

A DUNÁNTÚLI-KÖZÉPHEGYSÉG FŐKARSZTVÍZTÁROLÓJA VÍZFORGALMÁNAK MODELLEZÉSE

Csepregi András

Bevezetés

A Dunántúli-középhegységi felső-triász főkarsztvíztároló az ország legjelentősebb karsztvíztartó képződménye. A tárolóból fakadó hideg és meleg vizű források hozamának, a karsztvíz szintjének, a bányászati és ivóvíz célú vízkivételek hozamának rendszeres mérése már az 1950-es években megkezdődött. Ebben az időben épült ki a mintegy 100 forrást magában foglaló mérőhálózat, és az első karsztvízszint-észlelő kutak is ekkor mélyültek. Az újabb és újabb karsztvízveszélyes szén- és bauxitbányák megnyitása, a bányászati célú karsztvíz-kivételek rohamos növekedését eredményezte, így a 60-as évek közepére a teljes vízkivétel már meghaladta a tároló dinamikus vízkészletét. A nagyarányú vízkivételek következtében, az egész tárolóra kiterjedő regionális nyomáscsökkenés indult meg, ami végül az egykor nagy hozamú hideg- és langyosvizű források elapadásához (Tapolcafő, Tata, Bodajk), majd a peremi hévforrások hozamának csökkenéséhez vezetett (Budapest, Hévíz). 1990. márciusában, előbb a nagygyeházai bánya bezárása az ÉK-i részen, majd az év szeptemberében a nyirádi bánya bezárása a DNy-i részen elindította a tároló regenerálódását, ami néhány év alatt a főkarsztvíztároló teljes területén éreztette hatását. A nyomásemelkedés jelenleg is tart.

A karsztvíz-túltermelés nyomán a tárolóban megindult nyomáscsökkenés alakulásának megfigyelésére 1968-ban kezdték meg a karsztvízszint-észlelőhálózat kiépítését. A fokozatosan bővülő hálózat ma már több mint 230 észlelőkútból áll, több mint 50 %-a észlelőműszerrel van felszerelve. Az észlelőkutak mérési idősorai, a termelőkutakban végzett vízszint-mérések és a források fakadási szintjeinek figyelembevételével a VITUKI-ban 1968-tól évente kiadásra kerül a tároló karsztvízszint-térképe.

1987-ben készült el a VITUKI-ban a főkarsztvíztároló nempermanens hidraulikai modellje. Egyidejűleg egy részletes adatbázis is kialakításra került, ami tartalmazza a víztartó nyomásviszonyait meghatározó főbb tényezők – meteorológiai-, víztermelési- és

forráshozam-adatok idősorait 1951-től napjainkig. Ennek megfelelően a modell szimulációs időszaka az elmúlt 50 évet fogja át. A modell eredményei az elmúlt évtizedben számos, a karsztvízgazdálkodás jövőjét alapvetően meghatározó döntés előkészítésénél hasznosultak, mint a karsztvízkivételi limitek felülvizsgálata, a bányabezárásoknak a karsztvíz-készletre és vízminőségre gyakorolt hatása. A modellezett terület alaprajza az [1. ábrán](#) látható.

Általános kép

Az 1960-90 közötti időszakban a középhegységi főkarsztvíztárolóban - jórészt a szén- és bauxitbányászathoz kapcsolódó – vízemelés miatt az egész tárolóra kiterjedő regionális depresszió jött létre. Ennek következtében a nagy hozamú karsztforrások elapadtak, a peremi hévforrások hozama csökkent, a karsztvízszint süllyedése a tároló jelentős részén elérte az 50-100 m-t.

1988-tól a karsztvíz-veszélyes bányák fokozatos bezárásával a túltermelés megszűnt, 1994-től a karsztvízmérleg – az utánpótlás és a vízkivételek egyenlege – pozitívvá vált, megindult a tároló regenerálódása. Az elmúlt 12 évben bezárt a nagygyeházi, mányi, várpalotai szénbánya, a nyirádi és a kincsesbányai bauxitbánya. Az egykori bányavíz-kivételekre települt ivóvízbázisokon (tatabányai vízaknák, Rákhegy) a kényszer-vízemelés megszűnt. A nagy vízkivételek leállítását követően a tároló nyomásemelkedésének menete előrejelezhető. A prognosztizált vízkivételekre vonatkozó és a jövőbeni csapadék és beszivárgási viszonyok ismeretlenségéből adódó bizonytalanság mintegy 15 – 20 évig kis mértékben módosítja csak a már eddig végbement, a bányavíz-emelések leállításából adódó visszatöltődés menetét.

Az elmúlt évek csapadékosabb időjárása következtében megfordulni látszik az 1970-93 közötti száraz, tendenciájában fokozatosan csökkenő utánpótlódással jellemezhető időszak. Az elmúlt 6 évből 3, az 1996, 98, és a 99. év is az elmúlt 30 év átlagánál lényegesen magasabb csapadékot és beszivárgást eredményezett. A középhegység teljes területét tekintve az 1970-2000 évi átlagos beszivárgás $467 \text{ m}^3/\text{min}$, ugyanakkor 1996, 98, 99-ben a számított beszivárgás rendre 663 és 652 és $700 \text{ m}^3/\text{min}$, tehát az átlaghoz viszonyított többlet mintegy 40 %-os. A magasabb beszivárgás a jelenlegi helyzetben jórészt a tároló regenerálódására fordítódik. A számított beszivárgási idősor a [2. ábra](#) grafikonján látható.

A tárolóból kivett karsztvíz mennyisége 1987-től csökken. Ennek egyik oka, hogy a vízveszélyes bányák bezárásával a vízkivétel 1991-ig a 70-80-as évekre jellemző $800 \text{ m}^3/\text{min}$ -ről a felére csökkent. A vízkivételek csökkenése, bár egyre kisebb mértékben, de ezt követően is mindmáig folytatódik.

A karsztvíztárolóból kitermelt, és a forrásokon elfolyó vízhozam 1996-tól $300 \text{ m}^3/\text{min}$ alá csökkent, 2000-ben $230 \text{ m}^3/\text{min}$, a csökkenés tehát még tart. A visszatöltődésnek újabb lendületet adott, hogy 1998 decemberében megszűnt a rákhegyi kényszer-vízemelés, majd 1999 őszén felengedték a bitói bauxitbányát is. Ezzel a főkarsztvíztároló területén már csak a dorogi, mányi, balinkai (regionális vízmű), ajkai és halimbai bányákban folyik bányavízemelés, összesen mintegy $40 \text{ m}^3/\text{min}$ vízhozammal.

A csökkenés másik oka a víz árának növekedéséből fakadó víztakarékossággal, és az ebből adódó egyre kisebb vízigénnyel magyarázható. A 3 nagy ivóvízkivételi mű (nyirádi, rákhegyi és tatabányai vízaknák) összes vízemelése jelenleg kb. $61 \text{ m}^3/\text{min}$, ami csupán 40 %-a a 90-es évek elején prognosztizált ivóvízkivételeknek. A főkarsztvíztárolóból kivett összes vízmennyiség alakulását a nagyobb bányavíz-kivételek, termálkarszt-kivételek, illetve forráshozamok szerinti megosztásban a [3. ábrán](#) mutatjuk be. Meg kell jegyezni azt, hogy a jelenleg is működő források rendszeres hozammérésének hiánya, a nagyszámú egyedi kút termelési adatának bizonytalansága miatt az összes vízkivétel hibája elérheti a 10 %-ot, tehát a tényleges vízkivétel ennyivel nagyobb is lehet.

