraz, félszáraz és nedves, egymástól igen elütő arculatú vidékek.

A Fülöp-szigetek éghajlata a jelenben és a mai karsztok kialakulásában szerepet játszó geológiai közelmúltban egyaránt nedves trópusi jellegű volt: a karsztosodás éghajlati tényezői tehát igen kedvezőek. A karsztvidékeket mindenhol sűrű, áthatolhatatlan elsődleges esőerdő fedi, ezeket csak kis mértékben bontotta meg eddig az emberi beavatkozás. *Az azonos éghajlati adottságok ellenére a karsztos felszíni formáknak különféle típusai alakultak ki, ezek egymás mellé állítása és genetikai vizsgálata hasznos támpontokat nyújt a karsztosodás egyéb tényezői szerepének megítéléséhez.*

A Fülöp-szigetek karsztvidékei a geomorfológia számára még feltáratlanok és a szakirodalomban is alig esik szó róluk. A jelen tanulmány adatait a szigetvilágban 1972-ben folytatott tanulmányutam során gyűjtöttem össze.

I. Általános ismertetés

A különféle karszt típusok tárgyalása előtt bevezetésként a több mint hétezer szigetből álló archipelágus földtani fejlődéséről és éghajlatáról szólunk.

1. Geológiai viszonyok

A Fülöp-szigetek ösföldrajzi története viszonylag fiatal geológiai múltat ölel fel; a szigetvilágban előbukkanó kőzetek javarészt harmad- és negyedidőszakból származó tengeri üledékek, valamint vulkanikus képződmények.

A legidősebb (jura előtti) karbonátos kőzetek kisebb márványkibúvások formájában találhatók. Néhány helyen jura- és krétaidőszaki mészkörögök is előbukkannak.

A Fülöp-szigetek karsztvidékeinek kőzetei zömmel a kréta utáni időszakból származnak. A geológiai térképek adataiból készítettük a következő összeállítást (1. táblázat):

1. táblázat. A Fülöp-szigeteken felszínén levő karbonátos kőzetek földtani kora

Földtörténeti időszak	A kőzet típusa	%	Elterjedés
Holocén	Felemelt korallmezők	10	A szigetvilág minden részén, különösen Visayas szigetein
Pliocén-pleisztocén	Tengeri üledék és extenzív korallképződmények	30	Bicol, Visayas, Mindanao
Felsőmiocén-pliocén	Parti törmelék és korallanyag	15	Luzon, Központi-Visayas, Mindanao
Oligocén-miocén	Kevert selfüledékek, korallképződmények, breccsa	40	Visayas
Oligocén	Tengeri üledék	1	Cebu, Visayas
Eocén	Kevert self- és mélyebb tengeri üledék	3	Visayas
Mezozoikum	Metamorf kőzetek	1	Romblon-sz. stb.
		100	

A legkiterjedtebb karsztvidékek kőzeteinek kémiai elemzése a következő átlagadatokat szolgáltatatta (2. táblázat):

2. táblázat. Fülöp-szigeteki mészkövek kémiai vizsgálatának összesített átlagadatai (%)

	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CO ₂ (izzítási veszteség)
Plio-pleisztocén mészkő Bohol-szigetről (7 minta, Voss 1970 adatai)	47,89	1,25	4,78	3,10	1,70	40,08
Főleg miocén időszaki mészkövek (110 minta, a manilai Bányahivatal adataiból összesítve)	53,50	0,90	0,80	0,40	0,30	42,00

A kémiai elemzések adatai szerint a túlsúlyban levő miocén időszaki mészkövek viszonylag kevésbé szennyezettek, a CaCO₃-tartalom általában 90—98 % közötti, ami a típusos karsztformák kialakulása számára kedvező. Szerényebb elterjedésben dolomitos mészkövek is találhatók Cebu- és Negros-szigeten, valamint a luzoni Batangas tartományban.

A Fülöp-szigetek szerkezetileg az egész délkelet-ázsiai szigetvilág (Maláj-archipelágus) legerősebben gyűrődött és összetöredezett része. Fiatal harmad-időszaki képződmények gyakran találhatók több száz m tszf-i magasságban. A tektonikus mozgások jelenleg is aktívak, gyakoriak a földrengések és a vulkáni kitörések.

2. Éghajlati viszonyok

A Fülöp-szigetek az Egyenlítőtől É-ra, a 6. és a 20. szélességi fok között helyezkedik el. Földrajzi fekvésének megfelelően éghajlata nedves trópusi jellegű. Az évi közepes hőmérséklet 25—27 °C. A legmelegebb és leghidegebb hónapok középhőmérséklete között mindössze néhány fok eltérés mutatkozik. A viszonylagos légnedvesség 70—80%.

A Fülöp-szigetek karsztvidékeire évente átlagban 2000—5000 mm csapadék hull. A csapadékhullás erőssége (intenzitása) viszonylag nagy: a 24 óra leforgása alatt lezúduló eső mennyisége gyakran meghaladja a 100—200 mm-t. A csapadék évszakos hullámzást mutat, a délkelet-ázsiai monszun hatása főleg Visayas nyugati szigetein érvényesül. Samar- és Luzon-szigeten az évi csapadékmennyiségnek legalább fele a trópusi ciklonok (tájfunkok) átvonulásakor keletkező felhőszakadásszerű esőzésekkel származik.

A Fülöp-szigetek három nagyobb földrajzi egységből tevődik össze: Luzon, Visayas (a központi szigetek) és Mindanao. E térségek jellemző évi csapadékatlagait a 3. táblázat szemlélteti.

