

## Karsztos mélyedések működése bakonyi fedett karsztokon

DR. VERESS MÁRTON

### Bevezetés

Fedett karsztokon a karsztosodás (a laza anyagok jelenléte miatt) közvetettebben, összetettebben nyilvánul meg, mint fedetlen karsztokon. A fedett karsztok karsztosodási folyamatainak jobb megismerése érdekében a Bakony-hegységben több helyen, 1977–1984 között számos megfigyelést végeztünk a karsztos mélyedések működésére vonatkozóan.

Folyamatosan figyelemmel kísértük működés közben a karsztos mélyedésekben bekövetkező üledékképződési módokat, típusokat és az üledékképződés folyamatának tisztázása érdekében különböző vizsgálatokat végeztünk.

A megfigyelések alapján elkülöníthetők és jellemezhetők az egyes működési jelenségek (felületi vízbefolyás, vonalas vízbefolyás, kettős működés, elszivárgás, rejtett működés, időszakos források, túlfolyás, időszakos árvízi tavak), valamint leírhatók a mélyedésekben időszakosan kialakult tavak üledékképződési sajátosságai is. Mivel a különböző morfológiájú karsztos mélyedésekben különböző típusú tavak képződnek, az üledékek ismeretében azok fejlődését is felvázolhatjuk.

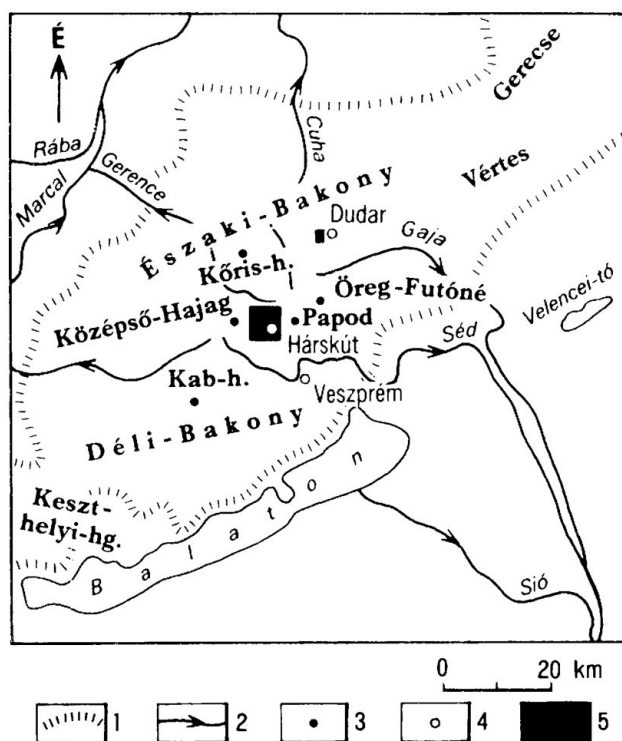
A laminites összletek és a növényhulladékos zóna együttes jelenléte a karsztos mélyedések kitöltésében szántóföldi környezetre utalnak. A szántóföldi művelés uralkodóvá válásának időpontját ismerve az egyes karsztos mélyedések feltöltődési sebességét is kiszámíthatjuk.

### A karsztos mélyedések morfológiai típusai

A Bakony-hegység fedett karsztjain – mint pl. Hárskút és Dudar környékén – nemcsak töbrök és víznyelők fordulnak elő (területileg sokszor nem különíthetők el), hanem gyakoriak a víznyelős töbrök is (VERESS M. 1983b). A különböző töbörtípusok tetőhelyzetű sík vagy lejtős térszíneken, ill. medrekben, völgyekben fordulhatnak elő.

A *víznyelős töbrök* vízelvezető járattal rendelkező olyan karsztos mélyedések, amelyek vízgyűjtő területe nem különíthető el a felszíni vízfolyások vízgyűjtőjétől. A karsztos mélyedések gyakran ikresen fejlődnek ki. Ilyenkor a két (legfeljebb három) részmélyedés egy képzeletbeli egyenes mentén sorakozik. Lejtős térszíneken gyakoriak a részaránytalan, egyik peremükön a másikhoz képest csak kis oldallejtővel rendelkező mélyedések. Ha a karsztos mélyedések medrekben, kisebb völgyekben alakultak ki, helyi kiszélesedéseket és lefolyástalan szakaszokat képeznek. Természetesen a medreknek, völgyeknek és a bennük kialakult víznyelő töbröknek nincs egymástól élesen elkülöníthető vízgyűjtő területük. A vakvölgyes rendszerek a Bakony-hegységben hiányoznak, ill. jelentéktelenek.

A felsorolt karsztos mélyedések egyetlen fejlődési sorba illeszthetők, amelyben a töbörből víznyelős töbör, majd víznyelő fejlődhet ki. Számos megfigyelés bizonyítja azonban, hogy a fejlődési sor bármelyik tagja erősen feltöltődhet, inaktíválódhat.



1. ábra. A kutatás területe. — 1 = hegység határa; 2 = vízfolyás; 3 = hegycsucs; 4 = település; 5 = kutatott terület

Le terrain des recherches. — 1 = limite de la montagne; 2 = cours d'eau; 3 = sommet; 4 = habitat; 5 = terrain recherché

Hárskút és Dudar környékén (1. ábra), de a Bakonyban máshol is (VERESS M. 1983a) megfigyelhető, hogy a karsztos mélyedések lösszel vagy lösszerű anyagokkal (főleg vályoggal) fedett térszíneken alakultak ki. Jellemzőségeik a következők (VERESS M. 1983b):

- A karsztos mélyedések jelentős része vízelvezető járattal rendelkezik (víznyelő töbrök), a járatok kisméretű korróziós csatornák.

- A karsztos mélyedések zöme környezetük laza anyagaival nagyrészt feltöltődött (1. kép).

- A víznyelős töbrökhöz (mivel önálló vízgyűjtő területük nincs) nem vezetnek eróziós eredetű árkok és medrek. Ezért vizüket a lejtőkön felületileg lefolyó vizekből kapják, időszakosan működnek (2. kép).



1. kép. Gyűrűs kifejlődésű kolloidos bevonat a 3. ábrán bemutatott karsztos mélyedés fáin. — 1 = a tó tetőzési magassága; 2 = lassúbb vízszintsüllyedést jelző kolloidgyűrűk ( $a_1 - a_6$ ); 3 = kolloidmentes fa-törzsrészlet (a fa tővénel nyíló vízelvezető járat a vízáramlás helyi felgyorsulását eredményezi); 4 = eróziós barázdák a tó üledékében

Couche colloïdale à développement annulaire sur les arbres de la dépression karstique présentée dans la Fig. 3. — 1 = hauteur de culmination du lac; 2 = anneaux colloïdaux indiquant une baisse des eaux plus lente ( $a_1 - a_6$ ); 3 = tronc d'arbre sans colloïdes (la conduite d'infiltration s'ouvrant au pied de l'arbre résulte l'accélération locale du courant); 4 = rigoles d'érosion dans le sédiment du lac

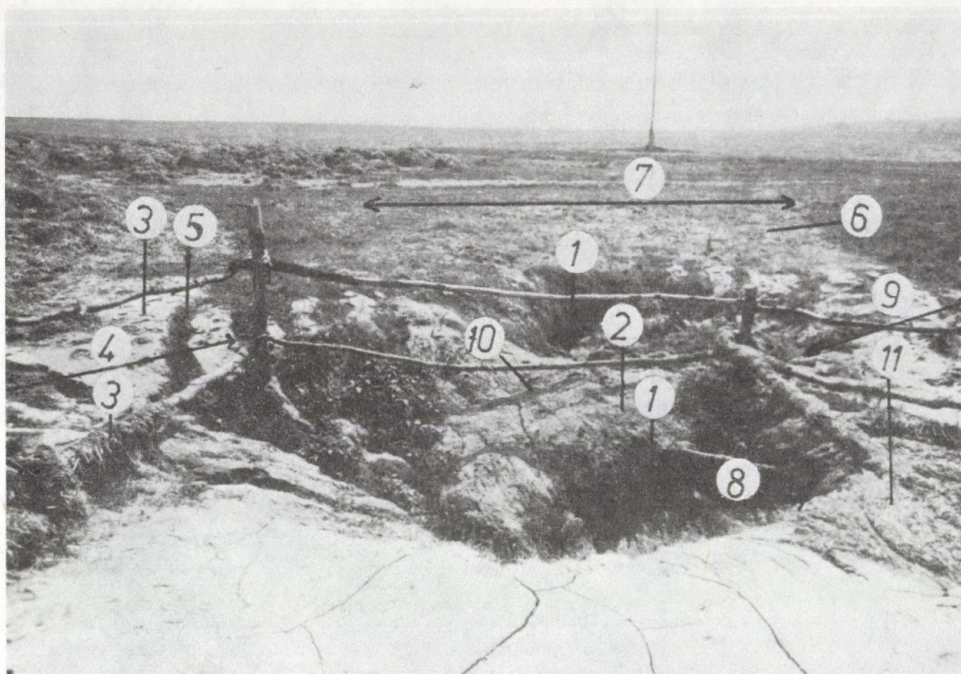
### A téli és nyári működés sajátosságai

A működés a csapadékvizeknek a karsztos mélyedésekbe, majd annak a karsztos járatrendszerbe történő továbbáramlása. Valamely karsztos mélyedés működési időszaka alatt az adott időjárási helyzetben keletkező vizek a mélyedés közvetítésével (rendszerint de nem mindig, a vízelvezető járaton keresztül) a karsztba jutnak. Egy működési időszak eltérő intenzitású szakaszból állhat.

A karsztos mélyedések működése az éghajlattól, vízgyűjtő területük földtani viszonyaitól, domborzatuktól, növényzettől borítottságuktól és hasznosításától (erdő, legelő, vagy szántó) függ.