A beszivárgás - víztermelés egyenlegében ([4. ábra](#)) mutatkozó többlet-víz készlet jelenlegi állapotban szinte teljes egészében a tároló regenerálódására fordítódik, de a visszatöltődés előrehaladtával fokozatosan megindulnak az egykor elapadt források. Távolilag tehát a forráshozamok növekedésével a jelenlegi időszakra jellemző vízmérleg-többlet fokozatosan megszűnik. Ezzel párhuzamosan a túltermelés időszakában kialakult, a fedőrétegek felőli járulékos átszivárgás iránya megfordul, és szintén a tárolót megcsapoló kiáramlás lesz jellemző.

A következő néhány évben várhatóan a még megmaradt kisebb bányák is bezárásra kerülnek. Modellvizsgálatainkban az alábbiak szerint vettük ezeket figyelembe:

- Lencsehegy:	2003. vége	-14 m ³ /min,
- Mány I/a:	2002. III. n. év	- 2 m ³ /min,
- Balinka:	2003. vége	- 8 m ³ /min,
- Ajkai Bányák:	2003. vége	- 4 m ³ /min.
- Halimbai bánya:	2020. vége	-10 m ³ /min.

Az egyéb vízkivételek – kutak, forrásvízművek – tekintetében a 2000. évi adatok alapján az előrejelzésnél összesen 57 m³/min-t, a bányákra települt vízművekre pedig 75 m³/min-t vettünk figyelembe. A modellvizsgálatok 1x1 km-es rácsfelbontás és 1 hónapos időlépcsők mellett készültek.

Az alábbiakban röviden ismertetjük az egyes alrégiókra vonatkozó előrejelzéseket, és a várhatóan megszólaló források listáját, a várható megjelenés idejével. Az alrégiók kijelölésére, azért volt szükség, mert van olyan ami önálló vízföldtani egységnek tekinthető (Balaton-felvidék), más területeken pedig a víztermelési- és leállási folyamatok időben és térben eltérően játszódtak le.

Vízföldtani jellemzők és modell eredmények

Keszthelyi-hg.

Eredeti állapotban a karsztvízszint a hegység területén 120–130 mBf, a medenceterületeken 115–120 mBf szinten húzódott. Természetes állapotban a hegység É-i szélétől a Bakony felé haladva a vízszintek tovább emelkedtek, és Nyirád környékén elérték a 170 mBf szintet. Az uzsai völgyet DNy felől határoló bazaltplató alatt tehát a Keszthelyi-hg., ill. Hévíz irányába áramlott a karsztvíz. A 70-es évek közepére a nyirádi depresszió következtében ez az utánpótlás megszűnt, és ezt követően a Keszthelyi-hegységben is megindult a vízszintsüllyedés.

A Keszthelyi-hg. környéki tárolórész nemcsak horizontálisan kapcsolódik a főkarsztvíztároló más részeihez, de vertikálisan is összefügg a fedő víztartó képződményekkel, és helyenként a felszíni vizekkel. A hegység környezetében a 120 mBf szint alatt eredetileg mindenhol mocsaras területek voltak, amelyek az alaphegységi karsztvíznek a fedő összleten keresztüli vertikális átszivárgására utalnak. Ilyen egykori mocsaras terület maradványának tekinthető a

Tapolcai-medence és Hévíz környezetében a Gyöngyös-patak völgyének talpa is. A főkarsztvíztárolót tehát nemcsak a Hévízi-tó és a Gyenesdiás–Balatonyörök–Vonyarcvashegy közötti források csapolták, hanem a fedő pannon rétegeken keresztül, a mélyfekvésű területekre átszivárgó karsztvizek is.

A hidraulikai modellel a Hévízi-tó tény időszakra vonatkozóan számított és mért-, az előrejelzési időszakra vonatkozóan prognosztizált vízhozam idősorát a [6. ábra](#) tartalmazza. A szimulált hozam idősor a mérésekkel egyező lefutású görbét adott, az eltérés a megbízható mérési idősorral rendelkező időszakban — 1983-tól — általában 10 % alatt marad. A modell a kisebb beszivárgású évek (1989 – 92) hatását a ténylegesnél nagyobb mértékben tükrözi, így a 90-es évek első felében a számított értékek elmaradnak a mértektől. Az 1970 – 2000 évi átlagos beszivárgással készült modell-előrejelzés szerint a tároló regenerálódásával párhuzamosan további lassú hozamnövekedés várható, így 2010-re a tóforrás hozama elérheti az 500 – 550 l/s-ot.

A kapott eredmények optimistának tűnhetnek, de összevetve az észlelőkutakban mért karsztvízszint-idősorokkal látható, hogy az elmúlt 10 évben a várható teljes visszatöltődésnek nagyjából az 50 %-a zajlott le. A modellvizsgálatok természetesen számos bizonytalansági tényezőt tartalmaznak. A jövőbeni csapadék és beszivárgás bizonytalansága mellett, a vízkivételek alakulására csak egy valószínű becslést tehetünk. Több, megszólaló forrás esetében a forrás helye, fakadási szintje, és természetesen várható hozama is bizonytalan. Fentiek figyelembevételével az előrejelzést számottevő bizonytalanság terheli.

A tó hozama 2001-ben 400 l/s körül ingadozott, tehát az előző évekhez képest mintegy 5 %-kal csökkent. A hozamcsökkenés a 2000-2001-es esztendőк szárazabb időjárásának következménye, amikor az évi csapadék 35%-kal maradt el a sokévi átlagtól.

Balaton-felvidék

Az észlelőkutak egy részénél a vízjárás jellege egy önálló vízelemetnek a beszivárgás és forrás-megcsapolás által vezérelt vízszint ingadozására utal, ahol a beszivárgási időszak gyors vízszint emelkedését követő leürülés során a vízszint fokozatosan közelít a helyi erózióbázis szintjéhez, ami többnyire a közeli forrás fakadás szintje. Erre a jelenleg is zavartalan, közel

természetes vízjárású területrésze általában a beszivárgás által vezérelt gyors vízszint- és forráshozam-ingadozások a jellemzők.

Az észlelőkutak szintje tükrözi a csapadék eredetű beszivárgás változásait. Az 1988-92 közötti száraz időszakot követően a magasabb beszivárgású 1994-99. évek hatása mind a vízszintek ([7. ábra](#)), mind a forráshozamok emelkedésében megmutatkozott.

Bár a hidraulikai modell magában foglalja a Balaton-felvidéket is, a terület földtani, vízföldtani adottságainak megfelelően a főkarsztvíztárolóban lezajló visszatöltődés hatása itt nem mutatható ki. A tároló nyomásállapotában, a forráshozamokban bekövetkező változások a csapadék-beszivárgás alakulásának függvénye.

Az É-i (Magas) és Ny-i Bakony-hegység és előtere

A Magas-Bakonyban sokévi átlagban beszivárgó vízmennyiség mintegy $75 \text{ m}^3/\text{min}$. E vízmennyiségnek a legnagyobb része Ny-DNy-i irányú pályán áramlott és zömmel a tapolcafői- és pápakovácsi langyos vizű forrásokban bukkant a felszínre. A források természetes hozama elérte az $50 \text{ m}^3/\text{min}$ -t. Kisebb hányada természetes állapotban ÉK-i irányban Tata felé, és D-i irányban Tapolca, Gyepükaján felé áramolhatott tovább a megcsapolási pontok felé.

