

HÓOLVADÁS IDŐSZAKI LÉGHŐMÉRSÉKLET VÁLTOZÁSOK HATÁSA AZ AGGTELEKI-KARSZT FORRÁSAINAK VÍZHOZAM-INGADOZÁSÁRA

MAUCHA LÁSZLÓ

VITUKI Hidrológiai Intézete
1095. Budapest, Kvassay Jenő-út 1. maucha @vituki.hu

Abstract: In some instances of snow melting periods it was demonstrated earlier, that the daily air-temperature fluctuations induce similar changes in the discharge variations of karstic springs. A more detailed analysis of this phenomenon is presented by the study. It was examined in a 10 years length of time the continuously measured discharge hydrographs of springs at the 4 greatest caves of Jósvalfő in comparison with the similar measured changes of air-temperatures and the sinkholes, but also infiltrating down to the karst water level snow-melt can produce discharge variations in the examined springs. This phenomenon were observed in the 10 years period only on four occasion. It was demonstrated at the same time also in the discharge variations of four springs

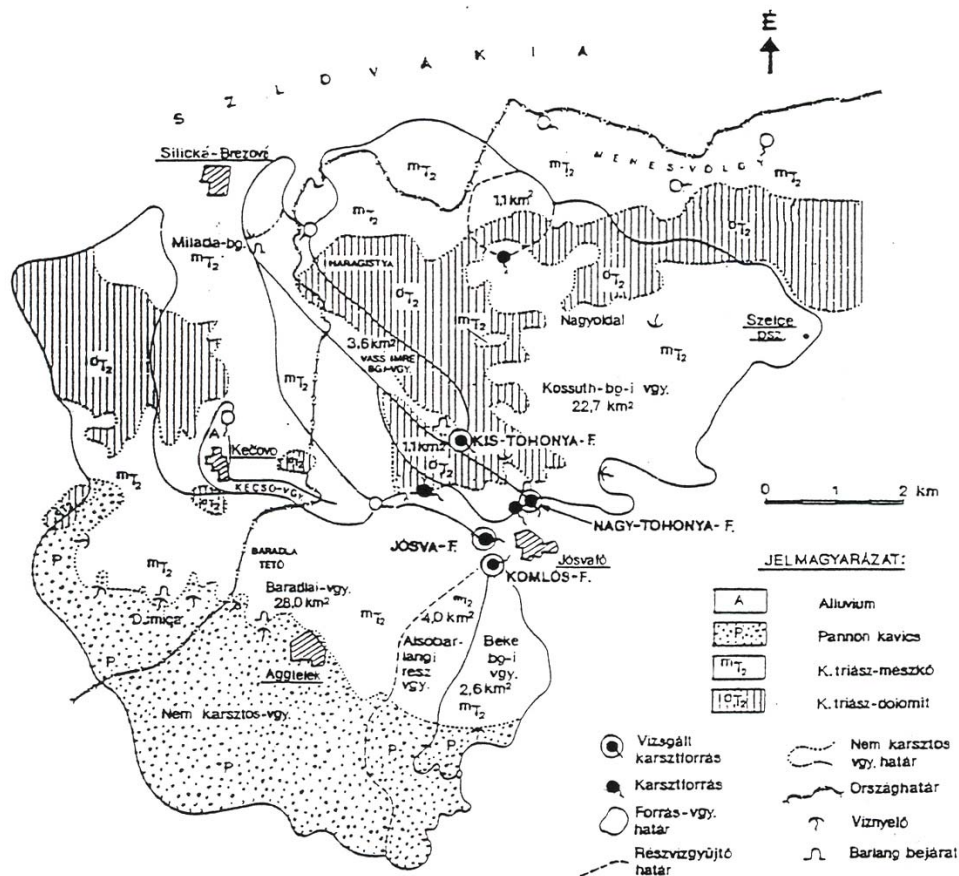
1. Bevezetés

A források vízhozam-változásait befolyásoló természeti tényezők között szerepet játszik az a hatás is, amelyet hóolvadás időszakában a léghőmérséklet fagypont körül történő 24 órás periódusú ingadozása hoz létre. Ez a jelenség elvileg minden több napos hóolvadás alkalmával bekövetkezhet, de mérhető vízhozam-változást főként csak február és március hónapban hoz létre. Az őszi időszakban ugyanis Magyarországon ritkán alakul ki tartósan nagyobb vastagságú hótakaró, amelyből jelentősebb beszivárgást okozó hóolvadás tudna kialakulni.

A felszínalatti vizekben a felszíni léghőmérséklet-változás hatását korábban amerikai kutatók csak a talajvízszint ingadozásában vizsgálták. A karsztforrások vonatkozásában a legutóbbi évtizedekben rendezett nemzetközi és hazai konferenciák anyagában a saját megfigyeléseinken kívül (MAUCHA 1997, 1998) nem találtunk közleményt ebben a témakörben. A még korábbi irodalom sem tartalmaz ilyen témájú tanulmányokat, mivel a karsztforrások folyamatos vízhozam-mérésére az 1970 előtti években külföldön is csak egy-két helyen került sor.

