



**Bodajk Város  
Polgármestere**

8053 Bodajk, Petőfi S. u. 60.  
Tel.-fax: 22/410-001  
E-mail: bodajkpm@t-online.hu

Ügyiratszám: Bod/173/2024.

Sorszám: 124/2024.

<b>Nyilvános ülés</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Zárt ülés</b>	<input type="checkbox"/>
Mötv. 46. § (2) a)	<input type="checkbox"/>
Mötv. 46. § (2) b)	<input type="checkbox"/>
Mötv. 46. § (2) c)	<input type="checkbox"/>

**T á j é k o z t a t ó**  
**a Bodajki-tó vízháztartásának vizsgálatáról**

Előadó:  
Wurczinger Lóránt polgármester

Előkészítésben részt vett:  
Haraszi Sándor ügyintéző

Előzetesen tárgyalja:  
Gazdasági Bizottság  
Humánügyi Bizottság

egyszerű többség	<input checked="" type="checkbox"/>
minősített többség	<input type="checkbox"/>
Mötv. 50. §	<input type="checkbox"/>
Mötv. 42. § ...	<input type="checkbox"/>
SzMSz 34. § (2) ...	<input type="checkbox"/>

Készült:  
Bodajk, 2024. május 14.

## **Tisztelt Képviselő-testület!**

Bodajk Város Önkormányzat Képviselő-testülete a 18/2024. (I. 30.) határozatával döntött a Bodajki-tó vízháztartásának vizsgálatáról.

A részletes vizsgálatot a Bányagép Kft. elvégezte, amely a fentiekről szóló mindenre kiterjedő eredményeket és következtetéseket a "TANULMÁNY a Bodajki-tó hidrológiai viszonyairól" című mellékelt dokumentumot elkészítette és megküldte a képviselő-testület részére.

Kérem a Tisztelt Képviselő-testületet, hogy a javaslatot megtárgyalni és elfogadni szíveskedjen.

**Wurczinger Lóránt s. k.**  
polgármester

### **Határozati javaslat**

#### **a Bodajki tó vízháztartásának vizsgálatáról**

A képviselő-testület a "TANULMÁNY a Bodajki-tó hidrológiai viszonyairól" szóló dokumentumot megismerte, az erről tájékoztatót megtárgyalta és azt tudomásul vette.

**BODAJK VÁROS ÖNKORMÁNYZATA**

**megbízásából**

## **TANULMÁNY**

### **a Bodajki-tó hidrológiai viszonyairól**



**Készítette:**  
**Bányagép Kft.**

**2024. április**

# Tartalom

1. Előzmények.....	1
2. Bodajk vízföldtani viszonyai - történeti áttekintés.....	2
3. Bodajk és környéke természeti viszonyai .....	5
3.1 Éghajlat.....	5
3.2 Élővilág.....	10
3.3 Morfológia.....	11
3.4 Földtan .....	11
4. Vízrajz .....	16
4.1 A Bodajki tó vízrajzi adatai .....	18
4.2 Felszín alatti vizek .....	20
4.2.1 Talajvíz.....	20
4.2.2 A Dunántúli-középhegység karsztvízrendszere -Természetes állapot .....	22
4.2.3 A karsztvízszint csökkentése .....	25
4.2.4 Karsztforrások .....	27
4.2.5 A karsztvízrendszer regenerálódása .....	29
5. Terepi geodéziai felmérés .....	35
6. Mesterséges tavak .....	36
7. Következtetések .....	39
8. Összefoglalás.....	41
Irodalom .....	44
Mellékletek.....	46



## 1. Előzmények

Bodajk Város Önkormányzata (mint Megbízó) jelentős erőfeszítéseket tesz a Bodajki-tó rekonstrukciójára. A tó vízállása nagyon ingadozó, szemben a korábbi időkkel, amikor neves gyógyfürdőként is üzemelt. A tó ma árnyéka hajdani önmagának, ha a medre nem száraz, az aljában összegyűlő víz jelenleg eutróf megjelenésű, virágzó alगतenger. A kristálytisztá vizű karszttó képe mára feledésbe merült.

Az önkormányzat azzal bízta meg a Bányagép Kft.-t, hogy a bodajki Nagy-tó vízutánpótlásának feltárását és a környező mesterséges tavakkal való összehatását vizsgálja meg. A Bányagép Kft. az alábbi dokumentációban a tó hidrológiai viszonyait vizsgálta, illetve értékelte a környezetében lévő tavak esetleges hatását a tó vízszintjére.