Elsősorban a nyirádi bányavízemelések távolhatása következtében az egykor nagy hozamú karsztforrások sorra elapadtak. A depressziók területén megmaradt források lokális kiterjedésű fedő víztartó, többnyire karsztos tárolójából fakadnak. A Magas-Bakonyban Zirc és Pénzesgyőr területén alsó-kréta, Sümegen felső-kréta — a főkarsztvíz tárolótól független — vízemelet alakult ki.

A nyirádi bánya leállítását követően az É-i Bakonyban már 1993-tól megindult a visszatöltődés és 2000-ig már mintegy 40 m-t emelkedtek a vízszintek ([8. ábra](#)). A 2020-ig végzett előrejelzések szerint a Bakony ÉNY-i előterében 40 m-es, az É-i Bakonyban 15-20 m-es emelkedés várható.

A már végbement visszatöltődés következtében újra megindultak Tapolcán a Malom-tó és a Király-kút forrásai. A további emelkedés hatására 1-2 éven belül várható a Billege,

Repülőtéri-források megindulása. Az Eger-víz völgyében megszólalnak a kapolcsi, vigántpetendi források, később az öcsi Kinder-tó forrása is megindulhat. A Bakony Ny-i előterében 2010 után, a tapolcafői vízmű jelenlegi víztermelési szintje mellett megindulhatnak az egykor nagy hozamú tapolcafői, pápakovácsi források.

A nyirádi ivóvízmű fenntartása mellett nem várható a Nyirád környezetében, viszonylag magasabban, 160 – 180 mBf szinten fakadt források újraindulása, mint a langyos vizű gyepükajáni Melegvíz, vagy a tapolcai Véndeki Szentkút- és Viszlói-források.

A D-i -, és K-i Bakony-hegység

A legmagasabb karsztvízszint a hegységperemi forrásoktól távoli, központi fekvésű, nagy kiterjedésű, és viszonylag kiegyenlített térszínű beszivárgási felszínnel jellemezhető Szentgál-Nagyvázsony-Nemesvámos közötti területen alakult ki. A regionális maximum kialakulásának oka, a Balaton-felvidék alsó- és középső-triász vízrekesztő rétegeinek DNy-ÉK csapásirányú vonulata, amely Gyulakeszitől egészen Ösküig többnyire a felszínen, helyenként a felszín alatt található. Torlasztó hatásuk megakadályozza a főkarsztvíztároló vízének a Balaton irányába való áramlását. A Veszprémtől É-ÉK-re fekvő terület karsztvíztükrének alakulásában a Séd-patak játszik meghatározó szerepet. (A veszprémi, kádártai kutak vízszintje alig haladja meg a helyi erózióbázis - a mélyen bevágódott Séd völgytalpjának - szintjét.) K felé tovább haladva, a Tési-fennsíkon beszivárgó jelentős vízmennyiség egy része az ÉK-i eocén bányák depressziója, másik része Kincsesbánya, Várpalota, Öskü irányába áramlik.

Eredeti állapotban a Középhegység központi részén, a D-i Bakonyban kialakult 270 mBf körüli maximális karsztvízszintről fokozatosan ereszkedett a karsztvízszint ÉK-i irányban, egészen a tároló erózióbázisának tekinthető Duna szintjéig. A kiemelt helyzetben lévő utánpótlódási területeken beszivárgó karsztvizek nagy része a hegység peremén húzódó forrásokon tört felszínre. A karsztvíz eredeti szintje, áramlási iránya jól rekonstruálható a K-i Bakony D-i szegélyén fakadó egykori és jelenlegi források, a hajmáskéri Mosó- (167 mBf), az ösküi Aranyosi- (158 mBf), a péti- (129 mBf), az inotai- (150 mBf) és a csóri források (124 mBf) K-felé ereszkedő fakadási szintjeiből. A bányászat megindulása előtti időkben Kincsesbánya környezetében is számos forrás működött, ami a Móri-árok, mint lokális erózióbázis szerepére utal. A regionális, DNy-ÉK-i áramlási iránynak megfelelően az egykori

források vízgyűjtője túlnyomórészt a K-i Bakonyra, és kisebb arányban a Vértes D-i részére terjedt ki.

A bányászati vízkivételek regionális nyomáscsökkentő hatása csak jelentős késleltetéssel, és kisebb mértékben jelentkezett. A karsztvízszint csökkenésben ugyanakkor az 1970 utáni időszak szárazabb időjárása is szerepet játszott. 1993-tól itt is enyhe nyomásemelkedés tapasztalható, ami részben a csapadékosabb éveknek köszönhető ([9. ábra](#))

A folytatódó visszatöltődés hatására várhatóan a Hajmáskér – Öskü – körzetében fakadó források hozama növekedni fog, és fokozatosan újra indulnak a Várpalota – Csór vonalában fakadt egykori források. Az Iszkaszentgyörgy – Fehérvárcsurgó környezetében magasabban szinten fakadt források újraindulása a Rákhegyi ivóvízmelés hozamának függvénye. A modell-előrejelzés szerint 2020-ig nem lehet számítani a bodajki tóforrás, és az iszkaszentgyörgyi források újra indulására.

A Vértes és Gerecse-hegység környéke

A bányavízmelés okozta depressziók együttes hatására 1970 után a karsztvízszint mintegy 30 - 50 m-t süllyedt. Egyes nyíltkarsztos területeken fekvő kutak - beszivárgási hatásokat jól tükröző - 130-150 m között ingadozó szintje önálló karsztvízemeletre utal.

A nagyegyházi bánya leállása óta, a megindult visszatöltődés eredményeképpen a depressziós centrum körzetében közel 40 m-es, a Tatabányai-medence területén mintegy 20 m-es, a Vértes-Gerecse nyílt karsztos területein 15 m-es emelkedés ment végbe. ([10. ábra](#))

Dorog-Esztergom környékén, a lencsehegyi bányavízmelés leállítása esetén 8-10 m körüli emelkedés után nagyjából 115 mBf körüli szinten fognak a vízszintek stabilizálódni. Ettől Ny-ra, Nyergesújfalutól Gyermely-Tarján vonaláig 115-120 mBf-es vízszintek várhatók, míg a Dorog-Tatabánya vonaltól távolabb fekvő területeken Tata, valamint Budajenő térségében 120 - 125 mBf fölé emelkedik a karsztvízszint.

A terület legjelentősebb forrásai a tatai források. A modell vizsgálatok a Fényes forrás-csoport megindulását 2001 második felévére jelezték előre, a Katona-forrás medencéjében 2001 nyarán felszínre tört a karsztvíz, de a kb. 1,5 m-rel magasabb bukó szintet még nem érte

el.. A város területén fakadt több kisebb, különböző szinten elhelyezkedő forrás megszólalása az évtized közepétől várható. A folytatódó nyomásemelkedés során, a prognosztizált víztermelések mellett csaknem valamennyi egykori tatai forrás megindulhat, csupán a legmagasabban (140 mBf szinten) fakadt Pokol-forrás megszólalása bizonytalan. A modell-eredmények alapján a Fényes-forrás összes hozama 2020-ra elérheti a $20 \text{ m}^3/\text{min}$ -t.

A Pilis és Budai-hg. környéke

A Középhegység ÉK-i végén a Pilisben a Duna, mint erózióbázis közelsége determinálja a karsztvízszint természetes szintjét. Esztergomnál az átlagos Duna vízszint 104 mBf, az eredeti karsztvízszint a Dunához közeli észlelőkutakba 1982-ig 105 mBf körül ingadozott, így a Duna kis mértékben megcsapolta a karsztvíztárolót. Az eocén bányák vízkivétele következtében kialakult depresszió következményeként a Duna közel 2 évtizedig rátáplált a karsztra, de az 1992-től megindult visszatöltődés eredményeképpen 2001-re a karsztvízszint újra elérte a Duna szintjét.

