

EGY ÓCEÁNI SZIGETKARSZTTÍPUS: A CEYLONI JAFFNA-FÉLSZIGET

DR. BALÁZS DÉNES

A különböző karsztos tájtypusok kifejlődésében alapvető szerepet játszanak az éghajlati viszonyok és a geológiai adottságok, továbbá a közettömeg térbeli helyzete, a karsztosodás időtartama és egyéb közvetett tényezők (talaj, növényzet stb.).

A jelen tanulmányban egy olyan karszttípust mutatunk be, amelynél mindenekelőtt a

sajátos *térbeli helyzet* határozza meg a karszt fejlődését és hidrográfiai rendszerét, valamint az utóbbival szorosan összefüggő emberi gazdaságkodást. A például szolgáló terület a trópusi Jaffna-félsziget (ejtsd: dzsafna), ahol az 1975. évi dél-ázsiai tanulmányutam során helyszíni tanulmányokat folytattam.

Általános ismertetés

Földrajzi fekvés

A Jaffna-félsziget Ceylon szigetének (Sri Lanka) északi nyúlványa, amelyet csak keskeny, alig 1–2 km széles homokturzás köt össze a fő szigettel. A földrajzi koordináták szerint ez a terület a K-i hosszúság $79^{\circ}54'$ és $80^{\circ}35'$, valamint az É-i szélesség $9^{\circ}30'$ és $9^{\circ}50'$ között fekszik. Ny-on és É-on a Palk-szoros sekély vize, K-en pedig a Bengáli-öböl övezi, míg D-en a fő szigettől a mocsaras, mangrovés Jaffna-lagúna választja el. Ez utóbbi oly sekély, hogy apály idején nagy területen helyreáll a „szárazföldi” kapcsolat az anyaszigettel. A Jaffna-lagúna az Elephant Pass nevű részen annyira összeszűkül, hogy töltésutat és vasutat vezettek rajta keresztül (1. ábra).

A félsziget Ny–K-i irányú kiterjedése 70 km, É-ről D-re pedig 8–25 km közt váltakozik. A felszín majdnem tökéletes síkság, amelynek É-i része kissé megbillenve kiemelkedett. Itt 5–10 m magas abráziós partfal határolja a félszigetet (1. kép), míg a D-i oldal nagyon gyenge lejtéssel tűnik el a mangrovés mocsarakban. A félsziget legmagasabb kiemelkedése 10,5 m a közepes tengerszint felett, ez a hely az É-i part közelében, Tellipalai mellett található. A félsziget K-i nyúlványait alkotó futóhomokdűnek változó magassága helyenként eléri a 10–15 m-t.

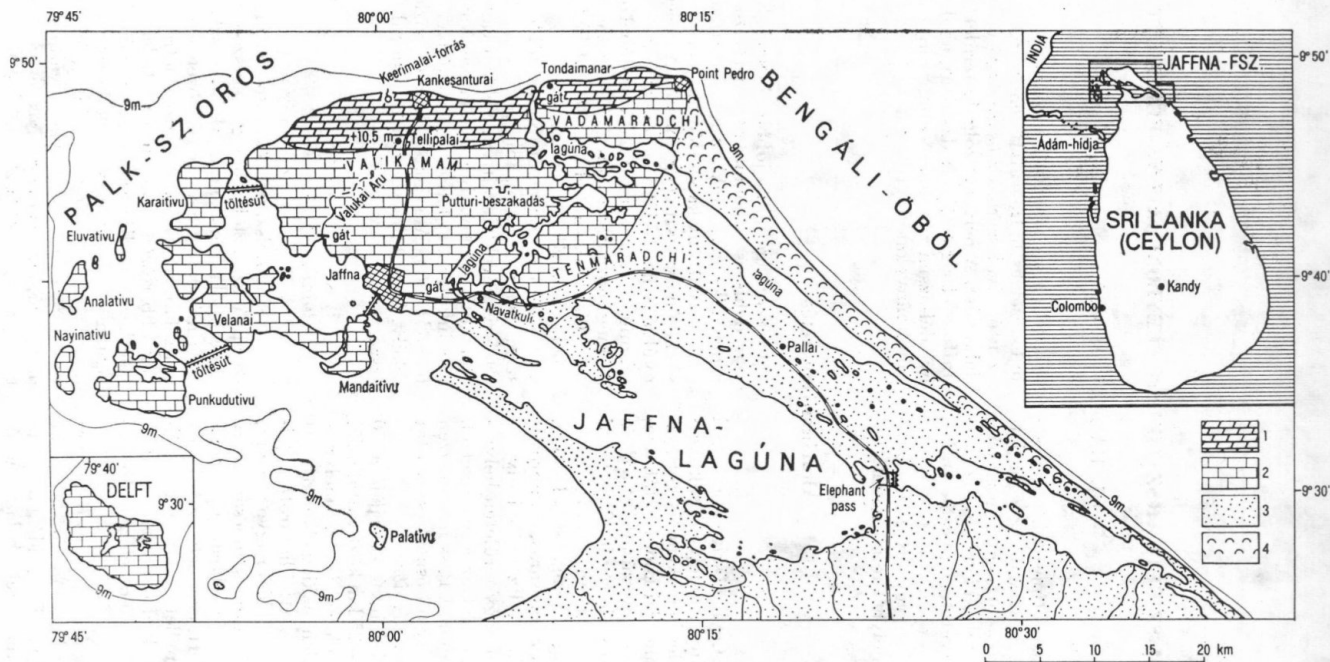
A félszigetet belső lagúnák Ny-i és K-i részre bontják. Ezek a lagúnák É-on Tondaimanar mellett, D-en pedig Navatkuli vidékén összeköttetésben állnak a tengerrel. A lagúnáktól Ny-ra eső terület (Valikamam) tagolatlan karsztos síkság, míg a K-i oldalt a beltavak ismét

két részre tagolják: a jobban kiemelt É-i Vadamaradchi- és a homokkal fedett D-i Tenmaradchi-síkságra. Ezekhez K felé két hosszú homokos nyúlvány kapcsolódik, amelyeket sekély sós lagúna választ el egymástól. A szélesebb D-i nyúlvány homokját a növényzet már megkötötte, míg a tengerparttal határos dűnelánc anyaga még mozgásban van. A félsziget egész területe 1050 km², amiből kb. 100%-ot foglalnak el a belső lagúnák.