A karsztos mélyedésekbe jutó víz mennyiségét döntően befolyásolja a talaj vízzel telítődésének mértéke. Az általunk vizsgált területeken a laza üledékek vályogos zónái





2. kép. Rövid ideig létező árvízi tó üledékei a Gy-12 jelű víznyelős ikertöbörnél észak felől (1980. máj. 9-i működés). — 1 = részmedvényedések; 2 = küszöb; 3 = intenzív vízbefolyás során a peremen keletkezett durvább üledék, ill. növényi hulladék; 4 = intenzív felületi vízbefolyás sávja; 5 = az üledékben keletkezett eróziós barázdák; 6 = lassú, felületi vízbefolyást bizonyító kolloidális eredetű elszíneződés a növényzeten; 7 = lassú, felületi vízbefolyás sávja; 8 = a hajdani tó rövid ideig létező része (intenzív víz-áramlás és vízelvezetés); 9 = a hajdani tó hosszabb ideig létező része (kismértékű áramlás és vízelvezetés); 10 = a küszöbön a sekélyebb vízmélység miatt lerakódott növényi hulladék; 11 = túlfolyást bizonyító növényi hulladékterlat

Sédiments d'un lac de crue de courte durée dans le ponor double absorbant, perspective du Nord (Mécanisme du 9 mai 1980). — 1 = dépressions partielles; 2 = seuil; 3 = détritus végétaux et sédiment grossier accumulés lors d'une affluence intensive; 4 = zone d'affluence intensive; 5 = rigoles d'érosion dans le sédiment; 6 = changement de teinte d'origine colloïdale prouvant une affluence superficielle sur la végétation; 7 = zone d'affluence superficielle lente; 8 = partie de longue durée d'un lac ancien (infiltration et courant intensif); 9 = partie du lac ancien de longue durée (infiltration et courant d'une petite mesure); 10 = détritus végétaux accumulés au seuil à cause de la petite profondeur du lac; 11 = amas de détritus végétaux prouvant le débordement

feltehetően csak a vízfelvétel hatására válnak vízzáróvá (a csekély vastagságú lösz víztározása elhanyagolható). Mindaddig, amíg ez nem történik meg, átszivárgás megy végbe a karsztban. Ezért tapasztalhattuk pl., hogy szárazabb időjárást követően 30 mm csapadék sem okozott működést (1978. június 13-án 24 óra alatt). Az egyes karsztos mélyedések működése igen eltérő, mivel a löszök vályogosodása kis távolságokon belül is jelentősen változik.



A Hárskút környékén végzett számos észlelés alapján mind a működési időszak, mind a működés különbözik a téli, ill. a nyári időszakban.

A *téli félévben* a talaj fagyott. A csillagászati télben is lehet nyári jellegű működés (ha a talaj felenged), de lehet fordítva is, amikor nyári félévben téli típusú működés következik be (ha a talaj megfagy). A kétféle működés időtartama nem is jelölhető ki pontosan. Évről évre változhat nemcsak az időtartamuk hossza, hanem naptári dátuma is.

A téli működést rendszerint a hólé okozza. Rövid, gyors és teljes vagy lassú, hosszú ideig tartó olvadásból egyaránt származhat. A működési időszakokat általában hosszú szünetek választják el egymástól. A fátlan környezetű karsztos mélyedésekben a hólé olvadása több hónapig is eltarthat. A fagyott talaj miatt hordalékszállítás nincs, legfeljebb koloidális jellegű üledékek telepítődnek át.

A *nyári félévben* (nyári típusú működéskor) a lehulló csapadékvíz vagy a hólé részben a talajba szivárog. A beszivárgott víz közvetlenül a mészkő járataiba vagy a vízzáró összletek felett áramolva a karsztos mélyedések vízelvezető járataiba kerül. Az eddigi tapasztalatok szerint nyári működés a valószínű, ha a hólé elszivároghat, ezáltal ugyanis a talaj és a laza üledékek vízzel telítődnek, így a csapadékvíz zöme már nem képes beszivárogni, hanem lefolyik a mélyedésekbe (ez okozta pl. az 1986. május 9-i intenzív működést).

A nyári félévben a karszt rendszertelenebbül kap vizet. Ha mégis van vízbefolyás a karsztos mélyedésekbe, az intenzív lesz, rövid ideig tart, a víz több üledéket szállít.

Nehezebben következik be működés erdő alatt, könnyebben gyepterületeken fekvő karsztos mélyedésekben. Szántó környezetű karsztos mélyedések nyáron könnyebben működnek, ha a karsztos mélyedés környezetében a növényzet hiányzik. A tenyészidőszakban viszont kevésbé valószínű a működés rét-, ill. gyepterületeken.

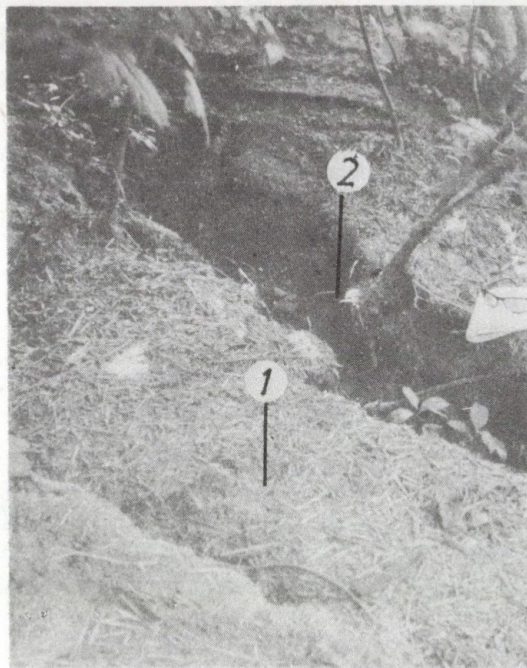
Így pl. 1980. május 9-én 13,4 mm csapadék (2 óra alatt hullott le) az eddigi általunk észlelt egyik legintenzívebb működést eredményezte a szántóföldre eső karsztos mélyedésekben (2–3. kép). A gyepterületek karsztos mélyedéseiben működésre utaló nyomokat egyáltalán nem, vagy alig-alig lehetett tapasztalni.

1982. november 7-én 13 mm csapadék hullott (júl. 18–aug. 7. között összesen 159,7 mm). A bekövetkező működés a gyepterületekre eső karsztos mélyedésekben számottevő volt, a növényzettel borított szántók mélyedései esetében viszont működést nem tapasztaltunk.

A vályogosodó löszök kevésbé teszik lehetővé a csapadékvíz elszivárgását. A mélyedésekbe így egyre több víz kerül, amelynek eróziós munkája csekély, mivel löszös anyagokat mozgat. A karsztos mélyedések alatt viszont az oldódás egyre nő, részben az ide áramló több víz, részben a mélyedésekben kialakult vastagtalajok miatt, ami elsősorban vertikális járatok, *kürtök* kialakulását eredményezi (VERESS M. 1983b).

A téli félévben a korróziós fejlődést még tényező is fokozza. Az egyik tényező, hogy a talaj fagyott a párolgás kicsi, így a hólé zöme a karsztos járatokba kerül. A másik tényező, hogy a hólé hőmérséklete alacsonyabb, mint az esővízé. Ismeretes, hogy a vízhőmérséklet csökkenése az oldást fokozza. A hidegvizes oldás kedvező feltételeket teremt a kürtöképződés számára (JAKUCS L. 1971).

A karsztos mélyedések működésének évszakos jellege különböző növényzet esetében a következőképpen befolyásolja fejlődésüket:



3. kép. Hosszabb ideig létező tó üledékei a Gy-11 jelű víznyelős ikertöbörben, 1980. – 1 = összefüggő növényi hulladék; 2 = eróziós vályú, mélysége megegyezik a tó létezése során keletkezett üledék vastagságával

Sédiments des lacs de longue durée dans le ponor doubla à perte "Gy-11" en 1980. – 1 = détritus végétaux homogènes; 2 = dépression d'érosion dont la profondeur correspond à l'épaisseur des sédiments accumulés dans le lac

A karsztos mélyedések és a hozzájuk tartozó járatrendszerek a *nyári félévben* elsősorban *feltöltődnek*, a *téli félévben korróziósan fejlődnek*. Erdős és gyeses környezetű karsztos mélyedések feltöltődése a nyári félévben is mérsékelt.

A hólé hatására bekövetkező korróziós fejlődés a szántókon és legelőkön jelentősebb lesz, mint az erdőben. A fátlan felszínekről a szél által összehordott hó olvadása nemcsak jelentős víztöbbletet eredményez, hanem a lassú, esetleg több hónapig tartó olvadás (majd a nagymértékű felhalmozódás fékezte vízelvezetés) hosszú ideig tartó korróziót okoz. Ezért az erdőtlen felszínek karsztos mélyedései hó formájában több csapadékot kapnak, mint az helyzetük vagy tengerszint feletti magasságuk alapján várható volna. Ezt az anomáliát *antropogén hatásra* lehet visszavezetni. Szántóföldeken tehát a Bakony fedett karsztjaira egyébként is jellemző kúrtóképződés feltehetőleg gyorsabb, mint erdő alatt.



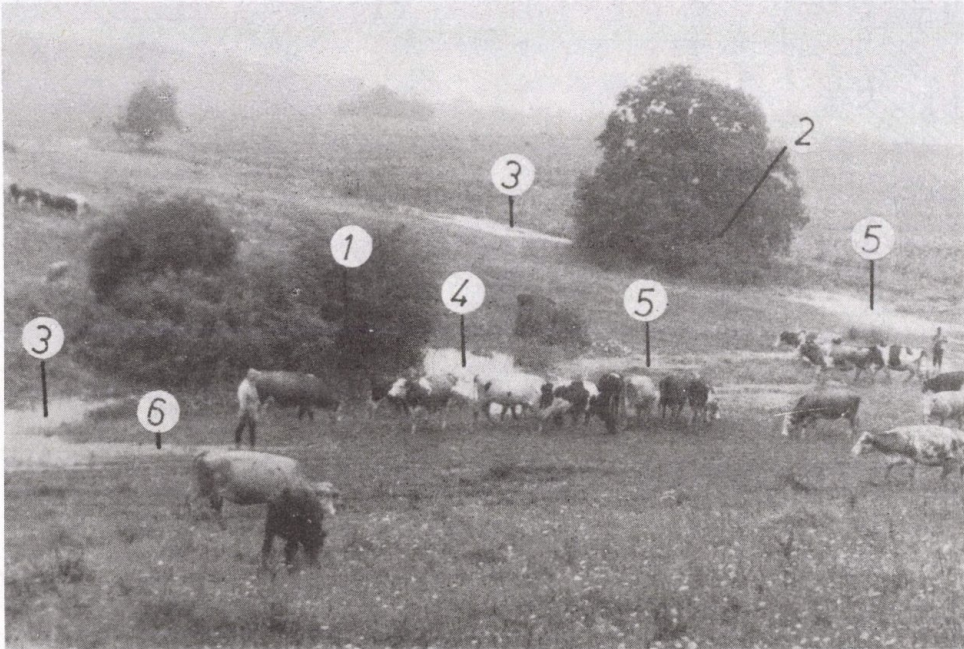
## A működés típusai

1978–1984 között szántóföldi és gyepek környezetű karsztos mélyedéseket figyeltünk meg (2. ábra).

