

A JÓSVAFŐI NAGYTOHONYA-FORRÁS VIZSGÁLATA

A Jósvafői Karsztkutató Állomás egyik legfontosabb feladata a környező karsztforrások rendszeres megfigyelése. A hosszú idő óta vizsgált források közé tartozik a Nagytohonya-forrás, mely Jósvafő község közvetlen közelében, a községtől északra húzódó Tohonya-völgy bejáratánál fakad. A vízrendszer föld alatti szakaszának egy része már ismert (Kossuth-barlang). A forrást a VITUKI Karszt Osztálya már a kutatóállomás felépülése előtt is éveken keresztül megfigyelte. A forrásvíz átlagosnál magasabb hőmérséklete, s a vízhozamban gyakran jelentkező rövid idejű aklimatikus áradások (ez utóbbiak léte a vízhozamregisztrálásig nem volt bizonyított, de egyes mérési adatok, és a falusiak megfigyelései ilyen jelenségre utaltak) a vizsgálatok elmélyítését indokolták.

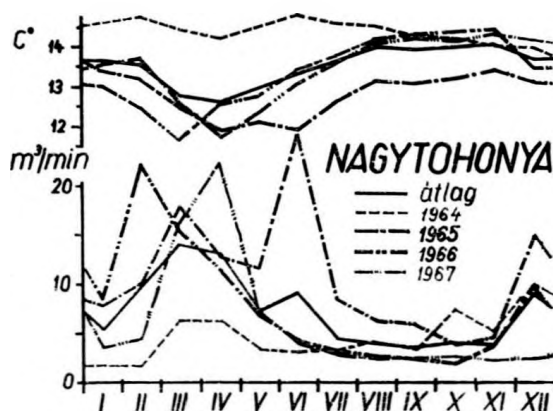
A vízhozamváltozások megfigyelésére 1963 nyarán vízállásrajzolóval felszerelt mérőbuckó épült a VITUKI támogatásával. A vízhőmérséklet és elektromos vezetőképesség mérése általában hetenként többször a helyszínen történt. 1966-ban néhány hónapig működött egy elektromos távmérőrendszer, mely mindhárom jellemző adatait (hozam, hőmérséklet, vezetőképesség) a két km távolságban lévő kutatóállomás regisztráló műszereihez továbbította.

Hőmérsékletméréseink — a korábbi adatokkal egyezően — azt mutatták, hogy a forrás vize melegebb, mint a környező karsztforrásoké. Az 1964—67. közötti négyéves adatsor szerint a víz átlaghőmérséklete $13,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, az észlelt minimum $11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, a maximum $15,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. Ugyanezen időszak alatt a vízhozam középértéke $7\text{ m}^3/\text{perc}$, a szélsőértékek $1,6$, ill. $50\text{ m}^3/\text{perc}$ voltak.

A nyers adatsor feltűnően jelezte, hogy nagyobb vízhozamnál általában a víz hidegebb. A részletes analízis szerint az árvizek levonuló szakaszában ez az összefüggés hiperbolikus:

$$t = t_0 + \frac{k}{Q}$$

ahol t és Q a mért hőmérséklet, ill. hozamok, k és t_0 a görbe paraméterei. E paraméterek értéke minden árvíznél más. A k számértéke a vizet felmelegítő hőteljesítményt jelzi; $^{\circ}\text{C}$ és m^3/sec esetén 10^6 kcal/sec mértékegységben. A t_0 jelenti a rendszerbe belépő hidegvíz hőmérsékletét. Feltűnő volt, hogy ez a hidegvíz-hőmérséklet is minden esetben magasabb volt, mint a környező karsztforrásoké. Ez azt jelzi, hogy a rendszerbe már előmelegített víz lép be, pontosabban: a felmelegedés két lépcsőben megy végbe. Először a hozamtól függetlenül felmelegszik a víz t_0 hőmérsékletre, majd ugyancsak a hozamtól függetlenül felvesz k hőteljesítményt.