A Jaffna-félszigettől Ny-ra több alacsony sziget helyezkedik el, amelyek felépítése azonos a félszigetével (Karaitivu, Velanai vagy Kayts, Mandaitivu, Eluvativu, Analativu, Nayinativu, Pundukutivu, Palativu és a valamivel távolabb fekvő Delft). A szigetek közötti vízlepel oly sekély, hogy több szigetet töltéssal kötöttek össze.

Földtani felépítés

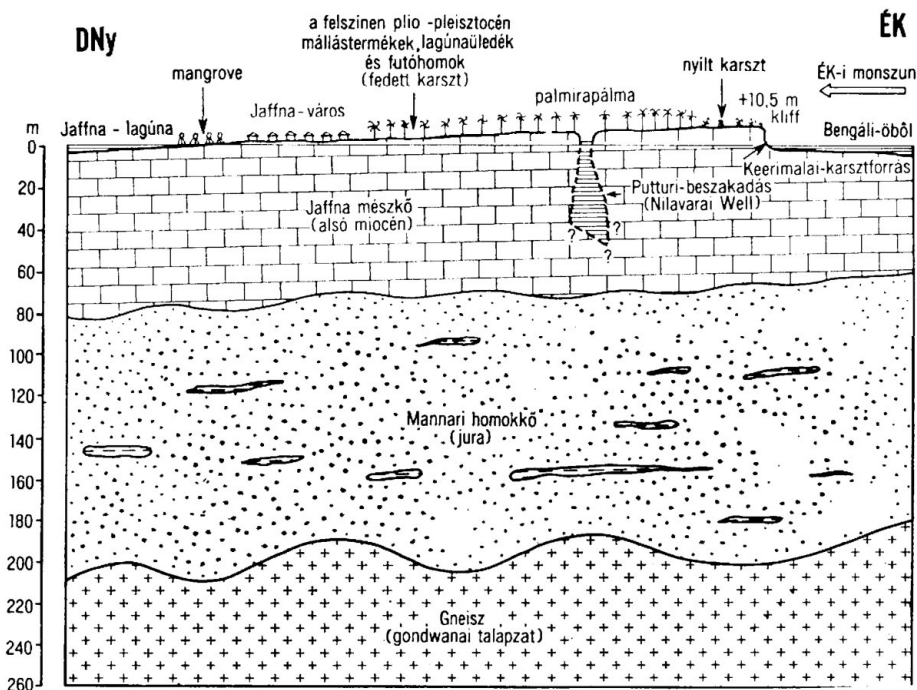
A Jaffna-félsziget közettani felépítése egyszerű. A szárazföld tömegét egészében az alsó miocénből származó ún. jaffnai mészkő alkotja. Ez a mészkő az É-i partok közelében fedetlen, nyílt karsztos felszín hozott létre, a terület nagyobb részén azonban a plio-pleisztocénben keletkezett mállástermékek, valamint jelenkori lagúnaüledék és mozgó buckahomok fedi. A kutatófúrások tanúsága szerint a mészkőréteg vastagsága 70–100 m. Alatta változó szemcsenagyságú, meszes és agyagos rétegekkel közbe-települt homokköszlet következik (mannari fácies). Ez a homokkő a jura-időszakban képződött, és 90–150 m vastagságban halmozódott



1. ábra. Jaffna-félsziget geomorfológiai vázlata

1 = nyílt karsztos felszín (miocén jaffnai mészkő) vékony terra rossa kitöltéssel, 2 = fedett karszt (a miocén mészkövet 1–5 m vastag plio-pleisztocén agyagos mállástermékek lagúnaüledék és parti homok borítja), 3 = negyedkori tengerparti homok és lagúnaüledék, 4 = mozgó dűnehomok.

Fig. 1. Geomorphological sketch of Jaffna Peninsula. 1 = Naked karst surface (Jaffna limestone, Miocene age) with thin terra rossa. 2 = Covered karst (the Jaffna limestone is overlain by residual clay, lagoonal sediment and littoral deposits, all of Plio-Pleistocene age, with a thickness of 1–5 m). 3 = Quaternary lagoonal sediment and littoral deposits, 4 = Shifting littoral sand.



2. ábra. Geológiai szelvény Jaffna-félsziget közepén DNY—ÉK-i irányban a Pallai mellett végzett fúrás adatainak felhasználásával

Fig. 2. Geological section of the middle part of Jaffna Peninsula in the direction of SW-NE using the log of the drill hole at Pallai.

fel a félsziget egyenetlen felületű, gneiszből álló talapzatán (2. ábra).

Jaffna-félsziget földtörténeti múltja szorosan kapcsolódik Ceylon és India fejlődéséhez. Ezek a területek a Gondwana időszaktól a miocénig egyetlen összefüggő szárazulatot alkottak. Kb. 20 millió évvel ezelőtt a tenger nyomult be Ceylon és India közé. Ebben a sekély tenger-részben korallanyagok és egyéb üledékek halmozódtak fel. A fossziliák közül fontos a Taberina malabarica, amely a kormeghatározást segítette elő (burdigalai emelet). A szilárd talapzatot nyugvó üledékretegeket sem gyűrődés, sem jelentősebb törések nem bolygatták, csupán gyenge felemelkedések és süllyedések következtek be a miocéntól a jelenkorig. Ennek az ingómozgásnak a következtében alakult ki a Jaffna-félsziget, valamint tőle D-re a fő sziget ÉNy-i része, ahol a több ezer km²-nyi sík terület alapját szintén miocénkori mészkő alkotja.