Megbízó a tanulmány elkészítéséhez rendelkezésre bocsájtotta az alábbi dokumentumokat [2, 3, 10, 25]:

- Hidrogeológiai szakvélemény a Bodajk, Bika-réten jelentkezett vízfakadások okairól és megszüntetésének lehetőségeiről (Geoszféra Kft. 2011.)
- Bodajk város hidrogeológiai problémáinak kezelése (KDT VÍZIG, 2012.)
- A B-14 kat. sz. karsztvízkút vizsgálati dokumentációja (GEO-GENESIS Kft., Várpalota, 2023. 02.)
- Településrendezési eszközök
- Szakvélemény a Bodajki Tófürdő algásodásának állapotáról az alगतúlszaporodás okairól és a megelőzés lehetőségeiről
- Bodajk város polgármesterével, Wurczinger Lóránttal, két alkalommal személyes egyeztetés

A Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság adatszolgáltatása:

- Bodajk (törzsszám: 000580) talajvízkút,
- Bodajk HgI-43 (törzsszám: 003985) karsztvízszint megfigyelő kút vízállás adatai,
- Mór-Bodajki vízfolyás, Csókakő (törzsszám: 142015) felszíni állomás vízállás és vízhozam adatai 2000. és 2023. közötti időszakra vonatkozóan.
- Bodajk B-1, Bodajk B-9, Bodajk K-13 termelő adatai 2004-2023.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat adatszolgáltatása:

- Balinka csapadékmérő állomás
- Székesfehérvár automata állomás adatai

SZTFH Veszprémi kirendeltség:

- Bodajk 0255/4 hrsz.-ú tó vízjogi engedélye

## 2. Bodajk vízföldtani viszonyai - történeti áttekintés

Kiss Árpád 1965-ben a Hidrológiai Tájékoztatóban megjelent munkája alapján az alábbi ismereteket tudhatjuk meg a tóról [18].

A Bodajki-tó 1945 előtt még jól ismert üdülő és fürdőhely volt, a mellette emelt 40 szobás szálló-panzióval. Kellemes és gyógyerejű gőz- és kádfürdő fogadta a gyógyulni akaró betegeket, üdülőket és az erre járó turistákat. Igen sok adat van azzal kapcsolatban, hogy a fürdővíz reuma, ischias, ízületi bántalmak, csúsz, tagmerevedés, ideg- és csontbántalmak stb. enyhítésére és gyógyítására is kitűnő hatásának bizonyult. A tó vizének ezen kitűnő sajátosságait már az 1800-as években felismerték az orvosok és balneológusok.

Egy másik forrás [13] szerint:

„Kristálytisza karsztavak sora ékesítette az eredetileg a Kálvária köré, majd a Bakony oldalára kiterjedő falut. A helybeliek persze nem értékelték nagyra a tavaikat, kivéve a falu közepén a templomtól száz méterre lévő Nagy-tavat. A II. világháború előtt itt még fürdők üzemeltek, a tó melletti malom eredetileg generátortelep volt, onnan vezették az áramot a kastélyba a villamosítás előtt. A hegyoldalban nem mindenhol lehetett vizet nyerni, így a Nagy-tóból lajttal hordták az állatoknak.

A tó üdülőhellyé való fejlesztése a 19. században kezdődött el. A bodajki fürdő legismertebb bérelője és felvirágoztatója a rangos középnyemesi családból származó fővárosi ügyvéd és Pest első közjegyzője, székelyhídi Szekrényessy József (1811–1877) volt.

A tó túlfolyása oly jelentős volt, hogy egykor a zuhogó vize vízimalmot hajtott, 4-5 q napi gabonaőrlés teljesítménnyel. Egy alsóbb szakaszon úgyszintén egy vízimalom volt felállítva. A malom épülete ma is áll, benne motoros daráló működik. A korabeli őrlő-apparátus anyaga vörös homokkő, átmérője 103 cm. Az őrlőkerekeket (malomkő), felülcsapott vízikerek forgatta, 3,5 m hosszúságú fatengelye (0,5 m vastag), mostanáig kiállt az épület falából. A vízimalomnak másik jelentős szerepe az volt, hogy a fürdőépületbe vas csőrendszeren keresztül vizet szivattyúzott. A víz felmelegítése a fürdőépületben történt, 10 hl-es vörösréz kazánban. A szivattyúrendszer emelési magassága mindössze 3 m volt.

A tavat az 1850-1860-as években mészkővel és dolomittal, részben pedig téglával övezték körül, egészen a fenékmélységig. Később az egész területet körülkerítették.

A fürdőépületet 1944-ben bomba rombolta le, ma romjai sem láthatók, csupán itt-ott sejteti a felbukkanó alapzat az egykori alapvonalakat.

