

AZ AGGTELEKI BARLANGOK GENETIKÁJA A KOMPLEX FORRÁSVIZSGÁLATOK TÜKRÉBEN

DR. JAKUCS LÁSZLÓ

Az Aggteleki-hegység földalatti vízfolyásai számára a jelenkori helyi erózióbázist a Jósva völgye képezi, átlagos 220 méteres tengerszint feletti talpmagasságával. Jósfafő község körül, lényegében a helyi erózióbázis szintjén lépnek ki a karsztok belsejéből azok felszínalatti vízfolyásai, óriási méretű karsztforrások formájában. E források (a kecsővölgyi Babotkút kivételével) valamennyien többségükben már ismert barlanghálózatok földalatti patakjainak megjelenései, s néhány nagyon fontos jellemzőben azonosak. Ezek a jellemzők a következők:

1. A források vízhozama igen hirtelen, egyik óráról szinte a másikra, a korábbi rendes vízhozamnak többszörösére, némely esetben több száz-, sőt ezerszeresére is megnövekszik. (A Komlósforrás alacsony vízállás melletti hozama pl. 2—3 liter/sec, 1955. aug. 6-án néhány óra alatt azonban 5500 liter/sec-os vízhozamúvá duzzadt.) Ilyenkor a források *árvízi működéséről* beszélünk. Nagyobb árvízi működések alkalmával a Jósvavölgy alluviumát Szin és Jósfafő között teljesen elönti a megduzzadt Jósvapatak és e völgy községeiben sok kárt okozó, az épületek belsejébe is behatoló árvíz lép fel.

2. A források árvízi működésekor a korábbani tiszta és átlátszó víz igen erősen megzavarosodik, sőt teljesen átlátszatlaná és barnává változik.

3. A forrásvizek kémiai összetételében árvízi működéskor igen erőteljes változások jelentkeznek.

4. Az árvízi működések bizonyos felszíni meteorológiai jelenségeket követően, előre meg nem határozható időpontban és módon, teljesen rendszertelenül, a legtöbb esetben évente több alkalommal is jelentkeznek.

5. Árvízi forrásműködések idején nemcsak az ismert és szokott forráságyból, hanem az afelett levő hegyoldal több pontjából, az ún. „árvízi forrásokból” is ömlik a víz.

A fenti jellemzőket az Északborsodi Karsztvidék valamennyi nagy karsztforrása közül a Jósvaforrás és a Komlósforrás mutatja legfeltűnőbb módon. Az igen érdekes és szembeszökő jelenségre a kutatók már régebben is fel-

figyeltek (VASS I., CHOLNOKY J., STRÖMPL G., JASKÓ S., KESSLER H. stb.) s megállapították, hogy akkor, amikor egy bizonyos milliméteres nagyságrendet meghaladó mennyiségű eső (vagy hóolvadás esetén hólé) jut a források vízgyűjtőterületére, a források ugrásszerű erős megáradása bekövetkezik. Az ok pedig az, hogy a víz a felszínről a karsztos kőzetek repedésein és a víznyelőnyílásokon szinte késleltetés nélkül befolyhat a földalatti barlangjáratokba. A barlangalagutak erősen megduzzadó patakjai azután — a forrásszáji kiömléskor — a forrás árvízi működésével jutnak napvilágra.

A jelenségnek valóban ez a magyarázata, azonban sajnos nem ilyen egyszerűen. Már Aggtelek vidéki kutatómunkáim kezdeti időszakában tehettem olyan megfigyeléseket, amelyek arról győztek meg, hogy az árvízkialakulás kérdésében nemcsak a felszínre hulló vízalakú csapadék *nagysága* a döntő tényező. Előfordult pl. 1952—53 folyamán több esetben is, hogy 40 mm-es nagyságrendű nyári felhőszakadás nem okozott árvízi forrásműködést, míg más esetben egy 10 mm-es eső kiváltotta azt. Tekintve, hogy e kérdésben a tisztánlátás mind elméleti tudományos szempontból, mind az árvízveszély felismerésével kapcsolatos gyakorlati vonatkozásokban is nagy horderejűnek tűnt előttem, elhatároztam alapos és rendszeres megfigyelések gyűjtésével való kivizsgálását. Joggal vártam e vizsgálatoktól azt is, hogy segítségükkel nemcsak a karsztok hidrológiai törvényszerűségeinek sok szempontból még ismeretlen sajátosságait sikerül tisztázni, de azt is, hogy a törvényszerűségek felismerésével a barlanggenetika problémáit is sikerül új oldalról megközelíteni, s esetleg a még ismeretlen karsztjáratok gyakorlati feltárási munkáinak szempontjaiban is irányadó segítséget kaphatok. Így 5 éven át, 1954 elejétől kezdve 1958 végéig — összesen 3 hónapos kihagyással — rendszeresen mértem és feljegyeztem a csapadékatokat, a hómagasságot és a jósvafői Komlósforrás vízhozamának változásait. Ez utóbbit a VITUKI bukós mércején, amikor szükségesnek látszott előttem, naponta többször is ellenőriztem. Az 1955. február 1-től 1955. október 31-ig terjedő időszakban pedig, 9 hónapon át, naponként — sőt egyes áradási periódusokban félóránként — vett vízminták rendszeres analízisével bővítettem ki a fenti méréseket. A vízminták kémiai elemzését kiterjesztettem a Komlósforráson kívül a Jósvaforrásra is, sőt egyidejűleg számos barlangi csepegőhely és karsztforrás vizének kémiai változásait is rögzítettem. Az így nyert több ezer különböző mérési és vegyvizsgálati eredményadatból szerkesztettem meg azokat a diagramokat, amelyeket dolgozatom mellékleteiként közlök s amelyek végülis módot nyújtottak sok kérdésben a tisztább látáshoz.

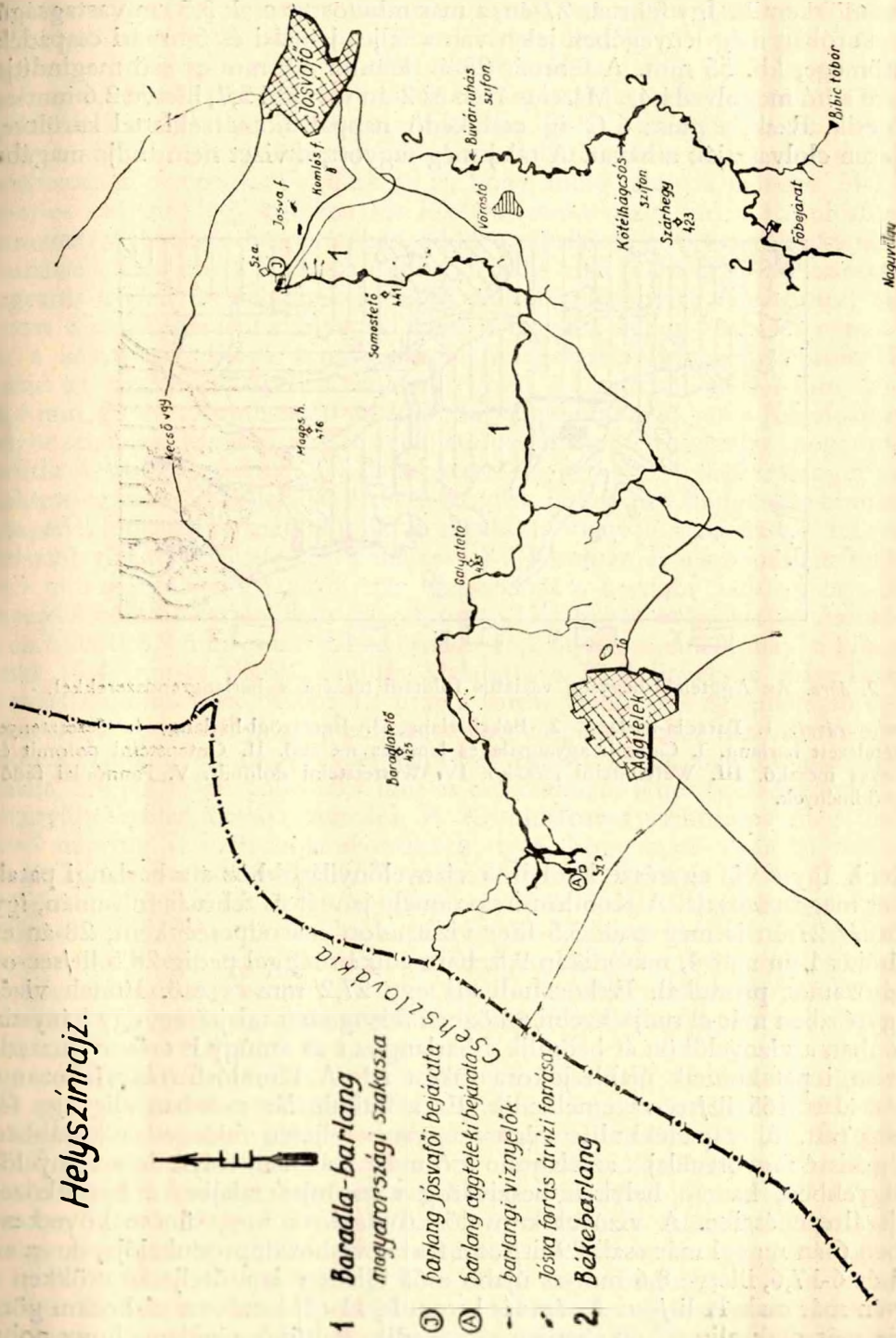
A következőkben nézzük meg tehát, hogy mit mondanak e diagramok?

1954

(Lásd a 6. ábrát)

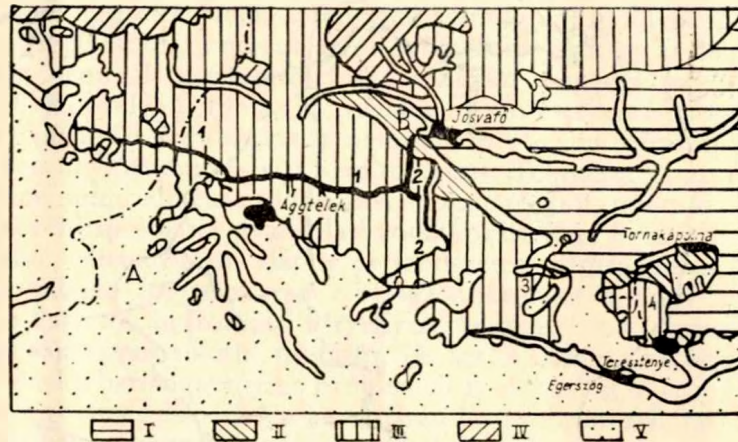
Az év alacsony komlósforrási vízhozamértékkel, alig 3,5 lit/sec-mal kezdődik. A csapadék januárban (47,1 mm) és februárban (10,6 mm) csak hó alakjában került rá a vízgyűjtőterület talajára. Beszivárgás nem volt. A február 10-én kezdődő és 16-ig erősebben, onnan a hó végéig gyengébben jelentkező nappali olvadások csak megrogyasztják a havat, de a párolgás okozta jelentéktelen veszteséget leszámítva, az abban tárolódott vízkészletet

Helyszínrajz.



1. ábra. A Baradla és a Béke-barlang környékének helyszínrajza

nem csökkentik. Így február 27-én, a már mindössze csak 3,5 cm vastagságú hótakaróban még lényegében jelen van a teljes januári és februári csapadék víztömege, kb. 55 mm. A február 28-án lehulló 4,8 mm-es eső megindítja végre a hó megolvadását. Március 1-én és 2-án további 3,7, illetve 2,6 mm-es eső esik. Ezek, a plusz 6 C°-ig emelkedő nappali hőmérséklettel karöltve, teljesen elolvasztják a havat. A talaj még fagyott, a vizet nem tudja magába



2. ábra. Az Aggteleki-hegység vázlatos földtani térképe a barlangrendszerekkel.

Jelmagyarázat: 1. Baradla-barlang, 2. Békebarlang, 3. Égerszögi-barlang, 4. Teresztenyei feltételezett barlang. I. Campili agyagpala és lemezes mészkő. II. Gutensteiner dolomit és lemezes mészkő. III. Wettersteiner mészkő. IV. Wettersteiner dolomit. V. Pannóniai fedőképződmények.