A jaffnai mészkő viszonylag kemény, jól oldódó, tehát karsztosodásra kiválóan alkalmas kőzet. Ahol fossziliákban gazdagabb, ott könnyebben fejthető, laza, morzsalékos és erősen

porózus részek is vannak benne. A rétegek fekvése csaknem vízszintes, csupán nagyon csekély DNY-i dőlés figyelhető meg. A kőzettömeget ÉNy—DK irányú és ezekre merőleges törések, hasadékok járják át, amelyek megkönnyítik a csapadékvíz behatolását a kőzet belsejébe.

Éghajlati adottságok

Jaffna-félsziget éghajlata az Egyenlítő közelsége miatt trópusi, a „majdnem-sziget” jelleg következtében pedig a környező óceáni víztömeg érezteti hatását. Mivel ez a lapos terület a Dekkán magasba emelkedő D-i részének szélárnyékában fekszik, a DNY-i monszun esőzései ritkán jutnak el erre a vidékre. Annál nagyobb szerepet játszik az ÉK-i monszun, amely októbertől januárig tart, és a Bengáli-öböl felől nedves légtömegeket szállít Ceylon ÉK-i partvidékére, így Jaffnára is.

Csapadék. Jaffna-félszigeten és a hozzá kapcsolódó szigeteken összesen 9 csapadékmérő állomás működött az elmúlt években. Az éves

csapadékatlakozások a térségben 940—1320 mm közt váltakoznak. Jaffna város 1955—1966. időszakai éves csapadékatlakozása 1196 mm, ebből az ÉK-i monszun idejére (október—január) 966 mm (81%) jut. A félsziget E-i partján fekvő Point Pedro 12 éves csapadékatlakozása 1077 mm (ebből monszuneső 884 mm, 82%). Legkevesebb a csapadék a Palk-szorosban fekvő Delft-szigeten 942 mm, ill. 749 mm). Az ÉK-i monszun követő időszakban gyakorta előfordul, hogy 3—5 hónapon át egy szem eső sem hull. Az évszakos ingadozáson kívül az éves csapadékösszegek is nagyon változóak. Az utóbbi száz esztendő legszárazabb éve 1963. volt, amikor Jaffnában csak 625 mm csapadék hullott. Előfordul, hogy több aszályos esztendő követi egymást, ami a múltban súlyos éhínséget eredményezett. G. THAMBYAHPILLAY a százéves megfigyelési adatok alapján kimutatta, hogy 20 évenként egy szárazabb és egy nedvesebb éghajlati ciklus váltja egymást.

Hőmérséklet. A félsziget évi középhőmérséklete 27,0—27,5 °C közt változik. Az évszakos ingadozás 2—3 fokos.

Párolgás. A szabad vízfelületről való elpárolgás éves átlaga a jaffnai állomás jelentése szerint 2265 mm.

Természetes növénytakaró

A trópusi éghajlathoz mérten viszonylag kevés csapadék és annak szeszélyes eloszlása Jaffna-félszigeten elsősorban a szárazság- és sötét növényzet fennmaradását tette lehetővé. Az em-

beri beavatkozás az eredeti növénytakarót alaposan megtépázta: természetes növényzet a mészkőtábla alig 15%-án maradt meg. Ilyen területek a mezőgazdasági művelésre alkalmatlan sós belső lagúnák, ahol a fő növényzetet a mangrovecserjék és pandánuszok jelentik. Másik háborítatlan növényzeti típus a nyílt karsztos felszínen maradt fenn az É-i partok közelében: ennek uralkodó növényei a 4—5 m magasságúra megnövő, fa alakú kaktuszok (2. kép).

A félsziget talajjal borított felszínének nagyobb részét egy vadon élő pálmaféleség, a palmirapálma és a vele társuló szárazságtűrő cserjés aljnövényzet borította. A palmirapálma (*Borassus flabelliformis*) jelenleg is Jaffna legjellemzőbb növénye, manapság azonban már inkább kultúrnövénynek számít, bár sokfelé szabadon tenyészik. A palmirapálma viszonylag kevés vízzel beéri, így a száraz, köves talajú félszigeten előnyben van a kókuszpálmával szemben, amely csak nehezen marad meg, és nagyon kevés termést ad. A palmirapálma hasznossága a kókuszéval vetekszik: gyümölcsét, fáját és leveleit egyaránt felhasználják. A levágott virágkocsányból kicsurgó édes léből nyelik a ceyloniak közkedvelt pálmaborát (*toddy*), de cukrot is készítenek belőle (*jaggery*). Jaffna a palmira igazi hazája, a mészkőtáblán mintegy 8 millió karcsú pálmafa díszlik, mely kedves, barátságos köntösbe öltözteti ezt az egyébként sivár karsztos síkságot (3. kép). Ceylon szigetén D felé haladva a palmirát fokozatosan felváltja a kókuszpálma. Sok palmirapálma nő a Jaffnával átellenben fekvő — szintén száraz klímájú — malabári partokon is.

Geomorfológiai és hidrológiai sajátosságok

Karsztos formakincs

A félsziget csekély reliefenergiája és a trópusi övezet mértén viszonylag kevés csapadékmennyiség nem kedvez a látványos karsztformák kialakulásának.

A *felszíni karsztformák* különösen szegényesek. Nyílt karsztfelszínek csak a jobban kiemelt É-i partok közelében találhatók. A talaj nélküli sziklás térszínen kezdetleges karrformák, kamenicák és az oldásos lepusztulás egyéb kis képződményei (kannelurák) láthatók. Gyakoriak a mélybe vezető, 10—20 cm átmérőjű, terra rossával kitöltött oldásos csatornák, amelyeket különösen köfejtők falán lehet jól megfigyelni (geológiai orgonák). A függőleges partfalak alján számos abráziós sziklaodú alakult ki.