3. táblázat. Átlagos csapadékatatok E. B. MANALO (1956) szerint (mm)

	Évi csapadék- átlag	Csapadékos napok száma (évi átlag)	A 24 óra alatt mért legnagyobb csapadék
Luzon	2739	170	880 (Baguio)
Visayas	2402	179	571 (Borongan, Samar)
Mindanao	2365	182	424 (Surigao)
A Fülöp-szigetek átlaga	2550	175	

A jelen tanulmányban ismertetendő karsztvidékeken vagy közvetlen környezetükben található meteorológiai állomások csapadékatadatait a 4. táblázat tartalmazza. Az állomások földrajzi fekvését az 1. ábrán tüntettük fel.

4. táblázat. Havi csapadékatlagok néhány Fülöp-szigeteki állomás adatai szerint (mm)

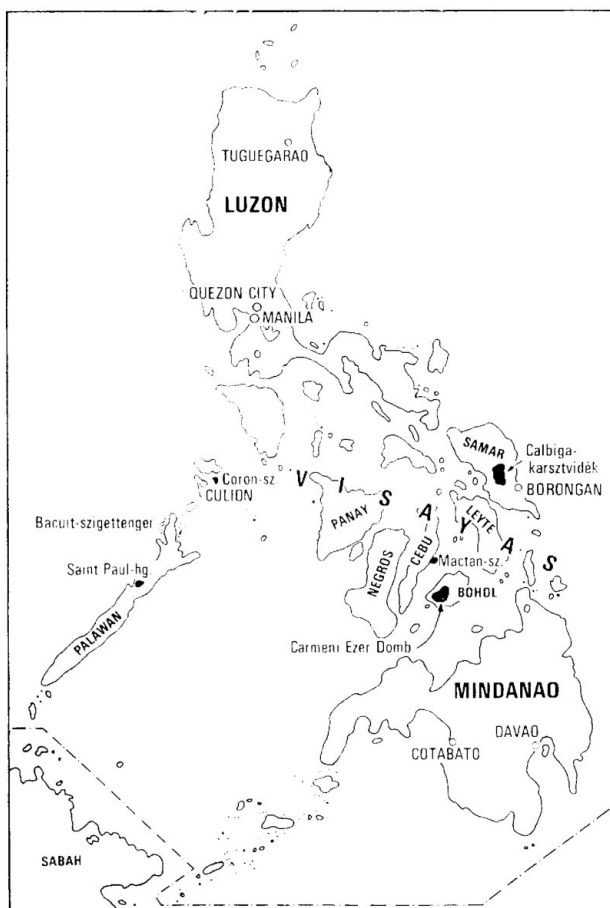
	Tuguegarao (É-Luzon)	Culion (Palawan- tartomány)	Carmen (Bohol)	Borongan (Samar)	Cotabato (Mindanao)
Január	31,5	28,7	216,4	640,1	84,1
Február	23,4	19,1	110,0	440,2	89,7
Március	32,0	11,2	110,2	359,6	89,6
Április	67,8	52,6	48,3	257,8	150,6
Május	137,9	207,0	147,6	265,9	218,7
Június	158,0	350,8	197,7	231,7	238,5
Július	245,9	669,8	207,3	189,7	271,3
Augusztus	206,5	603,8	201,4	149,4	239,0
Szeptember	236,2	517,6	199,6	179,8	223,0
Október	232,9	291,3	220,7	336,3	278,9
November	274,3	254,0	286,0	549,4	186,7
December	145,3	100,8	262,6	656,1	107,4
Évi összeg	1791,7	3106,7	2207,8	4256,0	2177,5

II. Példák a karszt típusokra

A Fülöp-szigetek karsztvidékeinek formakincse igen gazdag. Az intenzív trópusi lepusztító erők hatására főleg a kiemelkedő (pozitív) nagyformák szembetűnőek, szemben a mérsékelt övi karsztokra jellemző bemélyedések (negatív) formákkal (töbrök, uvalák és poljék). Bemélyedések (depressziók) természetesen a trópusi karsztvidékeken is léteznek, de keletkezésük sajátosságai és következőképpen formáik lényegesen elütnek pl. az Aggteleki-karszt képződményeitől.

A kiemelkedő formákkal jellemezhető trópusi karsztvidékeket — általánosan használt szakkifejezéssel — „Kegelkarst”-nak, kúpkarstnak nevezik. Nyomatékosan hangsúlyoznunk kell azonban, hogy a trópusi mészkővidékeknek csak egy része bír ilyen sajátágos formakincsel; a Fülöp-szigeteken előbukkanó mészkőterületek több mint fele nem sorolható e fogalom körébe. A „kúpkarst” kialakulásához — egyebek között — az szükséges, hogy egy nagyobb mészkőterület megfelelően kiemelt térbeli hidrogeológiai helyzetbe kerüljön, aminek a feltételei nem mindenhol adóttak. A nem kifejezetten kúpkarst jellegű trópusi karsztokra is jellemző azonban, hogy a kiemelkedő formákat általában függőleges falak, meredek lejtők határolják.

A továbbiakban hat visayasi karsztvidéket mutatunk be vázlatosan (1. ábra). A nemzetközi karsztmorfológiai irodalomban számos szakkifejezés született e formagyűjtésekre, pl. Turmkarst, Halbkugelkarst, Sinoidkarst, Cockpit Karst, Mogote Karst stb. Mi azonban ezek egyikével sem kívánunk élni, mivel tartalmuk sem egyértelmű. Sokkal célszerűbbnek látszik a különféle megjelenésű Fülöp-szigeteki karsztvidékeket egy-egy, jobban tanulmányozott, s a nemzetközi irodalomban részletesen leírt, sajátos areulátú karsztvidékhez hasonlítani.