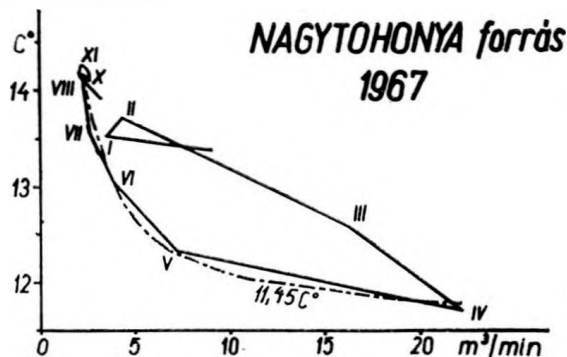
1. ábra. A Nagytohonya-forrás havi átlagos vízhozamai és vízhőmérsékletei

Az állandó hőmérsékletű előmelegítés oka valószínűleg az, hogy az átlagosnál melegebb forrásvíz megnöveli a környezetében a hőáramlást.

Az állandó hőteljesítmény felvétele történhet melegebb (állandó hozamú) mélykarsztvíz hozzákeveredésével, vagy a teljes vízmennyiség mélyben végbemenő felmelegedésével. Maga a hiperbolikus $t(Q)$ függvény csak az állandó hőmennyiség hozzáadódását jelzi. Azt, hogy keveredésről vagy felmelegedésről van-e szó, a jövőben az elektromos vezetőképesség mérési pontosságának és érzékenységének növelésével próbáljuk kideríteni.

A k és t_0 paraméterek változásainak okát még nem ismerjük; ennek elemzéséhez még nincs elég adatunk. Az eddigi számértékekből úgy tűnik, hogy

2. ábra. Vízhozam-vízhőmérséklet havi átlagok 1967-ben. A pontozott vonal a számított Q/t hiperbolát jelzi.



k és t_0 változásának tendenciája ellentétes. Az eddigi két leghosszabb hiperbola adatai (havi átlagértékekből számolva):

1966. II—X.: $t_0 = 11,95$ C°, $k = 83 \cdot 10^3$ kcal/s

1967. IV—XII.: $t_0 = 11,45$ C°, $k = 105 \cdot 10^3$ kcal/s

Mint látható, a forrás tekintélyes hőmennyiséget hoz a felszínre. Ez természetesen az alacsony hőmérséklet következtében nem hasznosítható.

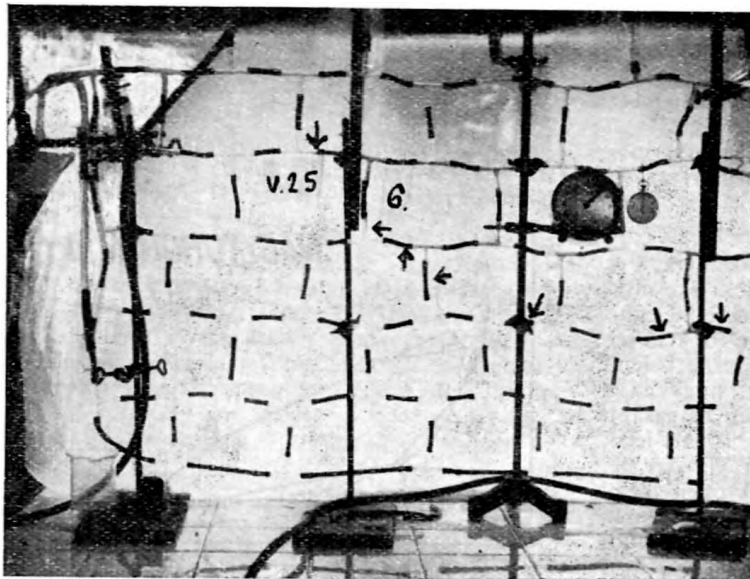
A vizsgálat felvetette a mélykarsztban tárolt víz hidrológiai körforgásban való részvételének kérdését is. Munkánk e ponton kapcsolódik a karsztos hévíz-utánpótlás országos vitájához. Mint ismeretes, számos kutatónak az az álláspontja, hogy az erózióbázis alatt, a mélykarsztban érdemleges vízmozgás (természetes körülmények között) nincsen. Ezek szerint a csapadékból származó áramló karsztvíz ugyanúgy támaszkodna a mozdulatlan mélykarsztos vízre, mint más helyen valamilyen vízzáró rétegre. Így a mélykarszt vize, és a rátámaszkodó friss felszíni eredetű karsztvíz között — egy aránylag vékony határreteget kivéve — nincs csere vagy keveredés.