E tanulmányban a jelenség működési mechanizmusának és gyakoriságának megismerése érdekében szeretném megvizsgálni, hogy Jósvalfő környékén a léghőmérséklet fagypont körüli ingadozása a folyamatosan mért források (1. ábra) idősorában milyen mértékű hozam-változást hozott

létre az 1970 és 1979 évek közötti tíz év időszakában. A vizsgálatok elvégzéséhez szükséges forráshozam és meteorológiai mérési adatokat a VITUKI Jósvafői Papp Ferenc Karsztkutató Állomásán végzett mérések alapján közöljük.

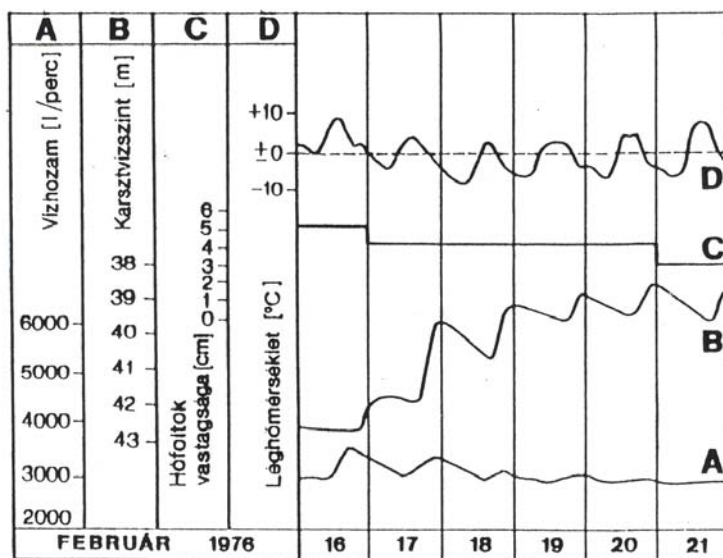


1. ábra. Jósvafő környékének hidrogeológiai-térképe és a vizsgált források
 Fig. 1. Hydrogeological map of Jósvafő environs and the investigated springs

2. Korábbi megfigyelések

A Jósvafő környéki források folyamatos műszeres vízhozam-mérése során számos olyan megfigyelés született, amelynek alapján kétségtelenné vált, hogy a csapadékon kívül még több más tényező is szerepet játszik a források vízhozam ingadozásának kialakításában. E tényezők között lehetett megfigyelni a hóolvadás időszaki léghőmérséklet-változások forráshozam-ingadozást okozó hatását is. Először a jósvafői Komlós-forrás e tanulmány-

ban is tárgyalt 1970. évi, közel 24 órás periódusú víznyelős áradásai hívták fel a figyelmet a jelenség létezésére. Később a szintén bemutatásra kerülő jósvafői Nagy-Tohonya-forrás vízhozam idősorában azt is megfigyeltük, hogy nemcsak a víznyelők működése hozhat létre hóolvadásból származó áradásokat a források hozam-változásában, hanem a felszínre nyíló töréshálózatba beszivárgó hóolvadék a karsztvízszintben okozott közel 24 órás periódusú ingadozással is ki tudja váltani a forráshozam hasonló, de kisebb mértékű változásait.



2. ábra. A léghőmérséklet-változás hatására kialakuló 24 órás periódusú karsztvízszint- és forráshozam-ingadozás a Jósvafő l. sz. fúrás és a Nagy-Tohonya-forrás vízhozam-idősorában
 Fig. 2. 24 hours periodicity in the karst water level and discharge variation in the series of Jósvafő-1 observation well and Nagy-Tohonya spring caused by the changing air temperature

Ebben a fejezetben csak a Nagy-Tohonya-forrás hozam-változásában talált hóolvadás eredetű ingadozásait tárgyaljuk, mert ezáltal lehetővé válik a tárgyalt jelenség karsztvízszintre gyakorolt hatásának bemutatása is. Ezt a jelenséget ebben a tanulmányban a továbbiakban nem fogjuk vizsgálni. Az 1976 évi február 16-21 közötti vízhozam regisztrálás során a Nagy-Tohonya-forrás hozam-idősorában találtunk ilyen eseményeket (2. ábra). Az A-idősorban 500-50 l/perces csökkenő amplitúdójú forrás-hozam ingadozás jelentkezik, melynek periódus ideje közel 24 óra és maximumai 18 és 24 óra között jelennek meg. A B-idősorban a forrástól ÉK-re 400 m-re létesített Szelce-völgyi karsztvízszint-észlelő fúrás 1976 évi február hónapban mért, napi 1-2 m amplitúdójú vízszint ingadozásait láthatjuk, amely szintén közel 24 órás periódusú változást mutat és a maximumok 21 és 24