1. ábra. A tanulmányban szereplő karsztvidékek földrajzi elhelyezkedése
The geographical location of the discussed karst regions

A kiemelkedő karsztformák lejtőviszonyai alapján négy vezértípust ragadtunk ki (BALÁZS 1971). Az óriási, cylinderekre emlékeztető, szigetszerűen felmagasodó mészkőtornyok legszebb példái a dél-kínai *Yangshuo* városka környékén találhatók. A kubai *Sierra de los Órganos* karszthegeyi már nem ilyen merész alakúak, inkább régi méhkasokra emlékeztetnek. A harmadik vezértípus a szakkörökben jólismert jávai *Gunung Sewu*, amelynek karsztdombjai a legjobban közelítik meg a „kúp” formát. Végül a *tuali típus* egészen el laposodó, fiatal koralldombos felszín. A Fülöp-szigeteken mind a négy fő morfológiai típusra találunk példákat.

A trópusi karsztterületek formakincse természetesen sokkal változatosabb, semhogy azokat négy kategória szűk keretei közé be lehetne szorítani. Rengeteg az átmeneti forma, sőt egy karsztterületen belül is elűtő formakincsű tájrészletek váltják egymást. Az összehasonlítás céljából felsorolt négy karszt-típus csupán keretet ad a Fülöp-szigeteki karsztgyűttesek jobb megértéséhez.

1. *Yangshuo típusú karsztvidékek*

A dél-kínai karszthoz hasonló, elkülönült, meredek falú karszttornyokból álló „szigethegyes karsztvidékre” (BALÁZS 1961) a Fülöp-szigetek térségében különösen Palawan-szigeten találunk jó példákat. A szigethegyek egy része Palawan belsejében helyezkedik el, más részük a tengerből kiemelkedve valóóságos szigeteket alkot.

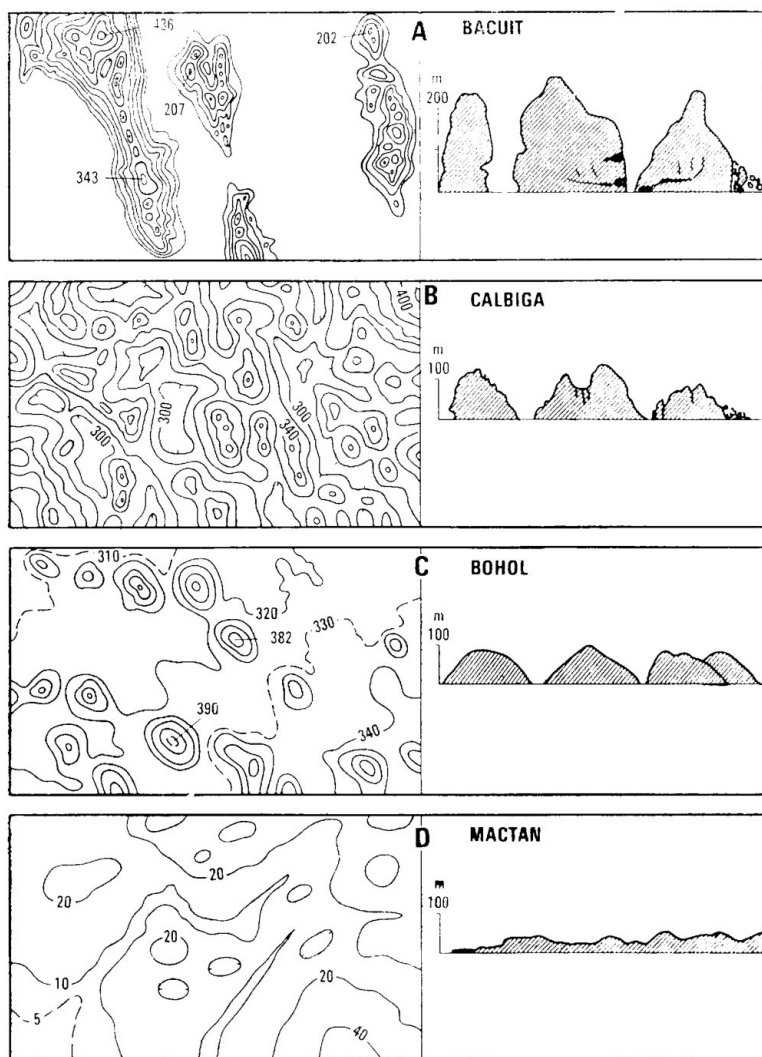
a) *Saint Paul-hegység*. Palawan-sziget közepe táján, nem karsztos környezetből emelkedik ki. Felépítő kőzete középsőmiocén kristályos mészkő, amelyet márvány gyanánt fejtenek. A karsztos felszín kiterjedése 35 km².

Jellemző formák a függőleges, sőt aláhajló tornyok, amelyek lábait az oldalazó folyóvizek és a talajszinten fokozottan érvényesülő korrózió öblözi. A 600–1000 m tszf-i magasságba emelkedő tornyokat igen sűrű, fás és kúszónövényekből álló vegetáció takarja, amelyből sok helyütt kiágaskodnak a 10–20 m magasságot is elérő éles sziklatűk („pinnacles”) és kőcsipkék. A meredek falakat a mély korróziós karrok („Spitzkarren”) éles bordái tagolják. A tornyok között több megközelíthetetlen, csillag alaprajzú, szakadékos depresszió („cockpit”) húzódik meg. Ezek a kitöltés nélküli „trópusi töbrök” a nyitott korróziós hasadékokon át pillanatok alatt levezetik a sziklafalakról lezúduló esőáradatot.