A vázolt elgondolás lényegében ellentmond a hidraulika törvényeinek. Ahhoz ugyanis, hogy két pont között a víz mozogjon, e két pont között nyomáskülönbségnek kell lennie. Ez a nyomáskülönbség viszont egyformán hat minden cső-, hasadék- stb. rendszerre, amely a két pontot összeköti. A kialakuló sebességek kizárólag az áramlási ellenállásoktól függnének, ezt viszont vízrel teljesen feltöltött rendszerben nem befolyásolja a járat elhelyezkedésének síkja. Magyarul: a vízzel telt karsztban a víz számára nincs lent és fent. Minket annyira köt a gravitáció, hogy ezt nehezen tudjuk felfogni, hiszen ellentmond személyes észleléseinknek. Pedig nyilvánvaló, hogy a víznek a feltöltött mélykarsztból mondjuk ezer méterről feljönni (ha másutt víz megy le cserébe), nem nagyobb munka, mint vízszintesen megtenni egy kilométert. A felmelegedés elősegíti a feláramlást, hiszen a leszálló oldalon nagyobb fajsúlyú hidegvíz süllyed, míg a másik szakaszon felmelegedve, tehát kisebb fajsúlyal emelkedik. Ez a nyomáskülönbség 1000 m mélységnél 10 m nagyságrendű lehet.

A problémával kapcsolatban modellkísérleteket is végeztünk. A minőségi viszonyok tisztázására üveg- és gumicsövekből függőleges síkú hálózatot készítettünk. A hálózat felső élének különböző pontjain adtuk be a vizet, a kifolyás (forrás) a bal felső sarokban volt. Két variációt vizsgáltunk: egyiknél csak egy közös forrás volt, a másiknál minden két emeletet külön forrasszájon (de egyformán a felső él magasságban) vezettünk ki a vízhozamok szeparált mérésére. Különböző átfolyó vízmennyiségeknél és táppontok esetén káliumhipermangános vízfestéssel vizsgáltuk a hálózat különböző szakaszain a vízmozgást. A tömény káliumhipermangánoldatot az összekötő gumicsöveknél adtuk be injekciós tű segítségével. Bár legjobb fedést nem ez, hanem a tus adott, a hipermangán alkalmazása bizonyult legelőnyösebbnek, mert nem okoz lerakódást a csövekben, és nem hagy sehol marandító foltot, mert a levegőn elbomlik.

A modell méretei szándékosan túlzottak. A hossz-mélység arány 2 : 1, azaz 10 km forrás-víznyelő távolságnál 5000 m mély karsztnak felelne meg. A vízszintes járatok egyenesek, a függőlegesek megtörtek, hogy ezzel is kitüntessük a vízszintes irányt, amely a víznyelőtől rövid úton vezet a forráshoz.

A kísérletek azt mutatták, hogy a felszínről bejutó víz a karsztosodott repedéshálózat legmélyére is lehatol és onnan is eljut a forráshoz. A hármas forrasszájjal végzett méréseink szerint az alsó két emelet (a vízhozam abszolút értékétől függetlenül) mindössze 20—25%-kal szállított kevesebb vizet, mint a felső kettő. Ez az adat semmiesetre sem alkalmas arra, hogy a mélykarszt vízszállítására vonatkozó mennyiségi következtetéseket vonjunk le. Azt azonban nyugodtan állíthatjuk, hogy a mélykarsztos repedések a vízszállításban jelentékenyen részt vesznek, a karsztosodottság ill. repedezettség *legnagyobb mélységéig*.



3. ábra. Kép a karsztmodell sorozat-felvételeiből. Kis nyilak jelzik a festékfront pillanatnyi helyét.

Az aklimatikus áradásokat illetően a vízhozam-regisztrátumok világosan mutatták, hogy szivornyás forrásról van szó. A szivornyaürítések statisztikus vizsgálata a karsztvíz árapály-jelenségeire hívta fel a figyelmet. (E problémakörrel Maucha L. foglalkozik).

Az egyes kitörések által szállított vízmennyiség különböző. 1965-ben pl. 4700 m³ körül ingadozott; a kitörések kétharmad része 3300—5700 m³ közé esett, szabályos eloszlásképpel. Az alaphozamok és a kitörések által szállított vízhozam kapcsolatának elemzése szerint a szivornyatöltő hozam a szivornya vízszállításának idején az alaphozam 12%-a körül ingadozott; az esetek kétharmadában 10—15% között volt. 0,05 m³/s alatt és 0,2 m³/s felett a szivornyaürítés szünetelt.