1. *Felületi vízfolyással* (2. kép) lejtős (különösen szántóföldi) felszínekről kap vizet a karsztos mélyedés. A jelenség utólagosan is felismerhető: a nyári félévben a gyepek elszíneződése mutatja, a téli félévben a karsztos mélyedés környékét jég borítja. Felületi vízbefolyásnak tekintjük azt a vízáramlást is, amikor a mélyedésekhez kisebb (egyesül, ill. szétváló) vízerek tartanak. Felületi vízbefolyáskor a víznek csak egy része kerül a karsztos mélyedésbe, jelentős része a vízzel megtelt mélyedés felett vagy mellett továbbfolyik (2, 4. kép).

2. *Vonalas vízbefolyáskor* a karsztos mélyedéshez mederben áramlik a víz (4. kép).

3. *Kettős működéskor* a víznyelős töbrök rendszerint eltérő időpontokban (ritkábban egyidejűleg) és eltérő intenzitással felületi és vonalas vízbefolyással egyaránt kaphat vizet. Különösen akkor különül el a kétféle vízbefolyási mód, ha az eltérő dom-



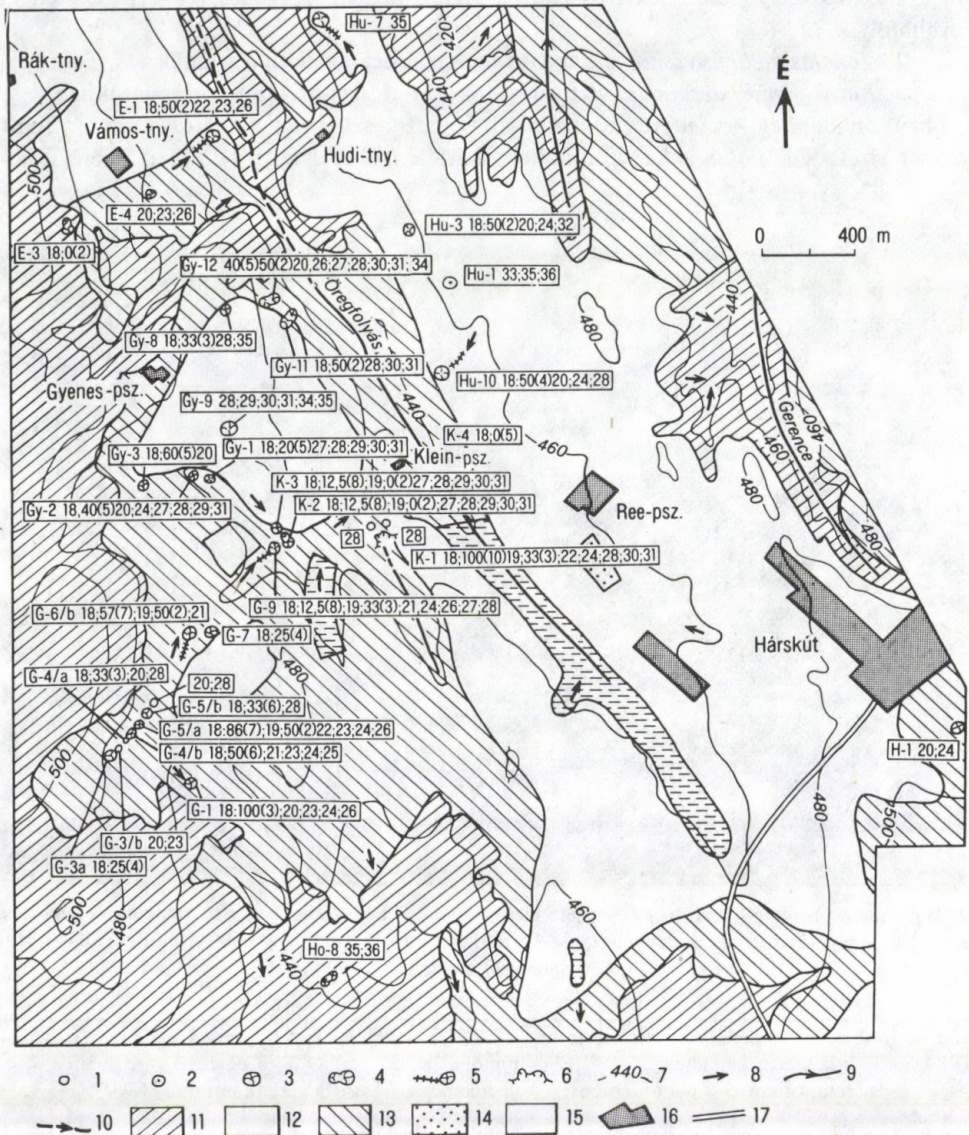
4. kép. Hosszabb ideig létező tó a G–9 jelű víznyelőben, 1984. – 1 = G–9 jelű víznyelő; 2 = K–2 és K–3 jelű víznyelős töbrök; 3 = vízbefolyás; 4 = időszakos tó; 5 = túlfolyás; 6 = vízfolyás a G–9 jelű víznyelő mellett

Lac de longue durée dans la perte karstique "G–9" en 1984. – 1 = la perte karstique "G–9" en 1984. – 1 = la perte karstique "G–9"; 2 = ponors "K–2" et "K–3" à perte; 3 = affluence; 4 = lac temporaire; 5 = débordement; 6 = écoulement près de la perte karstique "G–9"



borzathoz (lejtős felszín, ill. meder) eltérő művelési ág is tartozik (szántó, ill. legelő). A kettős működést mutató karsztos mélyedések formakincse is kétarcú lesz. Így a K-1. jelű víznyelőnek a felületi vízbefolyáshoz közelebb eső részén a kitöltés vastag. A mélyedés oldala eltemetett, a kitöltésben meredek falú, zárt mélyedés képződött. A víznyelőnek a vonalas vízbefolyáshoz közelebb eső részén, az aljazaton eróziós meder alakult ki, továbbá a víznyelő oldala itt hosszú, meredek.

4. *Elszivárgásos a működés* az olyan karsztos mélyedésekben, ahol a vízelvezető járat még csak kialakulóban van vagy ami még jellemzőbb, laza anyagokkal eltemetődött, ill. beborítódott.



5. A *peremi elszivárgást*, — amely az előző egy speciális esete — a kis lejtés, a mélyedések peremén felhalmozódott szemét, növényi hulladék vagy a szántás okozza. A felszíni vizek — különösen ha mennyiségük kevés — ilyen esetben elszivároghatnak. Az elszivárgás történhet egyetlen helyen vagy egész zónában. Mindkét esetben végbemehet tulajdonképpeni elszivárgással, ill. állati járatokba történő elfolyással (5. kép). Az így elfolyó víz alulról kivékonyítja a talajt, ezért a felszín beszakadozik. Így, bár nincs erózió, még gyepterületeken is képződhetnek kisebb barázdák a mélyedések peremén.

6. *Rejtett működéskor* a karsztos mélyedés peremén vagy a perem közelében elszivárgott vizek a mészkőre települt vízzáró üledékek felett áramolva jutnak a vízvezető járatokba úgy, hogy a felszínre már nem bukkannak.

7. Az *időszakos források* vize a karsztos mélyedések peremén állati járatokba elfolyó, elszivárgó vizekből származik. Az elszivárgó vagy elfolyó víz itt is vízzáró összletek felett áramlik, de mielőtt elérné a karsztos járatokat, a mélyedés oldalában felszínre bukkan. Esetenként (pl. a K-3. jelű víznyelős töbrben) megfigyelhető, hogy a víz a mélyedések oldalában felhalmozódó üledékekből bukkan elő, amelyek hónappal vagy évvel azelőtt ülepedtek le.

A források vize ott bukkan elő, ahol az áramló víz felett az üledékek beomladoznak (pl. a G-5/a. jelű víznyelős töbr), vagy ahol egy kialakuló eróziós meder feltárja a vízzáró rétegeket (mint a G-1. jelű víznyelős töbrben). Az is tapasztalható, hogy az ilyen eróziós medrekben a forrás vize esetenként más és más helyeken bukkan elő.

2. ábra. Működéssel kapcsolatos jelenségek földrajzi elterjedése Hárskút környékén.\* — 1 = töbr; 2 = akkumulálódott töbr; 3 = víznyelős töbr; 4 = víznyelős ikertöbr; 5 = víznyelő; 6 = vakvölgy; 7 = szintvonal; 8 = völgytengely; 9 = állandó vízfolyás; 10 = időszakos vízfolyás; 11 = erdő; 12 = rét, legelő; 13 = szántó; 14 = gyümölcsös; 15 = vizenyős terület; 16 = település; 17 = út; 18 = 1980-ban, ill. 19 = 1981-ben észlelt működés százalékban kifejezve; 20 = felületi vízbefolyás; 21 = vonalas vízbefolyás; 22 = kettős működés; 23 = elszivárgás a karsztos mélyedésben; 24 = peremi elszivárgás; 25 = rejtett működés; 26 = időszakos forrás; 27 = túlfolyás; 28 = időszakos árvízi tó; 29 = iszaplerakódás a mélyedés aljzatán; 30 = iszaplerakódás a mélyedés növényzetén; 31 = növényi hulladék a mélyedés aljzatán és növényzetén; 32 = eltemetett talaj; 33 = rétegetlen iszap; 34 = növényi hulladék az elvezető járatban; 35 = eltemetett növényhulladékos összlet; 36 = laminit

La distribution géographique des phénomènes concernant le mécanisme karstique aux environs de Hárskút. — 1 = ponor; 2 = ponor accumulé; 3 = ponor à perte; 4 = ponor double à perte; 5 = perte karstique; 6 = vallée aveugle; 7 = courbe de niveau; 8 = axe de la vallée; 9 = cours d'eau permanent; 10 = cours d'eau temporaire; 11 = forêt; 12 = pâturage; 13 = terre arable; 14 = verger; 15 = terre marécageuse; 16 = habitat; 17 = route; 18 = proportion en % du mécanisme observé en 1980; 19 = proportion en % du mécanisme observé en 1981; 20 = affluence superficielle; 21 = affluence linéaire; 22 = mécanisme double; 23 = infiltration dans la dépression karstique; 24 = infiltration au bord; 25 = mécanisme caché; 26 = résurgence temporaire; 27 = débordement; 28 = lac de crue temporaire; 29 = accumulation boueuse au fond de la dépression; 30 = accumulation boueuse au fond de la dépression; 31 = détritus végétaux au fond et sur la végétation de la dépression; 32 = sol enterré; 33 = boue non-stratifiée; 34 = détritus végétaux dans la conduite d'infiltration; 35 = série à détritus enterrés; 36 = laminite

\* Zárójelben az évi észlelések száma, előtte %-os aránya szerepel. Ahol a működést csak közvetett úton lehetett megállapítani, a vízbefolyás módjára nincs utalás.