A 60-as években a Fejér megyei Idegenforgalmi Hivatal és Bodajk község tanácsa már több ízben tett lépéseket a tó rendbehozatalára, azonban - kellő anyagi erő híján - eredménytelenül. Ahol egykor élénk fürdőélet folyt, és a betegek százai gyógyultak meg, ott kacsák és libák úszkáltak, kihasználatlanul folyt el a sokkal fontosabb célokra is érdemes bővizű források értékes vize. Ebben az állapotában a Bodajki-tó rendkívül elhanyagolt volt. Két pontján a kikövezett fal is megbomlott, a volt fürdőépülettel szembeni oldalon pedig a nagyobb csapadékvizekből eredő eróziós feltöltés kezdődött el. Ilyen módon az utóbbi években jelentősen növekedett a víz elszennyeződése is, nem beszélve arról, hogy a tavat kacsá- és libaúsztatóként használják.

Sajátos módon a tó „tisztítását” a víz teljes leeresztésével oldották meg, mikor is nyáron, a nagy meleg hatására, az 1-2 napig víz nélküli tófenéken rendkívül nagyarányú szervesanyagbomlás indult meg, melytől bűzös az egész tóköznyék. A zsilip zárásával a feltöltődés a túlfolyásig 8-10 óra alatt ment végbe.

„A tó gyakorlatilag a község közepén helyezkedik el, 2225 m<sup>2</sup> kiterjedésben. Vize kristálytiszta, jelentős szénsavas magnézium tartalommal.

A tó vize eredetét tekintve nyílt karsztvíz, rendkívüli hozammal. A tófenék csaknem 100 forrása holocén iszapréteg alól tör elő. A holocén iszaprétegek alatt felsőtriászkori dolomitrétegek fekszenek.

**A tó vízhozama**, karsztvízről lévén szó, változó, 700-7500 l/p hozamingadozással, mely szerint átlagos hozamot figyelembe véve, a napi vízfolyás meghaladja a hatmillió litert. Ez az adat is jól érzékelteti, milyen nagy érték, a naponta elfolyó ezerarcú víz ezen az egyébként vízben szegény területen.

**A tó átlagos vízmélysége** 132-160 cm között ingadozik. A túlfolyónál távozó víz, a Sárrét mentén a Nagybéri patakba ömlik, mely alsó szakaszán a Móri csatornával egyesül.

A tó hőmérsékleti alakulását Kiss Á. (1965) hivatkozott munkájából ismerhetjük. Mintegy 650 alkalommal mért értékeket, 1961. év augusztus, szeptember, október, november, december, továbbá 1962. január, február és március hónapjaiban, naponta több alkalommal is. A víz maximális hőmérséklet-ingadozása a 8 hónap során elérheti a 10 C°-ot is. Figyelemreméltó, hogy a víz hőmérséklet az 1962. évi rendkívüli tél során (amikor a léghőmérséklet több alkalommal -20, -30 C° alá is süllyedt) sem csökkent +11 C° alá.

A tó mint ún. „forrástó” (limnocrène) is sajátos helyet foglal el a vízi biotópok között. A lebegő parti, fenék- (alzat-), nyílt vízi stb. szervezetek elkülönülése, mely az igazi tavakra jellemző, itt nincsen meg. A mintegy 220 pontról folyamatosan feltörő széndioxid-buborékok állandó mozgásban és keverés alatt tartják a tó élővilágát, a növényi és állati közösséget egyaránt.”

1992-ben a tavat rendbe hozták, és a 21240/1992 sz. vízjogi létesítési engedély szerint megépített B-14 sz. 220 m mélységű fúrt kútból kezdték mesterségesen táplálni, így újból fürdőhellyé vált, a nyári szezonban strandként működött. Telente leeresztették, és csak annyi vizet hagytak benne, hogy korcsolyázásra alkalmas legyen. A tó alját agyagpaplannal szigetelték, hogy a kútból feltöltött víz ne szivároгjon el. A vízszintszabályozás egy zsilipen keresztül történik és a Malom-árokba vezetik a felesleges vizet.

A bányászat megszűnését követően ugyanakkor a karsztvízszint újból megemelkedett, ezért a tófürdő körbebetonozott medence aljának agyag szigetelését felszedték, mivel a fakadó források azt áttörték, és folyamatosan újratöltötték a tavat. Továbbá az is cél volt, hogy a víz a mederben és ne a környező ingatlanok területén törjön fel. A természetes vízpótlás azonban algásodást, hínárosodást váltott ki, ami ellen többféleképpen (amúrok betelepítésével, 2015-től vízforgató beépítésével) próbáltak védekezni.

A rendkívül csapadékos 2010–2011-es esztendőkből megemelkedett a karsztvízszint, és a tóban, illetve a település mélyebben fekvő részein megindultak a források.

2017-ben az önkormányzat csaknem 150 millió forint uniós támogatást nyert a tó és környéke infrastrukturális felújítására.