A Budai-hegység beszivárgási területeinek NY-i és középső részén Budajenőtől Solymár-Máriaremete-Budaörs vonaláig a mérések szerint az eredeti karsztvízszint 120-130 mBf körül, míg a Duna vonala mentén 103-105 mBf-en húzódik. Ennél mélyebb vízszint észlelhető a Gellért rakpart kútjaiban, ahol a szökevényforrásoknak a Duna vízszintjével fordítottan változó hozama következtében a mért karsztvízszint a Duna vízállását követi.

A hegységet NY felől határoló Zsámbéki-medencében, az utóbbi 10 évben mért mintegy 20 m-es, és az É-ről határoló Pilisvörösvári-árokban tapasztalt 4-8 m-es vízszintcsökkenés ellenére, a hegység nyílt karsztos területein nem, - vagy csak igen kis mértékű - vízszintcsökkenés volt tapasztalható. A modellben a beszivárgás, vagy a víztermelés változás által keltett nyomásváltozás nagyobb a tárolóban valóban bekövetkező változásnál. Az 1970-80-as évek magasabb számított értékei nagyrészt a ténylegesnél kisebb karsztvíztermelési adatoknak tulajdoníthatók. Az évszakos periodicitás mellett is egyértelmű a nyomásnövekedés a budapesti termálkarszt É-i részén, ahol az elmúlt évtizedben átlagosan mintegy 1,5 m-es emelkedés volt tapasztalható a vízszintekben. ([12. ábra](#))

A következő években, amennyiben a budapesti termálkarszt terhelése nem növekszik, átlagos beszivárgás mellett, a nyomásemelkedés folytatódására lehet számítani. ([13. ábra](#)) A

folymatódó regenerálódás mellett is azonban szükség van a budapesti termálkarszt területén a már kiadott engedélyek felülvizsgálatára, mivel azok lényegesen meghaladják a tárolóból kivehető vízmennyiséget.

Összefoglalás

A bányavízemelések nagy részének az elmúlt 12 évben történt leállításával, ma már a tároló nyomásalakulásában az ivóvízkivételek játszanak meghatározó szerepet. Ha a tényleges víztermelések a következő 15 évben a prognosztizált $250 \text{ m}^3/\text{min}$ körül fognak alakulni, — tehát a karsztvízre újabb jelentős vízkivétel legfeljebb a régiek kiváltása céljából települ, — abban az esetben a $200 \text{ m}^3/\text{min}$ körüli mérlegtöbblet következtében 2010-ig a karsztvítároló nyomásállapota már megközelíti az intenzív bányavízkivételek megindulását megelőző nyomásállapotot. Ez a mérlegtöbblet azonban a források újraindulásával, a hozamok növekedésével a következő 10 – 15 évben fokozatosan megszűnik. Az előrejelzések alapján erre az időre már számítani lehet a budai és hévízi termálforrások hozamának további regenerálódása mellett, a tatai források-, az Eger-víz menti források-, a visszatöltődési folyamat további fenntartásával később a tapolcafői- források működésére. A bányavízkivételekre települt nyírádi, kincsesbányai koncentrált vízkivételek következtében nem várható a gyepükajáni, és fehérváracsurgói-, zámolyi források megszólalása. A karsztvítároló időben több évtizedig elhúzódó regenerálódásának eredményeképpen az egykori nagy hozamú források egy része tehát várhatóan újra megindul, bár hozamuk az eredeti természetes hozamokat nem fogja elérni.

A karsztvítároló vízforgalmának megfelelően pontos ismeretéhez egyre inkább szükség van a meglévő észlelőkutak vízszint-észlelése mellett, a forrásmérő hálózat bővítésére, valamint a víztermelő kutak, vízaknák víztermelésének az eddiginél is szélesebb körű mérésére.

Irodalom

Csepregi A. (1985):

A karsztos beszivárgás számítási módszereinek összehasonlítása a vízszintváltozások elemzése alapján - *Hidr. Közl.*, 3.sz. pp. 130-133.

Csepregi, A.- Lorberer, Á. (1989):

Computer simulation of karstwater-level changes in the Transdanubian Mountain Ranges - X. *Nemzetközi Szpeleológiai Kongresszus, Budapest. MTESZ-MKBT Kiadvány Vol. II. pp 446-469.*

Csepregi A. (1991):

A karsztvízszint várható alakulása 2000-ig a Dunántúli-középhegység ÉK-i részén
- MTESZ Hidr. Társ. IX. Orsz. Vándorgyűlés Kiadv.. pp 56-65.

Csepregi A. (1991):

Magyarország felszín alatti vízkészleteinek újraértékelésével kapcsolatos feladatok A Dunántúli-középhegység fő karsztvíz-tárolójának hidraulikai modellezése. - *A vízgazdálkodás kutatási-fejlesztési eredményei, KGI, 17.sz. pp. 27-36.*

Csepregi A. (1993):

A Dunántúli-középhegység fő karsztvíztárolójának hidraulikai és transzport modellezése
- *IV. Geomatemetikai Ankét kiadványa Szeged*

Csepregi A.(1994):

A fő karsztvíztároló nyomásállapotának előrejelzése a tároló vízmérlege és hidraulikus modellvizsgálatok alapján - *A közép-dunántúli karsztvízrendszer ökológiai problémái c. konf. kiadványa Hévíz.*

Csepregi, A. (1995):

Computer simulation of the karst water table in the Transdanubian Mountain Ranges
International Symposium and Field Seminar on Karst Waters & Environmental Impacts Antalya, Turkey.

-

Csepregi A.(1995):