A karsztos felszín említést érdemlő nagyobb lepusztulási képződménye az ún. kulam (tamil népi kifejezés). A jaffnai kulamok 20—50 m átmérőjű, 0,5—2 m mélységű, terra rossa aljzatú, kerek, tálserű mélyedések. Korábban ezekről azt hitték, hogy emberi létesítmények,

Jaffna-félsziget ősi lakói készítették víztározó céljára. Az esős évszakban valóban megtelnek ezek a mélyedések vízzel, bár semmi esetre sem emberi kéz alkotta őket. A kulamok valójában oldásos úton vagy beszakadás révén létrejött, impermeabilis üledékekkel feltöltött, természetes töbrök (dolinák). Nem gyakori képződmények, jaffnai terepjárásaim során mindössze három láttam.

A kulamoknál sokkalta nagyobb depressziók a belső lagúnák, mélységük a tengerszinttel egyező vagy valamivel alacsonyabb. A félsziget fő törésvonalaival egyező partjaik arra engednek következtetni, hogy ezek a mélyedések tektonikus képződmények. Csak időszakosan, az esős évszak hónapjaiban tárolnak vizet.

A *mélységi karsztformák* (karsztvízfáratok) fejlettebbek a felszíni formáknál, az ember számára azonban nehezen hozzáférhetőek. Csúpnán a kiemelkedőbb partok közelében fedezhető fel néhány bejárható hosszabb barlang (pl. Sinna és Periya Mandapan mellett), az üregek többsége a karsztvízszint alatt helyezkedik el.



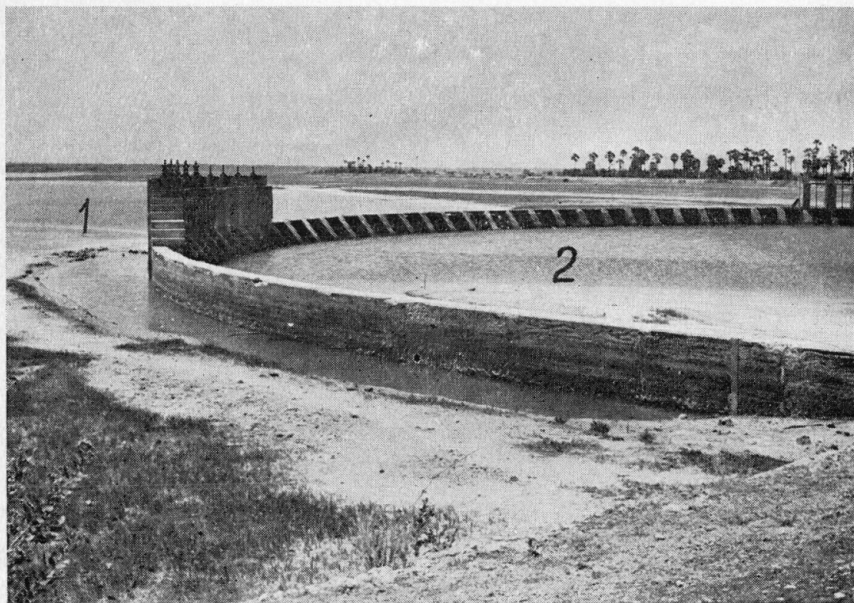
1. kép. Jaffna-félsziget É-i abrúziós partja Keerimalai és Kankasanturai között.
 Pict. 1. The northern cliffs of Jaffna Peninsula between Keerimalai and Kankasanturai villages.



2. kép. Kaktuszfák a félsziget É-i partja közelében, nyílt karsztos felszínen.
 Pict. 2. Cactus trees on naked karst surface near the northern cliffs of the peninsula.



3. kép. Palmirapálmaliget (*Borassus flabelliformis*) Jaffna-félsziget karsztos síkságán.
 Pict. 3. Grove of palmyrah (*Borassus flabelliformis*) on flat karst surface of Jaffna Peninsula.



4. kép. Zárógát a belső lagúnák és a tenger között.
 1 = belső lagúna (édes- vagy brakkvíz), 2 = tengervíz.
 Pict. 4. Dyke between the inner lagoons and the sea.
 1 = inner lagoon (fresh or brack water) 2 = sea water.

A freatikus zónában valószínűleg igen nagy méretű oldásos üregek léteznek, aminek bizonyossága a Putturi-beszakadás.

Ez a hatalmas természetes berogyás a Ny-i karsztábrán belül, az É-i parttól 7,5 km távolságban és 5 m tengerszint feletti magasságban alakult ki. Az irodalomban és a nép nyelvén Puttur Well, Nilavarai Well vagy Bottomless Well („feneketlen kút”) néven szerepel. Átmérője felül 14×11 m, lefelé fokozatosan bővül. A közel kör alakú szakadék alját kristálytiszta víz tölti ki, amelyet a néphit „feneketlennek” vélt. Néhány évvel ezelőtt a ceyloni hidrológusok megmérték a víz mélységét, s megállapították, hogy a sziklaaljzat a K-i fal alatt 164 láb (50 m), a Ny-i oldalfal alatt 134 láb (41 m) mélységben húzódik. Búvármerülést még nem hajtottak végre, víz alatti szabadúszással kb. 5 m mélységig jutottak le. A vízzel kitöltött üreg lefelé tovább szélesedik.