Napjainkban a tó környezetének fejlesztésére elnyert támogatásból a település a tómederre, és annak falára is költöhet, illetve egy szűrő és keringető rendszert is terveznek,



mely a Malom-árkon elfolyó vizet visszajuttatja a tóba, és az algásodást elősegítő foszfort is kiszűri

A másik kitüntetett forrás a Szentkút volt. Efölé állították a Zsolnay porcelán Szűz Mária-szobrot. A kút forrása egy jellegzetes karsztforrás. Talapzata a Nagy-tó talapzata fölött van több mint öt méterrel. Amióta létezik forrásnyilvántartás, időszakos forrásként tartották számon! Ezt úgy kell érteni, hogy a vízhozama erősen ingadozott. Tudomásunk szerint azonban teljesen soha nem apadt el egészen a múlt század közepéig. Akkor viszont egy hosszú, aszályos időszak után – kiszáradt. A helyiek akkor még nem jöttek rá, hogy ennek oka a balinkai szénbánya egyre nagyobb vízkitermelése.

Az viszont zavarta a hívőket, hogy a kútban nem volt víz. Azután *1967-ben a nagy balinkai vízbetörés* után a Nagy-tó vize is elment, és hosszú ideig, mint a jelenkor nagy sebe, éktelenkedett a falu közepén.”

### 3. Bodajk és környéke természeti viszonyai

#### 3.1 Éghajlat

A kistáj éghajlati viszonyairól általánosságban elmondható, hogy Ny-on és É-on mérsékelt hűvös-mérsékelt száraz, K-en, DK-en mérsékelt hűvös-száraz éghajlatú [20] A napfényes órák száma éves viszonylatban 1970-1980 óra körüli.

Az évi középhőmérséklet 9,5 °C körüli, a nyugati és középső területeken azonban egy-két tized fokkal alacsonyabb. A fagymentes időszakok hossza évente 183-188 nap között (DK-en egy-két nappal hosszabb) várható, április 15-től október 17-ig.

D-en 550-600 mm évi és 390-400 mm nyári félévi csapadékösszeg a megszokott, az ÉNy-i részekén ennél több (600-650 mm, illetve 380 mm körüli). Évente 36-38 hótakarós nap várható; az átlagos maximális hóvastagság 22 cm körüli. Azonban az utóbbi 10 évben a hótakarós napok száma és a hóvastagság is csökkenő tendenciát mutat. Az ariditási index É-on 1,08-1,15, D-en 1,15-1,28.

A Móri-árok domborzati viszonyaiból és kitértségéből eredően jelentős éghajlati tényező a szél. Az év minden időszakában leggyakoribb az ÉNy-i szél. Második helyen - kis átlagsebességekkel ugyan - a DK-i irányú áll. Az átlagos szélsébség 3 m/s körüli, de előfordul viharos erejű szél is [9].

Az árokjelleg jelentősen befolyásolja a táj éghajlatát. Csapadékképződés szempontjából a Móri-árok szerepe rendkívül érdekes. A Csóka-, illetve az Antal-hegyről leszálló hideg légtömeg többszöri ütközés után a cirkulációs folyamatok hatására turbulens mozgást végez. Ennek eredményeként megindul az orografikus felhőképződés, mely száraz évszázad esetén ritkán ad csapadékot, ellenben nedves évben sok csapadékot ad, még akkor is, ha a környék csapadékmentes. Ezért Mór térségében a környékhez képest gyakrabban esik az eső (évente átlagosan 692 mm). Az árokjelleg további következménye a gyakori északnyugat-délkelet irányú légmozgás.

A levegő éves átlagos hőmérséklete Mór térségében 9–11 °C. Egyezményesen ez 2 m-es magasságra értendő. Egy 1959–1988 között zajló mérés eredménye is hasonlókat mutatott (10,06 °C). Emellett mezőgazdasági szempontból nagyon fontos a tenyészidőszak átlaghőmérséklete is. Ez a Móri-árokban 16–16,4 °C. A fent említett időszakban ez az érték 16,61 °C volt (a tenyészidőszaknak az április 1. és szeptember 30. közti időszakot tekintjük.). Az átlagos érték mellett lényeges a hőmérséklet évi menete is. Az évi közepes hőingás 21 °C körüli értéket mutat. Fontos még az első, illetve az utolsó fagy dátuma. Ez a vizsgált időszak figyelembe vételével rendre október első fele, illetve április második fele. Éves átlagban 100 fagyos nap van a területen. A téli napok (maximum hőmérséklet 0 °C) száma természetesen ennél kevesebb. Körülbelül 30 ilyen nap van egy év során. Zord nap (az átlaghőmérséklet –10 °C alatt van) pedig mindössze 12 átlagosan. Másik szélsőséges eset, amikor túl magas a hőmérséklet. Ezen belül beszélhetünk nyári napokról (minimum hőmérséklet 25 °C), illetve hőségnapokról (minimum hőmérséklet 30 °C), melyek rendre 50–60, illetve 25–30 alkalommal fordulnak elő átlagosan egy évben [19].