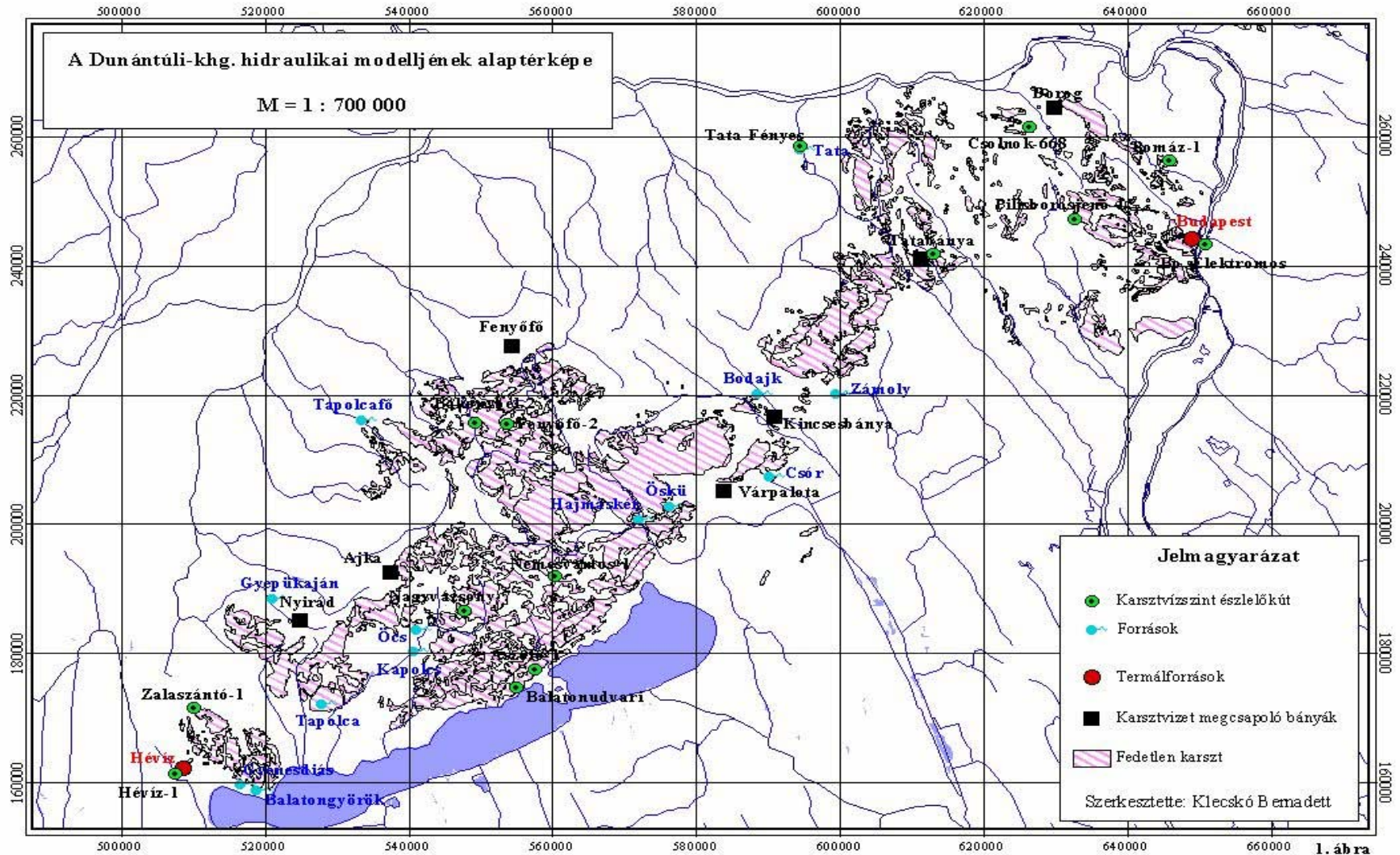
Egy karsztforrás védőterületének meghatározása. - *II. konferencia a felszín alatti vizekről Siófok.*

Csepregi, A. (1997):

Computer simulation of the karstwater table in the Transdanubian Mountain Ranges, Hungary. - *Proceedings 5 th symposium on Karst Waters and Environmental Impacts 1995. A.A. Balkema (Rotterdam) Brookfield. pp. 343-352*

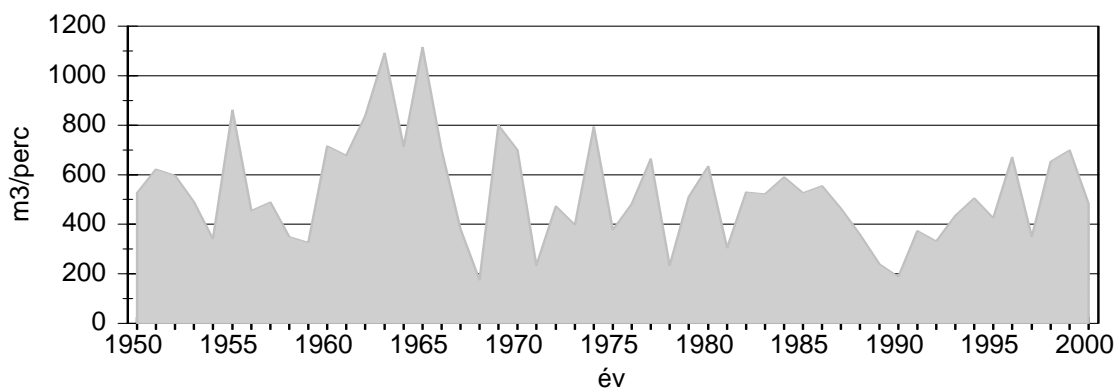
Sárváry I.-Csepregi A.-Izápy G. (1990):

Javaslat a Hévízi-tó hozamának növelését szolgáló vonal menti karsztvíz-visszatáplálás megvalósítására - *Hidr. Közl.*, 2.sz. pp 94-100.



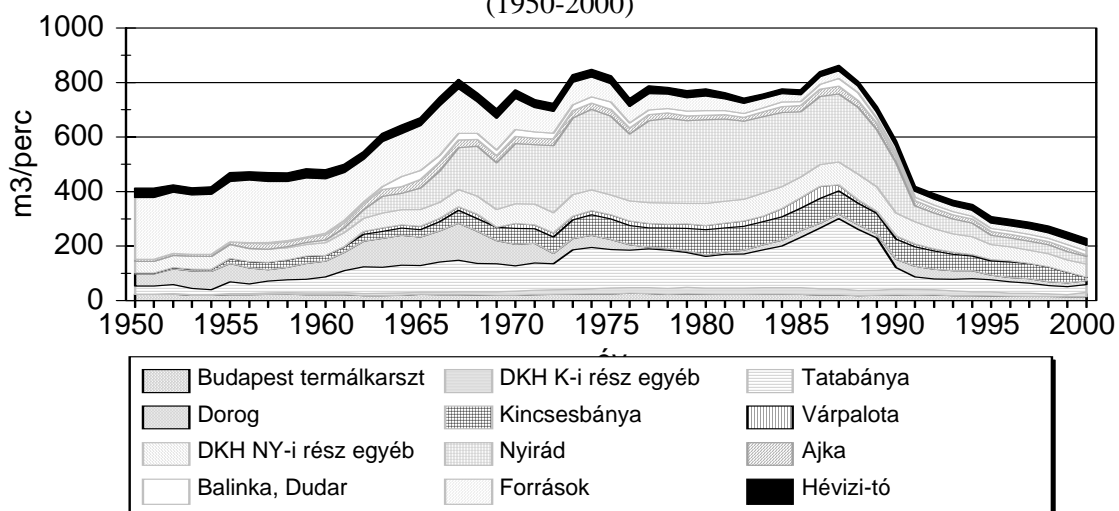
1. ábra

Számított beszivárgás a DKH-ban
(1950-2000)



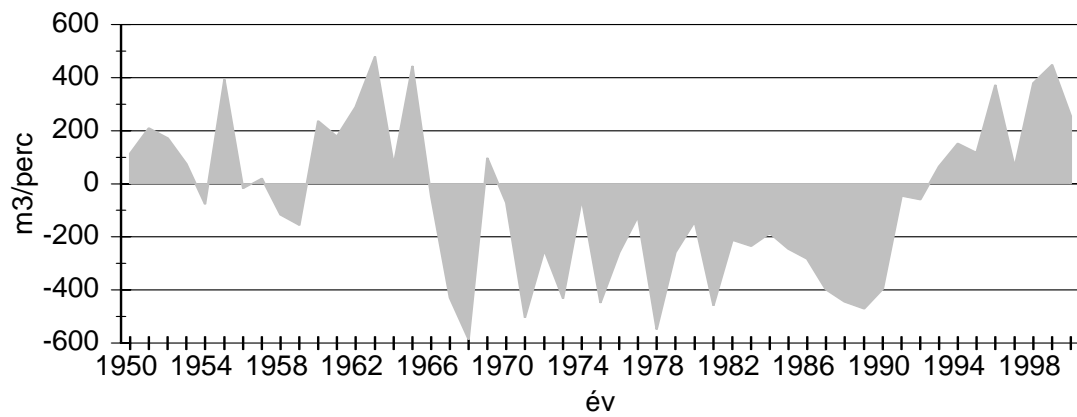
2. ábra

Összes vízkivétel a Dunántúli-khg-ben
(1950-2000)