A Jaffna-félszigeten a karsztos lepusztulás fő tényezője a kémiai erózió (korrózió), míg a fizikai (mechanikai) erózió a terület alacsony fekvése miatt kevésbé érvényesül. A karsztos korrózió mértékének meghatározása céljából vízmin-tákat vettünk a Putturi-beszakadás tavából és több kúthól. Az elemzések során a vízmintákban 1000 ml-re számítva 50–70 mg Ca^{++} és 10–15 mg Mg^{++} iont határoztunk meg. Ez kalciumkarbonátban kifejezve 160–240 mg/l feloldott közetmennyiségnek felel meg. Az ismert Corbel-i formula alapján — évi 220 mm beszivárgást feltételezve — a karsztos korrózió intenzitása 14–21 mm/1000 év. Ez jóval alacsonyabb, mint általában az óceáni korallszigeteken tapasztalható érték, ami a viszonylag kevés csapadékmennyiségnek tudható be. (A korróziós lepusztulás átlagos értéke a magyarországi karsztvidékeken átlagosan kb. 20 mm/1000 év.) Jaffna-félszigeten a sajátos térségi helyzet folytán a karsztos korrózió főként a mélyben érvényesül, mivel még agresszív (oldásra képes) csapadékvizek jutnak le az alig néhány m mélységben elhelyezkedő karsztvízszintig. Ebben a zónában a különböző keménységű vizek keveredési korróziója is fokozza az oldást, azaz a víz alatti üregek kialakulását.

Hidrográfiai sajátosságok

A Jaffna-félszigeten hiányoznak az állandó jellegű felszíni vízfolyások. A karsztos tábla egyetlen folyója a Valukai Aru, amely az É-i partot közelében kb. 10 m tszf-i magasságban ered, és D-i irányba tart, medre azonban az év nagyobb részén száraz. Az esős évszakban a partok közelében számos rövid vízmeder válik átmenetileg aktívvá.

Jaffna nagyon szegény természetes karsztforrásokban is. Csupán az É-i kliffek tövében fakadnak kisebb források, de ezek többsége is elapad a száraz évszakban. A kivételek közé

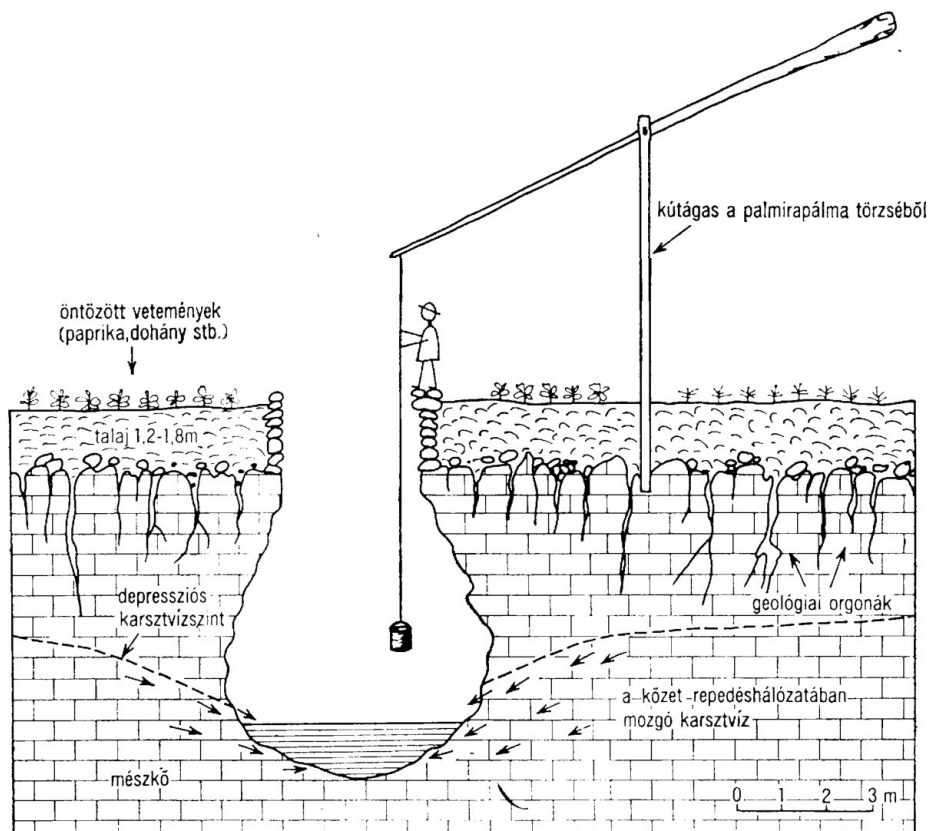
tartozik a Keerimalai-forrás, melynek vize tárgas sziklaüreghől bugyog fel. Hasznosítására a forrásszáj elé egy kb. 8×15 m-es medencét építettek, amely kissé visszaduzzasztja a forrást és megakadályozza, hogy a forrásvíz közvetlenül a tenger vizébe kerüljön. Ottjártamkor (1975. július közepén) a vízmedence naponta egyszer töltődött fel, és zsilip segítségével apály idején kb. 100 m³ vizet eresztettek le a tengerbe. Ebből következik, hogy a forrás akkori vízhozama percenként kb. 70 liter volt. Az esős évszakban a vízhozam ennek többszörösére növekszik. A forrás mellett hindu templomokat emeltek és a vízmedencében a zarándokok rituális fürdésüket végzik.

A Keerimalai-forrás vizét többször elemezték, s kloridiontartalmát literenként 900–1000 mg-ban határozták meg. A forrás vize tehát már a mélyben tengervízzel keveredik, s mivel sótartalma jóval túlhaladja az emberi fogyasztásnál elfogadható maximális mértéket (400 mg/l), csak háztartási célokra használható fel (maximum 1500 mg/l kloridiontartalomig). A környező tengerek felszínének kloridiontartalma 20–24 000 mg/l (S. ARUMUGAM).

Természetes források hiányában a lakosság a karsztvizet mesterséges úton, kutakból termeli ki. A kutakat a mészkőbe vájják a karsztvízszint helyzetétől függően 5–10 m mélységig. A kutak felső nyílásának átmérője 3–4 m, lefelé haladva 5–6 m-re öblösítik ki, hogy a beszivárgási felületet megnöveljék (3. ábra). A vízkiemelés ősi eszköze a gémeskütszerkezet, de újabban mind több helyen motoros szivattyúkat alkalmaznak. A kutakban a vízmélység nyugalmi állapotban 1–1,5 m, kimeregetés, ill. leszívás után ez a vízmennyiség a helyi adottságtól függően beszivárgás útján 6–24 óra alatt pótlódik.