Aszályindex (HDI<sub>0</sub>) (<https://aszalymonitoring.vizugy.hu/index.php?view=info>)

- kizárólag a napi csapadékmennyiségeket és a napi középhőmérsékleteket használja fel
- megelőző időszak adataiból napi víztartalékokat becsül



- sokéves átlaghoz viszonyít -> értéke nem évszakfüggő: átlagos időjárású időszakban 1 körül van az értéke, átlagosnál csapadékosabb vagy hűvösebb időszakban ez alatt, szárazság idején pedig felette
- meteorológiai aszályindex értékek szerinti kategóriái:  
 $HDI0 < 1.3$  : aszálymentes  
 $1.3 \leq HDI0$  és  $HDI0 < 1.5$  : enyhe aszály  
 $1.5 \leq HDI0$  és  $HDI0 < 2$  : közepes aszály  
 $2 \leq HDI0$  és  $HDI0 < 3$  : erős aszály  
 $3 \leq HDI0$  : rendkívüli aszály

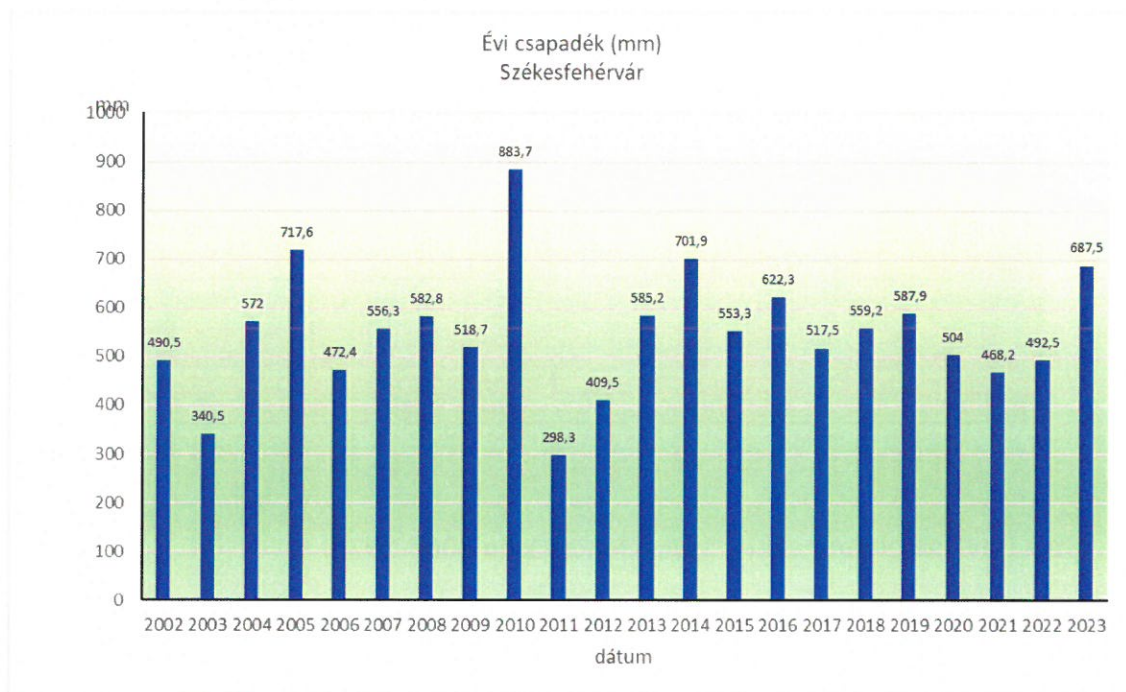
A karsztvíz tároló vízszintjét illetően a korábbi irodalmi adatok alapján bemutattuk, hogy a vízkivételek (bányászati vízemelés, ivóvízellátás stb.) csökkentik azt. Az időjárási viszonyok pozitív és negatív hatásúak is lehetnek. Általánosságban elmondhatjuk, hogy sok csapadék esetén a karsztvíz-rezervoár töltődik, míg aszálykor csökken a vízszint. Így az egyik vizsgált paraméter a csapadék mennyisége volt. A Bodajk közelében lévő székesfehérvári automata állomás és a balinkai csapadékmérő állomás adatai alapján 2002-2023 közti csapadék adatokat dolgoztuk fel.