szívni. Így a víz egyrésze lefolyik a víznyelőnyílásokhoz s a barlangi patak vizét megduzzasztja. A Komlósforrás, amely január és február folyamán, így február 27-én is még csak 3,5 liter vizet adott másodpercenként, 28-án és március 1-én már 4, másodikán 9,5, harmadikán reggel pedig 28,5 lit/sec-os vízhozamot produkál. Ekkor hull alá egy 27,2 mm-es eső. Ennek vizét nagyrészt már el tudja nyelni a közben felengedett talajréteg, egy hányada azonban a víznyelőkön át beömlik a barlangba s az amúgy is erősen duzzadt barlangi patakoknak újabb jókora lökést ad. A Komlósforrás vízhozama órák alatt 165 lit/sec-ra emelkedik. Ez a kulminálás azonban alig egy fél óráig tart. A csapadékhullás végére ugyanis teljesen felenged a korábban még kissé fagyott talaj s az aláhulló eső most már nem folyik le a víznyelő-völgyekben, hanem helyben beszívárog a szomszédos talajba, a karsztközet hajszálrepedéseibe. A víznyelők nyelőaktivitásának megszűnése következtében 6-án reggel már csak 29 lit/sec a forrás vízhozamprodukcója, de ez az 5-i és 6-i 7,6, illetve 8,6 mm-es újabb esők ellenére is erőteljesen csökken s 10-én már csak 11 lit/sec. Az áradás levonult, 11-től kezdve a vízhozam görbéje már csak alig észrevehetően ereszkedik. Feltűnő azonban, hogy noha a meleg márciusi napok már régen felszikkasztották a talajt, még április

végére sem képes a forrás vízhozama ismét a korábbi februári és januári 3,5 lit/sec-os értékre alászállni. Ennek az az oka, hogy a március 3-án lehullott esőnek az a része, amelyet akkor már el tudott nyelni a talaj és a sok apró mészkövedés, csak lassú szivárgással, erős késleltetéssel és időbeli széthúzódással jut le a karszt belsejébe. Ez a „karsztvíz” most a cseppkövek sűrűbb csepegésében jelenik meg a barlangban és a barlangi patak vízhozamát szaporítja. Feltűnik az is, hogy addig, amíg a március 24-i 7,3 mm-es eső még egy egészen kis lökessel mutatkozni tud a Komlósforrás átmeneti vízhozamnövekedésében, addig az április 18-i 18,4 mm-es csapadékhullásnak már nincs duzzasztó ereje. Április első felének tartós szárazsága ugyanis a vízgyűjtőfelszínnek legfelső talajrétegét annyira kiszáritotta, hogy most e csapadékmennyiséget az teljesen magába képes venni és nem adja át a karsztnak, illetve a mélyebb talajrétegeknek. Ennek az április 18-i, majd az ezt követő áprilisi esőknek (19-én 3,3 mm, 21-én 0,4 mm, 26-án 8,4 mm, 29-én 1,4 mm és 30-án 15,4 mm) csak annyiban van a Komlósforrás vízhozamának későbbi sorsát meghatározó közvetett szerepe, hogy megtelítik a vízgyűjtőterület feltalaját nedvességgel s ez a nedvességgel való telítettség most már lehetővé teszi, hogy a következő napok kisebbmértvű csapadékhullásai is megindítsák a tágasabb víznyelőnyílásokhoz irányuló felszíni vízlefolyásokat. Így a május 1-i 7,4 mm-es és a másodikán hullott 4,3 mm-es esők a Komlósforrás vízhozamát a korábbi 5 lit/sec-os szinte nyugvóértékről harmadikán reggelre már 15,5 lit/sec-ra szöktetik. Az ötödikén hullott 8,9 mm-es eső ezt az értéket 16,2 lit/sec-ra emeli, majd a kilencediki 16,4 mm-es csapadékhullás kialakítja a 21,9 lit/sec-os májusi lassú áradás kulminációját. Május 12 után a forrás vízhozama egyenletesen csökken. Kilencedikétől tizenhetedikéig újabb csapadékhullás nincsen. A 25 °C körüli nappali felmelegedés és napsütés ezalatt ismét annyira kiszáritja a talajt, hogy a 17-én hulló 20,7 mm-es eső csaknem teljes egészében elvész a vízgyűjtőterület altalaja számára. A Komlósforrás vízhozama még június első napjaiig is változatlanul csökken, igaz, hogy nem olyan mértékben, mint ahogy várhatnánk tőle. A májusvégi esők ugyanis (29-én 11,8 mm, 31-én 11,2 mm) a karsztos vízgyűjtő repedéshálózatát állandóan telítve tartják s az ezidőtájt szinte minden napra jutó 2—3 mm-es kis esők a feltalajréteg kiszáradását sem engedik meg. A májusban lehullott 104,3 mm eső árvízi forrásműködést ugyan nem okozott így, de a felszínen típusos „sártengert” varázsolt június 9-re, a barlangokban pedig erőteljes csepegést és a források ún. „bó” alapvízállását.

A Komlósforrás vízhozama a június 5-i újabb 17,4 mm-es eső hatására — amely csapadék azonban még mindig csak a karsztközetekből álló karsztos vízgyűjtő felszínéről jutott be a földalatti vízhálózatba — 10,5 lit/sec-ról 13,1 lit/sec-re növekedett. Ezeknek a csapadékhullásoknak a hatására június 10-re a forráshoz tartozó nemkarsztos térszínű „járulékos” és „időszakos” pannonfennsíki vízgyűjtőterületrész talaja is telítődött vízzel, úgy-hogy további csapadék elnyelésére képtelenné vált ez az agyagos talaj.

Nyilvánvalóan láttuk, hogy ha a közeli napokban nagyobb eső lenne, a ponorok is működésbe lépnének és ezek hatására ugrásszerű árvízi forrásvízhozam jelentkezne. Ez megtörtént. 11-én egy 47,3 mm-es felhőszakadás órák alatt 1350 lit/sec-ra nyomta fel a Komlósforrás vízhozamát. Ezzel

egyidőben természetesen a többi forrás is, így elsősorban a Jósvaforrás, hasonló mértékben megáradt s a községeket elöntötte az árvíz. A következő napon újabb 16,2 mm-es csapadék hullott, ami természetesen erősen késleltette a csúcсарadás visszahúzódását. A nemkarsztos vízgyűjtőterületről a karsztok lábánál levő ponorokba 15-ig ömlött a víz. 16-án reggeltől kezdve a nemkarsztos „járulékos” vízgyűjtőterületek ismét kikapcsolódtak a földalatti barlangi patakok vizének táplálásából. Ez igen frappánsul kitűnik az áradási görbe leszálló ágának június 16-i megtöréséből és viszonylagos erős ellaposodásából. *Abban az időszakban, amikor a nemkarsztos járulékos vízgyűjtőterület is táplálja a karszt barlangjait, a vízhozamgörbe fel- és leszálló ága közel függőleges. Az áradásnak ezt a részét, amelyben tehát a főszerepet a nemkarsztos térszín áradmányvize viszi, B típusú áradásnak neveztem el, az okozó víztömeget pedig B típusú víznek. Szemben áll ezzel az áradásnak az a fajtája, amikor csak a karsztos vízgyűjtőfelszínre került és ott beszivárgott csapadék okozza az áradást. Az ilyen „karsztvízáradási” A típusú áradásnak neveztem. Ugyanezen megfontolással a forrás vízhozamdiagramjának is A és B típusú szakaszairól beszélek.*

A júniusi nagyáradás tehát B típusú volt 11-től 16-án reggelig, ezt követően pedig tisztán A típusú. Hogy mennyire indokolt ily határozottan megkülönböztetni a forrásáradás két típusát, azt a későbbiekben tárgyalandó kémiai vízvizsgálati eredmények is dokumentálni fogják.

Amíg A típusú megáradás karsztforrásaink életében — jellegzetesen domborodó, több hétre széthúzódó vízhozamgörbe íveléssel — elkülönítve és tisztán is jelentkezhet (lásd pl. az 1957-es diagramon a május 1-től június 20-ig terjedő szakaszt), addig a B típusú áradás mindig A típusúba megy át, mert hiszen alig képzelhető el olyan eset, hogy *csak* a nemkarsztos járulékos vízgyűjtőre hullik a csapadék, s ugyanakkor a karsztos vízgyűjtőre nem.

A legtöbb áradásnál az áradás jellege a két típus kevert formájából adódik és az illető áradást ahhoz a típushoz tartozónak kell minősíteni, amelyiknek a jellege uralkodó módon mutatkozik. Ebben az értelemben tehát az 1954. március elején már tárgyalt áradás és a június 11-i nagyáradás B típusú volt, míg ugyanezen év májusának áradása csaknem tisztán A jellegű. Az A jellegű forrásvízhozam-görbének a leszálló ágát most már könnyű felismerni az 1954 évi vízhozamgörbe június 17-től a hónap végéig lejtő szakaszában is.

Ha tovább szemléljük görbénk alakulását, feltűnik, hogy a július 1-i és 2-i jókora esők (összesen 63 mm a két nap alatt) a vízhozamgörbének csak egy gyenge A típusú módosítását okozták, annak ellenére, hogy a karsztos vízgyűjtőterület még jócskán telítve volt leadásra váró karsztvízzel. (Ez a forrás júniusvégi magas vízhozamprodukciónak látszik.) A jelenség magyarázata abban rejlik, hogy a június 11-i nagyáradás óta a járulékos nemkarsztos vízgyűjtő talaja meglehetősen kiszáradt a nyári melegekben (az eltelt 20 nap alatt kevés csapadék volt), így ismét nagymennyiségű vizet volt képes magába venni. Ha a július 2-át követő napokban akárcsak 20 mm-es csapadékhullás is jelentkezett volna, a B típusú áradás teljes bizonyossággal bekövetkezett volna. Érdekes mennyiségű eső azonban ezt követően nem esett. A mostantól kezdve lényegében szárazzá vált júliusban és a kiscsapadékú, de forró augusztusban annyira kiszáradt a karsztos és a járulékos vízgyűjtő területek felszíni talajrétege, hogy a szeptemberi, novemberi és

decemberi esők már nem tudták befolyásolni a forrás vízhozamgörbéjének egyenletesen alászálló jellegét. December 31-én a Komlósforrás vízhozama már csak 2,5 lit/sec volt.

Az 1954-es évi megfigyelések tanulságaiból a következőket szűrhetjük le:

Az Aggteleki-hegység barlangjainak (Baradla, Béke) patakjai két különféle vízgyűjtőterületről kapják vizüket. Az állandó és a patakok alapvízhozamát a karsztmasszívum „leszálló” karsztvize szolgáltatja (A típusú víz). A karsztra hulló és ott beszivárgó csapadék nagyságától függően ennek a karsztvíznek a hozama elég erőteljesen változhat ugyan, de ez a változás nem ugrásszerű az ütemében és nem is árvízokozó mértékű. Az A típusú áradások huzamosan tartók.

Ezzel szemben vannak a *B jellegű áradások*. Ezek hirtelen jelentkező, gyors lefolyású és éppen ezért hatalmas tömegű vízbefolyások, a barlangban tartózkodókra is könnyen életveszélyessé válható áradások. Mindig a barlangok nemkarsztos pannon járulékos vízgyűjtő felszínére hullott csapadékok következményei. Ezen a vízgyűjtőterületen az agyagos talajra került és ott be nem szivárgott csapadék gyűlik össze s innen a víz felszíni völgyeken át a karszthegység pereméhez folyik. A völgyek víznyelőben végződnek. A ponorokhoz jutó víz rajtuk akadály nélkül bejut a barlangrendszerek folyosóira, amelyeken végigrohanva, a jósvafői forrásvölgyek ún. „árvízi forráshelyein” ömlik ki újra a felszínre. Ilyen esetben B típusú áradásról beszélünk. A források hirtelen, ugrásszerűen jelentkező nagy megáradásai mindig B típusúak.

Nincs azonban minden alkalommal árvíz, valahányszor a víznyelők vízgyűjtőterületére nagyobb mennyiségű csapadék hull. *A barlangjáratokban csak akkor keletkezik B jellegű árvíz, ha a csapadék olyan időszakban jut víz alakjában a felszínre, amikor a talaj valamilyen oknál fogva nem képes azt elnyelni, illetve a talaj víznyelőképessége kisebb, mint amennyi a rája hullott csapadék mennyisége.*

Azt, hogy a kavicsos agyagrétegekből felépített pannon vízgyűjtőfennsík talaja ne tudja elnyelni a reákerült csapadékmennyiségeket, két fő tényező idézheti elő. Az egyik a talaj keményrefagyása, a másik pedig a talaj korábbi „elázottsága”. Vizsgálataim szerint az árvíz kialakulásának feltételeiben fenti okokon kívül jelentős szerepet játszik még a csapadékhullás időtartama is.

Hogy ezek a tényezők mennyire befolyásolják a B típusú áradás kialakulását, erre vonatkozóan számtalan kísérlettel és méréssel volt alkalmam meggyőződni. Ezek ismertetését más helyen részletesen közlöm (l. Földrajzi Közlemények, 1956. p. 381—402.)

1955

(Lásd a 7. ábrát)

Tekintve, hogy az 1954. évi megfigyeléseim és bizonyos, e helyen nem részletezett vízkémiai vizsgálataim meggyőztek arról, hogy a forrásvizek áradásaikor feltűnően megváltozik azok kémiai összetétele is, elhatároztam, hogy az 1955. évi vizsgálataimat a csapadék és vízhozam-adatok mérése mellett a víz rendszeres kémiai elemzésével is ki fogom egészíteni. Ilyen

kémiai vizsgálatoknak azonban csak akkor van értelme, ha azok valóban rendszeresen és megfelelő sűrűséggel történnek ahhoz, hogy az elemzési adatokból a legfontosabb kémiai jellemzők alakulásának folyamatos diagramja elkészíthető legyen. Célkitűzésem megkívánta, hogy a Komlósforrás és a Jósvaforrás vizének kémiai állapotát a nyugalmi időszakokban legalább 2—3 naponként, az áradási periódusokban pedig ennél jóval sűrűbben, akár félóránként is rögzítsem. Ez olyan roppant számú kémiai vízvizelmezést tett szükségessé, amelyeknek a szokásos laboratóriumi vízanalitikai módszerekkel való elvégzéséhez idő nem állott volna rendelkezésre. Ezért dr. DONÁSZY ERNŐ és dr. MAUCHA REZSŐ, valamint dr. CSAJÁGHY GÁBOR és DVIHALLY ZSUZSA irányításával és áldozatos segítségnyújtásával elsajátítottam a CSAJÁGHY—MAUCHA-féle helyszíni mikroanalitikai módszert. E módszer segítségével aránylag nagy pontossággal és néhány perces esetenkénti vizsgálati munkával mindig tisztázni lehetett egy-egy vízminta jellegzetes kémiai alapvonásait.

A gyakorlatban rövidesen rájöttem arra, hogy nem érdemes valamennyi ion rendszeres elemzését elkészíteni minden vizsgálat alkalmával, mert amikor az Aggteleki-hegység nagy karsztforrásainak vizében a különböző oldott anyagok tartalma változik, *teljesen arányosan* változik. Elegendő, ha a karsztvizek legfontosabb oldott kémiai anyagának, a kalciumnak és a hidrokarbonát-tartalomnak a mennyiségi változásait vizsgálom végig időről időre: ugyanazokat a jellegzetességeket kapom a változásokra vonatkozólag, mintha teljes, minden kémiai alkotórészre kiterjedő vízvizelmezések eredményeit állítanám egymással párhuzamba. Sőt, a vizsgálatok azt is igazolták, hogy a vizek Ca^{++} -ionjának és HCO_3^- -ionjának változási görbéi is teljesen párhuzamosan futnak, s egymástól való észrevehető jellegi eltérést nem mutatnak. Amilyen arányú az oldott Ca^{++} -ion növekedése a vízben, pontosan olyan arányú a HCO_3^- -ioné is s a többi kémiai jellemzőé. Ezért, noha vizsgálataimat — mintegy ellenőrzésképpen — folyamatosan és minden esetben elvégeztem a HCO_3^- -tartalom rögzítésére is, nem láttam különösebb értelmét a HCO_3^- -görbe komplexdiagramra való felrakásának. A Ca^{++} -görbéhez viszonyítva ugyanis semmi újat nem mondana, viszont nehezítené a komplexdiagram áttekintését. Ezt a megállapításomat eredeti vízvizelmezési jegyzőkönyvem adatai bármikor alátámaszthatják, amelyben egyébként a többi vízkémiai vizelmezési adataim is fel vannak vezetve.