5. kép. Peremi elszívárgás állati eredetű járatban, 1981. — 1 = elszívárgási hely; 2 = karsztos mélyedés; 3 = olvadékvizek; 4 = olvadékvizek áramlási iránya; 5 = olvadékvizek hordaléka

Infiltration de bord dans une conduite d'origine animale. — 1 = lieu d'infiltration; 2 = dépression karstique; 3 = eaux de fonte; 4 = lac temporaire; 5 = débris des eaux de fonte

8. *Túlfolyáskor* a karsztos mélyedést kitöltő tó szintje meghaladja peremének a magasságát, a víz a felszín lejtését követve tovább folyik (4. kép).

9. *Időszakos árvízi tavak*: CHOLNOKY J. (1928), majd JAKUCS L. (1956) említ olyan karsztos mélyedéseket, amelyekben a csapadékvizek hosszabb-rövidebb ideig tóként gyűlnek össze. Valószínű azonban, hogy fedett karszton az árvízi tavak jóval gya-



koribbak, mint fedetlen, mivel az utóbbi területek víznyelői kevésbé tömődtek el, a töbrök környezetében a felszínen nincs vízzáró kőzet.

Az itt tárgyalt területeken a karsztos mélyedések környezetében a mészkő fedett, ezért ha megfelelő lejtő határolja őket, a vízfolyás független a karsztos mélyedés, ill. a hozzá vezető mederrendszer fejlettségétől. A karsztos mélyedések vízvezetése viszont a vízvezető járatok kis mérete, ill. részleges vagy teljes eltömődése miatt csekély. Az eltömődést vízbefolyások és árvízi tavak felhalmozódásai vagy hó, ill. jég okozza (6. kép), valamint a karsztos mélyedés oldallejtőin végbemenő lejtős tömegmozgás okozhatja.

A tavak létezésének közvetett bizonyítékai a megfagyott olvadékvizek, a mélyedésekbe szállított és ott sajátos módon leülepedett lebegtetett üledékek és növényi hulladékok.

Az árvízi tavakat csoportosíthatjuk létezésük *időtartama*, *vízszintjük* (vízmennyiségük) *változása*, valamint *a befogadó karsztos mélyedés méretéhez viszonyított nagyságuk* szerint. A be- és a kifolyó vízmennyiség aránya az alapja a további osztályozásnak.



6. kép. Időszakos árvízi tóban keletkezett üledékek összetömörödött, hóval elzárt karsztos mélyedésben Dudar mellől, 1982. — 1 = összetömörödött hó, ill. jég; 2 = a havon, ill. jégen a tóból lerakódott üledék (az üledék a peremeken hiányzik, ill. ferde helyzetű a hó utólagos olvadásos beszakadozása miatt)

Sédiment accumulés dans un lac de crue temporaire dans une dépression karstique bloquée de neige aux environs de Dudar en 1982. — 1 = neige et glace agglomérée; 2 = sédiments sur la glace et sur la neige accumulés dans le lac ancien (les sédiments manquent aux bords ou ils sont dans une situation à cause de l'effondrement postérieur de la neige)



(Egy adott tó különböző időpontokban akár mindhárom csoportba is besorolható.) A vízbefolyást elsősorban meteorológiai események, közzettani tényezők, a domborzat és a növényzet alakítják, a karsztos mélyedésből a víz kifolyását (vízelvezetéssel vagy túlfolyással), a vízelvezető járat és a mélyedés mérete szabja meg.

Létezésük időtartama szerint a tavak lehetnek:

a) A *rövid ideig fennálló* tavak csak a működés ideje alatt (tehát az intenzívebb vízbefolyás megszűnéséig) léteznek, a következő működést már nem érik meg. A karszt vízelvezetéssel kap vizet. Mivel a vízelvezető járat teljesen nyitott, a vízelvezetést csak a járat falfelülete fékezi, így a járatokban az áramlás esetenként örvénylő. A tó vízszintcsökkenése gyors és folyamatos.

b) A *tartósabb tavak* (4. kép) vize nem ürül le a következő vízbefolyásig, ezért akár teljes működési időszak alatt megmaradnak. A vízáradás a karsztba már csak részben vízelvezetés, részben elszivárgás, mivel a vízelvezető járat hosszabb-rövidebb szakaszon eltömődött, a járatokban a vízáramlás legfeljebb lamináris. A tavak vízszintjének csökkenése lassúbb, a vízszint ingadozhat, nyugalmi szakaszok is előfordulhatnak.

c) A *tartós tavak* vize a karsztos mélyedésekből elszivárgással távozik (járatától függetlenül ott, ahol a vízzáró összletek hiányoznak) vagy elpárolog. Az intenzívebb vízbefolyási szakaszoktól függetlenül a tavak vize a működési időszakon túl is, napokig, sőt hetekig is megmarad.

*Vízszintjük* szerint a tavak ugyancsak többféleképpen lehetnek. A tó vízszintjének a változása elsősorban a befolyó vízmennyiségtől függ, bár a vízelvezető járatban elfolyó vízmennyiség is változhat működés alatt, ha a járat közben kitisztul, ill. eltömődik. A tó vízszintje egyenletes vagy változó sebességgel módosulhat. A vízszint ingadozhat (egyetlen működés alatt a csökkenést növekedés, majd újból csökkenés váltja fel), vagy hosszabb-rövidebb ideig nem mutat változást (nyugalmi vízszint).

a) A rövid ideig létező tavak vízszintje, ahol a karsztos mélyedések vízelvezető járata gyengén fejlett vagy eltömődött, egyszeri vízbefolyást követően a vízszint *lassan süllyed*.

b) A hosszabb ideig létező tavaknál, ahol a karsztos mélyedések vízelvezető képessége szintén kicsi, a *vízutánpótlás ingadozik*. Ha az utánpótlás kicsi (vagy nagy, de a vízelvezetés számottevő), a tó vízszintje időnként nő, de a kialakuló nyugalmi vízszintek egyre alacsonyabbak lesznek. Ha az utánpótlás nagy, a kialakuló nyugalmi vízszintek nem alkotnak ilyen szabályosan csökkenő sort. A működés során később kialakult nyugalmi vízszint(ek) meg is haladhatják a korábbiakat.

c) A tartós tavak, ahol a vízszint (főleg párolgással) *nagyon lassan csökken*.

A tavak terjedelmük szerint részben vagy teljesen kitölthetők a karsztos mélyedést (4. kép), de elfoglalhatnak annál nagyobb területet is (2. kép).

Elsősorban tavak képződésével alakulnak ki az alábbi formák:

– a kitöltésben képződött *medrek* (1., 3. kép);

– a medrek, ill. meredek falú zárt mélyedések *kitöltései* (3. kép). A részben feltöltődött medrek kitöltésében újabb *eróziós barázdák* képződhetnek.

## Az árvízi tavak üledékképződése

Mivel a tavak végeredményben csökkent vízelvezető képességű mélyedésekben alakulnak ki, a vízelvezetési áramlás nem számottevő. Az üledékképződést a tavak vízszintváltozása szabályozza. A vízszint süllyedése rendszerint gyorsuló, mivel az utánpótlás fokozatosan csökken, ill. mivel a mélyedések lefelé összeszűkülnek, ezért az aljzathoz közelebb egységnyi vízszintcsökkenéshez kevesebb idő szükséges, mint attól távolabb.

A felszíni vízbefolyások oldott anyagokat, kolloidokat és a szántóföldről származó növényi hulladékokat (elsősorban kultúrnövények maradványait) szállítanak a tavakba.

A tavakban a kolloid méretnél nagyobb szemcséjű üledékek ülepedését a STOKES-formula írja le. Ha elegendő idő áll rendelkezésre, a kolloidok nagy felületük révén fizikai adszorpcióval (PAIS I. 1981), ill. adhézióval (STEFANOVITS P. 1981) rátelepednek a különböző felületekre (1. kép). A tavakban ilyen felületek lesznek a karsztos mélyedések aljzatai, a karsztos mélyedések fái, az aljatra lehullott levelek és a szántóföldről beszállított növényi hulladékok. Ezt bizonyítja, hogy az időszakos tavak lefelszerű üledékeiből gyűjtött minták, az elvégzett vizsgálatok szerint (különösen, ha a karsztos mélyedések növényzetéről származtak), majdnem teljes egészében kolloidoknak bizonyultak.

A besodort növényi hulladék súlya a rátapadt kolloidok miatt megnő, ezért az süllyedni kezd. A víz alá került hulladékra durvább üledék is ráakódhat, ezért a süllyedés sebessége gyorsuló lesz (BENEDEK P.—VALLÓ S. 1982). A növényi hulladék süllyedésének sebességét több tényező (pl. a víz hőmérséklete, a növényi hulladékdarabok mérete, a vízben lévő üledékek) befolyásolja. Esetenként nehéz megítélni, milyen szerepet játszik ebben az üledék, mivel a víz fajsúlyát növeli, ami csökkenti a növényi hulladék süllyedési sebességét. A növekvő mennyiségű hordalék azonban ellenkező hatást is kifejt, mivel a hulladékra rakódva növeli annak súlyát. A növényi hulladék, miután kellően megközelítette a mélyedés aljzatát, adhézióval odatapad.