Balinkán az évi csapadék összege 412 mm és 831 mm között változik, 2010. kivételével, amikor 1243 mm csapadék hullott (1. ábra). (A helyi lakosok elmondása alapján 2010-ben



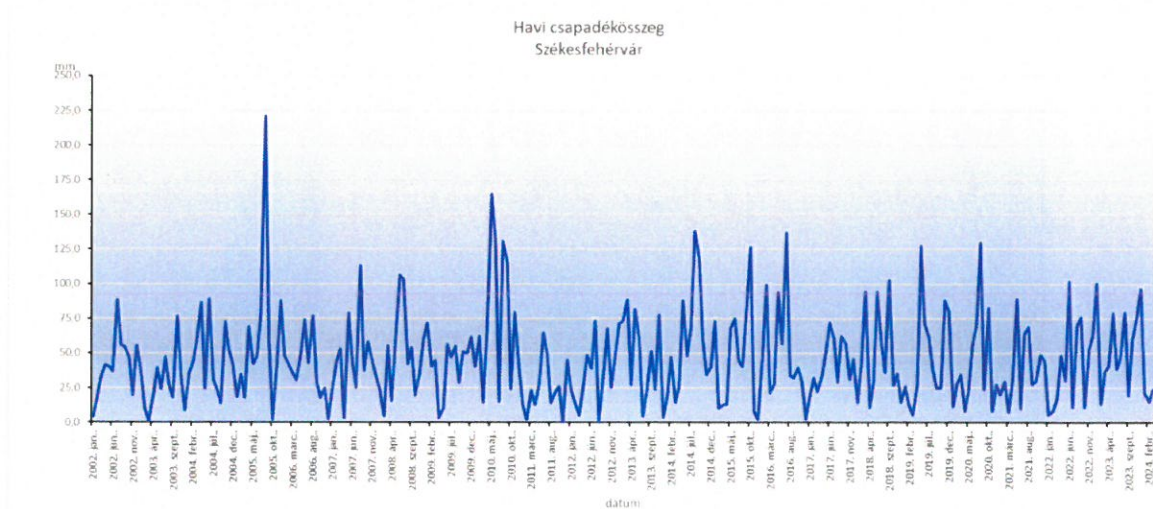
**1. ábra** Éves csapadék mennyisége Balinkán 2002-2023.

a rengeteg esőzés miatt május 16-án a móri halastavak gátja átszakadt és a völgyben lezúdulva elöntötte a település mélyen fekvő részeit (Ezt a Bodajk-Móri-víz vízállás adatain is jól láthatjuk 13-14. ábra).



**2. ábra** Éves csapadék mennyisége Székesfehérváron 2002-2023

A székesfehérvári automata állomás évi csapadékösszege 2002-2023-as időszakban 298,3-883,7 mm között alakul.

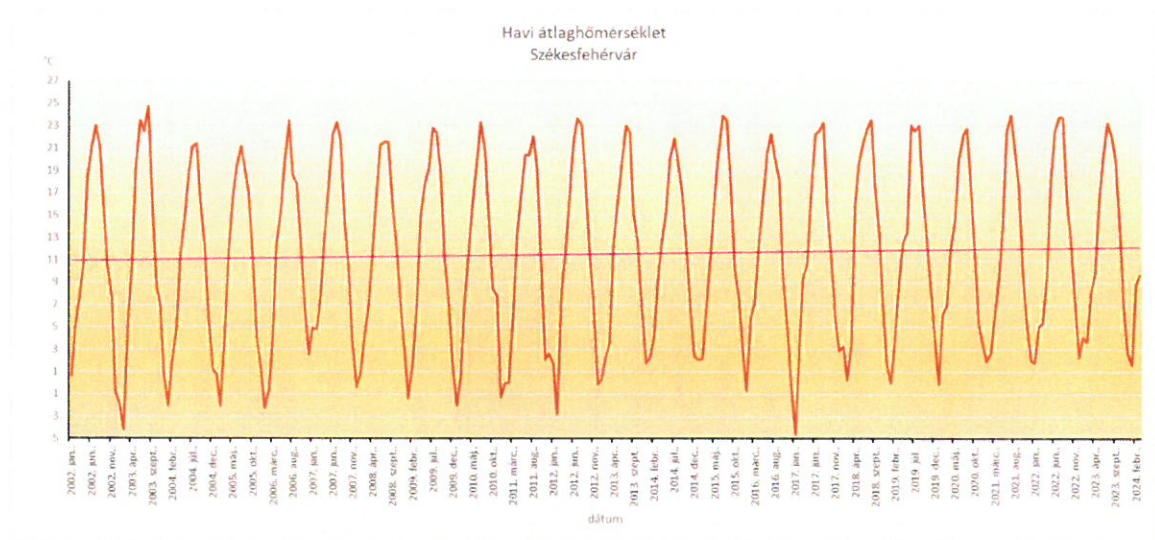


**3. ábra** Havi csapadék mennyisége Székesfehérváron 2002-2023.

A székesfehérvári automata állomás havi adataiban a csapadék éves eloszlásából az a törvényszerűség állapítható meg, hogy a csapadékmaximumok a nyár eleji időszakokban jelentkeznek, a téli időszakok csapadékszegények (3. ábra).