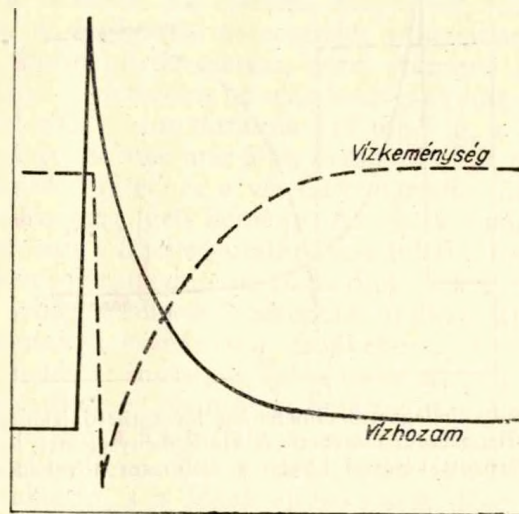
Mint utólag beigazolódt, roppant hasznos volt, hogy a mindegyik ion rendszeres vizelmezésére kiterjedő elemzés készítése helyett inkább a kalciumra és hidrokarbonátra megvizsgált vízminták *számát* bővítettem, s hogy egyidejűleg párhuzamosan végeztem a Jósva- és a Komlósforrásnál is az elemzéseket. Ez a kilenc hónapon át folyamatosan végzett, kitartó és igen fáradságos munka azonban megérte a befektetett költséget és türelmet. Az elkészült 1955-ös komplexdiagramunk ugyanis igen sok oldalról közelebb juttatott a karszthidrológiai törvényszerűségek felismeréséhez, sőt a barlanggenezis kérdésének (pl. a korrózió és erózió szerepe a karsztos üregképzésben) megoldásához.

A források komplex változásainak ilyen természetű oknyomozó hidrokémiai vizelmezéséhez, melyhez hasonló tudomásom szerint még sehonnan sem ismer a nemzetközi szakirodalom, igen szerencsés volt az 1955-ös esz-

tendő kiválasztása. Ez az év ugyanis az aggteleki barlangok vízgyűjtőterületének viszonylatában magas, 874,2 mm-es csapadékot hozott, s a csapadék-hullás eloszlása is olyan volt, hogy vizsgálataink számára a legkedvezőbbben alakultak ki — az év folyamán többször is — a legnagyobb mérvű rendellenességek. Már itt le kell ugyanis rögzíteni azt a megállapítást, hogy pontosan a szokásostól *eltérő rendellenességek* tanulmányozásának van különleges jelentősége a forrásvizek alakulásában. Ezt a következőkben látni fogjuk.

Mindenek előtt próbáljunk meg elméletileg levezetni egy típusos B áradási komplexdiagramot. Milyen jellegű vízkémiai elváltozásoknak kellene bekövetkezni elméletileg akkor, ha a ponorok működésének megindulásával a járulékos, nemkarsztos vízgyűjtő felszínről nagy mennyiségű lágy kímájú nemkarsztvíz ömlik be hirtelen egy földalatti barlangfolyosóba, majd azon végigfutva: a forrásnál való megjelenéskor?

Azt már láttuk az 1954-es diagramunk esetében is, hogy ilyenkor a forrás vízhozama erőteljesen és hirtelen felszökik. Ha a barlangalagutat úgy tekintjük, mint egy földalatti, üres vízvezető kanálist, akkor ezzel a vízhozamfelugrással pontosan egyidőben a forrásvíz kémiai ellágyulását is olyan mértékben kellene észlelnünk, mint amennyivel lágyabb kímájú a ponorokon beömlő nagymennyiségű áradmányvíz a forrás által korábban produkált kemény karsztvíznél (l. a 3. ábrát).

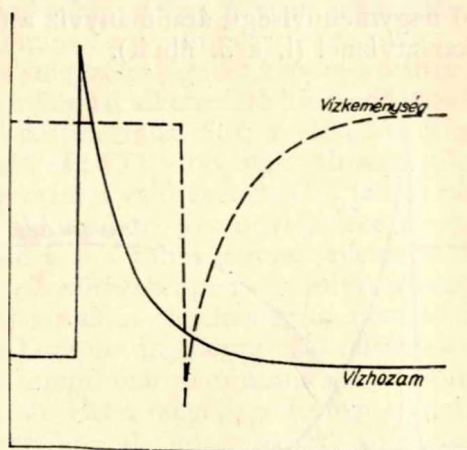


3. ábra. A B-típusú áradás jellegzetes elméletileg levezethető jelentkezése üres barlangalagút feltételezése esetén, a forrásvíz hozamának és keménységének alakulásában

Az Aggteleki-hegység barlangjairól, így elsősorban a Békebarlangról, de a Baradla Alsó-barlangjáról is tudjuk, hogy azoknak folyosói nem tekinthetők üres kanálisoknak, hiszen bennük állandó, nagytömegű karsztvízmennyiség van, aminek túlfolyása a jósvafői források többé-kevésbé állandó jellegű vízhozam-produkálását biztosítja. A Baradla-barlangé a Jósvaforrásét, a Békebarlangé pedig a Komlósforrásét. Ebben az esetben elméletileg

azt kell várnunk, hogy a víznyelőkön, tehát a barlangalagútnak a forrásokkal ellentétben, felső végén beömlő nagytömegű lágú víz — jellegzetes kémiai elváltozásaival — csak azután jelentkezik magában a forrásban, miután előzetesen már kiszorította a barlangból az ottlevő víztömeget, s annak helyét betöltötte. A forrás vízhozamának erőteljes megáradása tehát már bekövetkezett (a lágú áradmányvíz maga előtt kitolta a gyakorlatilag összenyomhatatlan *A* típusú víztömeget), a víz kémiai összetétele azonban még változatlan maradt, hiszen az áradásnak ebben az első periódusában még ugyanaz a belső, tárolt karsztvíztömeg ömlik a felszínre, amelynek túlfolyása lényegesen kisebb vízhozammal korábban is jelentkezett. A forrásvíz kémiai megváltozása, nagyfokú ellágyulása csak azután lesz tehát észlelhető, miután a barlangból az összes korábbi vízmennyiséget maga előtt kiszorította a járulékos vízgyűjtőterületről beömlött nemkarsztvíz. Hogy a vízhozamgörbe hirtelen felugrása a víz keménységét jelző görbe hirtelen leszálló ágát időben mennyire előzi meg, ez teljesen az illető vizes barlangban egyidejűleg benn tárolódott víztömeg nagyságától és az áradás mértékétől függ.

Ez tehát az elméleti formula, amelynek a mi forrásainkra vonatkoztatva a *B* típusú áradások időszakában helytállóan kell lennie (l. a 4. sz. ábrát).



4. ábra. A *B*-típusú áradás jellegzetes elméletileg levezethető jelentkezése állandó karsztvízfolyást tartalmazó barlangalagút esetében. A víz keménységének lecsökkenése csak meghatározott késéssel követi a vízhozam növekedését

Ha forrásaink árvízi változásainak jellegében ettől az elméleti formától való bármiféle esetleges eltérés mutatkozna, annak speciális előidéző okát meg kell találnunk, mert ilyeneknek kell lennie. Vizsgáljuk meg most ebből a szempontból 1955-ös komplexdiagramunkat.

Azt tapasztalhatjuk, hogy elméleti levezetésünket a gyakorlat is igazolja, de mind a Jószaforrásnál, mind a Komlósforrásnál vannak olyan — az elméleti formától eltérő és egymástól is különböző — *sajátos mellékjellegek*, amelyek első szemlélésre indokolatlanok és érthetetlenek. Ezek az elméleti formától való eltérések az illető forrásra jellemzőek, szabályszerűek és minden *B* típusú áradáskor ismétlődők. *Látni fogjuk, hogy mindegyik sajátos*

eltérés az illető forrás földalatti vízjáratainak különbözőségeivel áll szoros okozati kapcsolatban. Ezért egy forrás még ismeretlen földalatti járatának megismerése céljából a B típusú áradások elméleti formától való eltéréseinek vizsgálata a döntő jelentőségű.

A továbbiakban végigkövetjük a 9 hónapot felölelő 1955-ös komplex-diagramunkat. (Tekintve, hogy a Jósvaforrásnál rendszeres vízhozammérésre nem nyílt alkalmunk, a Komlósforrás vízhozamgörbéjének arányai és időpontjai a Jósvaforrásra is vonatkoztatandók. Ezt nagyobb hiba elkövetése nélkül tehetjük, mert hiszen a Jósva- és Komlósforrások vízhozamingadozásai a két járulékos vízgyűjtőfelszín közvetlen szomszédsága s a barlangszerkezetek nagyfokú hasonlósága miatt általában mindig párhuzamosak egymással.

Február 1-én, a vizsgálati időszak első napján 28 centiméteres, süppedő jellegű hótakaró fedí az erősen fagyott talajt. A források vízállása elég alacsony, a januári gyenge A jellegű duzzadás következtében a Komlósforrásnál 4,5 lit/sec. Mindkét forrás közel 104 mg/l Ca^{++} -tartalommal jelenik meg. Február 3-án 0,9, 4-én 2,7, 5-én pedig 1,7 mm eső hull az erősen rogyadozó hóra. Ennek, valamint a teljesen fagyott talajnak a hatására a járulékos vízgyűjtőterületről alig említésre méltó mennyiségű B típusú áradás jut a barlangokba. A Komlós vízállása már 3-án 6,3 lit/sec, 7-én pedig egyenesen 34,3 lit/sec-ig emelkedik. A Komlósforrásból ömlő víz még 7-én, az áradás tetőzésekor is tiszta. Ez elárulja, hogy még mindig az előretolt karsztvíz jelentkezik. A víz kémiai összetételét változatlanak kellene várnunk az elméleti B típusú görbe szerint, ezzel szemben mind a Jósvánál, mind a Komlósforrásnál a vízhozam növekedésével együtt a víz keménysége is növekszik. A Komlós Ca^{++} -ion tartalma 119 mg/l-ig, a Jósváé pedig 115 mg/l-ig emelkedett. A Jósva vize már 6-án zavarosodik (a csehek elengedték Domicában a csónakázótó vizét) és a víz Ca^{++} -tartalma 81 mg/l-re száll alá 7-ére, amikor a Komlós még igen kemény. Az egész áradásról nehéz meghatározni, hogy az A vagy a B jelleg uralkodik-e inkább benne. A forrásvízhozamok csökkenésével párhuzamosan fokozódó vízkeménység-növekedés mindenesetre az A jelleg uralkodó szerepére utalhat, kivéve a Komlósforrás február 9-i átmeneti keménység csökkenését, ami viszont némi B típusú víz hozzákeveredésére mutatna. Talán most érkezett meg a forráshoz a február 4-i hóolvadás B vize? Nem lehet határozottan állítani, mert mindössze 110 mg/l-ig csökken a Ca-tartalom, s a következő napokban ismét emelkedik, még erőteljesebben. Talán mégis csak az A jelleg volt ebben a kisáradásban az uralkodó, s a Jósva eltérő viselkedését (B-szerű kémiai beütés) csupán a domicai tó leengedése okozta.

Hogy A jellegű áradáskor a barlangi vizek kémiaja keményedik, ez érthető, hiszen ilyenkor a vízhozam megnövekedését a barlangi csepegő vizek erőteljes felszaporodása és ennek s sok apró vízforrásnak az összegeződése okozza. A karsztmasszívum kőzetének hajszálrepedéseiben levő és mészben telített vizet nyomja lejjebb ilyenkor a karsztban föléje rétegződő újabb leszálló karsztvíz. Hogy ez mennyire így van, azok a kémiai vizsgálatunk bizonyítják, amelyeket egyugyanazon barlangi csepegőhelyen, különböző időpontokban nyert vízmintákon végeztünk. Minden esetben azt tapasztaljuk, hogy a cseppkövek vízcspepegésének csapadékbő időszak utáni

sűrűsödésével együttjár vizük összetételének keményedése is. Ennek más oldalról okozója lehet az is, hogy ilyen csapadékbő időszakok után, amikor a karszt repedéshálózata telítődik leszálló karsztvízzel, a repedéshálózatok alsóbb régióiban megnövekszik az ottani vízre ható hidrosztatikus nyomás, s e nyomásnövekedés hatására a korábban már telített oldatok további mészdoldási aktivizálódása áll elő. E körülmények hatására az *A* jellegű áradásnak mindig törvényszerű velejárója és biztos ismertető jele a víz $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -tartalmának erős megnövekedése.

1955-ös komplexdiagramunk február 10—16-ig terjedő szakasza tehát típusosan *A* jellegű mutat.

Február 17-én este 36,2 mm havas eső esett, ami 18-ra típusos *B* jellegű áradást okozott. A Komlós vízhozama egyik óráról a másikra 14,2 lit/sec-ről 275 lit/sec-re ugrott fel. A Jósváé hasonlóan. Igen feltűnő azonban, hogy mind a Jósva, mind a Komlósforrás esetében a *B* típusú áradásra jellegzetes erős vízlágyulás előtt egy hirtelen és rövididejű, határozott jellegű kémiai vízkeményedés jelentkezett. A Komlós vizében a Ca^{++} 136 mg/literre, a Jósváéban pedig 114 mg/literre szökött fel. Másnapra azonban már mindkét forrásnak 64 mg/literes Ca^{++} -tartalmú lett a vize.

Ezt a feltűnő jelenséget később is minden *B* típusú áradásnál tapasztaltuk. Csak egyetlen dologra lehet belőle következtetni. Nevezetesen arra, hogy a barlangalagútban a karsztptatak vize normális folyási viszonyok mellett nem mészdoldó, hanem *mészlerakó tendenciájú*. A barlangba jutó karsztvíz nemcsak a cseppkövek csúcsait növeli mészlerakásával, hanem a sok külön eredetű vízcseppből alakult barlangi *A* jellegű karsztptatak a meder fenekére is állandóan CaCO_3 -at rak le. (Ezzel magyarázható pl. a békebarlangi roppant mennyiségű mésztufagát jelenléte.) A folyamat következtében a víz már földalatti útján, a forrás felé haladtában egyre inkább megszabadul fölös mésztartalmától. A felszíni forrásvölgyben megfigyelhető mésztufakerakódás olyan anyagkiválási folyamatnak az eredménye, amely folyamat döntő szakasza már a barlangban lezajlott. Ezek ismeretében most már érthető, hogy miért szökik fel *B* áradáskor a vízhozam növekedésével párhuzamosan a víz keménysége is. Azért, mert ilyenkor azt a barlangból hirtelen előretolt karsztvizet nyerjük, amely karsztvíznek már nem volt ideje lerakni fölös mésztartalmát.