óra között valósultak meg.. A C-idősor a Kutató Állomás műszerkertjében a napi hóvastagság változását, a D-idősor pedig a léghőmérséklet szintén közel 24 órás periódusú, 0 °C körüli ingadozását ábrázolja. A léghőmérséklet maximumai 12 és 18 óra között alakulnak ki. Ez utóbbi idősor maximumaihoz képest a vízszint- és hozam-változások maximumai egyaránt később jelennek meg, tehát a hőmérséklet-változás okozhatta a hidrológiai változásokat. Ezzel szemben ha azt állítjuk, hogy a forráshozam változásait a karsztvíz-tükör ingadozása alakította ki, akkor e jelenség maximumainak a hozam-változásnál előbb kellett volna bekövetkeznie.

A fenti eltérés azonban nem mérési hiba, hanem azért jött létre, mert a forráshozam változásai a piezometrikus változások hatására a vízgyűjtő terület függőleges töréseiben kialakult vízszint változások statisztikus átlagértékének következtében alakulnak ki, tehát a hozam-ingadozás nem csak egy pont karsztvízszint változásával áll kapcsolatban. Egyetlen karsztvízszint mérőhely ugyanis nem szolgáltathat reprezentatív mérési eredményt a vizsgálatunk tárgyát képező probléma esetében, mivel a vízgyűjtő minden pontján a helyi hőmérséklet-ingadozás üteme szabja meg a változás időbeliségét. Korábban kimutattuk (CSEPREGI–MAUCHA 1998), hogy fentiek következtében a karsztvízszint emelkedése egyik időszakban korábban, másik időszakban később következik be, mint a forráshozam megnövekedése. Ezért nem lehet kétségbe vonni a karsztvízszint-változás forráshozam-ingadozást okozó hatását, de figyelembe kell venni, hogy az időben helyes kapcsolat (az összetett hatás miatt) nem minden esetben alakul ki, ha csak egy karsztvízszint-észlelő kút adatai állnak rendelkezésünkre.

3. A hóolvadás időszaki léghőmérséklet változások hatása a forráshozam ingadozásra

3. 1. A vizsgálat elvégzésének feltételei

A meteorológiai észlelések adatai alapján megállapítottuk, hogy a kérdés tanulmányozása csak akkor vezethet eredményre, ha a Jósvafői Kutató Állomás mérési időszakának legalább egy évtizedét fogjuk tanulmányozni. Ezen belül azt a legcsapadékosabb hetvenes évtizedet választottuk ki a vizsgálatok elvégzésére, melynek során a Jósvafő környéki források folyamatos vízhozam-regisztrálása – csaknem minden forrás esetében – folyamatban volt. A vizsgálatot csak a Jósvafő környéki források esetében lehetett végrehajtani, mivel csak a Jósvafői Kutató Állomáson volt egyidejűleg folyamatos, műszeres léghőmérséklet- és csapadék-regisztrálás ill. naponként a hóvastagság mérése. A tapasztalatok szerint ugyanis a meteorológiai mérési

adatok csak a Kutató Állomás 3 km sugarú körzetében és közel azonos tengerszint feletti magasságban (300 mBf) voltak megbízható kapcsolatban a hidrológiai folyamatoknak a hőmérséklet hatása által befolyásolt változásával.

Fenti feltételeknek a legközelebb fakadó Kis-Tohonya-, Nagy-Tohonya-, Komlós- és a Jósva-forrás felelt meg jó közelítéssel, melyek a Vass Imre-, Kossuth-, Béke és Baradla-barlang forrásai. E négy közül csak az első három forrás vízhozam regisztrálása volt az egész évtizedben folyamatos. A negyedik forrás (Jósva-f.) műszeres mérése ugyanis csak 1974 január 1-től indult el.

3. 2. Az 1970 -1979 évek közötti időszakban történt hóolvadások áttekintése

Az *I. táblázatban* adjuk meg az 1970-1979-es évtized hóolvadási időszakainak adatait. Ezeket az időszakokat hasonlítottuk össze a vizsgált négy forrás egyidejű vízhozam-idősorával. Ilyen eljárás segítségével állapítottuk meg, hogy a vizsgált 10 évben csak négy alkalommal jelent meg zérus °C körüli léghőmérséklet ingadozás által okozott közel 24 órás periódusú vízhozam változás, mivel ilyen meteorológiai helyzet csak ekkor volt egyidejű a hóolvadással. Ezt a négy időszakot a *I. táblázatban* vastag betűvel jelöltük.