A tartós tavaknál a tavak vize párolgással, részben a kitöltésben lassan elszivárogva távozik. Ilyenkor a kolloidok szol állapotból gél állapotba mennek át, majd teljesen kiszáradva maradnak vissza.

### 1. Rövid ideig létező (gyorsan csökkenő vízszintű) tavak üledékképződése

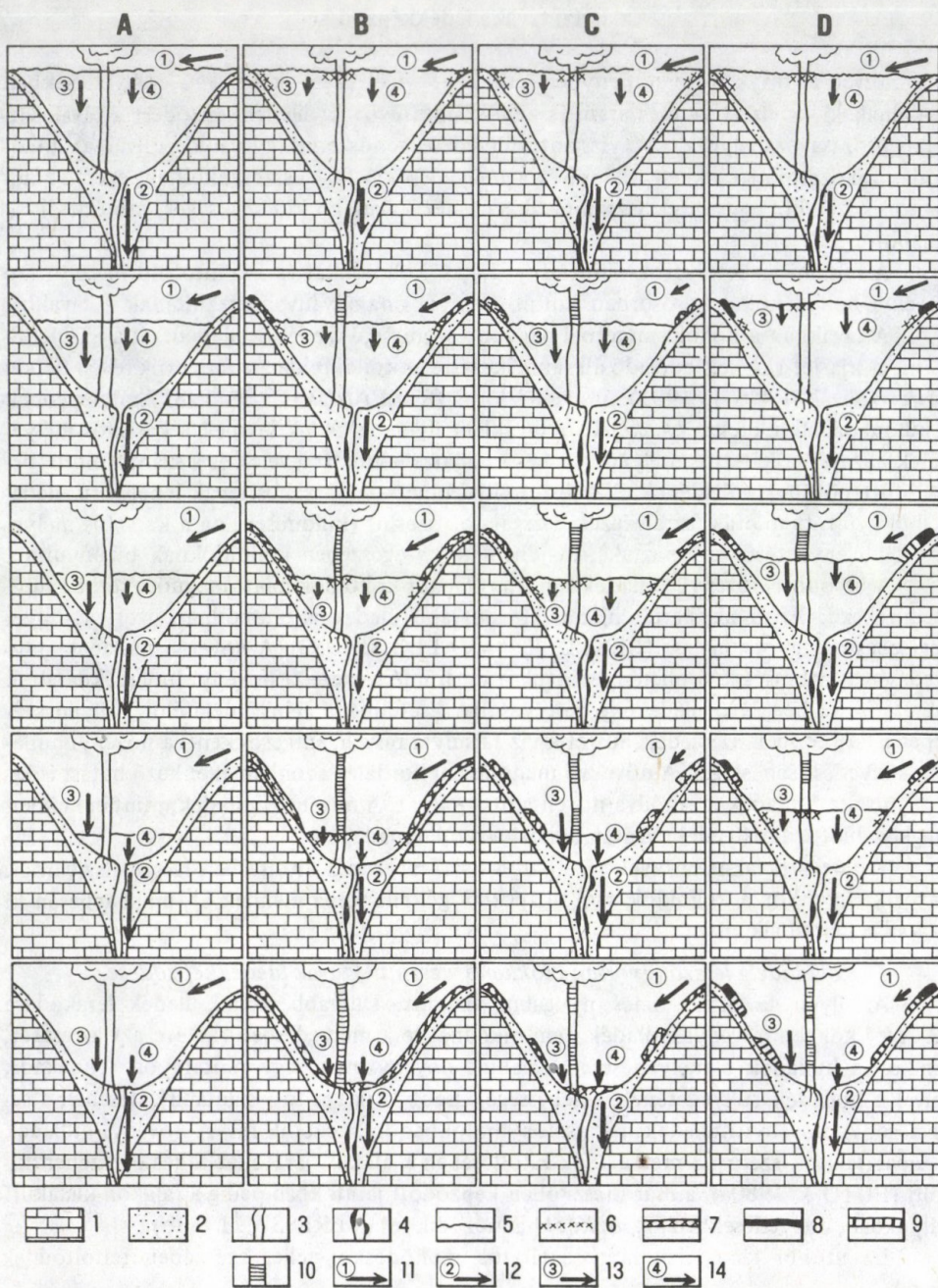
Az ilyen tavakban nincs nyugalmi vízszint. Durvább szemű üledék lerakódása (2. kép) közben növényi hulladék nem rakódhat le a mélyedésben (kivéve azt az esetet, amikor a hulladék a mélyedésben kialakult növényzeten vagy műtárgyon fennakad), mivel a hulladék süllyedésének a sebessége kisebb, mint a tó vízszint-süllyedésének a sebessége. A növényi hulladék a karsztos járatokban halmozódik fel. A növényi hulladék a tapasztalatok szerint a mélyedések kitöltésében kialakult járatokat teljes egészében kitölti (FUTÓ J. 1980a), a már mészkőben képződött járatokban pedig a falakon kialakult vályukban, mélyedésekben (7., 8. kép) halmozódik fel (VERESS M. 1983b).

Ez utóbbi tény jelzi, hogy a járatok működéskor teljes egészében feltöltődnek vízzel.

### 2. A tartósabb (lassan csökkenő és ingadozó vízszintű) tavak szerves és kollidális eredetű üledékképződése (3. ábra, 1. táblázat).

E típus esetében a változó időtartamú és intenzitású vízbefolyás és a fékezett víz-





elvezetés miatt a vízszint emelkedhet, süllyedhet, ill. nyugalmi állapotú lehet (3. ábra). Az üledékképződést *növényi hulladékból* és a *kolloidból álló bevonatok* keletkezése jellemzi. A növényi hulladék leülepedése sekély vízben tehát a mindenkori tó peremén, a kolloidbevonat keletkezése a vízszint közelében, tehát elsősorban a fatörzseken megy végbe. Az utóbbit bizonyítja, hogy az elszíneződések kezdete egy síkba, a tó maximális, esetleges nyugalmi vízszintjébe esik.

A növényi hulladék lehet egybefüggő (2. kép) vagy övezetes a mélyedés aljzatán, vagy növényzetén.

A sávok, ahol a növényzetet kolloid és egyéb üledék vonja be, a mélyedés peremén helyezkednek el. Valamely öv felső pereme szintet jelöl ki, utalva arra, hogy keletkezése a mélyedést kitöltő tóból történt. A mélyedés oldalában az övek nem formálnak teljes gyűrűt, a vízbefolyás felőli oldalon hiányoznak. A hulladékövek két részre oszlanak. Külső részüket sok és egyenletes vastagságú növényi hulladék alkotja, a belső rész kevesebb, ill. a központ felé fogyó mennyiségű hulladékból áll.

A fehéres kolloidbevonat rátapadhat a már említett növényi hulladéokra, a fatörzsekre, a lombozatra. A fatörzseken lehet egynemű vagy lefelé fokozatosan kiháványuló, gyűrűs (3. kép).

Ha a vízszint süllyedésének sebessége meghaladja a növényi hulladék süllyedésének vagy a kolloidok felületekre tapadásának sebességét, sem hulladék, sem kolloid nem képződik. Ha a vízszint süllyedése lassúbb, akkor a mélyedés aljzatán egybefüggő növényhulladékos összlet keletkezik, a fatörzseken pedig egybefüggő kolloidbevonat képződik.

Ha a tó vízszintjének süllyedése vízbefolyás nélkül következik be, a fatörzseken nemcsak kolloidbevonat, hanem növényhulladékos összlet is képződhet. Ha a süllyedés vízbefolyással jár, a fatörzseken a növénybevonat hiányzik. Az élő növényzeten a mélyedés pereme felett felhalmozódó növényhulladék azt jelzi, hogy a tó vize nemcsak áramlott, hanem túl is folyt a mélyedésen.



3. ábra. Hosszabb ideig létező tavak üledékképződése. — 1 = mészkő; 2 = laza üledék, 3 = elvezető járat; 4 = részlegesen elzáródott elvezető járat; 5 = időszakos tó egykori vízszintje; 6 = üledékképződés; 7 = egynemű, kolloid bevonatos növényhulladékos összlet; 8 = az összlet külső; 9 = belső része; 10 = kolloid bevonat, esetleg növényhulladékos bevonat fatörzsön; 11 = vízbefolyás karsztos mélyedésbe; 12 = víz-elvezetés; 13 = vízszintcsökkenés; 14 = növényi hulladék süllyedési sebessége. A tó vízszintjének süllyedési sebessége mindig nagyobb (A), mindig kisebb (B), időnként nagyobb (C), általában 0, majd időnként nagyobb (D), mint a növényi hulladéké. (A 11, 12, 13, 14 esetében a nyílak hossza arányos a vízmennyiséggel, ill. az üledéksüllyedés sebességével.)

La sédimentation des lacs de longue durée. — 1 = calcaire; 2 = sédiment meuble; 3 = conduite d'infiltration; 4 = conduite d'infiltration remplie temporairement; 5 = niveau d'eau du lac ancien; 6 = sédimentation; 7 = série détritiques végétaux à pellicule colloïdale ou détritique sur tronc d'arbre; 11 = affluence karstique dans la dépression; 12 = infiltration; 13 = diminution du niveau d'eau; 14 = vitesse de la baisse des détritiques végétaux. La vitesse de la baisse du niveau d'eau du lac est toujours plus grande (A), toujours plus petite (B), quelquefois plus grande (C), en général zéro, puis quelquefois plus grande (D), que celle des détritiques végétaux. (En ce qui concerne les 11, 12, 13, 14 la longueur des flèches est en proportion de la quantité de l'eau et de la vitesse de la baisse des sédiments.)