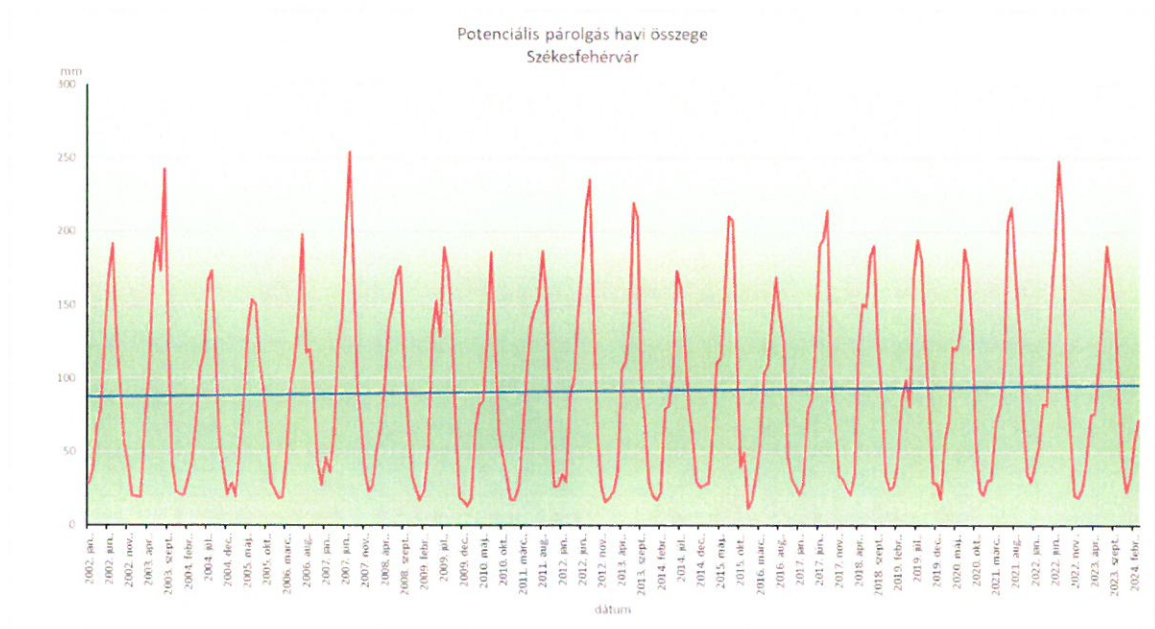
A havi hőmérsékletadatok járásában 2002-2024 között megállapítottuk, hogy a trendvonal emelkedő átlaghőmérsékletet mutat, ami észlehető a téli félév egyre enyhébb jellegében, valamint a fokozatosan emelkedő nyári átlagos hőmérsékletben (4. ábra).





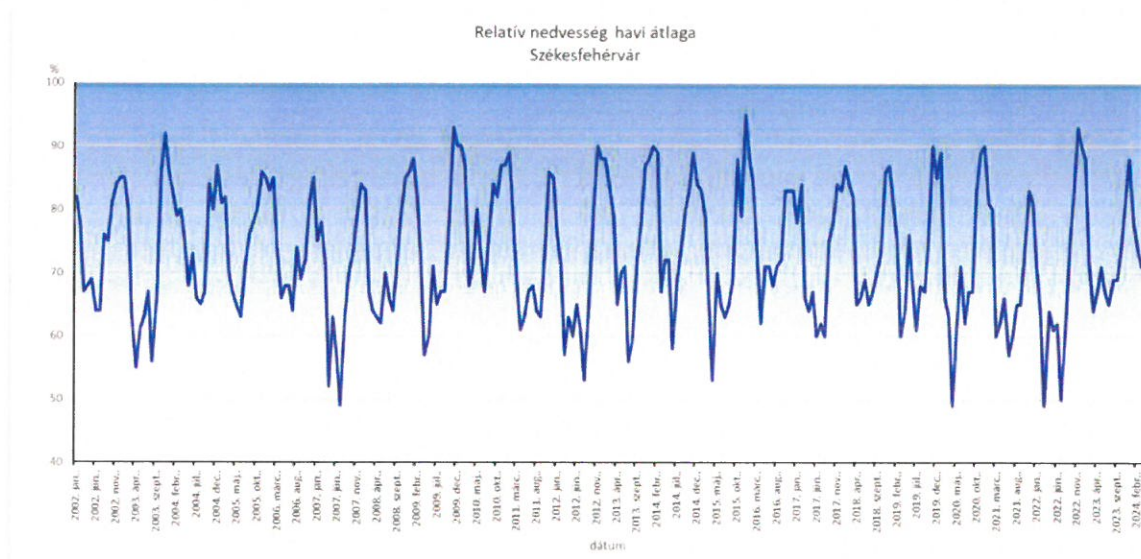
**4. ábra** Havi átlaghőmérséklet Székesfehérváron 2002-2024.