A karsztos tömb belsejében egy hatalmas föld alatti folyó tör át, amely nemcsak a karsztra hulló csapadékot, hanem egy nem karsztos felszínű, kb. 30 km² területű belső hegyközi medence vizét is levezeti. Filippino munkatársaimmal csónakon sikerült felderíteni e hatalmas föld alatti vízrendszer több km-es szakaszát. A barlangrendszer érdekessége, hogy a járatok bővítésében a légkörből származó és a sós tengeri víz egyaránt részt vesz.

b) *Bacuit-szigettenger*. A Palawan-sziget Ny-i partjait alkotó törésvonal mentén az intenzív délnyugati monszun hullámverése a karsztos félszigetek és szigetek egész sorát formálta ki. A szigetek felépítő kőzete szintén középsőmiocén időszaki kristályos szürke mészkő.

A legismertebb karsztfélsziget a Palawan DNy-i partjainál kiemelkedő Lipuun Point. (Névszinonima: Albion Head Point; 203 m.) Néhány száz évvel ezelőtt még sziget lehetett, de ma már sós mocsaras, mangrovés híd köti a szárazföldhöz. Lipuun Point nevét a benne található Tabon-barlangok tették híressé, ahol az ásatások során sok értékes régészeti leletre bukkantak.



2. ábra. A Fülöp-szigeteki trópusi karsztok négy fő típusa (A szintvonalak a bacuiti (A) térképvezálaton 50 m, a többi ajzon 20 m magasságkülönbséget jelölnek.) — A = Yangshuo-típus (Bacuit); B = Organos-típus (Calbiga); C = Sewu-típus (Bohol); D = Tual-típus (Mactan)

The four main types of tropical karsts in the Philippines (the contour lines represent 50 m in the map of Bacuit (A) and 20 m in the other sketches) — A = Yang-shuo type (Bacuit); B = Órganos type (Calbiga); C = Sewu type (Bohol); D = Tual type (Mactan)

Kevésbé ismert Palawan-sziget ÉNy-i partvidéke, a Bacuit-öböl és környéke. Mintegy negyven karszt-szigethegy emelkedik ki a sekély tengervízzel borított abráziós terasz felszínéből. A legnagyobb — a Cadlao nevű sziget — 9,8 km² kiterjedésű, legmagasabb tornya 609 m. További 7 sziget nagysága haladja meg az egy km²-t; sziürke márványfalai 200—400 m magasságba tornyosulnak a tenger szintje fölé. Ez a környezet nagyon hasonlít a vietnami Ha Long-öbölhöz.



1. kép. A Saint Paul-hegység karsztos toronyhegyei a kuliatani hegyközi síkság felől (Palawan-sziget)
 Karst towers of the Saint Paul Mountains viewed from the Kuliatan intramontane plain (Palawan Island)



2. kép. A függőleges falú karsztos toronyhegyek lábait a hegyközi síkság folyóvízei mélyen alávágták, jelenleg pedig a talajszinten érvényesülő intenzív orrózió pusztítja (Saint Paul-hg., Palawan-sziget)
 The basis of karstic towers with vertical walls is deeply undercut by the streams of the intramontane plain and now it is being destroyed by the intensive corrosion on the ground level (Saint Paul Mountains, Palawan Island)



3. kép. Részlet a Bohol-szigeti Carmení Ezer Domb karsztvidékről. A kúpok magassága 60–80 m
A detail of the „chocolate hills” region near Carmen on the Bohol Island (The height of the cones ranges between 60 and 80 metres)



4. kép. Kiemelt korallmező Mactan-sziget É-i partján. (A hely történelmi nevezetessége: itt esett el a szigetlakókkal vívott harcban *Magellán*, a Földet először körülhajózó expedíció vezetője)
Elevated coral field on the northern coast of Mactan Island. (This place is a historical monument: *Magellan*, was killed here in the battle against the islanders)

(A képek a szerző felvételei)

Mivel az elkülönült szigetek viszonylag kicsiny kiterjedésűek, rajtuk a pozitív formák uralkodóak (2. ábra/A). Zárt depressziókat (összesen 18 „cockpit”) csak a nagyobb szigeteken találunk.

(A jól feltárt karsztfalakban sok ezer barlangnyílás látható. Ezekben élnek a balinsasayao madarak (*Collocalia francisa germani*), amelyek nyálukból készítik — ehetséges — fészkeiket. Ezeket a helyi halászberek, az ún. boceadorok gyűjtik össze. Az áru kínai kereskedők útján jut el Manilába, Hongkongba stb., ahol ún. fecskéfészek-levest készítenek belőle.)

Hasonló karsztos szigettenger található még El Nidótól D-re a Pagdanan-öbölben és a K-i partokon, a Taytay-öbölben.

2. Órganos típusú karsztvidékek

A jól ismert kubai „mogote” hegyekhez hasonló karsztformák igen elterjedtek a Fülöp-szigeteken. Közülük kettőt ragadok ki.

a) *Coron-sziget*. Coron, avagy a „Fazékhegyek szigete” közigazgatásilag Palawan tartományhoz tartozik. Felépítésében szintén a kemény miocén mészkövek vesznek részt. A Dél-Amerika alakjára emlékeztető sziget É—D-i kiterjedése 20 km, Ny—K-i irányban 9 km. A felszínén — térkép alapján — 490 karszthegyet számoltam össze; közöttük mintegy 150 zárt mélyedés húzódik meg. A legmagasabb kiemelkedés meghaladja a 600 m-t, a méhkas formájú hegyek viszonylagos magassága azonban ritkán éri el a 200—300 m-t.