I. táblázat
Table I.

*A legalább három napos hóolvadási időszakok adatai a Jósvafői Papp
Ferenc Karszkutató Állomáson*
*Data of at least three day long thaw periods on the Jósvafő Papp
Ferenc Karst Research Station*

évek	téli és tavasszal	ősszel és télen
1970	01.09-16, 03.08-22,	12.06-09, 12.14-18,
1971	02.14-17, 03.11-17,	11.19-21, 11.30-12.03,
1972	02.09-12,	
1973	01.11-13.02.12-14, 03.07-09.	12.20-27,
1974	02.25-27,	11.29-12.03, 12.22-28
1975		
1976	01.31-02.02. 02.12-16,	11.27-30,
1977	02.12-14, 03.14-10.	12.02-04,
1978	02.24-03.01, 03.24-26,	11.30-12.01,
1979	02.12-16,	12.19-24,

Az 1970-1979-es évtizedben 27 alkalommal történt legalább három nap időtartamú hóolvadás. Az *I. táblázatban* csak azokat a hóolvadási időszakokat tüntettük fel, amelyek utolsó napján a mérőhelyen a hó teljesen elolvadt. E kikötésnek vizsgálatunk szempontjából az a jelentősége, hogy a hóolvadék csak akkor tud beszivárogni a karsztos kőzet repedéseibe, ha a hó

teljesen elolvadt, vagy legalább hófoltokra tagolódott. A hóolvadás 15 esetben a vizsgált év első három hónapjában, 11 esetben a vizsgált év utolsó két hónapjában alakult ki.

3. 3. Kapcsolat a léghőmérséklet- és a forráshozam-változások között

3. 3. 1. A vizsgálat alapját képező idősorok eredete és ábrázolása

Az említett források hozam-idősorában talált közel 24 órás periódusú változásokat bemutató ábrákat az alábbi módon szerkesztettük meg: Az ábrák felső részén adtuk meg a vízhozam idősorában talált fenti eredetű ingadozásokat. Ezeket az idősorokat csehszlovák gyártmányú Metra típusú műszerek 1/5 áttételű eredeti hozam regisztrátumaiból választottuk ki. Alatta azonos időléptékre kicsinyítve tüntettük fel a Kutató Állomás műszerkertjében elhelyezett termográf-szalag azonos időtartamra vonatkozó folyamatos hőmérsékleti idősorát. A hóvastagság minden nap reggel 7 órakor mért értékét egész napra kiterjesztett egyenes vonalakkal ábrázoltuk. Így lehetővé vált annak a ténynek a bemutatása, hogy hóolvadás időszakában folytattuk a vizsgálatot, mert (a havazás által okozott egy napi hóvastagság-növekedés kivételével) napról-napra csökkent a hótakaró vastagsága. Végül legalul is azonos időléptékben ábrázoltuk az ombrográffal folyamatosan mért csapadék adatokat. Az ábrák legalján látható egyenlő szárú háromszögek magassága jelenti a lehullott napközi csapadék összegének mennyiségét. A háromszögek két alsó csúcspontja jelenti a napi, vagy más napra is áthúzódó csapadék kezdetét és végét. Felirat jelzi a csapadék formáját, vagyis azt, hogy adott napon eső, hó vagy havaseső hullott-e az Állomás műszerkertjében. A függőleges tengelyen tüntettük fel a vízhozam, a léghőmérséklet, a hóvastagság és a csapadék skálákat és megadtuk azok dimenzióit is. A vízszintes tengelyen ábrázoltuk a vizsgálat napjait a megfelelő naptári adatok közzétételével.

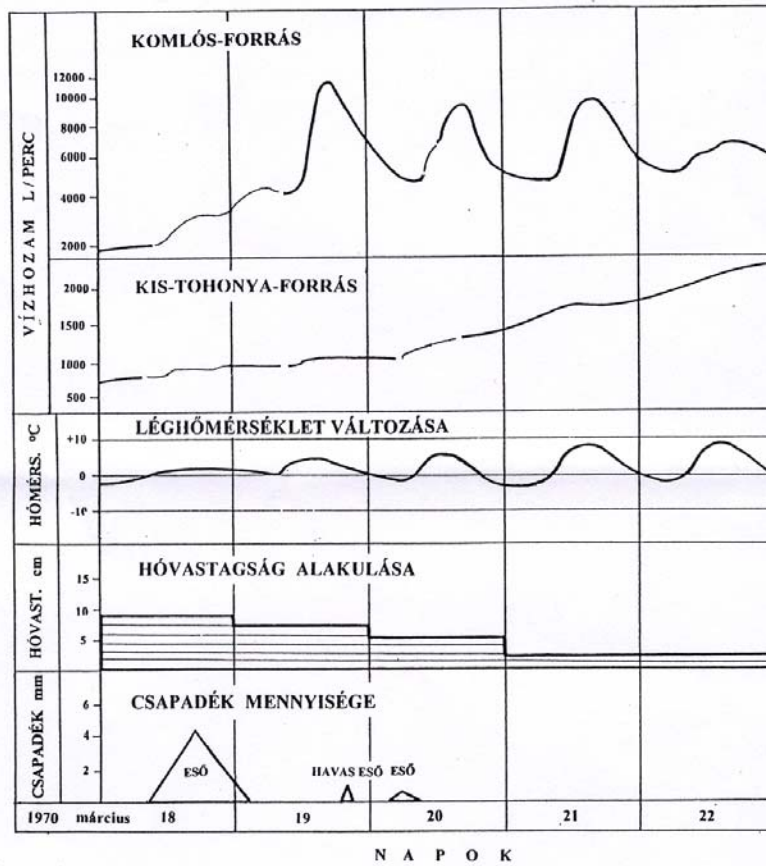
3. 3. 2. A zavaró hatások figyelembe vétele