Hogy a barlangi patak vizének oldott mésztartalma a barlangban — a forrás felé haladva — egyidőben vett vízmintákban ténylegesen csökken, ezt alábbi békebarlangi vegyi vizsgálati eredményeink is igazolják.

Mintavétel időpontjai	A patakvíz Ca^{++} -ion tartalma a Békebarlangban		
	„Kőtélhágcsós szifonnál” mg/l	„Búvárruhás szifonnál” mg/l	Komlósforrásnál mg/l
1955. III. 4.	134,58	131,15	117,82
1955. IV. 22.	132,11	129,08	124,66
1955. X. 10.	131,70	127,19	124,02
1955. XII. 6.	133,29	130,77	125,13

Ezek a megfigyelések a legdöntőbb bizonyítékai egyre erősödő nézetünknek, hogy az Ággteleki-hegység barlangjait nem a víz oldóhatása hozta létre korróziós munkával, hanem azok kizárólagosan a földalatti vízfolyások eróziós munkájának a termékei. *Az üregképzés munkáját csakis a B típusú nemkarsztvíz végezte, és végzi még ma is, a barlangok karsztos vízgyűjtőjéről származó leszálló A jellegű karsztvíz szerepe a barlangképzésben ezzel éppen ellentétes irányú: mészlerakó, s ezáltal üregkitöltő, barlangmegszüntető tendenciájú.*

Ezt a merész állítást még jobban alátámasztja július 9. és 12. közötti árvízi komplexvizsgálatunk, amelyről olyan bőszerű vizsgálati adatot tudunk rögzíteni, hogy segítségével e négy nap komplexdiagramját erős szét-húzással s mégis kellő pontossággal mutathatjuk be. (Lásd később, a maga helyén.) Most térjünk vissza 1955-ös komplexdiagramunk márciusi szakaszához.

A március 20-ra bekövetkezett teljes hóolvadás, valamint a március 22-i, 24-i és 26-i kisebb esők a víznyelők többszöri aktivizálásával, a fagyott és közben felengedő talaj fontos beszivárgásszabályozó szerepének sűrű jellegváltoztatásával a komplexdiagram képét március második felében annyira komplikálttá teszik, hogy ennek az időszaknak a részletes oknyomozó elemzésére nem tudok vállalkozni. Különösen a Komlósforrásnál, de a Jószaforrásnál is olyan erőteljesek és minden szabályosság nélküli ingadozásokat mutatnak a vegyi változások, amelyeknek a megértéséhez és értelmezéséhez talán még több adatra lenne szükség. Ezért elhatároztam, hogy a legközelebbi B áradás alkalmával félóránként fogom a források változásait vizsgálni, s az áradási periódusban még néhány új szempontra is kiterjeszteni a megfigyeléseket. Így született meg az a komplexdiagram, amely a Komlósforrás 1955. július 9—12-ig terjedő B áradásának lefolyását tünteti fel a megkívánt részletességgel és pontossággal.

A járulékos vízgyűjtőfelszín talajának rendszeresen végzett vízelnyelési képességvizsgálataiból már július 8-án reggel láttuk, hogy kialakult az erős árvízveszély periódusa. Számítván arra, hogy a következő napokban újabb esőzések jelentkezhetnek, azonnal megtettük előkészületeinket a tervezett nagyméretű vizsgálathoz. Július 8-án délelőtt 11 órakor a Békebarlang patakjának vizébe a Főág felső, víznyelő-felőli végén behelyeztünk 20 dkg fluoreszcint, majd ugyanezen a helyen 10 órával később, 19 órakor 25 kg NaCl-t. Erre azért volt szükség, hogy esetleges áradás alkalmával a barlangi vízfolyásnak ezt a megjelzett szakaszát pontosan felismerhessük a forrásban való előbukkanáskor.

Feltételezésünk helyesnek bizonyult. A Békebarlang vízgyűjtőterületére 8-án és 9-én összesen 64 mm csapadék hullott. Ennek hatására a víznyelők is működésbe jöttek. A fluoreszcin behelyezése után 22 órával, a NaCl betétele után viszont 12 órával később, nagytömegű, a nemkarsztos vízgyűjtőterületről származó, lágy és erősen szennyes víz ömlött a barlangba (nyelőműködés 8,30 órától 9,30 óráig 9-én).

9-én hajnaltól 12-én éjfélig 4 teljes napon és éjszakán keresztül, félórás vízmintavételi és adatrögzítési időközökkel megszakítás nélkül — feleséggel felváltva vizsgáltuk a Komlósforrás vízhozamának változásait, a víz zavarosságai fokában bekövetkező elváltozásokat, ezenkívül a víz Ca^{++} , HCO_3^- és Cl^- ion tartalmának alakulását, valamint a víz fluoreszcin-töménységét.

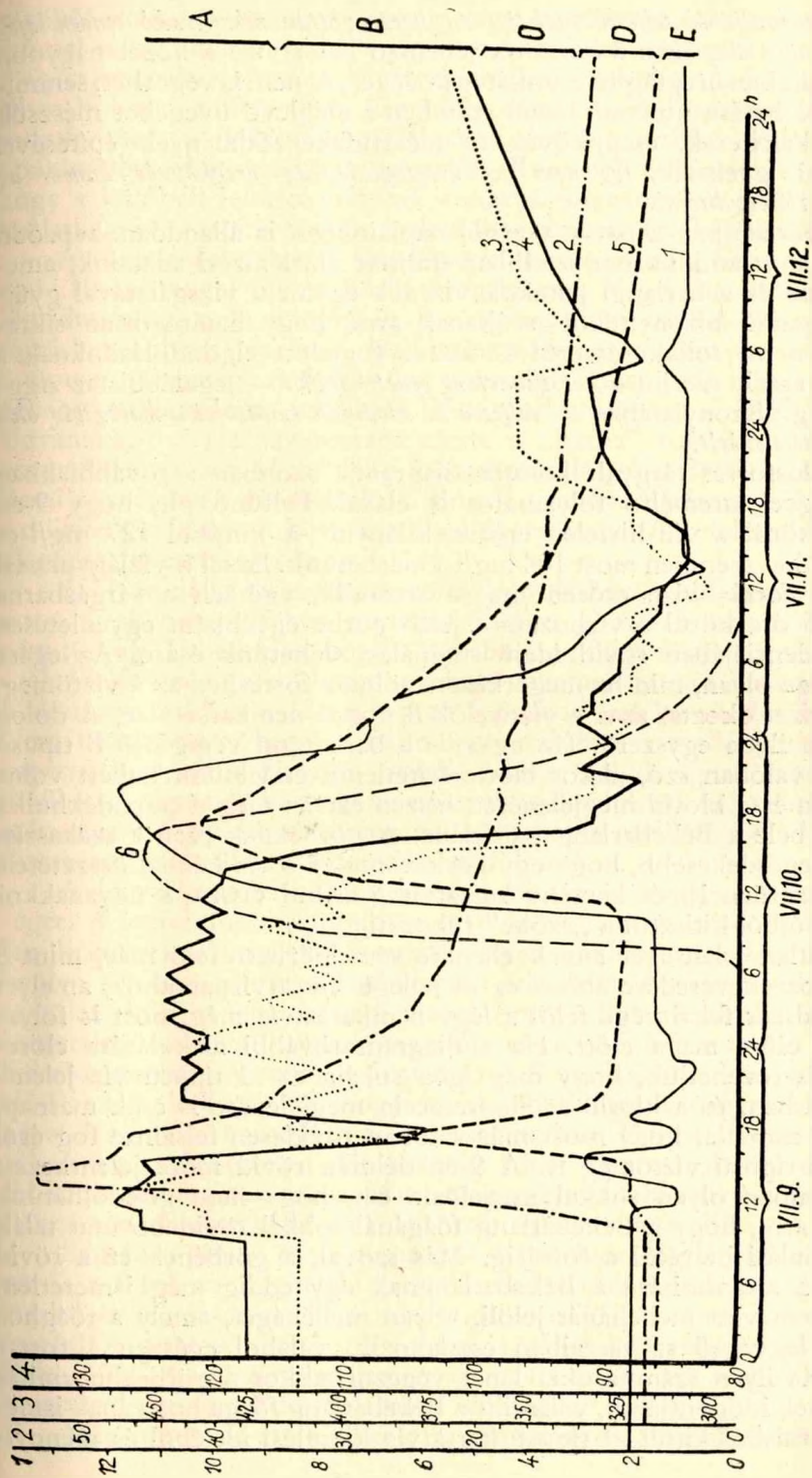
Közbevetőleg meg kívánom említeni, hogy a diagram egyes eddig nem tárgyalt görbéi milyen eljárásokkal készültek. A víz zavarossági fokának mérésére magas üveghengert használtunk, amely alá milliméterpapírt helyeztünk. Azt a vízoszlopmagasságot igyekeztünk mindig lemérni, amely alatt a mm-papír beosztása még éppen kivehető. Így a „kristálytisza” jelzés 25 cm-nél nagyobb átlátszó vízoszlopmagasságot jelöl, míg a „szőke” jelzővel azt a vizet jelöltük, amelynek 10—25 cm között van az átlátszósági határa. A „sárga” víz 3—10 cm-ig, a „sárgásbarna” 1—3 cm-ig értendő, „barna” víznek pedig az olyan vizet nevezzük, amelyiknek már 1 cm-es rétege is átlátszatlan. A fluoreszcein intenzitását ugyancsak üveghengerben a zavarosság mintájára igyekeztünk konkretizálni. Ezen a téren a dolog természeténél fogva nagyobb pontosságot nem érhattünk el. A víz Cl^- -ion tartalmát, valamint Ca^{++} - és HCO_3^- -tartalmát a MAUCHA—CSAJÁGHY-féle félmikro vízelemző eljárásokkal azonnal, a helyszínen vizsgáltuk.

Ha megnézzük az eredményeket időbeli sorrendben feltüntető 5. sz. komplexdiagramot, láthatjuk, hogy a forrás vízhozama 9-én 9 óra 40 perckor rohamosan növekedni kezdett, annyira, hogy 13 órára már a csúcértékre szökött. A forrás vízhozamának növekedésével egyidejűleg a víz csak egészen halványan szőkült meg. A forrásban jelentkező víztömeg tehát nem azonos a víznyelőkön beömlő piszkos, szennyes vízzel. Ezt mutatja az is, hogy az áradásnak a forrásban való megjelenése előtt nem észleltük sem a fluoreszcein, sem a NaCl jelentkezését, amit pedig, ha a tényleges árvízi víztömegről lenne szó, maga előtt kellett volna tolnia. Végül, de nem utolsón sorban: feltűnő, hogy a vízhozam ugrásszerű megnövekedésével egyidejűleg a víz Ca^{++} - és HCO_3^- -tartalma is erősen megnövekszik a korábbi nyugvóértékekhez viszonyítva.

Ha a diagramnak a 9-én 9—14 óráig terjedő részletét vizsgáljuk, nem gondolhatunk másra, mint arra, hogy a forrásban az a víz jelentkezett, amely a barlangban a forrás és a víznyelők között a víznyelők működésével egyidejűleg bent tárolódott, s ezt a vizet most a felülről beömlő nagytömegű áradmányvíz maga előtt kiszorította. Mivel a víz gyakorlatilag nem nyomódott össze, az áradás csúcsvízhozama sem az áradást előidéző lágy kémiai víz megjelenésével esik egybe. A vízhozammaximum tehát a barlangból előretolt vízzel jelentkezik. A földalatti járatban most a B típusú víz elfoglalja a kiszorított A típusú víz helyét az ottani víztároló medencékben.

A dolognak ez a része eddig természetes, és ha egyébként nem tudnánk, hogy a Komlósforrás karsztos vízvezető csatornájában (barlangjában) víztároló medencék jócskán vannak, a forrásnak ez a viselkedése most minden kétséget kizáró módon elárulná ezt. De nem lehet következtetés levonása nélkül elmenni amellett sem, hogy a forrás keménysége az áradással egyidejűleg megnő. A barlangi víztárolókban levő A típusú karsztvíz ugyanis, amelyet hirtelen lökött ki a B típusú víztömeg, már nem tudta lerakni mésztartalmának azt a részét, amelyet normális folyási sebesség mellett a barlang üregeiben egyébként még a forrás előtt lerakott volna. (A forrás Ca^{++} -ion tartalma az áradás előtt heteken keresztül változatlanul 117,5 mg/l volt, HCO_3^- -tartalma pedig 411 mg/l!)

Határozottan kimondhatjuk tehát, hogy a karsztos felszínre hullott és ott beszivárgott csapadékvíz: a leszálló karsztvíz, a barlang, azaz a karsztvíz níveljén



5. ábra. A jósatői Komlós-forrás változásának komplex diagramja az 1955. július 9-től 12-ig történt vízfestéses és áradásélezési időszakban.

Jelmagyarázat: 1 = Cl^- mg/l, 2 = vízhozam (bukómérce/cm), 3 = HCO_3^- mg/l, 4 = Ca^{++} mg/l, 5 = vízzavarossági mutató, 6 = fluoreszcén-intenzitás görbéje. A = barna, zavaros víz, B = sárgásbarna víz, C = sárga víz, D = szőke víz, E = tiszta víz.

mészoldás szempontjából teljesen inaktív, sőt határozottan mészlerakó tendenciájú. Ez az A típusú víz, azaz a karsztok jellemző karsztvize a kőzet nagyobb mélységű régióiban üregtágító munkát nem végez, és nem is végezhet, semmiféle korróziós hatása nincsen. Ezzel szemben a meglevő üvegeket mészsók lerakásával, kalciterek, cseppkövek és mésztufaképződmények építésével eltömedékelni igyekeznek. Így nem az üregtágítás, az üregképzés, hanem az üregpusztítás előmozdítója.