A kutakban észlelt vízállások alapján meghatározható a karsztvízszint magassága. Ez az általános törvényszerűségeknek megfelelően gyengén domború felületet mutat, amelynek legmagasabb pontja a félsziget közepe táján kb. 60 cm-rel haladja meg a környező tengerek közepes szintjét (A. ARAD). A parttól 1–2 km távolságig a kutak vízállásában észrevehető a tengeri árapály által okozott színtingadozás. Ez a jelenség arra utal, hogy a kőzet nagyon üreges, hasadékok szabdalták össze, és bennük a víz a közlekedő edények törvénye szerint szabadon mozog. Az árapály jelensége kivételesen jól megfigyelhető a tengerparttól 7,5 km-re levő Putturi-beszakadás tavánál is, ahol a vízszint napjában kétszer 30–40 cm-t emelkedik, ill. süllyed (a tengeri árapály átlagos színtingadozása kb. 1 m).

Az öntözéses gazdálkodás következtében a lakosság egyre több kutat létesített, és megnövelték a kitermelt víz mennyiségét. Ennek kapcsán mind több helyen tapasztalták, hogy az édesvíz helyett előbb kevert (félíg sós, brakkos), majd erősebben sós víz tört fel a kutakban.



3. ábra. Egy jellegzetes jaffnai kút és környezetének keresztmetszete.
Fig. 3. Cross-section of a limestone well and its surroundings typical of Jaffa Peninsula.

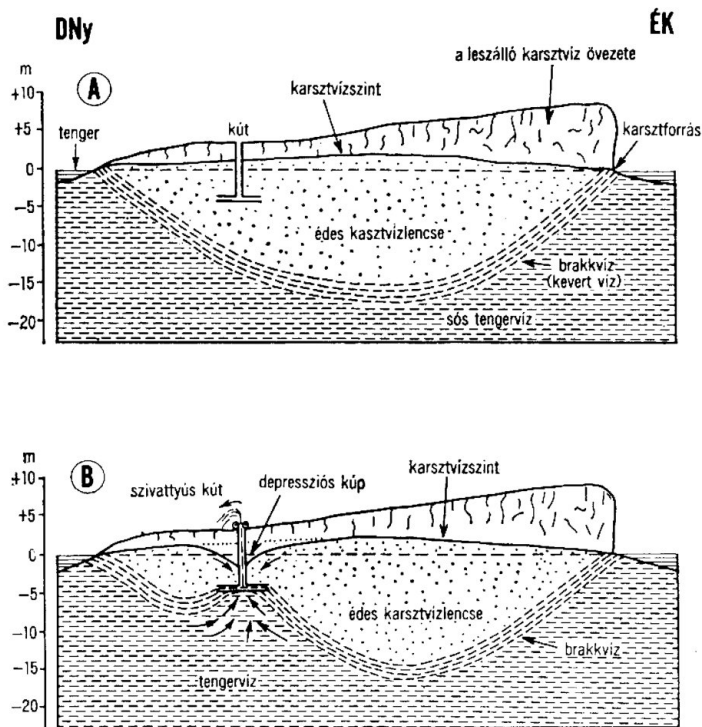
A bőségesebb vízutánpótlás reményében nagyobb mélységű kutakat véstek ki a mészkőben, azonban ezekből is hasznavehetetlen sós vizet nyertek. A lakosság saját kárán tanulta meg, hogy az édesvíz a felszíni kőzetben csak vékony rétegben helyezkedik el, alatta sós víz foglal helyet (4 ábra).

Az édes- és sós víz rétegződését a Putturi-beszakadás tavában is megállapították. Különböző mélységekből vízmintákat emeltek ki, és a laboratóriumi elemzéskor megállapították, hogy a szakadéktól 15 m-ig édes, azaz kloridiontartalma literenként 200–400 mg között mozog. 15 m-től 21 m-ig terjedő mélységben a víz gyengén sós (brakkvíz), 21 és 49 m között erősen sós, 49 m-nél nagyobb mélységben pedig az oldott sótartalom meghaladja a környező tengerek sótartalmát is (kb. 25 000 mg/l). Nagyobb mélységekben a sótartalom ismét csökken, pl. a Pallai melletti fúrásból 160 m mély-

ségből kiemelt vízmintában már csak 16 550 mg/l kloridiontartalmat állapítottak meg.

A Putturi-beszakadás, valamint több más fúrt kút vizének elemzése bebizonyította, hogy a felszíni kőzetben az édesvíz lencseszerűen helyezkedik el, a belső részeken 10–15 m vastagságú és a partok felé fokozatosan elvékonyodik. Az édesvízlencse alatt — átmeneti brakkos réteg után — az üregekben mindenhol sós víz foglal helyet. A könnyebb fajsúlyú édesvíz szinte „úszik” a nehezebb tengervíz felszínén.

A Jaffna-mészkőtábla földrajzi értelemben felszíni, mivel földnyelv köti Ceylon tömbjéhez, karszthidrográfiai szempontból azonban ez a terület valószínűleg szigetnek tekinthető. Az ott érvényesülő hidrológiai jelenségek hasonlóak azokhoz, amiket a teljesen különálló óceáni korallszigeteknél tapasztalhatunk. Előző tanulmányutamon módomban volt megfigyeléseket végezni csendes-óceáni Tongatapu, Uta Vavau



4. ábra. A Jaffna-félsziget mészkőtáblájának hidrográfiai rendszere (nagyermű függőleges torzítással). A = A karsztvízlelencse nyugalmi állapotban az esős évszakot követően; B = Túlzott megcsapolás következtében az édesvíz felszínén depressziós kúp keletkezett, a mélyből pedig sós víz nyomult be az édesvíz helyébe.