A sziget közepén, ÉÉNy—DDK irányban tektonikus vonal húzódik végig, ennek mentén a zárt depressziók a tenger szintje alá mélyültek, aljukat sekély brakkvíz tölti ki. E karszttavakkal együtt a sziget kiterjedése 75 km². A zárt depressziók a felszín 20 %-át foglalják el. Természetesen itt is megszámlálhatatlan barlang található, az atmoszferikus karsztvizek azonban dagálysztint alatti forrásokban törnek elő sós vízzel keveredve. Emberi település csupán a sziget két kisebb, K-i öblében van.

b) *Calbiga-karsztvidék*. A Fülöp-szigetek egyik legnagyobb karsztfennsíkja Visayas legkeletibb szigetén, Samaron található. A sziget területének kb. egy negyede nyílt karsztvidék. A legnagyobb összefüggő karsztterület Calbiga városkától K-re mintegy 900 km² területet foglal el.

A kiemelt platót minden irányban éles törésvonalak választják el a környező nem karsztos térszínektől. A fennsík átlagos csúcsszintje 300—400 m-re magasodik, az egyes karsztdombok viszonylagos magassága csak 100—200 m (2. ábra/B).

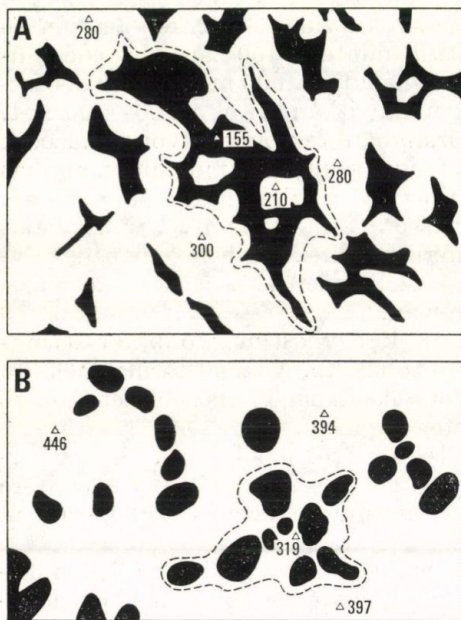
A Calbiga-karsztfennsík ugyancsak miocén mészkőből épül fel, a felszíni lepusztulásformák azonban jóval fiatalabbak a fentebb említett példánál. Gyakoriak a nagyobb kiterjedésű, zárt medencék, amelyek különösen a fennsík jobban felmagasodó É-i részén alkotnak nehezen áttekinthető, zerguzos rendszert. Arra lehet következtetni, hogy több „cockpit” (csillag alakú trópusi töbör) egybeolvadása nyomán alakultak ki a labirintusszerű „trópusi uvalák”. Érdekes összehasonlításra nyílik lehetőség a mérsékelt övi uvalák és az előbb említett „trópusi uvalák” között, ha a legmagasabban fekvő, még bezáródó szintvonal mentén a depressziók formáit kiemeljük (3. ábra).

3. Sewu típusú „kúpkarst”: a Carmen Ezer Domb

A Calbiga-karsztvidék java része is már átmenet a nemzetközi irodalomból igen régóta ismert jávai Gunung Sewu karsztvidék trópusi formakincséhez. A sewui vezérformákat azonban a *Bohol-sziget* mintegy 600 km² kiterjedésű nyugati karsztvidékének formái közelítik meg a legjobban.

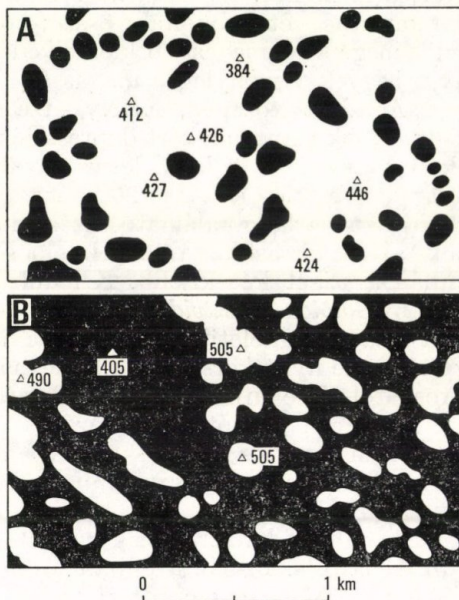
A boholi „haycock-karst” („szénaboglya-karszt”) az egyetlen Fülöp-szigeteki karsztterület, amelynek eddig említésre méltó irodalma van. A népnyelvén „csokoládé-domboknak” nevezett kúpformák irányították rá a kutató geológusok figyelmét. Különösen a sziget belsejében fekvő Carmen városka közelében találhatók nagy számban ezek a valóban meghökkentően szabályos kúpok. Első leírójuk, L. A. FAUSTINO manilai geológus 1932-ben Carmen Thousand Hillsnek nevezte el őket (Carmeni Ezer Domb).