A Békebarlangban a patak vizéből napjainkban is állandóan képződő mésztufagátak, valamint a már korábban említett vízelemzési adataink, amelyek a forrás és a barlangi patakok vizének egyidejű vizsgálatával gyűjtöttünk, elegendő bizonyítékot nyújtanak arra, hogy határozottan síkraszállhassunk a mi sokak részéről kétkedve fogadott elgondolásunknak a védelmében, amely szerint a *karsztbarlang genetikájából* — legalábbis az Aggteleki-hegység viszonylatában — *teljesen ki kívánjuk kapcsolni a karsztvíz oldó szerepének feltételezését.*

A Komlósforrás tárgyalt komplexdiagramja azonban a továbbiakban még más figyelemreméltó folyamatot is elárul. Feltűnő pl., hogy 9-én 15—16 óra körül a víz hirtelen erősen kilágyul. A korábbi 127 mg/l-es Ca^{++} -értékekkel szemben most 104 mg/l-t mérhetünk. Ezzel a vízlágyulással egyidőben a forrás vize erősen megzavarosodik, egészen a sárgásbarna fokozatig. 15 óra körül a vízhozamot jelző görbe egyébként egyenletesen süllyedő tendenciájában rövid idejű stagnálást vehetünk észre. Az egész változás jellege olyan, mintha megérkezett volna a forráshoz az a víztömeg, amely az árvizet okozta, azaz a víznyelők B típusú nemkarsztvize. A dolog azonban nem ilyen egyszerű. Ha ugyanis a barlangon végigfutó B típusú vízről lenne valóban szó, akkor előtte feltétlenül észlelnünk kellett volna a fluoreszcein és a klorid megjelenését, hiszen ezeket még a csapadék hullás előtt raktuk bele a Békebarlang patakjába. A görbéknek ezen a szakaszán azután az a legérdekesebb, hogy egy-két óra múlva a víz kémiai összetétele szinte ugrásszerűen ismét kemény karsztvízzé alakul vissza, s ugyanakkor a forrás vize újból kitisztul a „szőke” fokozatig.

A szokatlan jelenséget ennek ellenére sem idézhette elő más, mint B típusú víz hozzákeveredése ahhoz az A jellegű karsztvízpatakhoz, amelyet a barlangrendszer felső vége felől a lágy nemkarsztvíz még most is folyamatosan tol előre maga előtt. Ha a diagram további alakulására előre pillantunk, észrevehetjük, hogy még igen sokáig az A típusú víz jelentkezik a forrásban, és a klorid és fluoreszcein megjelenése is csak másnap, 10-én reggel mutatja, hogy most már valóban rövidesen felszínre fog érni a kérdéses B típusú víztömeg is. A 9-én délután rövid időre jelentkezett lágy víz azonban olyan sokkal megelőzte ezt, hogy nem gondolhatunk másra, mint arra, hogy a Békebarlang főágánál sokkal rövidebb utat talált felszíni kiindulási helyétől a forrásig. Más szóval, a görbének ez a rövid idejű, feltűnő abnormitása a Békebarlangnak egy eddig még ismeretlen, számításba nem vett mellékágát jelöli. Olyan mellékágát, amely a főághoz csak annak legvégső szakaszaiban csatlakozik, valahol egészen a forrás közelében. Ha ilyen számításokat lehet végezni, akkor a görbeabnormitás jelentkezésének időpontjából, valamint a Békebarlang főága hosszának ismeretéből, a forrásból kitolt A típusú karsztvíz kiömlési idejéből és mennyi-

ségéből számítva ennek az ágnak vagy egyébként patakmentes, de a felszínnel erősen nyitott hidrológiai összeköttetésű folyosónak (esetleg inaktív főágszakasznak) valahol a Vöröstó vidékén kell meghúzódnia. Hogy valójában hol van, miféle ágról vagy folyosóról van itt szó, egyelőre még nem tudjuk, mert a Békebarlang főágának azt a legutolsó szakaszát, ahol ez hozzácsatlakozhat, még nem ismerjük. Reméljük és bízunk azonban benne, hogy a jövőbeli feltáró kutatások ennek a folyosónak a felfedezésével gyakorlatilag is igazolni fogják észlelt diagramunk értékelésének helyességét.

A Komlósforrásban a fluoreszcéin a még mindig halványszőke vízben csak 10-én reggel 8 óra körül jelentkezett. Négy óra múlva észleltük a kloridtartalom erős felugrását. S valóban, nem sokkal utána megjelent a forrásban folyamatos lassú vízhozamcsökkenés mellett a várva várt főági B típusú víztömeg. A forrás Ca^{++} -tartalma most órák alatt nyolcvanegynéhány milligrammra csökkent. Vele párhuzamosan a HCO_3^- -tartalom is. Ugyanakkor a víz zavarossága elérte a „barna” fokozatot. Ezután a víz összetétele egészen 11-én délig fokozatosan lágyult. Érdekes, hogy a lágyulással egyidőben a víz tisztult is. Ennek a nemvárt jelenségnek valószínűleg a csökkenő vízhozam következtében egyre kedvezőbb feltételek közé került ülepedés lehetett az oka.

A 11-én délig tartó vízösszetétel lágyulásban, majd az azt követő fokozatos újrakeményedésben mutatkozó apró görbe-abnormitások okát még nem tudjuk. Lehetséges, hogy a Békebarlang felső végén csatlakozó mellékágak (Felfedezőág stb.) hozzákeveredő vizeinek zavaró hatásáról lehet szó. Különösen érdekes a 12-én hajnali 5 órakor észlelt erős tendenciaváltozás. Nem tisztázódott, hogy e változások valóban a mellékágakkal állanak-e kapcsolatban, és a diagram melyik értéke melyik ágnak felel meg; ezt a jövőben elvégzendő hasonló komplexvizsgálatainknak kell tisztáznunk. Ezek után már a B típusú víztömeg beömlésekor a mellékágak vizeit kell majd fluoreszcéinnal, illetve kloriddal bejelölnünk.

A Jósvaforrás hasonlóan mutatta a B típusú áradás minden jellegzetességét. A legfeltűnőbb különbség csak az volt, hogy a Jósva vizének hirtelen bekövetkező nagyfokú meglágyulása a Komlósforrásét csak két nap múlva követte, holott a vízhozamok felszökése egyidejű volt. Ebből csak egyetlen dologra lehet következtetni, hogy a Baradla alsóbarlangjának még ismeretlen részében sokkal nagyobb mennyiségű tárolt víz van, mint a Békebarlangban. Viszont a Jósvaforrás B áradáskori gyors vízkeményedéséből az is leolvasható, hogy az Alsóbarlangban nagyméretű mésztufaképződés folyik, hasonlóan a békebarlangihoz. Ennek alapján a még lényegében ma is ismeretlen Alsóbarlang képét úgy rajzolhatnánk meg, hogy abban mésztufagátak sorozataival megszakított felületű, nagyméretű és lépcsőzetesen elhelyezkedő tórendszerek sorozata húzódik.

Ezután a júliusi és az augusztus 1-i meteorológiai viszonyok előkészítették a talajt az Aggteleki-karszt ismert történetének eddig legnagyobb-mérvű árvize számára. Ennek az augusztuseleji árvíznek a kialakulását, lefolyását és a természetet több ponton is átformáló hatását más helyen (Földr. Közl. 1956. 4.) részletesen ismertettem, itt tehát csak annyit róla, amennyi komplexdiagramunk értékeléséhez szükséges.

Már július 27-én kialakult a nemkarsztos vízgyűjtőterület teljes be-

ázottsága és ezzel az árvízkejlődés lehetősége. A talaj beszivárgásmutatójának képe a következő napok folyamán a felhős égbolt okozta gyenge párologás és az igen mélyreható beázás következtében csak alig tudott kedvezőbb formát ölteni. Az augusztus 1-én lehullott 44,6 mm-es újabb eső a víznyelők működésbe hozásával a barlangban gyenge B típusú árvizet okozott. (Az aggteleki észlelőállomás adatai szerint ott augusztus 2-án hullott 27 mm, 3-án pedig 36 mm csapadék.)

Ez az első augusztusi áradás bebizonyította, hogy a talaj a további csapadékok befogadására valóban képtelen, amíg az újra ki nem szárad. Augusztus 4-i és 5-i beszivárgási méréseink szerint nyilvánvaló volt, hogy már 4—5 mm-es lassú eső is további árvizet okozna. S ekkor jelentkezett mintegy bizonyítékként az augusztus 5-ről 6-ra virradó éjjelen, lényegében és zömében 4 óra leforgása alatt az a rendkívüli felhőszakadás, amely aggteleki észlelésünk szerint 86, a Jósvaforrásnál elhelyezett csapadékmérő adatai szerint 83,4 mm csapadékkal járt. Az aggteleki barlangok felszíni vízgyűjtőterületére (21 km²) így kb. egymilliónyolcszázezer köbméter víz hullott, s ennek a roppant víztömegnek csaknem maradéktalanul a barlangok csatornáján kellett átfolynia a fentebb ismertetett okok miatt. A Jósvaforrás az áradás kulminálásakor 24 m³/sec, a Komlós forrás pedig 5,5 m³/sec vizet szolgáltatott, mindkét forrásnál beleszámítva természetesen az árvízi források hozamait is.

A csúcsáradáskor vett vízminták üledék és kémiai vizsgálatai igen érdekes adatokat szolgáltatottak.

A Komlós árvize literenként 11,4 dkg a Jósvaforrás árvize pedig 16,8 dkg lebegtetett iszapot, homokot és egyéb törmelékanyagot szállított. A leülepitett és kiszáritott hordalékanyagok a Komlósforrásban 41 %-a, a Jósvaforrásban pedig 37 %-a durvaszemű mészsizap, illetve apró mészkőtörmelék. Az üledék többi része kvarchomok és barlangi vörösgyag.

A vizsgált vízösszetételek is rendkívül érdekesen alakultak. Elegendő ennek érzékeltetésére csak a vízminták Ca⁺⁺-ion tartalmának alakulását bemutatnunk:

1. Az Acheron víznyelőbe beömlő víz Ca⁺⁺-tartalma 6-án 5 órakor 30,04 mg/liter,
2. A Jósvaforrásé ugyanakkor 30,06 mg/liter.
3. A Békebarlang víznyelőitől csak 8 órakor tudtunk vízmintát hozni. Ennek Ca⁺⁺-ion tartalma 22,79 mg/l volt.
4. A Komlósforrásnak 5 órakor vett vízmintájában viszont 23,38 mg/liter kalciumot találtunk.

Ezek az adatok azt bizonyítják, hogy az árvízi víztömeg a barlangokban megtett több kilométeres út alatt sem keményedett fel, mészdoldást gyakorlati értelemben egyáltalán nem végzett. Azonban annál több apró mészkőszemcsét szállított onnan ki a víz lebegtetett állapotban, amelyek a vízbe eróziós törmeléként kerültek bele.

A források aránylag igen hamar lepadtak. A Komlósforrás árvízi forrásai már 6-án délben megszűntek működni, a Jósvaforrás kráterének vize 8-án reggelig folyt, rohamosan apadva azonban ez alatt az idő alatt is. 9-én délben a mért vízhozam egyik forrásnál sem haladta meg a normális alaphozam 3—4-szeresét.

A források áradása tulajdonképpen már kilencedikén átment az *A* típusba, amit a következő hetek rendkívül magas vízkeménységei igazolnak.

A vízhozam, a kalcium- és a hidrokarbonát-görbe további alakulására egészen szeptember 14-ig ennek az augusztus 6-i rendkívüli méretű áradásnak *A* típusú utólevonulása nyomta rá jellemző bélyegeit.

Időközben a vízgyűjtő talaja megint olyan erősen kiszáradt, hogy a szeptember 13-án hullott 10,5 mm-es és a 14-én esett 39,3 mm-es esők már nem tudtak újabb *B* típusú áradást produkálni. A görbéket csak *A* jelleggel módosították.

Forrásaink életében ezt követően október végéig nem történt érdemleges változás, ezért az 1955-ös komplexmérési sorozatot e hó végével befejeztük.

1956

(Lásd a 8. ábrát)

Az 1956. esztendő aránylag kevés csapadékot adott az Aggteleki-hegység területén, összesen 558 mm-t. A csapadék eloszlása ennek ellenére olyan volt, hogy mégis kialakulhatott három áradási csúcsvízhozam. Az első március végén, illetve április elején, tisztán hóolvadásból, csaknem teljesen *A* jelleggel, míg a második és a harmadik júniusi esőzésekből, *B* jelleggel is. Május első felében, az április 30-i 17,8 mm-es eső hatására a már említetteken kívül még egy kisebb *A* típusú görbemódosulás is észlelhető.

Hogy a tavaszi hóolvadási áradás valóban *A* típusú volt, ezt a vízhozamgörbe csúcsának a hóolvadási görbe befejeződésétől való erős időbeli eltoódása bizonyítja. Noha az olvadás lényegében március 19-re befejeződött, a forrás vízhozambeli kulminációja mégis csak 30-ra alakulhatott ki.

Egyébként az év vízhozamgörbéje a már jól ismert törvényszerűségek szerint alakul. Július 26-án igen erősen feltűnő vízhozamcsökkenés jelentkezik a Komlósforrásban. Ebben az időszakban egy *A* típusú ápadás egyenletesen leszálló ágában vagyunk különben. A július 26-i nem jellemző görbeabnormitás okát nem tudtuk kideríteni, de igen valószínűnek kell tartani, hogy nem természeti jelenségről, hanem a vízhozammérő bukógát megsérüléséről és vízszökésről van ez esetben szó.

1957

(Lásd a 9. ábrát)

1957-ben csak a február 16-ra bekövetkezett teljes hóolvadás és ezzel egyidőben hullott kisebb esők okoztak 16-ra *B* típusú áradást. Egyébként az áprilisi és májusi igen jellegzetes *A* jellegű kisáradás kivételével a csapadékhiány egész éven át nem volt vízhozammódosító hatású. Az évi csapadékmennyiség 567,6 mm.