A hóolvadás időszakai zérus °C körüli léghőmérséklet változások csak akkor vizsgálhatók zavarmentesen, ha a tanulmányozott napokon eső vagy havaseső nem hoz létre hőmérséklet-ingadozástól független hozam-változásokat. E zavaró hatás figyelembevétele érdekében tettük közzé a csapadékadatokat is valamennyi ábránkon. Mivel 5 mm-nél nagyobb eső nem jelentkezett a bemutatásra kerülő vízhozam-változások időszakában, ezért ezeket a napokat nem zártuk ki teljesen a vizsgálatból, hanem a közölt

vízhozam idősorok görbéin vékony vonallal ábrázoltuk azokat a szakaszokat, amikor hőmérséklet-változástól független csapadék-hatásnak is lehetett szerepe a vízhozam adott időszakban történt megváltozásának kialakításában.

3. 3. 3. Az 1970. évi hozamváltozások

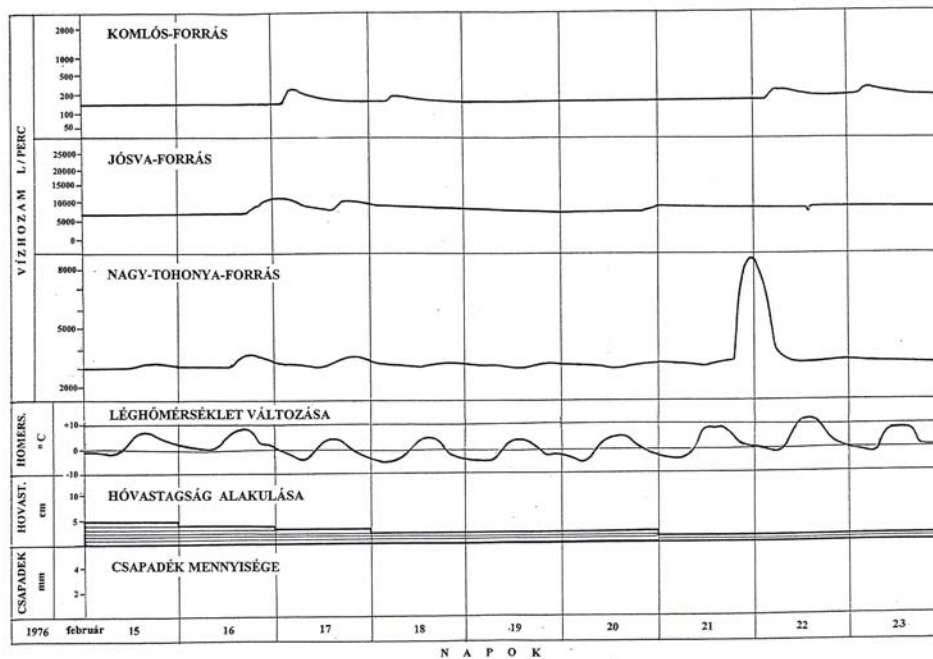
1970. március 18-22. közötti időszakban a Komlós- és a Kis-Tohonya-forrásnál figyeltünk meg különleges vízhozam-változásokat, melyet a 3. ábrán mutatunk be. Március 18-án mindkét forrásnál áradás indult el. A lehullott 4,2 mm eső a több órán át tartó +1 °C körüli léghőmérséklettel együtt közösen okozta a március 18-án délután és 19-én délelőtt jelentkező kettős hullámot mindkét vizsgált forrás vízhozam-idősorában. A kettőződést a kétféle hatás különböző időpontban jelentkező maximuma okozta. A vizsgált napokon mintegy 2000–4000 l/perc nagyságú relatív hozamcsúcsokat figyelhetünk meg a Komlós-forrás és 100–200 l/perc nagyságú hozamnövekményeket láthatunk a Kis-Tohonya-forrás hozam-idősorában. A Komlós-forrás esetében a több ezer l/perc-es gyors hozamváltozások csak víznyelőkön befolyó hóolvadékból származhatnak az események gyors lejátszódása miatt. A Kis-Tohonya-forrás hozam-idősorában a kezdődő áradás idősorán belül a dél körüli hóolvadások a karsztvízszintben lökészerű, de kismértékű vízszint növekedéseket eredményeztek és ezek hozták létre a csekély, de határozott vízhozam különbségeket is. E forrásnál gyors hozamváltozásokat azért nem figyelhettünk meg, mert a Kis-Tohonya-forrás vízrendszeréhez kisebb csapadékok időszakában nem tartozik víznyelő és ezért víznyelő hatás sem. Korábban ugyanis nyomjelzéssel kimutattuk (SÁRVÁRY 1964, MAUCHA 1995), hogy a forrás vízrendszere hidrológiai kapcsolatban áll a szlovákiai Milada-barlang víznyelőjével. Az ott befolyó víz a Kis-Tohonya-forrást is táplálja, ha 10.000 l/perc-nél nagyobb nyelőhozam alakul ki. Kisebb vízhozam időszakában azonban a víznyelő vize csak a szlovákiai Kecő-forrásnál lát napvilágot, mivel ebben a rendszerben egy korábbi lefejeződés következtében időszakos bifurkáció alakult ki. A jelenség tényleges létezéséről nemcsak a nyomjelzési kísérlet tett tanúságot, hanem az a tény is, hogy a forrás 15 m-el magasabban nyíló árvízi forrás-szája (Vass Imre-barlang eredeti aknabejárata) 1954-ben nagymennyiségű vizet szállított, hiszen ez az esemény tette lehetővé a barlang feltárását. A március 19-én lehullott havas-eső láthatólag nem okozott forráshozam változást egyik forrásnál sem. A március 20-án hullott 1 mm-nél is kisebb esőnek azonban szerepe lehetett az ugrás-szerű hozam növekedések kialakításában.