A boholi karsztterületet pliocén és negyedidőszaki, laza szerkezetű korallmészkő építi fel. Ebben a kőzetben tartósan nem alakulhatnak ki meredek lejtőformák; a karsztdombok oldalainak lejtése általában 30–35°. A Carmen-vidéki halmok viszonylagos magassága 50–90 m, amelyek egy gyengén nyugat



3. ábra. A zárt depressziók alaprajza (sötét szín) a trópusi (A) és a mérsékelt övi (B) karsztfennsíkokon. — A = csillag alakú cockpit-okkal tarkított felszínrészlet a Calbiga-karsztról (Samar-sziget); B = az Aggteleki-karszt túl alakú töbrei. Szaggatott vonallal egy — több kisebb mélyedésből összetevődő — nagyobb depresszió (uvala) körvonalait jelöltük

The sketch of closed depressions (in dark colour) in the karstic plateaus: tropical (A) and temperate (B). — A = area interspersed with star-formed cockpits (Calbiga Karts, Samar Island); B = dish-like dolinas of the Aggtelek Karst. (The dotted line shows the borders of a larger depression (uvala) composed of several smaller depressions)



4. ábra. A karsztos domborzat sajátos inverziója. (Sötét színnel a zárt depressziók.) — A = az Aggteleki-karszt egy részletének kerekded alaprajzú töbrei; B = a Carmen Ezer Domb hegyközi síkságai (részlet)

The characteristic inversion of karst topography (in dark colour the closed depressions). — A = circular-shaped dolinas in the Aggtelek Karst; B = intramontane plains of the „chocolate hills” region near Carmen (detail)

felé lejtő, 300—380 m tszf-i magasságú platón helyezkednek el. A sziget szakaszos kiemelkedésének megfelelően a maradványdombok különböző szinteken alakultak ki. A szintek összehasonlítását megnehezíti a sziget összetört szerkezete. A törésvonalak mentén számos elmozdulás történt. A kőzet-tömeg jelenleg is aktív mozgásban van. A nép körében olykor nagy riadalmat keltenek a felszínen kialakuló és szemléltető növekedő hasadékok.

A karsztdombok soros elhelyezkedése („gerichteter Karst”) jól szemlélteti, hogy kialakulásukban a szerkezeti irányok fontos szerepet játszottak. A tektonikus vonalakkal párhuzamosan gyakoriak az összefüggő, kettős csúcsú vagy még összetettebb dombformák (2. ábra/C). A dombok nagy részét ma már csak füves növényzet borítja, de eredetileg ezeket is esőerdő fedhette, mint ahogy az a nehezen hozzáférhető helyeken még fennmaradt. A dombok közötti, tágas alluviális síkságokon a lakosság rizstáblákat alakított ki. Részletes szintvonalas térképek szerint ez a táj a mi Aggteleki-karsztunk megfordított domborzatának tűnik (4. ábra).

A szigeten megvizsgáltam a karsztos dombok tövében előbukkanó karsztforrásokat és a lejtős fennsík karsztos alapkőzetébe mélyített kutak vizét. A vízmintákban literenként 200—300 mg oldott CaCO_3 -ot találtam, a területről távozó Loboy folyó vize pedig a loboci erőmű gátjánál 200 mg/l CaCO_3 oldásos lepusztulásról tanúskodott. Ezek az adatok J. CORBEL ismert képlete* alapján számítva azt mutatják, hogy a jelenlegi éghajlati viszonyok mellett évente 55—60 m³ anyag pusztul le 1 km²-nyi felszínről oldásos erózió (korrózió) útján. Ez az érték körülbelül három-négyszerese az Aggteleki-karsztvidék korróziós denudációjának.

A Bohol-szigeti felszínről a kémiai lepusztulás tehát ezer évente 55—60 mm-t tarol le. Ha számításba vesszük, hogy a viszonylag laza kőzetek a mechanikai erózió legalább két-háromszorosa a kémiai lepusztításnak, könnyen kiszámíthatjuk, hogy a Carmen típusú karsztdombok kialakulásához — változatlan éghajlati viszonyokat feltételezve — mindössze 200—300 ezer esztendőre volt szükség.

4. Tual típusú korall-karszt

Tájképileg a legkevésbé látványos trópusi karszt-típus az alacsony fekvésű, fiatalon kiemelkedett koralltábla (2. ábra/D). Összeszabdalt, berogyásokkal tarkított, vékony talajréteggel borított felszíne általában 1—200 m magasra emelkedik a tenger szintje fölé. Vezértípusnak az indonéziai Kai Ketjil-szigeten fekvő Tual városka környezetét tekinthetjük.

E karszt-típusnak két jellegzetes megjelenési formáját különböztethetjük meg: a szigetperem-karsztot és koralltábla-karsztot. Előbbi a felemelkedésben levő, gyakran vulkanikus kőzetekből felépült nagyobb szigetek peremén szalagszerűen helyezkedik el (szélessége néhány száz m-től több km-ig terjedhet). A Fülöp-szigeteken ilyen karszt-szegélyt találunk Cebu, Negros, Panay, Leyte és más szigeteken. A második altípus önálló szigeteket alkotó, tengerszint fölé emelkedett korallmezőket foglal magában. A Visayasban jó példa erre Mactan, Panglao, Bantayan és más szigetek.

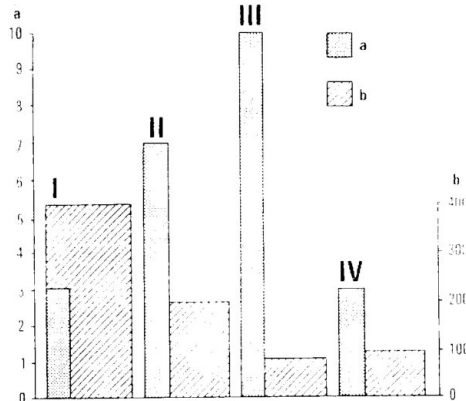
Az alacsony fekvésű korall-karsztra a felszíni vízfolyások teljes hiánya jellemző. A laza korallmész-kő nyomban elnyeli a lehulló csapadékot, a források pedig rendszerint a tenger középszintje alatt fakadnak. A felszínen gyakoriak a kisebb-nagyobb beszakadások, a part mentén, ill. a felemelt abrázios partfalak mentén a tengeri barlangok.

$$* V = \frac{4ET}{100}$$

III. Következtetések

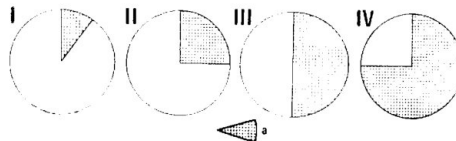
Összegezve az elmondottakat, megállapíthatjuk, hogy a Fülöp-szigetek karsztforma-együttesei alapvetően eltérnek a hazai és általában a mérsékelt övi, plató jellegű karsztvidékek domborzatától. A szembetűnő különbség elsősorban a pozitív és a negatív nagyformák eltérő arányában van (5–6. ábra).