1958

(Lásd. a 10. ábrát)

1958 februárj közepén a hóolvadások hatására enyhén emelkedik a Komlósforrás rendkívül alacsony vízhozama. Az *A* típusú görbe a talaj

teljes felengedése után március legvégére vízhozamcsúcsba emelkedik, majd ezt követően egészen június végéig az *A* áradásnak újabb csapadékhullásokkal és *A* jelleggel sűrűn megzavart leszálló vízhozamát látjuk. A június 29-i 57,8 mm-es eső hatására azonnal jelentkezik a Komlósforrásnál egy *B* típusú, 850 lit/sec-os vízhozamcsúcsú kisárvíz, amelynek július 4-e utáni *A* jellegű apadása egészen novemberig zavartalan. November 9-én és 10-én 15,8, illetve 19,5 mm eső hullik, ami enyhe *A* típusú vízhozamemelkedést okoz a következő hetekben. December 11-én a fagyott talajra 25,6 mm havaseső hullik. Ez, valamint a 13-i 12,4 mm-es hó és a 14-i 12,9 mm-es eső egy gyenge *B* áradást, majd újabb hosszán elhúzódó *A* típusú apadási vízhozamgörbe módosítást okoz. 1958. decemberének utolsó napján a Komlósforrás vízhozama így még mindig 18 lit/sec.

Adatok a karsztos beszivárgás mértékének kérdéséhez

A dolgozatomban fentebb ismertetett mérési sorozat módját adott több év távlatára való beszivárgási számítások elvégzéséhez. Az így kapott adatok áttekintése igen érdekes és elgondolkoztató.

Köztudomású, hogy igen sok tényezőtől függ, még ugyanazon a területen belül is, hogy a csapadéknak milyen hányada fog leszivárogni, elpárologni vagy lefolyni.

A karsztos területeken, mint az Aggteleki-hegység, felszíni vízfolyás nincsen. Így itt a kérdés némileg leegyszerűsödik. A lehulló csapadékvíz vagy elszivárog a talajba, illetve beömlik a víznyelőnyílásokba, s ekkor a forrás vízhozamában lát ismét napvilágot, vagy pedig elpárolog, s ez esetben elvész a terület vízkincse számára. Tekintettel arra, hogy a Komlósforrásnak (Békebarlangnak) karsztos és nemkarsztos (de a karszton át lefolyó) vízgyűjtőterületét pontosan ismerjük, s körül tudjuk határolni, itt igen jó alkalmunk kínálkozott olyan mérések és számítások elvégzésére, amelyek fényt vetnek a karsztos elszivárgás és párologás kérdéseinek szabályozóira.

A Komlósforrás teljes felszíni vízgyűjtőterülete 4 km², beleszámítva a nemkarsztos vízgyűjtők felszínét is.

1954-től 1958-ig, tehát öt éven át végeztünk megfigyeléseink és mérési adataink alapján számításokat arra vonatkozólag, hogy a Komlósforrás vízgyűjtőterületén hogyan alakul a lehullott csapadék sorsa. A kapott összefoglaló eredményeket az 1. sz. táblázat tünteti fel.

Igen feltűnő, hogy a területünkre hulló csapadéknak milyen magas százaléka párolog el. Az 1957. esztendőben pl. a teljes évi csapadékmennyiség 91,6%-a. Az *A* típusú beszivárgás mértéke a karszton a teljes lehullott vízmennyiségnek csak ritkán haladja meg a 10%-át. Feltűnő az is, hogy a *B* típusú vízfolyások aránya igen tág határok között ingadozik, ha az egyes évek értékeit összehasonlítjuk. Amíg az 1957. száraz esztendőben az összes lehullott csapadéknak csak 1,14%-a talált *B* jellegű lefolyásra, addig az 1955. árvízi esztendőben 31,1%. Táblázatunk értékei alapos és gondos számítások alapján készültek, s úgy véljük, a karsztok vízháztartásának és vízutánpótlódásának igen jellegzetes és tanulságos példáját adják.

1. sz. táblázat

Év	Évi csapadék-mennyiség mm-ben	A vizgyűjtő területen hullott évi csapadék m ³	Az elpárolgás %-a és mm-értéke	A karsztos beszivárgás %-a és mm-értéke	A Komlósvölgyi forrás évi vízhozama m ³	A Komlósvölgyi B-típusú vízhozama m ³ -ben s a teljes vízhozam %-ában kifejezve	A Komlósvölgyi A-típusú vízhozama m ³ -ben s a teljes vízhozam %-ában kifejezve	A teljes csapadék hány %-a jelentkezik a forrás vízhozamában?	A teljes csapadék hány %-a jelentkezik a forrás vízhozamában?
1954.	709,2	2 836 800	81,8 % 580,2 mm	18,2 % 129,0 mm	517 311	52,1 % 269 568 m ³	47,9 % 247 743 m ³	9,4	8,6
1955.	867,2	3 468 800	58,5 % 507,4 mm	41,5 % 359,8 mm	1 441 195	75,5 % 1 079 481 m ³	24,5 % 361 714 m ³	31,1	10,4
1956.	558,2	2 232 800	76,0 % 424,2 mm	24,0 % 134,0 mm	535 991	30,0 % 160 953 m ³	70,0 % 375 038 m ³	7,2	16,8
1957.	567,6	2 270 400	91,6 % 519,9 mm	8,4 % 47,7 mm	192 369	13,4 % 25 920 m ³	86,6 % 166 449 m ³	1,14	7,2
1958.	669,6	2 678 400	82,1 % 557,8 mm	17,9 % 111,8 mm	473 990	48,0 % 227 750 m ³	52,0 % 246 240 m ³	8,5	9,4

A dolgozatban bizonyított tézisek és végkövetkeztetések

Az aggteleki karsztos területek és barlangjaik genetikáját illetően vizsgálati eredményeink bizonyosságai alapján egyes kérdésekben határozottan olyan álláspontot kell elfoglalnunk, ami nem mindenben egyezik eddigi tudományos elképzeléseinkkel e kérdéseket illetően. E kérdések és reájuk szükségszerűen adandó feleleteink a következők:

1. Az Aggteleki-hegység barlangjai a karsztmasszívum geológiai és hidrográfiai fejlődésének, érésének természetes következményei-e, azaz *csupán* a karsztos fejlődés velejáróinak tekinthetők?

Felelet: A Baradla és a Békebarlang nem magának a karsztfejlődésnek a velejárói, azaz *nem csak* a karsztérés természetes következményei. Az aggteleki karsztvidék barlangjaihoz hasonló méretű és köbtartalmú barlanghálózatok nincsenek minden olyan karsztmasszívumban, amelyeknek egyébként a közettani felépítése és a karsztosodási ciklusideje hasonló az Aggteleki-hegységéhez.

2. Ha a barlangképzésben a karsztvízen kívül egyéb, nemkarsztos területek is résztvesznek közvetve, vagy közvetlenül, ezeknek milyen nagyságrendű lehet a szerepe?

Felelet: Hogy az Aggteleki-hegység mélyén Baradla- és Békebarlang méretű üregrendszerek alakulhattak, ebben a *döntő szerepet* a karszthoz délről hozzásimuló pannonkori kavicsos agyagtakaró jelenléte játssza, azáltal, hogy e nemkarsztos térszín az igen nagy eróziós aktivitású áradmányvizeit a karsztjáratokba önti bele.

3. A földalatti barlangjáratok kialakításában milyen hatásokkal vesz részt a korrózió, illetve az erózió?

Felelet: Az Aggteleki-hegység barlangjainak üregképzését teljes mértékben a vízi erózió, illetve a víz által szállított szilárd törmelék eróziós kivájó hatása formálta, abban a víz oldóhatásának gyakorlatilag felmérhető szerepe egyáltalán nincsen. E barlangok teljesen a nemkarsztos szomszédos területről odaszármazó időszakos áradmányvizeknek a termékei, azoknak a völgyeknek boltozott, felszínalatti folytatásai, amely eróziós völgyek a pannon felszínről indulnak ki. A karsztra hullott és ott a mészkő repedéshálózatába beszivárgott karsztvíz (A típusú víz) ma is az üregek eltömésén, mészképződéssel való megtöltésén dolgozik, ugyanúgy, mint régen, tehát éppen ellentétes hatású tevékenységet fejt ki a nemkarsztról befolyó, erodáló és üregtágító hatású B típusú lágú vízzel szemben. A B típusú víznek van ugyan mészoldó képessége is, ennek korróziós hatása azonban alárendelt az eróművihez képest.

4. A legfeltűnőbb felszíni karsztjelenségek, a dolinák milyen genetikai kapcsolatban állanak a hegység mélyének barlangjárataival?

Felelet: Hacsak nem típusos beszakadással dolináról van szó, mint például a Morva-karszton a Macocha, ekkor *semmilyen összefüggés nincs a barlangképződés és a dolinaképződés között*. A dolina ugyanis a leszálló karsztvíz mészoldó munkájának a terméke, korróziós forma, bizonyos elsődleges tektonikai preformációval. Így vannak idős karsztok igen fejlett korróziós formákkal (dolinákkal), de ugyanakkor számbavehető barlangjáratok nélkül, és vannak karsztok óriási barlangrendszerekkel, dolinajelenségek nélkül is.

is. A kettő egymáshoz nem törvényszerűleg, nem okozatilag kapcsolódik, hanem csak esetlegesen.

5. Hogyan függ össze a karsztforrások árvize a felszíni meteorológiai jelenségekkel?

Felelet: Az Aggteleki-hegység nagy karsztforrásainak árvizeit mindig a járulékos nemkarsztos vízgyűjtőterület talajának vízbefogadóképessége határozza meg. A források nagy árvizei tehát nem maguknak a barlangoknak az árvizei, hanem a karszton kívüleső pannon vízgyűjtő fennsík — a karszt alatt csak átfolyó — torrens vízfolyásainak megjelenései.

6. Milyen törvényszerűségek szerint változik a karsztforrások vízének kémiai összetétele, valamint a források vízhozama?

Felelet: Ha a járulékos nemkarsztos vízgyűjtőterületről nem jut be vízfolyás a barlangalagutakba, akkor esőzések után (*A* típusú áradáskor) a forrásvíz keménysége megnövekszik, s csak igen lassan, hetek, esetleg hónapok múlva száll alá a szokásos nyugalmi keménységi értékre. Amikor a nemkarsztos vízgyűjtőhálózat is bekapcsolódik a forrás vízjáratának táplálásába, a lágú nemkarsztvíz teljesen elnyomja a karsztvíz kémiai jellegzetességeit és a hozzákeveredő *B* típusú víz mennyiségi arányától függően a forrásvíz keménysége ugrásszerűen lecsökken.

7. Az Aggteleki-hegység vonatkozásában milyen a karsztos beszivárgás, a felszíni vízfolyás és a csapadékpárolgás hányadának viszonya?

Felelet: *A karsztos (mészkö) felszíneken* a csapadékbiszivárgás mértéke meglepően alacsony (10% körüli) az elpárolgott hányadhoz (90% körül) viszonyítva. Itt természetesen arról a *tartósan beszivárgott* és a karszt víz-háztartásába bekerült csapadékhányadról beszélünk, amely víz már csak a források vízhozamában kerülhet ismét a felszínre.

A nemkarsztos kőzetekből álló pannonkori járulékos vízgyűjtő területen a beszivárgás mértékét erőteljesebben befolyásolja a csapadékhullás *eloszlása*, Ezen a területen a tartósan beszivárgott csapadékhányad elenyésző, de a felszíni lefolyású vízhányad a teljes lehullott vízmennyiség egyharmadát is kiteheti, s e hányad a karsztforrások évi vízhozamátlagának értékét növeli.

Irodalom

- ALBEL F.: Újabb elgondolások a karsztvízkérdéssel kapcsolatban. — Hidr. Közl. 1950.
BULLA B.: Tönkfelszínnek. — Természettudomány, 1947.
BULLA B. — KÁDÁR L. — KÉZ A.: Általános természeti földrajz. — Budapest, 1952.
CHOLNOKY J.: Barlangok és folyóvölgyek összefüggése. — Barlangvilág, 1932.
CHOLNOKY J.: Karszttanulmányok. — Földr. Közl. 1916.
CHOLNOKY J.: Barlangtanulmányok. — Barlangkutató, 1917.
CSAJÁGHY G. — TOLNAY V.: A víz összes keménységének, valamint Ca és Mg tartalmának helyszíni meghatározása. — Hidr. Közl. 1952.
CVIJIC: Das Karstphänomen. — 1895.
DONÁSZY E.: Helyszíni vízvizsgálatok. — Budapest, 1955.
DUDICH E.: Az aggteleki barlang vizeiről. — Hidr. Közl. 1930.
DUDICH E.: Az aggteleki cseppkőbarlang. — Budapest, 1932.
ECKERT, M.: Das Karrenproblem. — Zeitschr. f. Naturwiss. 68, 1896.
ECKERT, M.: Die Karren oder Schratten. — Petermanns Mitt. 44, 1898.
ERDEY L.: Bevezetés a kémiai analízisbe. — Budapest, 1951.
GÁNTI T.: A barlangok keletkezésének kémiai viszonyai. — Hidr. Közl. 1957.
HAJÓSY F.: Magyarország csapadékvizviszonyai 1901—1940. — Budapest, 1952.