3. ábra. Az 1970-évi léghőmérséklet-ingadozás hatása a Komlós- és a Kis-Tohonya forrás vízhozam-változására.
 Fig. 3. Effect of air temperature fluctuation in the discharge variations at the Komlós and Kis-Tohonya springs in 1970 year

3. 3. 4. Az 1976. évi hozamváltozások

Az 1976. február 15-23. közötti hóolvadás időszakában három forrásnál is megjelentek a léghőmérséklet-ingadozással befolyásolt hóolvadás eredetű vízhozam-változások (4. ábra). Ezek a változások (melyeket a 2. ábrán már részben közre adtunk) teljesen csapadékmentes időszakban alakultak ki. Szembetűnő, hogy február 16-17-18-án a hőmérséklet-maximumok után a vizsgált forrásoknál a hóolvadás által okozott árhullámok egymáshoz képest időben eltolódva jöttek létre.



4. ábra. Az 1976-évi léghőmérséklet-ingadozás hatása a Komlós-, Jósva- és a Nagy-Tohonya-forrás vízhozam-változására

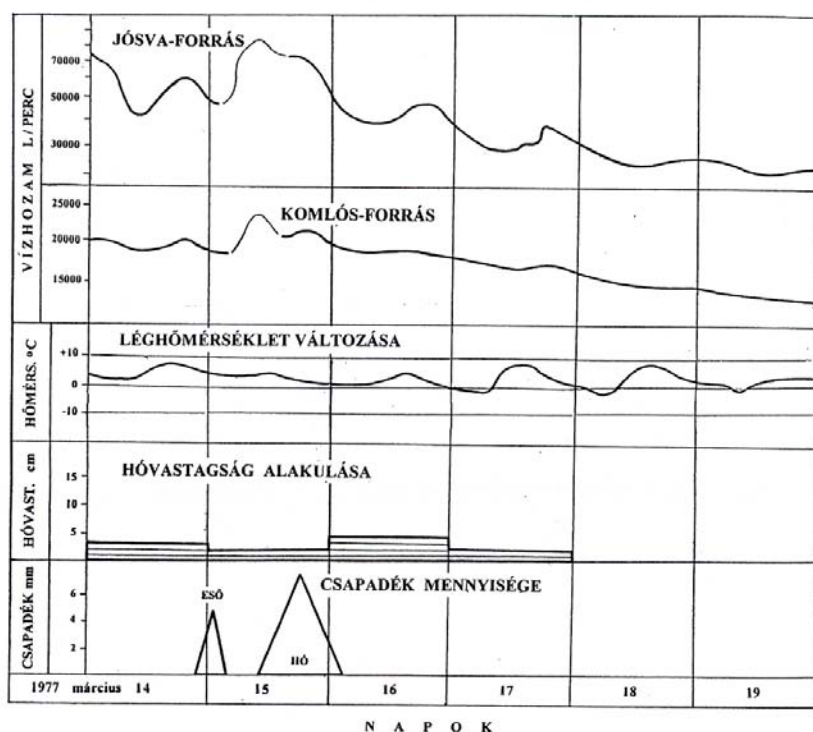
Fig. 4. Effect of air temperature fluctuation in the discharge variations at the Komlós, Jósva and the Nagy-Tohonya springs in 1976 year