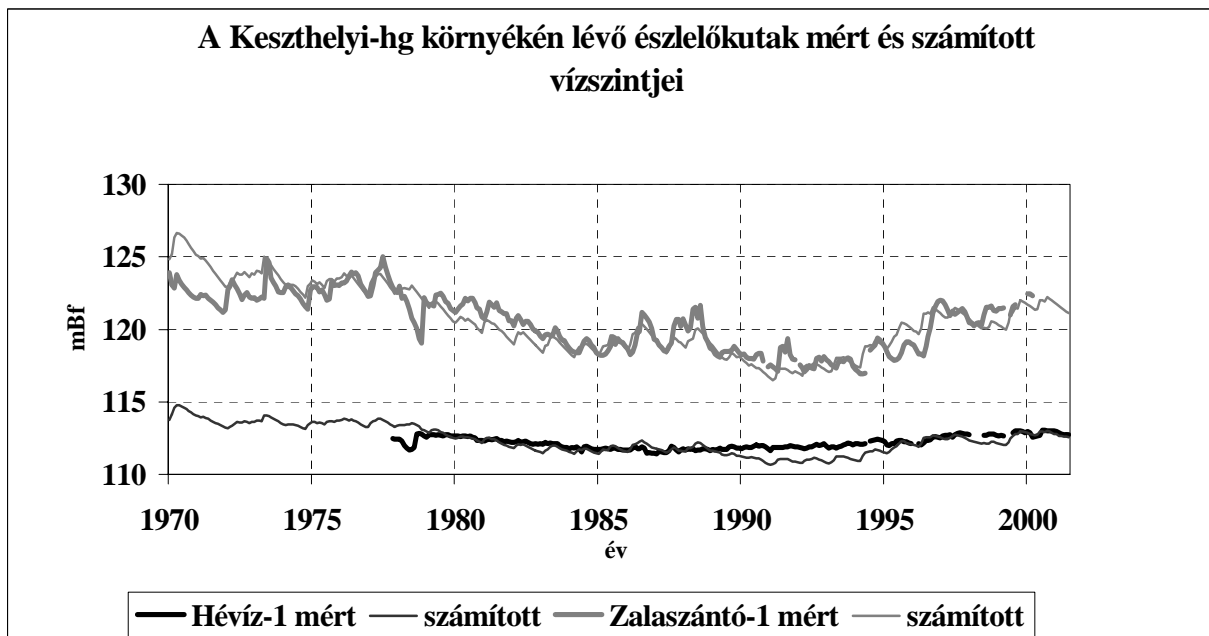
3. ábra

A vízkivétel és beszivárgás egyenlege
(1950-2000)

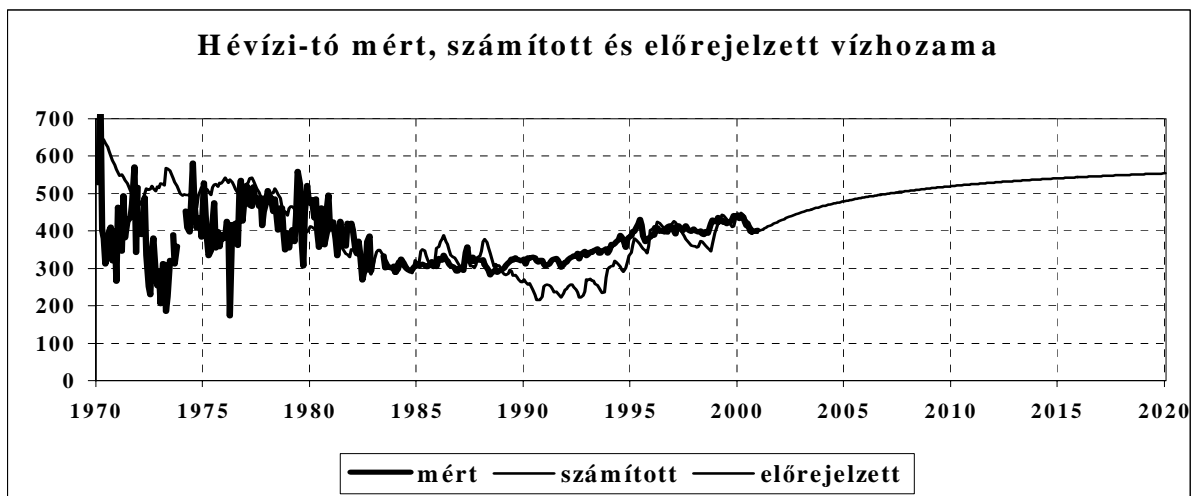


4. ábra

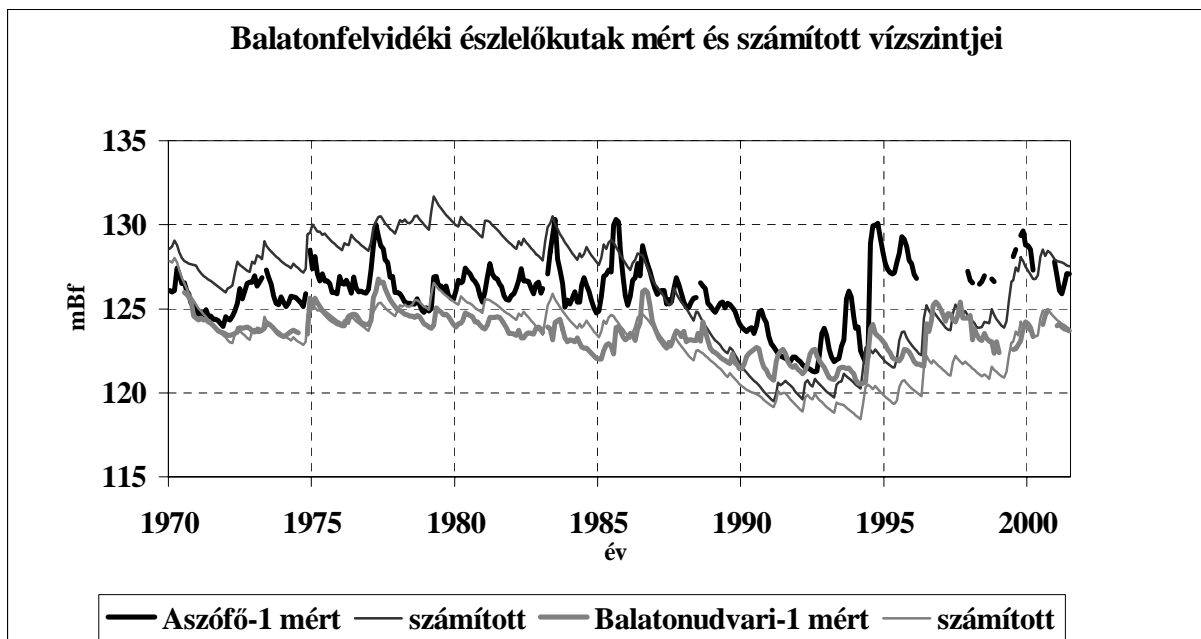
A Keszthelyi-hg környékén lévő észlelőkutak mért és számított vízszintjei