- HOLLY F.: Maucha Rezső helyszíni kémiai vízvizsgáló módszereinek alkalmazása a speleológiában. — Barlangkut. Biz. kiadványa, 1956.
- JAKUCS L.: Vízföldtani megfigyelések a Gömöri-karszton. — Földt. Közl. 1951.
- JAKUCS L.: Szempontok a Baradla és a Békebarlang összefüggésének kérdéséhez. — Term. és Társ. 1954.
- JAKUCS L.: Adatok az Aggteleki-hegység és barlangjainak morfogenetikájához. — Földr. Közl. 1956.
- JAKUCS L.: A barlangi árvizekről. — Földr. Közl. 1956.
- JAKUCS P.: Karrosodás és növényzet. — Földr. Közl. 1956.
- JASKÓ S.: A Baradlabarlang jósvafői szakaszának hidrológiája. — Hidr. Közl. 1935.
- KÁDÁR L.: Az eróziós folyamatok dialektikája. — Földr. Közl. 1954.
- KESSLER H.: Árvíz az aggteleki cseppkőbarlangban. — Földgömb, 1936.
- KESSLER H.: Az aggteleki barlangrendszer hidrográfiája. — Budapest, 1938. Dokt. ért.
- KESSLER H.: Forrástani részletvizsgálatok az aggteleki karsztvidéken. — Vízügyi Közl. 1955.
- KESSLER H.: A karsztból tartósan kitermelhető vízmennyiség és a beszivárgási százalék megállapítása. — Hidr. Közl. 1954.
- KESSLER H.: Karsztvidékek lefolyására és beszivárgására vonatkozó újabb vizsgálatok. — VITUKI beszámolója, 1956.
- KHAFAGI, A.: Két új helyszíni eljárás a talaj átteresztőképességi együtthatójának meghatározására. — Hidr. Közl. 1952.
- KOVÁCS Gy.: Az árhullámok levonulására jellemző hidrológiai mennyiségek meghatározása. — Hidr. Közl. 1955.
- LÁNG S.: Karsztforrásokra vonatkozó mérések 1940—42-ben. — Hidr. Közl. 1942.
- LÁNG S.: Karszthidrológiai megfigyelések a Gömör-Tornai Karsztban. — Hidr. Közl. 1943.
- LEÉL-ÖSSY S.: Karrosodás és karros formák. — Hidr. Közl. 1952.
- LEÉL-ÖSSY S.: Karsztmorfológiai problémák Magyarországon. — Kandidátusi értekezés, 1956.
- LINDNER, G.: Das Karrenphänomen. — Petermanns Mitt. 1930.
- LUNDEGARDH, H.: Klima und Bode. — IV. kiad. Jena, 1954.
- MAUCHA R.: Az aggteleki cseppkőbarlang vizeinek kémiai vizsgálata. — Hidr. Közl. 1930.
- MAUCHA R.: Helyszíni kémiai vízvizsgáló módszerek alapelvei. — MTA Közl. 10. 3—4
- MÁNDY T.: Mészkövek és dolomitok oldási vizsgálata. — Hidr. Közl. 1954.
- PAPP F.: A karsztvizek mennyiségi és minőségi viszonyairól. — MTA Közl. 1953.
- ROTH, Z.: L'évolution des grottes de Domica. — Bratislava, 1937.
- SAWICKY, L.: Beiträge zum geographischen Zyklus im Karste. — Geogr. Zeitschr. 1909.
- SCHMIDT E. R.: Barlang, dolina és poljeképződés. — Bányászati és Koh. I. 1944.
- STRÖMPL G.: A Gömör-Tornai Karszt hidrológiája. — Hidr. Közl. 1923.
- SZALAY M.: Talajvízszint feletti talajrétegek átteresztőképességének meghatározása. — Hidr. Közl. 1954.
- VENKOVITS I.: Lcszivárgó csapadékvizek vegyi összetételének változásai. — Földt. Int. Évi Jel. 1949.
- VENKOVITS I.: A barlangok fejlődésének dialektikája. — Hidr. Közl. 1952.

DIE GENETIK DER HÖHLEN DES AGGTELEKER GEBIRGES IM SPIEGEL KOMPLEXER QUELLENUNTERSUCHUNGEN

Von
DR. I. JAKUCS

Der Autor berichtet in dieser Abhandlung über die Resultate seinen im Aggteleker Karstgebirge von 1954 bis Ende 1958 vollbrachten komplexen Messungen. Während dieser Zeit hat der Autor täglich — in gewissen Perioden auch stündlich und halbstündlich — die Komlós-Quelle und die Jósva-Quelle beobachtet, die, in der chemischen Zusammensetzung, in der Wasserergiebigkeit eingetretenen Veränderungen festgestellt, ausserdem die Veränderungen des Niederschlages und der Schneeverhältnisse des Wassersammelgebietes beobachtet und alldiese Veränderungen auf einem Diagramm graphisch festgehalten. Die genannten Karstquellen stellen jene Punkte dar, wo die Gewässer der Aggteleker Höhlengänge ans Tageslicht treten. So sind diese von den Diagrammen successive ablesbaren Veränderungen in engem kausalen Zusammenhang mit den spezifischen Verhältnissen des Wassersammelgebietes und der das Karstwasser weiterleitenden Höhlengänge. Die Zielsetzung dieser Studie ist die Auswertung der Komplexdiagramme, ihre rationale Erklärung und die Nachweisung der gewonnenen Daten.

In der vorliegenden Arbeit bekommen wir auf folgende Fragen detaillierte Antworten die die gegebenen Probleme in vielen Beziehungen in ein vollkommen neues Licht rücken.

Betreffs der Genetik des Aggteleker Gebietes und seiner Höhlen müssen wir auf Grund unserer Forschungsergebnisse in gewissen Fragen einen Standpunkt einnehmen, der nicht in jeder Beziehung mit unseren diesbezüglichen bisherigen wissenschaftlichen Anschauungen übereinstimmt. Diese Fragen und unsere bezüglichen Antworten sind die folgenden:

1. Sind die Höhlen des Aggteleker Gebirges als natürliche Ergebnisse der geologischen und hydrographischen Entwicklung des Karstmassivs, also *nur* als Begleiterscheinungen der Karstentwicklung zu betrachten?

Antwort: Die Baradla-Höhle und die Friedenshöhle (Békebarlang) sind keine Begleiterscheinungen der Verkarstung, dh. *nicht nur* natürliche Folgen der Karstentwicklung. Es existieren nicht in jedem Karstmassiv Höhlensysteme von ähnlichen Ausmassen, welche Karstmassive übrigens betreffs ihres petrographischen Aufbaus und ihrer Verkarstungszyklen dem Gebirge von Aggtelek ähnlich sind.

2. Falls an der Höhlenbildung ausser dem Karstwasser auch andere, nicht karstige Gebiete direkt oder indirekt teilnehmen, wie gross kann deren Rolle in der Höhlenentwicklung geschätzt werden?

Antwort: Dass in den Tiefen des Aggteleker Gebirges Grotten-systeme in den Ausmassen der Baradla- und Friedenshöhle (Békebarlang) entstehen konnten, darin spielt die sich dem Karst von Süden anschmiegende pannonische kieselige Lehmdecke eine entscheidende Rolle, u. z. dadurch,

dass sie die stark erosiven Wasserfluten dieses nicht verkarsteten Geländes in die Karstgänge ergiesst.

3. Mit welchem Wirkungsgrad nimmt an der Herausbildung der unterirdischen Höhlengänge die Korrosion bzw. die Erosion teil?

Antwort: Die Höhlenbildung bei den Höhlen des Aggteleker Gebirges wurde in vollem Masse durch die Erosion des Wassers bzw. von dem durch das Wasser herangeschwemmten Schutt bewirkt. Die lösende Einwirkung des Wassers spielt hierin praktisch keine Rolle. Diese Höhlen sind das ausschliessliche Ergebniss der von dem benachbarten, nicht verkarstetem Gebiete stammenden zeitweiligen Wasserfluten und die unterirdischen gewölbten Fortsetzungen jener Erosionsthäler, welche, ihren Ausgang von der pannonischen Oberfläche nehmen. Das auf den Karst niederfallende und dort in die Sprünge des Kalksteins eingesickerte Karstwasser (Wasser Typ „A“) arbeitet auch heute noch am Verstopfen der Höhlen und am Heranbilden von Kalksteingebilden gerade so, wie in verflössenen Zeiten. Es entfaltet also eine, dem von nicht verkarstetem Gebiete hereinströmenden, erosiven und höhlenbildenden, weichen Wasser (Wasser Typ „B“) gerade entgegengesetzte Tätigkeit. Zwar hat das Wasser Typ „B“ auch eine kalklösende Wirkung, ihre korrosive Wirkung ist aber im Verhältniss zu ihrer mechanischen Wirkung gering.

4. In welchem genetischen Zusammenhang stehen die Dolinen — diese auffälligsten Karsterscheinungen der Oberfläche — mit den Höhlen des Berginneren?

Antwort: Falls es sich nicht um eine typische Einsturz-Doline handelt — wie z. B. die Macocha im Mährischen-Karst —, so gibt es *zwischen der Höhlenbildung und der Dolinenbildung gar keinen Zusammenhang*. Die Doline ist nämlich das Produkt der Kalklösenden Tätigkeit des herabsickernden Karstwassers, also eine Korrosionsform mit einer gewissen primären tektonischen Praeformation. So gibt es uralte Karstgebiete mit sehr fortgeschrittenen Korrosionsformen (Dolinen), aber ohne beachtenswerte Höhlengänge. Es gibt aber auch Karstmassen mit ungeheuren Höhlensystemen ohne jeder dolinenartigen Erscheinung. Der Zusammenhang der beiden ist also nicht gesetzmässig, sondern nur eventuell.

5. In welchem Zusammenhange steht die Überschwemmung der Karstquelle mit den meteorologischen Erscheinungen der Oberfläche?

Antwort: Die Überschwemmungen der grossen Karstquellen im Aggtelek-Gebirge werden immer von der Wasserverschlingungsfähigkeit des accessorischen, nicht verkarsteten Wassersammelgebietes bestimmt. Die grossen Überschwemmungen der Quellen sind also keine Überschwemmungen der Höhlen, sondern nur die Erscheinung der, von den ausserhalb den Karsten liegenden Wassersammelplateaus stammenden — und unter dem Karst nur durchfliessenden — torrenten Wasserergüsse.

6. Nach welchen Gesetzmässigkeiten ändert sich die chemische Zusammensetzung des Wassers der Karstquellen und die Wasserergiebigkeit dieser Quellen?

Antwort: Falls vom accessorischen, nicht verkarsteten Wassersammelgebiete kein Wasserstrom in die Tunnels der Höhle eindringt, so erhöht sich nach Regenergüssen (bei Überschwemmungen von Typ „A“) der Härte-

grad des Quellenwassers. Dieser Härtegrad sinkt nur sehr langsam, nach Wochen, eventuell Monaten auf den normalen Härtegrad des Ruhezustandes zurück. Wenn das nicht verkarstete Wassersammelsystem ebenfalls an der Speisung der Quelle teilnimmt, so unterdrückt das weiche, nicht verkarstete Wasser die chemischen Charakteristiken des Karstwassers und der Härtegrad des Quellenwassers nimmt — in der Proportion des beigemengten Wassers von Typ „B“ — sprungweise ab.

7. In welcher Proportion stehen die verkarsteten Einsickerungen, die oberflächlichen Wasserflüsse und die Verdunstung des Niederschlages im Aggtelek-Gebirge zueinander?

Antwort: Auf dem verkarsteten (Kalkstein) Oberflächen ist die Einsickerung des Niederschlages auffallend gering (cca. 10%) im Verhältniss zum verdunsteten Teil (cca. 90%). Hier meinen wir natürlich jenen dauernd eingesickerten und dem Wasserhaushalt des Karstes einverleibten Teil des Niederschlages, dessen Wasser nur noch als Quellenwasser wieder an die Oberfläche treten kann.

Auf den accessorischen nicht verkarsteten Wassersammelgebieten des pannonischen Zeitalters wird der Grad der Einsickerung von der Verteilung des Niederschlages stark beeinflusst. Auf diesem Gebiete ist der dauernd eingesickerte Teil des Niederschlages gering, der auf der Oberfläche ablaufende Teil des Wassers kann aber auch den dritten Teil des ganzen Niederschlages ausmachen und dieser Teil erhöht den jährlichen Durchschnittswert der Karstquellen.

ГЕНЕТИКА ПЕЩЕР ГОР АГГТЕЛЕК НА ОСНОВАНИИ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИСТОЧНИКОВ

Л. Якуч

Автор в этой своей статье излагает результаты, полученные им в процессе комплексных исследований, проведенных на территории карстовых гор окр. с. Аггтелек с 1954 по 1958 гг. В это время он систематически, ежедневно, иногда по часам и даже по получасам измерял изменения источников Комлош и Йошва в с. Йошвафё. Об изменениях химического состава и дебита источников, а также изменениях атмосферных осадков и снежного покрова водосборной территории он составил диаграммы. Эти карстовые источники являются выходами вод капельниковой пещеры с. Аггтелек. Согласно данным этих диаграмм эти изменения имеют причинную связь с свойственными условиями водосборной территории и ходами пещер. Задачей этой статьи является оценка комплексных диаграмм, их логичное объяснение и доказательство.

В статье автор дает новые объяснения по следующим вопросам.

В отношении генетики карстовых территорий и пещер с. Аггтелек, в некоторых вопросах мы должны занять позицию не во всем совпадающую со существующими до сих пор научными представлениями. Эти вопросы и наши представления следующие:

1. Представляют ли пещеры гор Аггтелек результат геологического и гидрографического развития карстового массива, то есть являются ли они *только* спутниками карстового развития?

О т в е т: Пещеры Барадла и Беке не являются спутниками карстового развития, то есть не являются только обычными последствиями созревания карста. Не во всех карстовых областях находим пещеры такого размера и объема, как пещеры карстовой области Аггтелек, хотя и их петрографическое строение и возраст сходны с таковыми гор Аггтелек.

2. В образовании пещер кроме карстовой воды непосредственно и посредственно участвуют и некарстовые территории. Какова величина их воздействия?

О т в е т: В образовании огромных пещерных систем Барадла и Беке в глубине гор Аггтелек, решающую роль играет присутствие паннонского галечниково-глинистого покрова, примыкающего с юга к карсту потому, что многоводья большой эрозионной активности этого некарстового рельефа вливаются в ходы карста.

3. С какой эффективностью участвовали в образовании подземных пещерных ходов эрозия и коррозия?

О т в е т: Пещеры гор Аггтелек являются результатом водяной эрозии, то есть результатом эрозионной вытчивающей работы транспортированных водой твердых обломков. Растворяющее действие воды не имеет практически измеримого значения. Эти пещеры образовались только набегом многоводья соседних некарстовых областей. Они яв-

ляются сводчатыми подземными продолжениями эрозионных долин, от-
правляющихся с паннонского рельефа. Атмосферические осадки, проса-
чивающиеся в сетку трещин известняка (вода типа А), попрежнему ра-
ботают против разрушительного вытравливающего действия пресной воды
(вода типа Б), втекающей с некарстовой территории. Вода типа Б обла-
дает и растворяющим действием, но это действие относительно к механи-
ческому ничтожное.

4. Какая связь имеется между поверхностными карстовыми явления-
ми и пещерными ходами в глубине горы?

О т в е т: Если мы не имеем в виду типичную проваленную ло-
щину, как например Мацоха в карсте Моравии, иногда между образова-
ниями пещеры и лощины никакой связи не имеется. Лощина — форма
коррозионная, результат работы просачивающейся карстовой воды,
растворяющий известняк, с некоторыми тектоническими преформациями.
Таким образом имеются древние карсты с развитыми коррозионными
образованиями (лощинами), вместе с тем без значительных ходов и имеют-
ся карсты с огромными пещерными системами без лощин. Эти явления
связаны не закономерно, не причинно, а только случайно.