Az első kis árhullámok tetőzése a léghőmérséklet maximumaihoz képest a legrövidebb idő alatt következett be a Nagy-Tohonya-forrás (1,6 óra), közepes időtartam alatt alakult ki a Jósva-forrás (9,1 óra), és a leghosszabb ideig tartott a Komlós-forrás esetében (12,1 óra). Ugyanakkor az egyes források és a hozzájuk tartozó legközelebbi víznyelő helyek közötti légvonalbeli távolság a legkisebb volt a Nagy-Tohonya-forrás és a Szelce-völgy torkolata környékén a jósvafői Hegy-tetőtől É-ra elhelyezkedő víznyelő töbrök között (1,0 km). Közepes volt a légvonalbeli távolság a Komlós-forrás és a Nagy-völgyi-nyelő között (2,8 km). Legnagyobb volt ugyanaz az érték a Jósva-forrás és a forráshoz legközelebb eső Ravaszlyuk-nyelők között (3,0 km). A távolsági sorrend csak abban tért el az árhullámok jelentkezési idejéhez képest, hogy a Jósva-forrás árhulláma megelőzte a Komlós-forrás árhullámaival. Ezt a különbséget a Baradla-barlang forrását tápláló felszínalatti vízfolyás nagyobb áramlási sebességével lehet magyarázni, mivel a Baradla tágasságabb járatokkal rendelkezik, mint a Béke-barlang.

A Nagy-Tohonya-forrás február 21-én 23 órakor tetőző szivornyás kitorését léghőmérséklet-változás által okozott hozam-növekedés indította el.

3. 3. 5. Az 1977. évi hozamváltozások

1977. március 14. és 19. közötti időszakban (5. ábra) bekövetkező hőmérséklet ingadozással befolyásolt hóolvadási időszakokat a Jósva-forrás és a Komlós-forrás egyidejű előzetes áradásának leszálló ágában találtuk meg. A március 15. napján kialakuló első hozam-maximumot mindkét forrásnál a március 14 - ről 15 - re virradó éjszaka lehulló 5 mm-es eső hozta létre.. A március 16. és 19. közötti időszak során mindkét forrásnál megfigyelhető a közel 24 órás periódusú léghőmérséklet ingadozáshoz hasonló, bár ettől kicsit eltérő hozamváltozás.

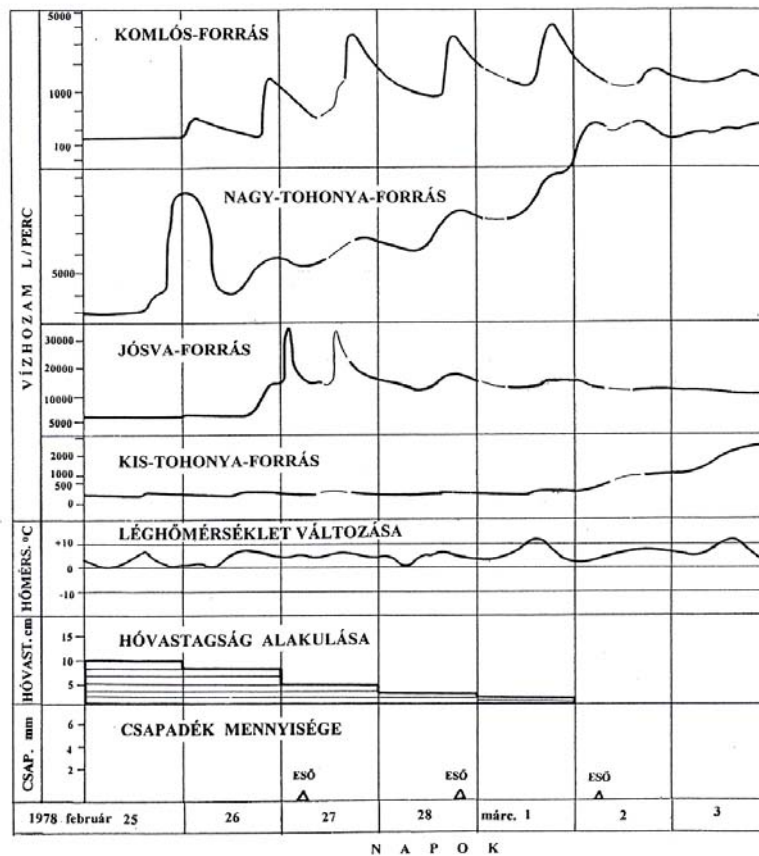


5. ábra. Az 1977-évi léghőmérséklet-ingadozás hatása a Jósva- és a Komlós-forrás vízhozam-változására
Fig. 5. Effect of air temperature fluctuation in the discharge variations at the Jósva and Komlós springs in 1978 year