Fig. 4. The hydrographical scheme of the limestone block of Jaffna Peninsula with great vertical distortion. A = Karst water lens (fresh water) in static condition after the rainy season; B = A cone of depression formed on the watertable after the overdrawing of groundwater and salt water penetrated into the well.

és más korallszigeteken, ahol ugyancsak behatárolható vertikálisan is az édes karsztvízlelencse. Az ilyen térbeli helyzetű és sajátos hidrográfiai típusú mészkővidékre külön karszttípus, az *óceáni szigetkarszt* fogalmat javasolom bevezetni.

Az édes karsztvízlelencse kialakulásának természetesen méretbeli korlátai vannak. Ha a korallsziget mindössze néhány km átmérőjű, az életet adó édesvízréteg nem alakulhat ki. Ugyanígy hiányzik az édesvízlelencse azokról a korallszigetokről, amelyek kevés csapadékot kapnak, vagy kőzetük nagyon üreges, vagy pedig igen alacsony felszínűek.

Karsztvízgazdálkodás

Jaffna-félszigeten és a környező szigeteken az 1975. évi adatok szerint kb. 600 000 ember él. A lakosság zöme tamil nemzetiségű, de szétosztottan kisebb szingaléz és egyéb közösségek is

találhatók. A közigazgatási székhely Jaffna város, lakossága 134 000 fő. A félsziget átlagos népsűrűsége 400–500 fő/km², ami karsztvidék esetében szokatlanul nagy szám. Méginkább annak látszik, ha figyelembe vesszük, hogy a népesség 90%-a közvetlenül vagy közvetve a mezőgazdasági termelésből él. Jaffna-félsziget iparát mindössze egy cementgyár (Kankesan-turai helységben) és néhány kisebb palmarafeldolgozó üzem képviseli.

A sakk-táblaszerűen kiépített utak mentén a települések teljesen összenőttek. Olyannak látszik, mintha az egész félsziget egyetlen kertváros lenne. Az utak mellé épült házak mögött helyezkednek el a házikertek, és ezek magas növényű ültetvényei teljesen elrejtik a négyzet alakú településtömbök belsejében megbúvó rizsföldeket. A hatóságok statisztikai adatai szerint Jaffna-félsziget felszínének 60%-át lakóházak és házikertek foglalják el. A földterület 12%-án az esős évszakban rizst termelnek, 14%-án különféle élelmiszer- és ipari növények

öntözéses termesztésével foglalkoznak, a terület 10%-a időszakos lagúna, és kb. 4%-a a karros, köves, mezőgazdasági művelésre alkalmatlan felszín.

A túlnépesedett félsziget lakosságának megélhetése attól függ, hogy mennyire tudnak helyesen gazdálkodni a korlátozott mennyiségben rendelkezésre álló édesvízzel. A ceyloni kormányzat is tisztában van ezzel, és a helyi igazgatási szerveken belül külön vízügyi szervezeteket hoztak létre. A vízügyi szolgálat több mint 400 kutat tart megfigyelés alatt, havonta ellenőrzik a vízmagasságot és a víz kémiai sajátosságait (kloridiontartalmat, az összes keménységet kalciumkarbonátban kifejezve és az összes oldott anyagmennyiséget). Az elemzési adatok alapján havonta elkészítik a félsziget karsztvízlelencséjének szalinitási (sótartalom) térképét. Ha azt tapasztalják, hogy valamely területen a túlzott megcsapolás miatt megbomlott az édes- és sós víz egyensúlya, a hatóságok megteszik a szükséges intézkedéseket (pl. korlátozzák az öntözővíz kitermelését).

Mivel a jaffnai karsztvízlelencse édesvízkészletének utánpótlása kizárólag csapadékból származik, hosszútávon csak annyi vízfelhasználással lehet számolni, amennyi a csapadékból megtartható. Tapasztalati adatok szerint a jaffnai éghajlati viszonyok között a csapadéknak kb. 20%-a szivárog be a kőzetbe, a többi elpárolog, ill. a felszínről lefolyik a tengerbe. Évi 1100 mm átlagos csapadékot alapul véve, a beszivárgó vízoszlop magassága 220 mm, ami a karsztábla összefüggő törzsterületére (kb. 500 km²) számítva mintegy 100 millió m³ mélységbeli vízfeltöltődést jelent. Ez azonban csak átlagszám, vízgazdálkodási szempontból gondolni kell arra is, hogy az éves csapadékmennyiségekben $\pm 50\%$ ingadozás mutatkozhat, tehát a karsztvízkészlet utánpótlása évente 55–165 millió m³ között ingadozhat.

A jaffnai hatóságok 1968-ban felmérték a tényleges vízfogyasztást. Az eredmény: 54 millió m³. A kiemelt víz nagyobb hányadát (33 millió m³-t) ültetvények öntözésére használták fel, a többi (21 millió m³) a lakosság háztartási szükségleteinek kielégítésére szolgált. Az 1968. évi összeírás szerint Jaffna-félszigeten összesen 84 000 kút működött, ebből 18 000-et kizárólag az ültetvények öntözésére használtak. Legnagyobb hozamú „kút” a már említett Putturi-

beszakadás, amelynek tavából naponta 1000 m³ vizet lehet kiemelni az elsősodás veszélye nélkül.

A lakosság és az öntözéses gazdálkodást folytató termelők vízigénye évről évre nő, ugyanakkor a rendelkezésre álló vízmennyiséget a sokéves viszonylatban változatlan csapadék szabja meg. A csapadékvíz minél nagyobb hányadának felfogása érdekében a vízügyi hatóságok különböző létesítményekkel próbálják az eredeti természeti feltételeket módosítani. A mészköttáblán kialakult időszakos völgyekben zárógátakat létesítettek, hogy a nagyobb esők áradmányvizeit feltartóztassák, és elszívárogztatásra kényszerítsék a karsztvízlelencse készletének növelésére. Ugyancsak gátakkal zárták el a belső lagúnákat a tengerrel összekötő széles csatornákat. Ezzel kettős célt érnek el: egyrészt a lagúnákban összegyűlő édesvizet fogják vissza, másrészt megakadályozzák dagály idején a tengervíz beáramlását a belső területekre (4. kép).