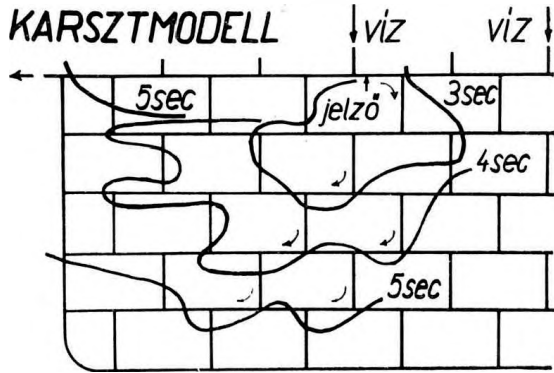
A kitörésekkel kapcsolatos problémák tisztázására részletes helyszíni mérésorozatot is szerveztünk. Ennek során tíz napon keresztül (1967. V. 22—31.) éjjel-nappal tíz percenként mértük a forrásvíz hőmérsékletét, elektromos vezetőképességét, és 30 percenként analizáltuk a kloridion-tartalmat. A hőmérsékletet 0,01 C° beosztású Beckmann-hőmérővel mértük, melyen leolvastávcsővel 0,001 C°-ot is leolvastunk. Az elektromos vezetőképességet a forráshoz telepített laboratóriumi vezetőképességmérő műszerrel mértük, 1% felbontóképességgel. A kloridion-tartalmat a kutatóállomáson kifejlesztett fotometriás módszerrel mértük, ennek felbontóképessége 1 mg/l.

A vizsgálat során sikerült a kitörésekhez kapcsolódó jellegzetes hőmérsékletváltozásokat megfigyelni. Ezek szerint a vízhozamnövekedés kezdetét kb. 1,5 órával követi egy gyors, 0,03—0,05 C°-os hőmérsékletcsökkenés, majd hőmérsékletnövekedés következik, s a hőmérséklet a kitörés kezdete után mintegy 20—22 órával a kezdeti érték felett kb. 0,1 C°-kal tetőzik (ekkorra az árhullám gyakorlatilag már le is vonult), ezután lassan csökkenni kezd.

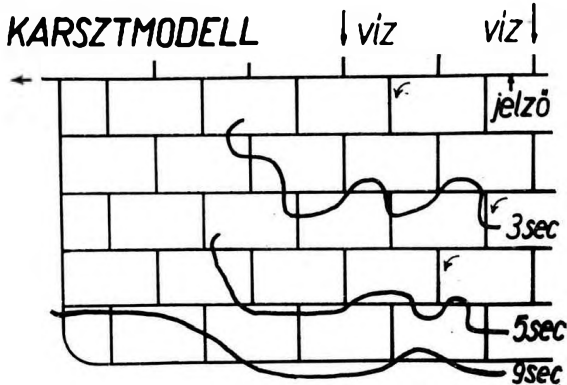
A mérésorozatot lassan csökkenő alapvízhozam mellett (tavaszi árvíz levonulása) végeztük. Kiderült, hogy a korábban megállapított vízhozam-víz hőmérsékleti függvény csak statisztikusan, a kitöréseket megelőző hőmérsékletekre érvényes. A kitöréseket ugyanis többnapos hőmérsékletcsökkenés követi, csökkenő alaphozamnál is.

A kitörésekkel kapcsolatos esetleges összetételváltozás nagysága a használt berendezéseink felbontóképességét nem érte el.

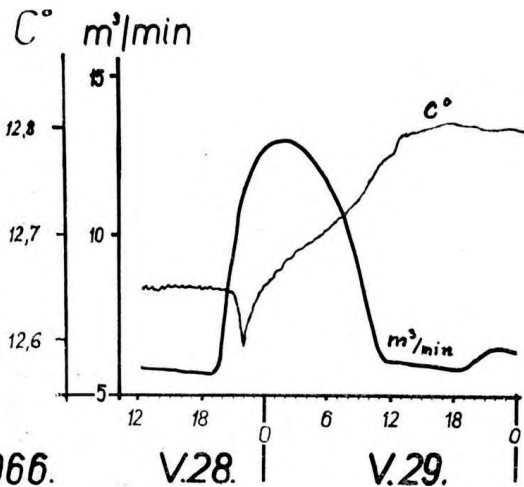
Ha ismerjük a víz, valamint a nyomáshullám terjedési sebességét, akkor a vízhozamnövekedés és a hőmérsékletcsökkenés kezdetei közötti időből meghatározható a kitörést okozó szivornya helye. Ennek megállapítására mérésorozatot kezdünk, melynek során különböző vízhozamoknál mérjük a nyomáshullám és festékhullám sebességét. Eddig egy adatpárt állapítottunk meg: közel minimális, 0,04 m³/s vízhozamnál a barlangi mérőponttól (belső kikötő) a forrásig terjedő 300 m távolságon a nyomáshullám 0,032 m/s, a festékhullám (fluoreszcein) 0,05



4. ábra. A karsztmodell vázlatja, a festék terjedésének izokron görbéivel. Minden vízhozamhoz más-más ilyen ábrák tartoznak, de a frontok alakja nem nagyon különbözik.