3. 3. 6. Az 1978. évi hozamváltozások

Végül az 1978 február 25 és március 3 között történt hóolvadás időszakában a léghőmérséklet eredetű hozam-ingadozást (6. ábra) egyidejűleg mind a négy vizsgált forrásnál megfigyeltük. Három kisebb, 0,5 mm körüli eső kismértékben befolyásolta a vizsgált jelenség önmagában való kialakulását. Másrészt a Kutató Állomáson mért léghőmérséklet változás ebben az idő-

szakban csak egy-két éjszaka érte el a zérus °C hőmérsékletet. E körülmény ellenére mind a négy vizsgált forrásnál több napos, közel 24 órás periódusú hozam-ingadozást találtunk. Ennek oka arra az ismert tényre vezethető vissza, hogy a karsztfelszín mélyedéseiben gyakran hidegebb levegő helyezkedik el, mint a Kutató Állomás domboldalon fekvő műszerkertjében. Ezért úgy tűnik, hogy a jelenség lejátszódásának feltételei (éjszakai fagyok és nappali olvadás) a legtöbb esetben biztosítva voltak. Fentiekén kívül jól megfigyelhetők a víznyelő működés hatására létrejött nagyobb áradások a Komlós- és Jósva-forrás hozam-idősorában, valamint a piezometrikus hatásra bekövetkezett kisebb áradások a Nagy-Tohonya- és Kis-Tohonya-forrás hozam-változásában. Február 25-én délután szintén léghőmérséklet eredetű hozam növekedés hatására kezdődött el a Nagy-Tohonya-forrás szivornyás kitörése, melynek maximuma szintén éjfél körül alakult ki.



6. ábra. Az 1978-évi léghőmérséklet-ingadozás hatása a Komlós-, Nagy-Tohonya-, Jósva- és a Kis-Tohonya-forrás vízhozam-változására.
 Fig. 6. Effect of air temperature fluctuation in the discharge variations at the Jósva and the Komlós springs in 1977 year

4. Eredmények

E tanulmány keretében végzett 10 évre terjedő vizsgálat arra az eredményre vezetett, hogy a léghőmérséklet zérus °C körüli ingadozásának hatása a források vízhozam változásában a hóolvadási időszakoknak csak 15 százalékában mutatható ki. A hatás terjedése a felszíntől a forrásig két különböző módon történhet. Egyrészt a víznyelőkön befolyó hólé kelt forráshozam-változásokat. Másrészt a karsztfelszínen beszivárgó olvadék-víz is képes karsztvízszint-ingadozást létrehozni, ami szintén vízhozam-változásokat hoz létre a forrásoknál. Megfigyeltük, hogy a jelenség egyidejűleg több forrásnál is lejátszódhat.

5. Összefoglalás

Korábban egy-két esetben kimutattuk, hogy hóolvadás időszakában a naponkénti léghőmérséklet-ingadozás hasonló változást hoz létre a források hozam változásában is. Ebben a közleményben elvégeztük a jelenség részletesebb tanulmányozását. 10 éves időtartamra megvizsgáltuk a négy legnagyobb jósvafői barlang forrásának folyamatosan mért vízhozam-idősorát és ezeket összehasonlítottuk a szintén folyamatosan mért léghőmérséklet és hóvastagság változásával. Kitűnt, hogy nemcsak a víznyelőkbe befolyó, hanem a karsztvízszintig beszivárgó hóolvadék is képes vízhozam-változást létrehozni a vizsgált forrásokban. A jelenséget 10 év alatt csak négy alkalommal lehetett megfigyelni.. Egyidejűleg négy forrásnál is kimutattuk ezeket a változásokat.

IRODALOM

- CSEPREGI A. - MAUCHA L.* (1998): A vízszint és forráshozam változások kapcsolata. Az Aggteleki hegység karszthidrológiai kutatási eredményei és zavartalan hidrológiai adatsorai. 1958-1993. Könyv. - A VITUKI RT. kiadv. Budapest. p. 57-66.
- MAUCHA L.* (1995): A Vass Imre-barlangban végzett kutatások tudományos eredményeinek összefoglalása. - Karszt és Barlang. X. évf. Budapest. p. 35-51.
- MAUCHA L.* (1997): Special spring discharge changes in the Aggtelek karst region in Hungary. - Proc. of 12th Congr. of Spel.. La Chaux de Fonds. Svájc. p. 157-162.

MAUCHA L. (1998): Az Aggteleki-hegység karszthidrológiai kutatási eredményei és zavartalan hidrológiai adatsorai. 1958-1993. - A VITUKI RT. kiadv. Budapest, p. .

SÁRVÁRY I. (1964): Sikeres kísérlet a Vass Imre-barlangnál. - Karszt és Barlang II. Budapest. p. 64.