A nemrégiben alapított jaffnai egyetem földrajzi tanszékének munkatársai — JEYASINGHAN professzor vezetésével — azt tanulmányozzák: miképpen lehetne a rendelkezésre álló vízkészlettel a leggazdaságosabb termelést folytatni. Elsősorban olyan kultúrnövények elterjesztését szorgalmazzák, amelyek vízigénye kisebb. A lakosság ezzel szemben mind nagyobb mértékben termeli az erős vöröspaprikát (*chilly*), mivel az különösen jól védelemző, ugyanakkor a vízigénye többszöröse más kerti veteményeknek. A geográfusok a palmirapálmára további szaporítását szorgalmazzák, amelynek termelését gazdaságosabbá lehetne tenni, ha termékeinek feldolgozási technológiáját javítanák, és a szükséges üzemeket létrehoznák.

Összegezve az elmondottakat: a Jaffna-mészköttábla szemléltetően példázza az *óceáni karsztiszletek* sajátos karsztomorfológiai és hidrográfiai viszonyait. Ezeket a hazai karsztjainkétól teljesen eltérő jelenségeket a karsztos tömb különleges *térbeli helyzete* eredményezi. A jaffnai karszt típus fejlődési törvényszerűségeinek feltárása nemcsak a tudomány számára jelent új eredményeket, hanem hathatósan hozzásegít a karsztvidéki lakosság életkörülményeinek javításához. E téren példamutató munkát végeznek a ceyloni geográfusok és hidrológusok.

IRODALOM

- ARUMUGAM, S. 1970. Development of Ground Water and its Exploitation in the Jaffna Peninsula. — The Institution of Engineers Ceylon. Transactions for 1970. Vol. 1. p. 17–61.
- BASENDRAN, V. S.—SIRIMANT, C. H. L.—ARUMUGAM, S. 1968. Ground Water in Jaffna. — Published by Water Resources Board, Colombo.
- KULARATNAM, K. 1973. Karst Phenomena in Ceylon. — Abstract of papers submitted to the Int. Congress of Speleology, Olomouc. p. 46.
- THAMBYAPILLAY, G. 1965. Dry Zone Climatology. — Journal of the National Agricultural Society of Ceylon. Vol. 2. No. 1.

AN OCEANIC ISLAND KARST TYPE: THE JAFFNA PENINSULA (CEYLON)

Dénes Balázs

Summary

The Jaffna Peninsula forms the northern extremity of Ceylon (Sri Lanka), it is bound to the main island by a narrow sandy strip. The area is relatively flat, the highest elevation reaches up to 10.5 m near the northern cliffs. Total area is about 1050 km² (*Fig. 1*). The peninsula is underlain by hard, well dissolvable Lower Miocene limestone (Jaffna Limestone) with a thickness of 70 to 100 m. The Jaffna Limestone is underlain by thick Mannar Sandstone Formation of Jurassic age above the Precambrian basement (gneiss) (*Fig. 2*).

The climate of Jaffna Peninsula is tropical with monsoonal influences. Mean annual rainfall is about 1100 mm, 82% of the total precipitation is brought by the north east monsoon (from October to January). Long term variation of rainfall from year to year is maximum $\pm 50\%$.

The original vegetation of the peninsula is a parkland of palmyrah, lagoonal mangrove, different xerophilous and halophilous plants, but now about 85% of the area is under cultivation or occupied by villages. The surface hydrography of the peninsula is undeveloped, no real rivers exist and only at the bottom of the northern cliffs can be found some small permanent springs.

The karst features of the surface are poor as a consequence of the low elevation and scarce rainfall. Most of the karst plain is covered by residual soil of Plio-Pleistocene age or by lagoonal deposits and littoral sand from the Quaternary period. Naked karst exists only on the northern part of the peninsula (see *Fig. 1*), where primitive karrenfeld with mikro solution forms (kamenitza, kannelura etc.) can be observed. The underground karst features are more developed, but most of the caves are inaccessible for humans. The best example of intensive underground solution is the famous Puttur Well or Nilavarai Well. Its depths is about 50 m. The well formed by collapse of a great phreatic hole.

The main denudational activity of Jaffna Peninsula is chemical erosion (corrosion), mechanical erosion is less effective. The CaCO₃ content of the underground waters is 160—240 p. p. m. Intensity of karst corrosion is 14—21 mm/1000 years according to Corbel's formula. These are relatively small values in comparison with those of other tropical islands. Even the temperate karst regions of Hungary have an average of 20 mm/1000 years corrosional decalcification taking place.

The most important hydrographic feature of Jaffna Peninsula are the underground fresh water lens (*Fig. 4*). According to investigations from wells the depth of the lens is only 10—15 m. Below the fresh water lens there is a transitional sheet of brack water under which salt water is present. Recharge of the fresh water lens is almost totally from percolating rainwater. The long term average of recharge is about 110 km³/year, but as a consequence of the variation of yearly rainfall, it varies from 55 to 165 km³, which are extreme values for household consumption and irrigation. Local authorities keep the quantity of water drawn off for agriculture under strict control and the scientific institutes give exemplary assistance for the best economic utilization of this limited fresh water storage.

Jaffna is geographically a peninsula, but from a hydrographic point of view it has the features of an oceanic island. Jaffna Peninsula is a special type of karst area, due to its spatial and geographical location. It is a good example of an oceanic island karst type.

Acknowledgements

I wish to thank DR. K. KULARATNAM, Professor Emeritus and Dean, University of Ceylon, Colombo; Prof. G. THAMBYAPILLAY, Peradeniya, and Prof. W. L. JEYASINGHAN, Jaffna Campus, Vaddukoddai, for their kind assistance to my field studies in Jaffna Peninsula.