A nedves trópusi területekre jellemző tornyos-kúpos formák nagy száma mindenekelőtt a bőséges mennyiségű és nagy intenzitású csapadékkal függ össze. A mérsékelt övi dolinás felszínű karsztplatókról az anyagelszállítás főleg oldott állapotban történik, a karszt szűk felszín alatti hidrográfiai hálózatán keresztül. A nedves trópusi területeken ezzel ellentétben az oldásos lepusztulásnál jóval nagyobb felszíni letarolást végez a víz mechanikai eróziója. A nagy intenzitású csapadékaradat valósággal lemossa a karsztfelszínt, tekintélyes mennyiségű, szilárd halmazállapotú kőzetanyagot sodor magával, ezáltal megakadályozza a karsztosodási folyamatot hátráltató üledékek lerakódását is. A trópusokon a magasabb hőmérséklet és páratartalom közvetve szintén hozzájárul a karsztosodás intenzitásához azáltal, hogy elősegíti a talajzónában a karbonátos oldáshoz szükséges széndioxid felhalmozódását.



5. ábra. A vizsgált Fülöp-szigeteki karsztterületeken egy km²-re jutó csúcsok száma (a) és a reliefenergia átlagértékei (b). — I = Palawan-szigeti karsztok; II = Coron- és Calbiga-karszt; III = Bohol-sziget; IV = összehasonlításhoz az aggteleki típusú karszt

The number of hills/km² in the discussed karst regions of the Philippines (a) and the average values of the relief energy, m/km² (b). — I = Palawan Island Karsts; II = Coron and Calbiga Karsts; III = Bohol Island; IV = karst of Aggtelek type (for comparison)



6. ábra. A zárt depressziók aránya (a) a karsztos terület százalékában. — I = a Palawan-sziget Yangshuo (dél-kína típusú tornyos karsztjai; II = a Coron-sziget és a Calbiga-karsztvidék Órganos típusú kúpkarsztja; III = a Bohol szigeti Sewu típusú kúpkarszt; IV = összehasonlításhoz az aggteleki típusú mérsékelt övi fennsíki karszt

The share of closed depressions (a) in the percentage of the karstic areas. — I = tower-karsts of the Yang-shuo type (Southern China) of Palawan Island; II = Organos-type conic karsts of the Coron Island and Calbiga karstic region; III = Sewu-type conic karst of the Bohol Island; IV = karst plateau from the Aggtelek karst of the temperate zone (for comparison)

A Fülöp-szigeteken az *azonos éghajlati viszonyok mellett* kialakult különböző karsztdomborzati típusok számos tényező együttes hatásának a következményei. Ezek közül — fontossági sorrend nélkül — a következők játsszák a legfőbb szerepet:

a) A karsztosodó kőzettömegnek az erózióbázishoz (a környező nem karsztos terület, ill. a tenger) viszonyított térbeli helyzete (expozíciója). Különösen a Yangshuo típusú karsztok (Palawan-sziget) kialakulásának előfeltétele a tekintélyes abszolút és relatív magasság.

b) A karsztosodó mészkő kőzettani sajátosságai (kémiai összetétele és fizikai jellemzői). A boholi karsztdombok pl. elsősorban sajátos litológiai adottságaiknak (törmelékes, laza szerkezet, nagy mállóképesség) köszönhetik a meddőhányókra emlékeztető szabályos kúpformáikat.

c) Nem elhanyagolandó tényező a karsztosodó tömeg belső szerkezeti viszonyai, a mikrotektonika.

d) A karsztosodás időtartama. Főleg a Tual típusú fiatal korall-karsztok formakincsének meghatározója.

e) A kőzetek kora csak közvetve játszik szerepet a formák kialakulásában (vö. holocén korall-karszt).

f) Kisebb-nagyobb mértékben számos egyéb tényező is közrejátszhat a karsztos formakincs meghatározásában (tala- és vegetációviszonyok, tengeri transzgresszió, folyók s nem utolsósorban az emberi tevékenység).

A karsztdenudációban ható erők mértékét és egymáshoz viszonyított nagyságát sem a Fülöp-szigeteki példákban, sem más karsztterületeken nem lehet pontosan megállapítani. Valamennyi karsztvidék — trópusi vagy mérsékelt övi — bonyolult, komplex egyedi fejlődés eredménye. A vizsgálati módszerek fogyatékosága és az adatok hiánya ellenére a trópusi karsztosodás sajátos tendenciái jól felismerhetők. A Fülöp-szigetek sokarcú karsztvidékei kitűnő természeti laboratóriumként szolgálnak a részletesebb genetikai elemző munkákhoz a jövő kutatói számára.