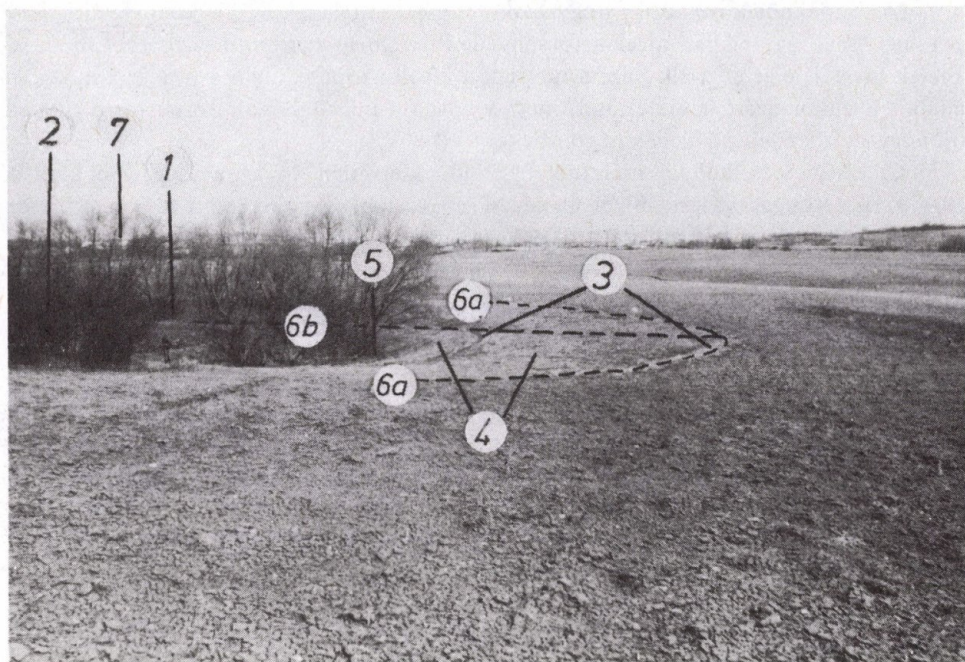


7. kép. Rövid ideig létező tóból származó növényi hulladék a Gy-12 jelű víznyelős ikertöbör járatában, 1981. – 1 = törésvonalak menti oldás; 2 = kvarcitkavics növényi hulladékkal félig eltakarva; 3 = növényi hulladék

Détritus végétaux venant d'un lac de courte durée dans la conduite du ponor double absorbant "Gy-12". – 1 = dissolution le long des fractures; 2 = cailloux quartzeux couverts à moitié par détritux végétaux; 3 = détritux végétaux

A növényhulladékos övek és kolloidgyűrűk is akkor képződnek, ha a *tó vízszintjének süllyedési sebessége* ingadozik. A különböző övek és gyűrűk egymáshoz viszonyított távolsága azzal az idővel arányos, amely alatt a tó vízszintsüllyedésének





8. kép. Olvadékvizek által táplált, hosszabb ideig létező tó üledékképződése az egyik Dudar melletti karsztos mélyedésben 1982. — 1 = karsztos mélyedés; 2 = vízutánpótlás; 3 = kifelé éles peremű sok hulladékot tartalmazó növényhulladékos övek külső részei; 4 = a növényi hulladékok belső részei; 5 = növényi hulladéktól mentes térszín; 6 = a tó maximális kiterjedése horizontális (a), ill. vertikális irányban (b); 7 = Dudar

Sédimentation d'un lac de longue durée par des eaux de fonte dans une dépression karstique près de Dudar en 1982. — 1 = dépression karstique; 2 = ravitaillement de l'eau; 3 = parties extérieures des zones à détritus végétaux; 4 = parties intérieures des mêmes zones; 5 = surface sous détritus végétaux; 6 = étendue maximale du lac horizontalement (a), verticalement (b); 7 = Dudar

sebessége meghaladja a hulladék süllyedésének, ill. a kolloidbevonat képződésének sebességét. Ha az övek egymáson fejlődtek ki, a vízszint süllyedéseit, ill. nyugalmi szakaszait emelkedési szakaszok szakították meg.

A hulladéksáv külső része a tó nyugalmi vízszintjén képződik. Ilyenkor a tó pereme nem változik, így ugyanazon a helyen folyamatos a növényhulladék képződése. A belső öv vízszintsüllyedésekor alakul ki, amikor a növényhulladék egységni felületen kevesebb lesz. Sőt, mivel a vízszint süllyedése a középpont felé gyorsul, a hulladék egyre fogy. Ha a tó vízszintje egyre gyorsabban süllyed, nemcsak a hulladékos elborítás ritkul befelé, hanem a fatörzsek kolloidbevonata is fokozatosan kihálik.

A növényi hulladékok és a kolloidgyűrűk száma nem feltétlenül egyezik meg, mivel egyrészt a növényi hulladék előbb elfogyhat a tóból (a téli félévben esetleg nem is kerül a tóba) mint a kolloid, ill. a kolloidbevonat képződés a vízszintsüllyedés olyan sebességénél is kialakul, amelyet már nem kísér növényihulladék-képződés.



A fentiekből következik, hogy csak a legfelső hulladéköv, ill. kolloidgyűrű felső peremei esnek egy síkba, mivel a tó sülyedése valamely *nyugalmi állapotból* indul ki. Ennek megfelelően ez a sík jelzi a mélyedést kitöltő tó maximális szintjét. A nyugalmi állapot ilyenkor azért is előfeltétel, mert a növényi hulladék csak azután kezd sülyedni, hogy a vízben lebegő üledék megterhelte.

A lebegtetett, kolloid méretnél nagyobb, szervetlen anyagok ülepedése kevésbé függ a vízszintingadozástól, mivel ülepedési sebességük nagyobb, mint a növényi hulladékoké. Ezért az így keletkezett üledékek nem mutatnak pl. övezetes elrendeződést. Az egy-egy működés során keletkezett üledékösszlet vastagsága viszont utal a vízszintsülyedés és az üledékszemcsék sülyedésének viszonyára.

### 3. A tartós tavak üledékképződése (1. táblázat)

Intenzív működést követően, a Hárskút környéki megfigyelések szerint, a teljesen eltömődött, erősen feltöltődött, szántóföldi környezetű karsztos mélyedésekben kialakult tavak üledékanyaga egy *alsó, durvább, világosabb* és egy *felső, finomabb anyagú, sötétebb* (friss állapotban kocsonyás konzisztenciájú) rétegre különül.

E rétegpár a tartós tavakból keletkezik. A durvább alsó összlet ülepedéssel, a felső finomabb, a visszamaradó kolloid gél állapotba alakulásával képződik.

Csak az olyan karsztos mélyedésekben fejlődik ki a rétegpár (lemezpár) határozottan, ahol az elszívárgás nagyon kicsi, a párolgás azonban jelentős. Egyébként a lemezpár helyett felfelé éles határ nélkül finomodó összlet fejlődik ki. Ilyen üledékképződés igen intenzív működés teljesen el nem záródott karsztos mélyedésekben figyelhetők meg. Ilyenkor a tartósabb tó üledékkel annyira telített, hogy a szol állapotú kolloid viszonylag gyorsan, úgy veszi fel a gél állapotot, hogy a lebegtetett üledék még nem rakódott le teljesen. Ekkor nem vízszintes településű, hanem a karsztos mélyedés aljzatának morfológiáját követő összlet képződik.

A nagyon lassú és végeredményben a tó vízvesztéséért főleg felelős elszívárgás is kialakíthat önálló kolloidbevonatot, oly módon, hogy az elszivárgó vízből a kolloid a karsztos mélyedés fenekére tapad. Ez a bevonat szabálytalan kiterjedésű, települése szintén illeszkedik a fenék morfológiájához. Nem tartós, a következő működés elpusztítja.

A megfigyelések szerint ugyanilyen bevonat keletkezhet a hosszabb (esetleg rövid) ideig létező tavakból, miután a csökkenő vízszintű tó vándorló pereméről a karsztos mélyedés oldalára tapad az anyag.

A kolloidbevonat alatt nem feltétlenül fejlődik ki durvább anyagú réteg, mivel a hóolvadás időszakában előfordulhat, hogy a fagyott felszínről csak kolloid méretű anyag szállítódik a karsztos mélyedésekbe, durvább üledék nem.

A bepárló tavak réteg- vagy lemezpárjai üledékfejlődésük jellegzetességei alapján jól elkülöníthetők. Még az eltömődött karsztos sülyedésekben is csak fokozatosan fejlődik ki a vízzáró jelleg, akkor is csak a feltöltődő mélyedések fenekén, ahol jelentős a felhalmozódás. (A karsztos mélyedések feltárásai azt mutatják, hogy a kitöltés vastagsága és ezzel együtt az elagyagosodás befelé fokozatosan nő.) A tartós tavak vize tehát a mélyedések oldalaiiban elszivárgva előbb viszonylag gyorsan, majd a vízszint csökkenésével lassabban apad, mivel a maradék víz egyre inkább olyan felülettel érintkezik, ahol elszívárgása elhanyagolható. A mélyedés aljzatát elfoglaló tóban végül az elszívárgás gya-

1. táblázat. Tartósabb árvízi tavak üledékképződése

| Üledék-<br>képződés<br>helye: | Vízszintsüllyedés vízbefolyás mellett megy végbe |                                                         |                                                                                             |                                                                                      | Vízszintsüllyedés vízbefolyás nélkül<br>megy végbe      |                                                                                                       |
|-------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | $V_1 > V_2$                                      | $V_1 < V_2$                                             | $V_1 < V_2$ megszakítva<br>olyan időszakokkal<br>(„n” gyakorisággal),<br>amikor $V_1 > V_2$ | $V_1 = 0$<br>$V_1 < V_2$<br>megszakítva olyan<br>időszakokkal,<br>amikor $V_1 > V_2$ | $V_1 < V_2$                                             | $V_1 < V_2$ megszakítva<br>olyan időszakokkal<br>(„n” gyakorisággal),<br>amikor $V_1 > V_2$           |
| a mélyedés<br>aljzatán        | növényi<br>hulladék-<br>képződés<br>nincs        | üledék-<br>bevonatos<br>növényi<br>hulladék-<br>összlet | „n” számú üledék-<br>bevonatos hulladéköv                                                   | „n” számú<br>két részre<br>különülő<br>üledékbevonat-<br>os hulladéköv               | üledék-<br>bevonatos<br>növényi<br>hulladék-<br>összlet | „n” számú üledék-<br>bevonatos hulladéköv                                                             |
| a mélyedés<br>fatörzsein      | kolloid<br>bevonat-<br>képződés<br>nincs         | kolloid<br>bevonat                                      | „n” számú kolloid<br>bevonatos gyűrű                                                        | „n” számú<br>kolloid<br>bevonatos<br>gyűrű                                           | kolloid<br>és növényi<br>hulladék-<br>bevonat           | kolloid bevonat vagy<br>„n” számú kolloid<br>vonatos gyűrű és „n”<br>számú növényi hulladék-<br>gyűrű |

$V_1$  : a tó vízszint süllyedésének sebessége

$V_2$  : növényi hulladék süllyedése, ill. a kolloidbevonat képződési sebessége



korlatilag megszűnik. A tó (helyesebben talán víztócsa) lepárlódik, ezáltal keletkezik a lemezpár felső kolloidos anyagú lemeze. A lemezpár a mélyedés közepén képződik, települése vízszintes, kiterjedése kicsi, lencsés.