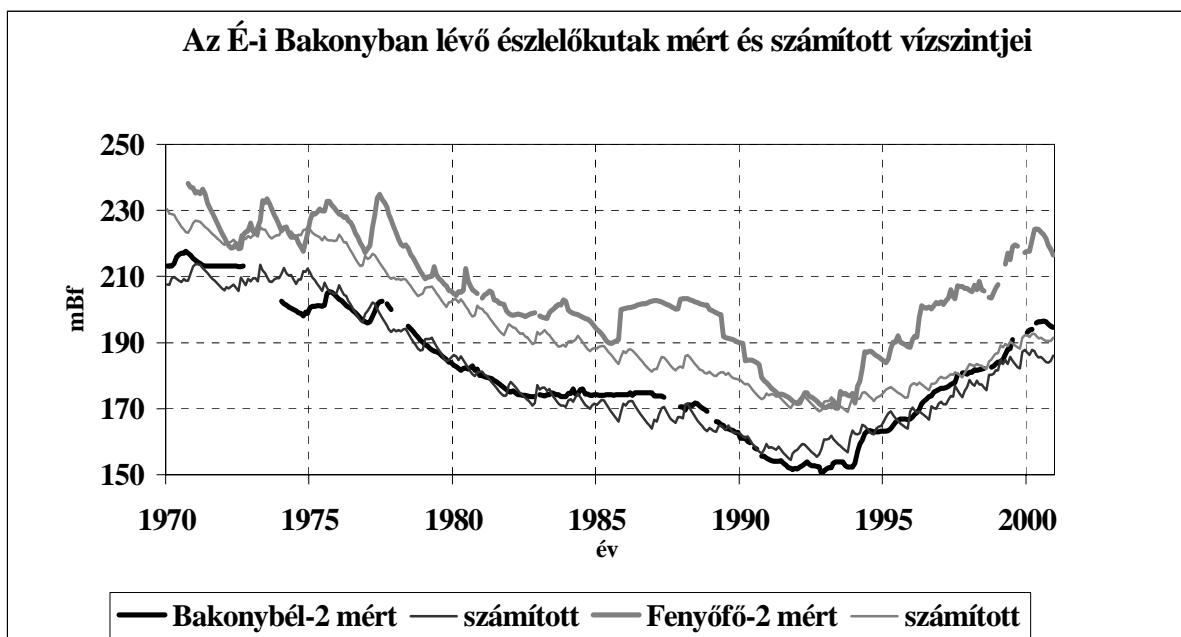
5. ábra



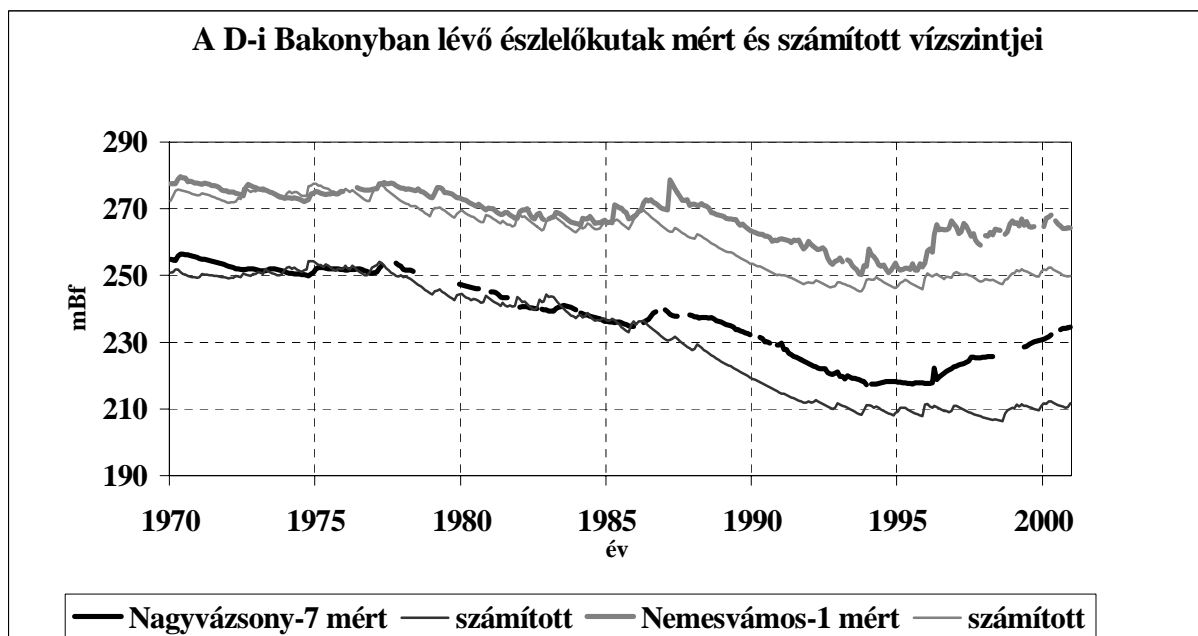
6. ábra



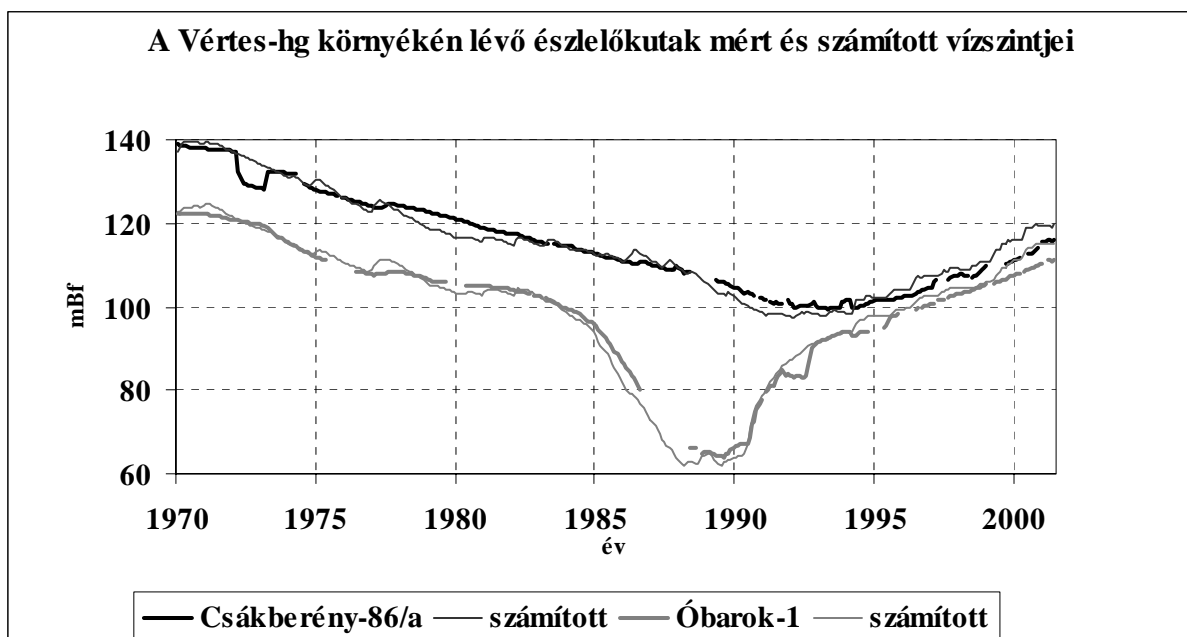
7. ábra