IRODALOM

- BALÁZS D. 1961. A Dél-kínai karsztvidék természeti földrajza. — Földr. Közl. 4. p. 327—346.
- BALÁZS D. 1968. Intensity of the tropical karst development based on cases of Indonesia. — Karszt- és Barlangkutató, Vol. VI., p. 33—67.
- BALÁZS D. 1971. Relief types of tropical karst areas. — Papers of Symposium on Karst-Morphogenesis. IGU Eur. Reg. Conf., 1971. Budapest.
- CORBET, J. 1959. Erosion en terrain calcaire. — Ann. de Géogr. III—IV.
- FAUSTINO, L. A. 1932. The Development of Karst Topography in the Philippine Islands. — The Phil. Journ. of Science, Vol. 49. No. 2. p. 203—207. Manila.
- FOX, R. B. 1970. The Tabon Caves. — Monograph of the Nat. Museum, No. 1. p. 1—198. Manila.
- JAKUCS L. 1971. A karsztok morfogenetikája. A karsztfejlődés variációi. — Földr. Monogr. VIII. Budapest, 310 p.
- LEHMANN, H. 1936. Morphologische Studien auf Java. — Geogr. Abhandl. III. 9. Stuttgart.
- MANALO, E. B. 1956. The Distribution of Rainfall in the Philippines. — Phil. Geogr. Journal, Vol. IV. No. 4. 104—167. Manila.
- QUINLAN, J. F. 1967. Classification of Karst Types. — Bull. of N.S.S. Vol. 29. No. 3. 107 p. Huntsville, Alabama, USA.
- SHADMON, A. 1969. Marble in the Philippines. — Bureau of Mines, Manila.
- SILAR, J. 1963. Zur Morphologie und Entwicklung des Kegelkarstes in Südchina und Nordvietnam. — Peterm. Geogr. Mitt., Jg. 107. p. 14—19. Gotha.

- SUNARTADIRDJA, M. A.—LEHMANN, H. 1960. Der Tropische Karst von Maros und Nord-Bone in SW-Celebes. — *Z. Geomorph. Supplementbd.* 2, p. 49—63. Berlin.
- TEVES, J. S. 1947. On the Haycock Hills of Bohol. — *The Phil. Geologist*, Vol. I. No. 4., p. 27—30. Manila.
- VERSTAPPEN, H. TL. 1963. Some Observations on Karst Development in the Malay Archipelago. — *J. of Tropical Geogr.* p. 1—10.
- VOSS, F. 1970. Typische Oberflächenformen tropischen Kegelkarstes auf den Philippinen. — *Geogr. Zeitschrift* Jg. 59, Heft 3, Hamburg.
- WILLIAMS, P. W. 1972. Morphometric Analysis of Polygonal Karst in New Guinea. — *Geol. Soc. of America Bull.*, Vol. 83, p. 761—796.
- WILLIS, B. 1937. Geological Observations in the Philippine Archipelago. — *Nat. Res. Council of the Phil. Islands, Bull.* No. 13, p. 13—50. Manila.
- WISSMANN, H. von 1954. Der Karst der humiden heissen und/sommerheissen Gebiete Ostasiens. — *Erdkunde*. Band VIII/2. p. 122—130. Bonn.
- Limestone, Dolomitic Limestone and Marble in the Philippines. — Report. Prepared by the Geol. Survey Div., Bureau of Mines, Aug. 1971. Manila.
- Geological Map of the Philippines (1 : 1 000 000). — Bureau of Mines, Manila, 1963.
- Topographic Maps of the Philippines (1 : 50 000). — Manila.

TYPES OF TROPICAL KARSTS IN THE PHILIPPINES

Dr. D. Balázs

Summary

Nearly 10 per cent of the area of the Philippines consists of carbonate rocks. Intensive denudation resulted in most diverse types of tropical karsts.

The topography of the Philippines is relatively young, and most of the constituting rocks are Tertiary and Quaternary ones. The movement of the crust is very active even today. There are many places where coral forms from the Quaternary can be found in heights of several hundred metres. The climate is especially favourable for the karst processes: the average amount of annual precipitation in the karst regions of the Philippines is between 2000 and 4000 mm.

In the article four characteristic types of tropical karsts are illustrated by the author relying on field-work done in the Visayas Archipelago. These types are denominated in various ways by the scholars dealing with the tropical karsts, and because of the lack of uniformity in their meaning, the particular karst regions are compared by the author to well-known other tropical karst regions possibly considered as classical ones.

1. The forms similar to the high and steep-sided tower-karsts in Southern China (karst of the Yang-shuo type), in the Philippines are mainly found in the regions at the western shore of Palawan Island (Mt. Saint Paul, Bacuit Archipelago).

2. In the archipelago the number of places where the lower formations similar to beehives can be compared to „mogotes” (Sierra de los Órganos, Cuba) is much greater e.g. the Coron Island, the Calbiaga karst region of Samar Island, etc.

3. The main type of the more rounded conic forms is Gunung Sewu in Java. Such low haycock-hills can be found in many places also in the Philippines. The „chocolate hills” near the small town of Carmen in Bohol Island is one of the most spectacular formations even on a world-wide scale.

4. The fourth type is represented by the coastal karsts of coral on the shores of slopy islands of other material than carbonate rocks and the elevated coral table karsts forming islands of various size (Tual type).

Evidently, not all the types of karst regions can be included in these four rigid categories. Each of the karst regions is a result of complex local development. This is why a number of transitional forms can be found, moreover, at least 50 per cent of the karst regions in the Philippines fails to display the characteristic tropical features.

Since the discussed karst regions are subject to the same climatic conditions and they possibly might have been similar also in the geological near-past important for karst development, the diversity of the tropical karst forms is due to other divergent factors. Amongst these the geological conditions, the circumstances of the exposition and the duration of karst process are of utmost importance.

Translated by G. VÁRADY