Ennek az üledékképződésnek a nyoma megtalálható néhány Hárskút környéki többé-kevésbé feltöltődött, fosszilizálódó töbrőben. A legismertebb az ún. Hu-1. jelű karsztos mélyedés kitöltése. Ebben FUTÓ J. (1980b) az alábbi üledékeket találta:

0–0,22 m: rétegtetlen iszap, barnás (feltehetően növényi eredetű) foltokkal,

0,23–0,80 m: ugyanaz az anyag, amely azonban finoman rétegzett,

0,90–1,15 m: iszapos, rétegtetlen agyag, 5–10 cm-es átmérőjű kvarcitkavicsokkal,

1,15–1,30 m: kékesszürke iszapréteg.

A 0,25–0,80 m közötti összlet két, 3–5 mm vastag iszapréteget durvább szemcseátmérőjű, 0,5–1 mm vastag réteg választja el. Ebben a közel száz lemezpárból álló laminitösszletben a felszíntől számítva 0,5 m mélységből egy „Globus” konzervdoboz került elő. Ebben a finoman rétegzett összletben 15–20 mm átmérőjű, sárgásszürke lekerekített szélű mészkődarabok, továbbá vékony növényi törmelékek, ill. avarcsíkok is előfordulnak. A durvább réteg hajdani tavakból ülepedett le a finomabb ugyanezen tavak (maradványainak) elpárolgása után visszamaradt kolloid. A környékbeliek visszaemlékezése szerint a mélyedés az 1930–40-es években még sziklás torkú víznyelő volt. A rendelkezésre álló, 1:10 000 méretarányú topográfiai térképek alapján is a Hu-1. jelű akkumulódott töbrő kb. 30–40 éve hasonló állapotba kerülhetett, mint azok a karsztos mélyedések, amelyekben jelenleg minden egyes működés után egy durvább és egy finomabb (kolloid-)lemez keletkezett.

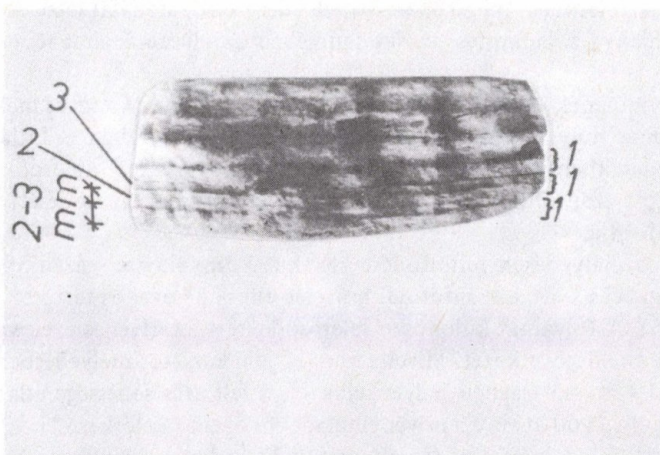
Végeredményben a karsztos mélyedések tartós tavaiban ilyen lemezpárok képződnek, amelyek néhány évtized alatt laminitösszletet alkotnak.

Laminites összletek egyes karsztos mélyedések peremén is képződnek, a változó sebességgel beáramló vizek szállította hordalék leülepedésével. A tartós tavak laminitjaitól nemcsak helyzetük alapján különíthetők el, hanem szemcseösszetételük alapján is, mivel anyaguk durvább. Nem állandó képződmények, a későbbi működések vízbeáramlásai elpusztítják őket. Nagyobb működések után azonban az így képződő hordalékkúpok roncsai (2. kép) akár több évig is megmaradhatnak.

A laminites összlet a karsztos mélyedés teljes elzáródását dokumentálja. A laminitösszlet fekszik, ill. fedőjének keletkezése lezárja, ill. megnyitja azt az időszakot, amikor a karsztos mélyedés víznyelőként funkcionál. A laminites összlet viszont akkor keletkezik, amikor a karsztos mélyedés átmenetileg vagy véglegesen elzáródott, fosszilizálódott, akkumulálódott töbrőre alakult. A fokozatos eltömődést jelzi, hogy a laminites összletek fekszik növényi hulladékos zóna.

A laminitösszlet lemezpárjainak számából csak becsülni lehet a teljes eltömődés időtartamát, vagy fedő hiánya esetén az eltömődés kezdetét, mivel a tavak kialakulása az időjárási viszonyoktól függ. Az eddigi megfigyelések szerint ugyanabban a feltöltődött töbrőben évente legalább kétszer, legfeljebb 10–15-ször alakul ki tó. Valószínű azonban, hogy ritkán, de előfordulhatnak olyan évek is, amikor egyetlen tó sem alakul ki az akkumulálódott töbrőkben.

A laminites összlet növényzettelen környezetű karsztos mélyedésre jellemző. A laminites összletek tehát antropogén hatást (szántóföldi művelés) jeleznek.



9. kép. Laminites összlet egy darabja a Ho-8 jelű víznyelős ikertöbörből. — 1 = lemezpár; 2 = durvább; 3 = finomabb anyagú lemez

Une partie de la série à laminite dans le ponor double absorbant "Ho-8". — 1 = paire de feuille; 2 = feuille de matière grossière; 3 = celle de matière fine

(A 2., 3., 5. kép HERCZEG K., az 1., 6., 8. kép PORDÁN J., az 7., 9. kép BÖRÖCZ M., a 4. kép a szerző felvétele.)

(Les photos 2,3,5 ont été prises par K. HERCZEG; 1,6,8 par J. PORDÁN; 7,9 par M. BÖRÖCZ; et la photo 4 a été prise par l'auteur.)

Lehetséges azonban hogy a Ho-8. jelű víznyelős töbör laminitje (9. kép) nem antropogén hatásra keletkezett, mivel a mélyedés jelenleg nyitott állapotban van, tehát a laminites összlet egy korábbi időszakban keletkezett, amikor a mélyedés még akumulálódott töbörként funkcionált. Erdőben fekszik, erdőirtást követő hosszabb fátlanság pedig aligha feltételezhető, mivel itt a laza anyagok kis vastagsága miatt szántóföldi művelés sohasem alakult ki. (A katonai felmérések térképei is folyamatosan erdősültségre utalnak.) A laminitösszlet túlnyúlik a jelenlegi mélyedés peremén, tehát létezett egy régebbi nagyobb karsztos mélyedés is. A laminitösszlet fekéjében a növényhulladék hiányzik, ami azt jelzi, hogy a mélyedés környezetében szántóföldi művelés nem alakult ki.

### Következtetések

Fedett karsztokon a karsztos mélyedések morfológiájából következtetni lehet a jelenlegi üledékképződés jellegére, ill. a feltárt üledékekből a karsztos mélyedések fejlődésére.

Ameddig az üledékösszletben a növényi hulladék betelepülései hiányoznak, a mélyedés elvezető járata nyitott volt. Amikor az összletben megjelenik a növényi hulladék, a mélyedés feltöltődése felgyorsul. A laminites összlet megjelenése az akumulálódott



töbör állapotnak felel meg, megszűnése a mélyedés aktivizálódását jelzi. A növényi hulladékos összlet hiánya a laminites összlet fedőjében az elvezető járat felnyitására, kitisztulására utal.

A növényhulladék összetételéből megállapítható, hogy a karsztos mélyedések fokozatos feltöltődése milyen környezetben ment végbe. Elsősorban erdőtlen környezetű karsztos mélyedésekben jelenik meg a növényhulladékos összlet. Az erdők kiirtása, a helyükön folytatott szántóföldi művelés a karsztos mélyedések működését, fejlődését számottevően módosítja.

A karsztos mélyedések feltöltődése Hárskút környékén e század 30-as éveitől felgyorsult. Ez egybeesik itt a szántóföldi művelés elterjedésével és tartóssá válásával (VERESS M. 1985). A folyamat különösen felerősödhetett az ötvenes évek végétől, amikor megalakult a termelőszövetkezet. Mivel a Hu-1. jelű karsztos mélyedésben a növényhulladékos zóna 0,9 m mélységben helyezkedik el, a feltöltés sebessége átlagosan 1,8–4,8 cm/év, 1930-at, ill. 1960-at véve a növényhulladékos összlet keletkezésének.

Más adatok felhasználásával (az eltemetett használati eszközökre települt üledékek vastagsága, a topográfiai térképeken feltüntetett mélyedések mélységadatai stb.) a feltöltődés ugyanitt a szántott területek karsztos mélyedéseiben 0,5–2 m. Az így kapott feltöltődési sebességek (1930-at véve az intenzív feltöltődés kezdetének) 1–4 cm/év közöttinek, 1980-at véve 2,8–10 cm/év közöttinek adódnak.

A sebességeket módosíthatja, hogy a kitöltések felsőbb részei kevésbé tömörödöttek, mint az alsók.