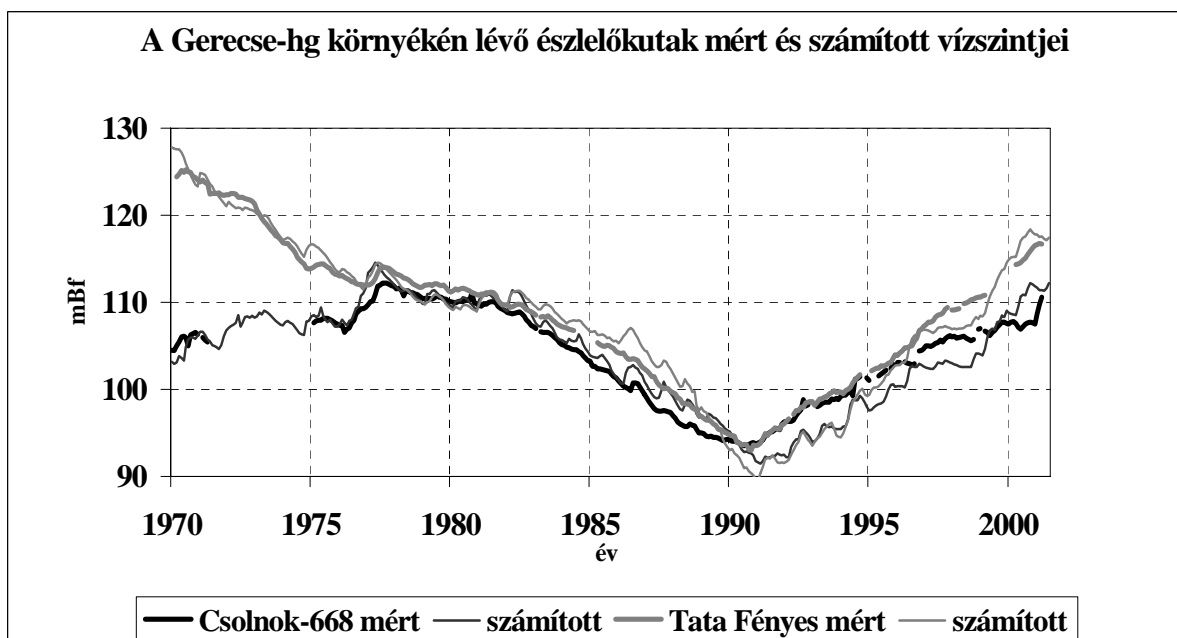
8. ábra



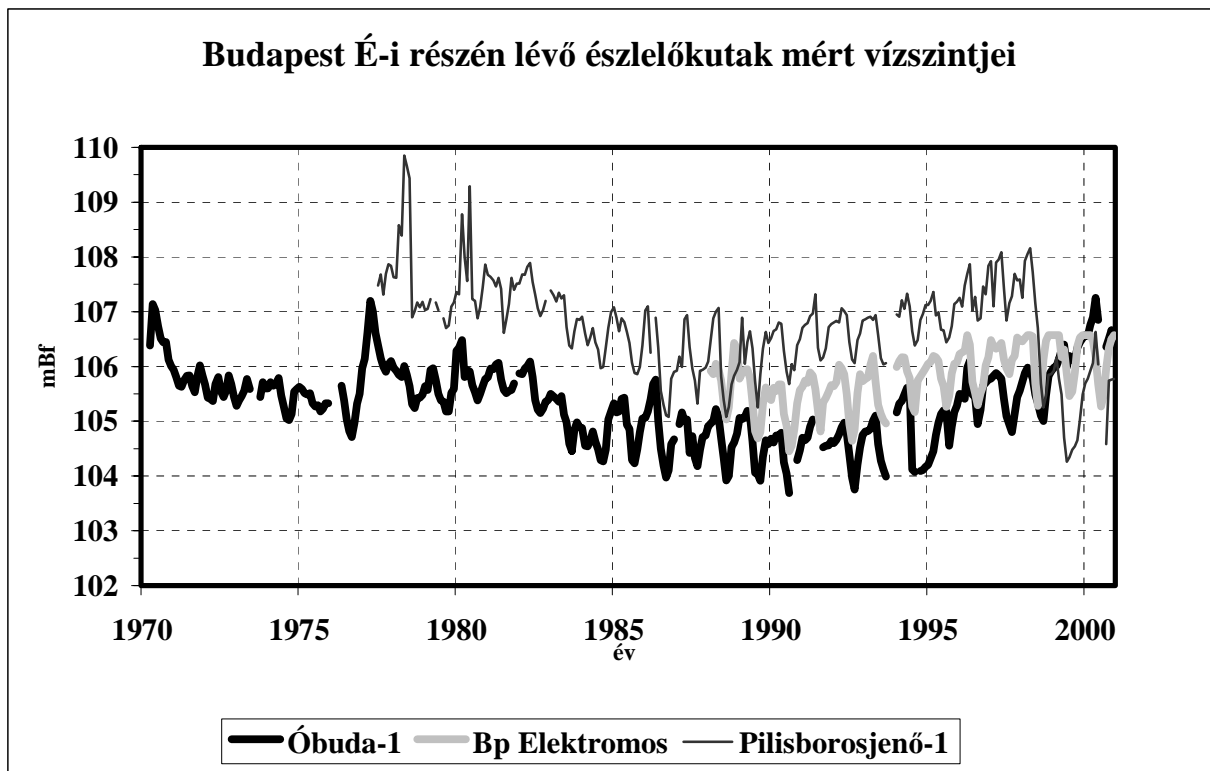
9. ábra



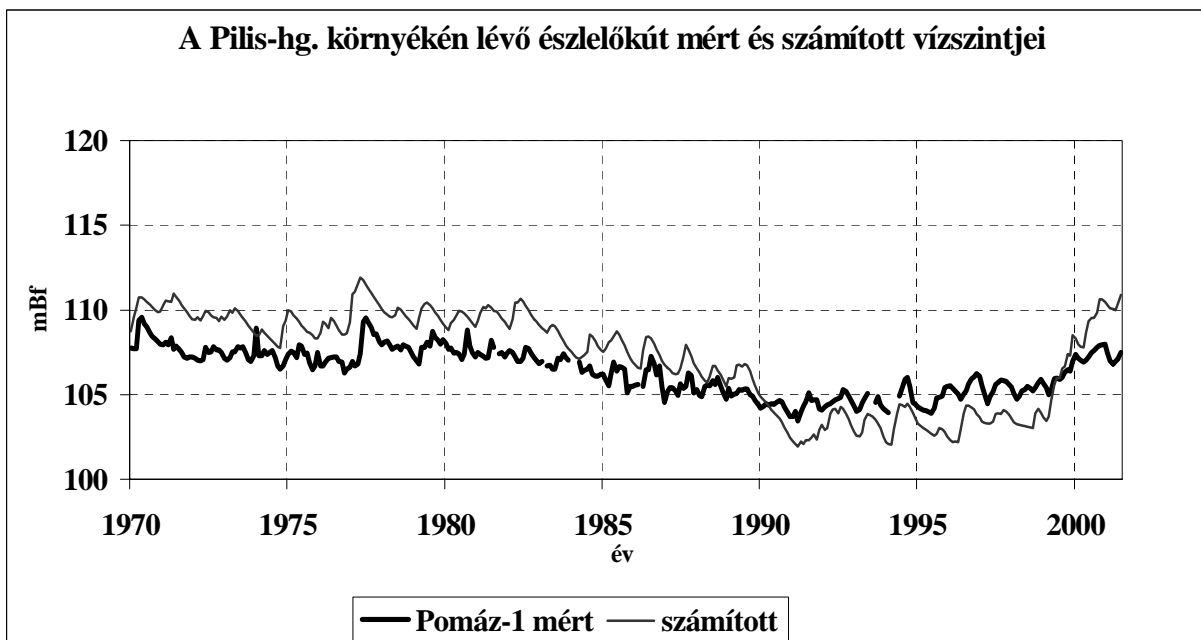
10. ábra



11. ábra



12. ábra



13. ábra