5. Какая связь имеется между паводком карстовых источников и
поверхностными метеорологическими явлениями?

О т в е т: Паводки больших карстовых источников гор Аггтелек
всегда зависят от влагоемкости почвы примыкающей некарстовой водо-
сборной области. Поэтому большие паводки источников — паводки не
самой пещеры, а паннонской водосборной области вне карста — проявле-
ния ее бурного потока, который только протекает под карстом.

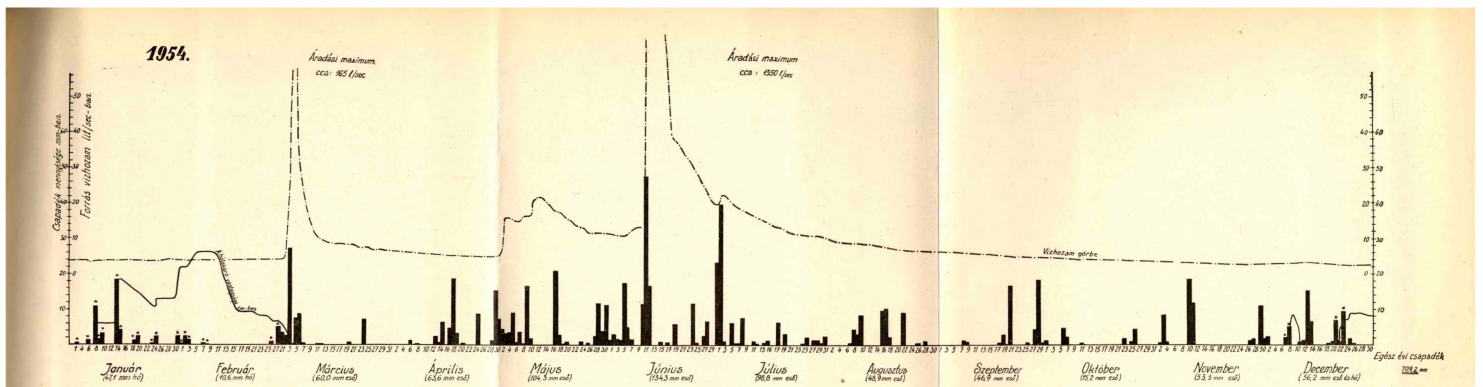
6. По каким закономерностям изменяется химический состав воды
и дебит источников?

О т в е т: Если со примыкающей некарстовой водосборной области
вода не может затекать в ходы пещер, тогда после дождей (при паводке
типа А) жесткость воды источника повышается и только очень медленно,
через несколько недель или месяцев снижается до обычной жесткости.
Если и вода некарстовой области включается в питание источника, тогда
она изменяет химический характер карстовой воды и в зависимости от
количественного отношения смешивающей воды типа Б, жесткость воды
источника резко понижается.

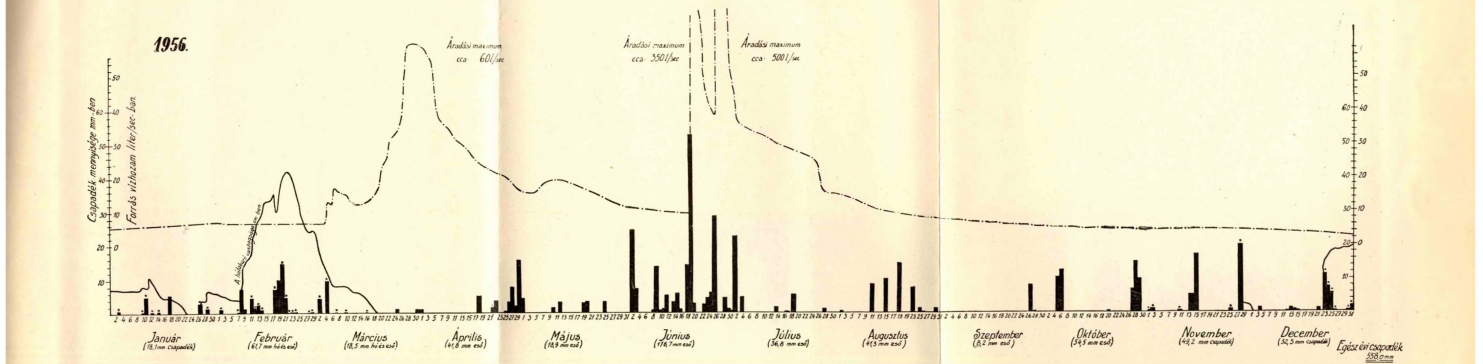
7. Какое отношение имеется между просачиванием воды, поверх-
ностным стоком и испарением осадков в случае гор Аггтелек?

О т в е т: На карстовых (известняковых) рельефах просачивание
(около 10%) относительно к испарению (около 90%) очень мало. Конечно
речь идет только о постоянно просачивающейся воде, попадающей в вод-
ный баланс карста. Эта вода может появляться на поверхности земли уже
только в виде источников.

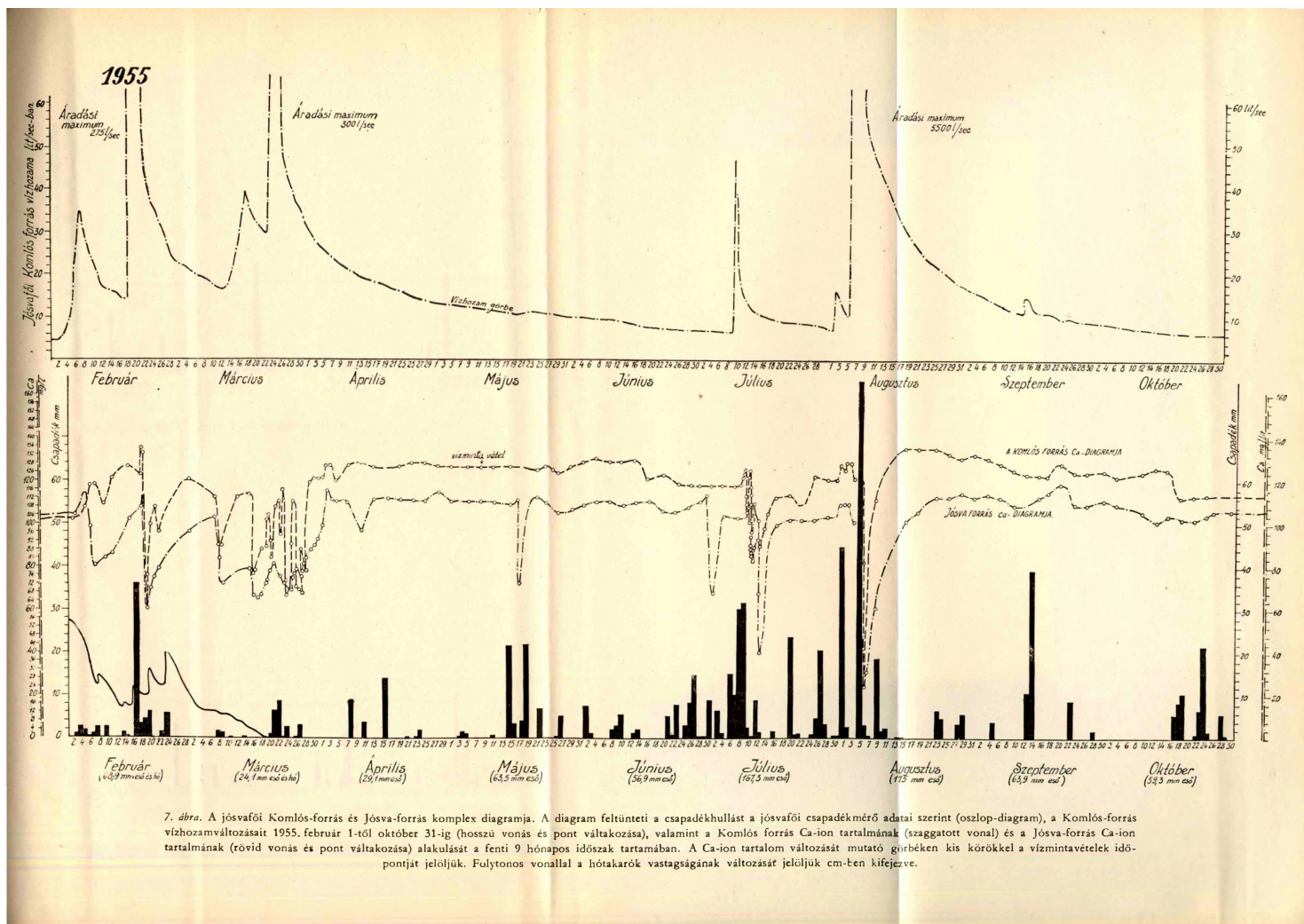
На примыкающей паннонской водосборной области, сложенной не-
карстовыми породами на величину просачивания более значительное
влияние оказывает распределение осадков. На этих областях постоянно
просачивающейся воды очень мало, а поверхностный сток может дости-
гать даже треть количества осадков и эта часть увеличивает среднюю
величину дебита карстовых источников.

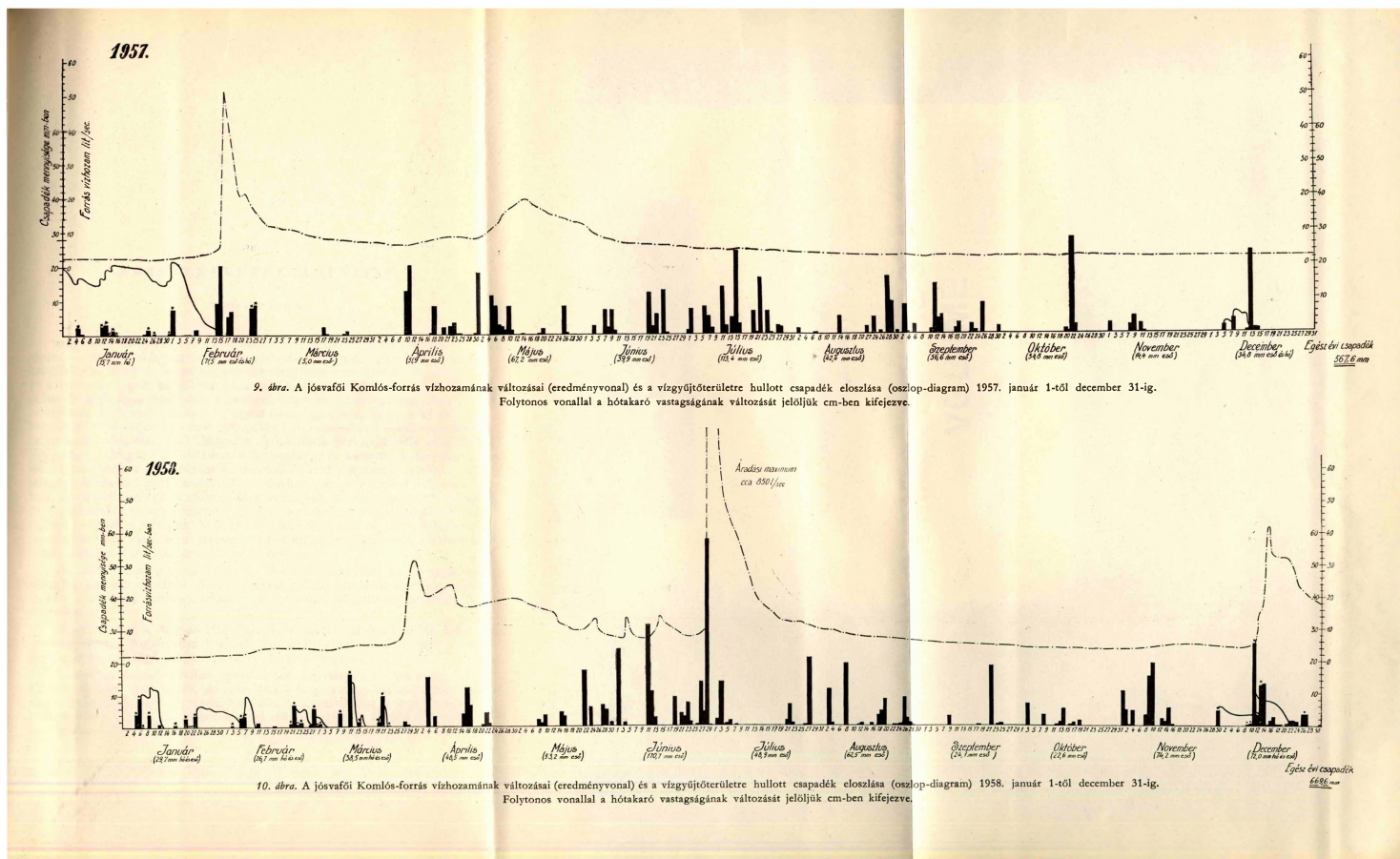


6. ábra. A jósavfői Komlós-forrás vízhozamának változásai (eredményvonal) és a vizgyűjtőterületre hullott csapadék eloszlása (oszlop-diagram) 1954. január 1-től december 31-ig. Folytonos vonallal a hótakaró vastagságának változását jelöljük cm-ben kifejezve



8. ábra. A jósavfői Komlós-forrás vízhozamának változásai (eredményvonal) és a vizgyűjtőterületre hullott csapadék eloszlása (oszlop-diagram) 1956. január 1-től december 31-ig. Folytonos vonallal a hótakaró vastagságának változását jelöljük cm-ben kifejezve.





9. ábra. A jósvafői Komlós-forrás vízhozamának változásai (eredményvonal) és a vízgyűjtőterületre hullott csapadék eloszlása (oszlop-diagram) 1957. január 1-től december 31-ig. Folytonos vonallal a hótakaró vastagságának változását jelöljük cm-ben kifejezve.

10. ábra. A jósvafői Komlós-forrás vízhozamának változásai (eredményvonal) és a vízgyűjtőterületre hullott csapadék eloszlása (oszlop-diagram) 1958. január 1-től december 31-ig. Folytonos vonallal a hótakaró vastagságának változását jelöljük cm-ben kifejezve.