5. ábra. Ugyanaz, mint a 4. ábra, de egy más kísérletnél.



6. ábra. A részletes mérés anyagából. Egy szivornyás kitörés vízhozamképe és a kísérő hőmérsékletváltozások.

m/s sebességgel haladt. Érdelemes következtetéseket természetesen majd csak akkor lehet levonni, ha már részletesen ismerjük a sebesség-vízhozam függvényeket.

A helyszíni mérésorozatot összefüggésvizsgálattal is egybekötöttük; 300 kg konyhasóval megjelöltük a Lófej-forrás vizét. A hozamok gyors csökkenése miatt a só a részletes vizsgálat ideje alatt nem jelent meg. (Párhuzamosan figyeltük a Kistohonya-forrást is). Jóval később sikerült a koncentráció-növekedést a Nagytohonya-forrás vizében kimutatnunk, ekkor azonban már csak 2—3 naponkénti szórványmérések folytak, így nem tudtuk megállapítani sem az átfutás pontos idejét, sem a leglényegesebb kérdést nem dönthettük el: kitöréshez kötöten jelenik-e meg a sóhullám, vagy attól függetlenül. A Lófej-Nagytohonya összefüggés tehát igazoltnak látszik, de még további vizsgálatokat igényel.

Die Untersuchung der Jösvaföer Nagytohonya-Quelle

Der Verfasser beschreibt die Resultate der Untersuchungen, die von den Mitarbeitern der Jösvaföer Karstforschungsstation in der Nagytohonya-Quelle durchgeführt wurden. Die Temperatur dieser Quelle ist höher, als die der benachbarten Spaltquellen. Laut seiner Berechnungen besteht ein Reziprokverhältnis zwischen Wassertemperatur und Wasserer-



giebigkeit jedesmal monatlang nach Hochwässern. Seine Meinung über die voraussichtlichen Wasserbewegungen im Tiefkarst wird beschrieben, sowie seine diesbezügliche Modellexperimente demonstriert. Eine sonderbare Messungskette wird vorgestellt, die von den Mitarbeitern der Forschungsstation zur genaueren Untersuchung der aklimatischen (geheberten) Anschwellungen der Quelle organisiert wurde.

Исследования источника Надътохоня в районе Йошвафё

Автор знакомит нас с результатами исследований, проведенных сотрудниками станции по изучению карстов в Йошвафё. Температура воды источника Надътохоня несколько превышает температуры остальных источников района. Излагает расчеты, которые показали, что после паводков существует, в течение несколько месяцев, взаимосвязь между температурой и дебитом воды. Сообщает, далее, свое мнение о движении воды, ожидаемой в глубоком карсте и представляет свои модельные исследования. Затем информирует нас о той специальной серии измерений, которую сотрудники станции организовали для более точного изучения аклиматических (сифонных) паводков источника.

Esploro de la fonto Nagytohonya en Jösvafö

La aŭtoro informas pri la rezultatoj de la esploroj, kiujn la esploristoj de la „Karstesplora Stacio en Jösvafö” faris ĉe la fonto Nagytohonya. Tiu ĉi fonto havas pli altan akvotemperaturon ol la aliaj karstfontoj en la regiono. Li informas pri la kalkulo, laŭ kiu post inundoj dum multaj monatoj validas reciproka rilato inter la akvodebito kaj akvotemperaturo. Li publikas opinion pri la akvomovo atendebla en la profunda karsto, kaj desegnas siajn permodelajn eksperimentojn pri tiu ĉi movo. Fine li informas pri la speciala mezurado, per kiu la esploristoj detale studis la neklimatajn (sifonajn) inundojn de la fonto.

A Jösvaföi Karstkutató Állomás, ahol a Nagytohonya-forrás vizsgálatait végzik.