Látható, a feltöltődési sebességek jó egyezést mutatnak. Valószínű, hogy a szántóföldi környezeti karsztos mélyedések feltöltődése a jelen felé közeledve gyorsul, ill. a teljes vagy majdnem teljes akkumulálódás a nagyüzemi gazdálkodás kialakulásával van kapcsolatban. Bár erdős területeken is számottevő az akkumuláció, mégis az ilyen fedett karsztok mélyedéseiben teljes akkumulációról, ill. eltömődésről csupán egyetlen esetben tudunk. Ez a Ho-8. jelű karsztos mélyedés, amelynek fejlődése a szántós területek karsztos mélyedéseihöz képest ellenkező tendenciát mutat. A 60-as években készült topográfiai térképek alapján egyrészt már jelentős mélységű, másrészt jelenleg víznyelős töbör. Tehát akkumulálódott töbör állapotát nem a 20. században, az uralkodóvá vált szántóföldi művelés következtében, hanem annál korábban nyerte el. A karsztos mélyedések elhalása szántós környezetben sokkal jellemzőbb jelenség. Az utóbbi ötven évben az akkumuláció a hegység fedett karsztjainak szántó felszínein a karsztosodás egyik meghatározó tényezőjévé lépett elő.

## IRODALOM

- BENEDEK P.–VALLÓ S. 1982. Vízisztítás – szennyvíztisztítási zsebkönyv. – Műszaki Kiadó, Bp.
- CHOLNOKY J. 1928. A Földfelszín formáinak ismerete. – Bp.
- FUTÓ J. 1980a. A Gy-9 jelű víznyelő kitöltő üledékeinek vizsgálata. – Chólnoky J. Bkcs. Évi Jel. (Szerk. VERESS M.) – Kézirat, MKBT. Dok. Szakoszt. pp. 17–22.
- FUTÓ J. 1980b. Kiegészítő megjegyzések az Öregfolyás jobboldali vízgyűjtő területén előforduló víznyelők komplex térképének földtani részéhez. – Chólnoky J. Bkcs. Évi. Jel. (Szerk. VERESS M.) – Kézirat, MKBT. Dok. Szakoszt. pp. 22–29.

- JAKUCS L. 1956. A barlangi árvizekről. — Földr. Közl. 4. pp. 281–403.  
 JAKUCS L. 1971. A karsztok morfogenetikája. Akadémia Kiadó, Bp.  
 PAIS I. 1981. Általános szervetlen és analitikai kémia. — Mezőgazd. Kiadó. Bp.  
 STEFANOVITS P. 1981. Talajtan. — Mezőgazd. Kiadó. Bp.  
 VERESS M. 1983a. Eltérő magasságú tönkfelszínek karsztosodásának kérdései az Északi-Bakony keleti részén. — A Bakonyi Term. Tud. Múzeum Közl. pp. 29–44.  
 VERESS M. 1983b. Adatok a Hárskúti-fennsík karsztmorfogenetikájához — Karszt és Barlang, pp. 71–82.  
 VERESS, M. 1985. The influence of the agricultural cultivation on covered karst. — Geographica Jugoslavica pp. 215–222.

## MÉCANISME DES DÉPRESSIONS KARSTIQUES SUR LES KARSTS COUVERTS DE BAKONY

*Dr. M. Veress*

### R é s u m é

Sur les karsts couverts analysés la proportion des dépressions absorbant de l'eau est importante qui cependant ont été vite remplies. Leurs bassins-versants ne sont pas indépendants et séparables de ceux des eaux de surface. Le mécanisme des dépressions karstiques dépendent dans une grande mesure des saisons ainsi que de la couverture végétale. Pendant les six mois d'hiver le mécanisme est fréquent, l'eau absorbée ne transporte pas de matière, cependant au cours des six mois d'été le mécanisme est beaucoup moins fréquent (surtout sur les sols arables quand les cultures végétales commencent à pousser) et, la matière transportée est d'une quantité importante dans l'eau absorbée.

En hiver les dépressions entourées des sols arables sont pleines de neige. A cause du long gel et de l'absorption lente la dissolution d'eau froide domine dans les cavités (en hiver la dissolution, en été le remplissage est caractéristique en premier lieu.)

Au cours du mécanisme les dépressions où il n'y a pas de vallées collectent l'eau sur la surface. Dans le cas d'un double mécanisme l'eau des petits lits déjà creusés se jettent linéairement aussi dans les dépressions. Dans plusieurs dépressions karstiques l'eau est absorbée dans la roche-mère non loin de la cavité inondée ou elle ne peut même pas déborder le bord de la dépression (absorption marginale, *Photo 1*), puis elle réapparaît parfois sur le versant de la dépression (résurgence périodique), ou par la matière meuble elle coule dans les cavités karstiques (mécanisme caché).

Si l'eau ne peut pas s'infiltrer aussi vite des dépressions qu'elle y est absorbée, de petits lacs périodiques se forment (*Photo 2*). L'eau des petits lacs peut s'écouler sur la surface (débordement) si le niveau monte sur le bord de la dépression (*Photo 2*). Dans les lacs des dépressions où l'infiltration est importante, le niveau d'eau baisse après la culmination (lacs existant peu de temps) et le lac ne passera pas l'absorption suivante. Dans les lacs qui existent beaucoup plus longtemps, l'infiltration est si faible que le niveau ne baisse pas et peut rester tout au cours du mécanisme, ainsi le niveau d'eau des lacs change conformément à l'absorption plus intensive, la plupart de la quantité de l'eau s'évapore.

Les débris végétaux s'accumulent au bord de ces lacs où la profondeur de l'eau est petite et ils se combinent avec des colloïdaux indiquant les niveaux d'eau de repos différents, le niveau d'eau maximal et la baisse du niveau à vitesse variable. Le nombre de ces deux niveaux ne s'accorde pas nécessairement car les colloïdaux adhèrent mieux que les débris végétaux.

L'apparition de la série à débris végétaux dans le remplissage de la dépression karstique montre une accumulation rapide tandis que la série à laminites indique la fermeture totale qui est le résultat des effets anthropiques dans le milieu des terres arables. Connaissant le début de la stabilisation de la culture de la terre arable (dès les années 30) et de la grande culture (fin des années 50) on compte une vitesse d'accumulation à 1,8–45 cm/année si la genèse de la série à débris végétaux de la dépres-



sion "Hu-1" est daté de 1930 et 1960. En ce qui concerne la moyenne comptée sur tout le terrain analysé à l'aide de plusieurs méthodes partant des mêmes dates la vitesse est de 1–4 cm/année et 2,5–10 cm/année.

Bien que sur les karsts couverts l'accumulation soit importante sur les surfaces boisées, sur les terres arables ce processus est devenu l'un des déterminants les plus importants de la karstification au cours des derniers 50 années.

Traduit par A. SÜDI

**Majergojz, I. M.: Tyerritorialnaja sztruktura hozjajszta (A gazdaság területi szerkezete).** Izdatyelszto Nauka, Szibirszkoje otgyelenyje, Novoszibirszk, 1986, 303 p.

MAJERGOJZ, ISZAAK MOJSZEJEVICSnek (1908–1975) 1988-ban ünnepeljük születése 80. évfordulóját. A nagy szovjet geográfus életművéből állítottak össze válogatást egykori tanítványai MONYICS, J. I., POLJAN, P. M., TREJVIS, A. I.

MAJERGOJZ, I. M. 1908. szeptember 17-én született az ukrajnai Janovban. A zsitomiri pedagógiai technikum elvégzése után 1932-ben jelentkezett a Moszkvai Állami Egyetemre, amelynek befejeztével aspiránsként folytatta tanulmányait. 1940-ben a Kijevi Földrajzi Intézetben a gazdaságföldrajzi részleg vezetésével bízták meg és elsősorban Kijev városföldrajzával foglalkozott. A Nagy Honvédó Háború első évében a Vörös Hadseregben tolmácsként tevékenykedett és katonai topográfiát adott elő Sztálingrádban, 1943-ban azonban egészségi állapota miatt leszerelték.

1943-tól halála napjáig MAJERGOJZ a Moszkva Állami Egyetem Földrajzi Fakultásán dolgozott. I. A. VITVERREL együtt hozták létre a kapitalista és a szocialista országok gazdaságföldrajza tanszéket, ez utóbbit haláláig vezette.

Kandidátusi disszertációja, amelyet 1945-ben védett meg, Sztálingrád (a mai Volgográd) gazdaságföldrajzi helyzetével foglalkozott. MAJERGOJZ tudományos tevékenységét elemezve több alkotói korszak különíthető el.

Első korszakában (1946–1950) túlnyomórészt városföldrajzi tanulmányokat publikált Sztálingrádról, Bécsről, Kijevről.

A második korszakot (az ötvenes évek kezdete–hatvanas évek közepe) országismereti monográfiák és tanulmányok fémjelzik, ebben a periódusban jelent meg monográfiája Magyarországról és Csehszlovákiáról, cikkeket írt Lengyelországról, Romániáról.

A harmadik korszakot (a hatvanas évek második fele–a hetvenes évek eleje) a metodikai jellegű munkák jellemzik, amelyekben főként az iparföldrajz és az infrastruktúra tipológiai és kartográfiai módszereivel foglalkozott.

A negyedik korszakban MAJERGOJZ tudományos érdeklődése elméleti irányba fordult, az 1970-es évek elejétől haláláig az urbanizáció, a szocialista gazdasági integráció, a világkereskedelem földrajzi problémáival foglalkozott, emellett újabb munkákat írt a gazdaságföldrajzi helyzetről, politikai földrajzról, a gazdaság területi szerkezetéről.

A tanítványok által szerkesztett kötetbe válogatott munkák hűen tükrözik azokat a földrajzi irányzatokat, amelyeket MAJERGOJZ élete során művelt.

A kötet első részében azok a tanulmányok kaptak helyet, amelyek a gazdaság területi szerkezetével és a gazdaságföldrajzi helyzet problémáival foglalkoznak. A második részben található tanulmányok a szocialista gazdasági integráció földrajzi kérdéseit ölelik fel. A harmadik részbe válogatott munkák az ipar területi szerkezetét, ill. tanulmányozásának lehetséges módszereit taglalják. Itt kaptak helyet az iparral kapcsolatos tipológiai és kartográfiai tanulmányok.

A gondosan szerkesztett, magyarázó jegyzetekkel ellátott kötetet MAJERGOJZ professzor tudományos munkáinak bibliográfiája zárja. Az ismert szovjet geográfus életművét hűen reprezentáló könyvet a geográfia összes művelőjének a figyelmébe ajánlom.

POMÁZI ISTVÁN