A vizsgált időszakban a potenciális párolgás havi összege is fokozatos emelkedést mutat, ami azt is jelenti, hogy a lehulló csapadékból – a nyári félév egyre melegebb jellege miatt – több párolog. A téli félévekben ugyan alacsony a párolgás értéke, de a csapadék mennyisége is kevesebb, a beszivárgás is alacsonyabb (5. ábra).



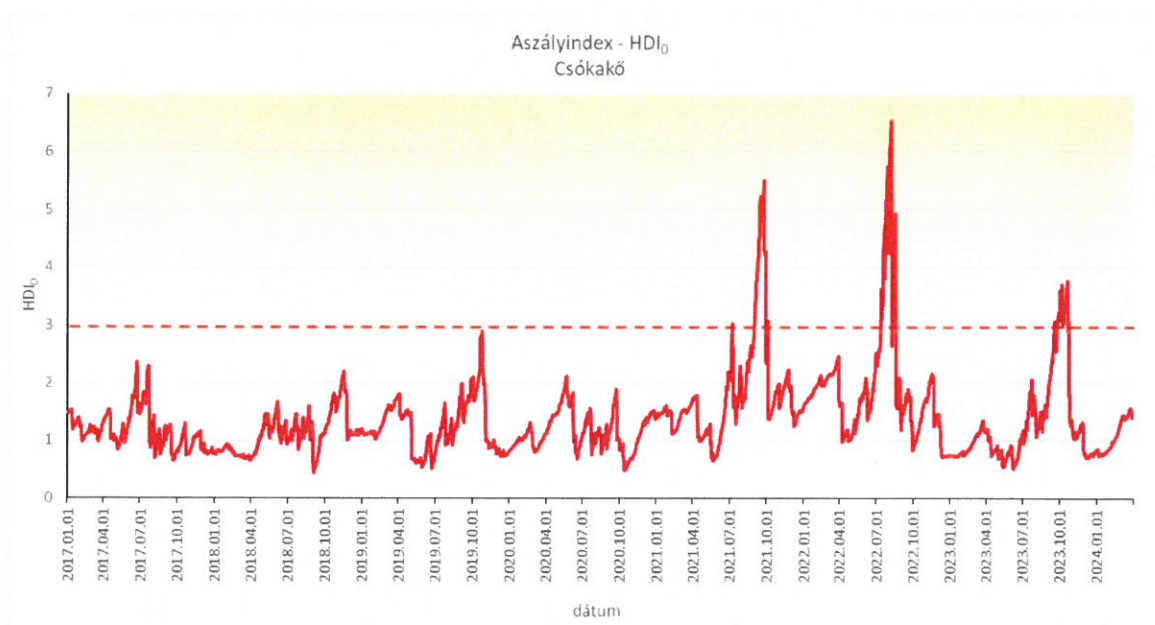
**5. ábra** Havi átlaghőmérséklet Székesfehérváron 2002-2024.

A relatív nedvesség havi értékei a nyári időszakban a legalacsonyabbak. Minél aszályosabb az időszak, ez a paraméter annál alacsonyabb. A 2020-as évek elején a jelentős szárazság következtében a vizsgált időszak legalacsonyabb értékeit kaptuk. (6. ábra).



**6. ábra** Relatív nedvesség havi átlaga Székesfehérváron 2002-2024.

Csókakő állomás aszálymonitoring adatait a teljes mérési időszakban, 2017-2024 között vizsgáltuk. A szembeötlő a 2021-, 2022-es évek kiugróan aszályos jellege, ahol a  $HDI_0$  értéke nagyobb volt, mint 3, mely a rendkívüli aszályos helyzetet mutatja (7. ábra).



**7. ábra** Aszályindex Csókakőn 2017-2024.



### 3.2 Élővilág

A Móri-árok kistáj területe 125 km<sup>2</sup>, melyen az eredeti növényzetből szinte semmi nem maradt meg [9]. Nagyobb mennyiségben üde nedves és száraz gyepek fordulnak elő, többnyire jellegtelenek. A természetesebb gyepek közül a mocsárrétek és a löszön kialakult száraz gyepek nagyobb kiterjedésűek.

A vizes élőhelyek előfordulása, mintázata lehetőséget adhat a terület felszíni és felszín alatti fakadó vizeivel való kapcsolat meglétére. A növényzet jellege (lágyszárú vegetáció, bokros, fás élőhelyek) utal a terület vízellátottságára. Így a vizenyős rétek, nádasok, mocsaras élőhelyek az év hosszabb időszakában is jó vízellátottságra utalnak.

Bodajkon is a Móri-víz völgyében kisebb összefüggő nádasok is kialakultak, egy részük épp a Tópart utcai mesterséges tavak környezetében.

A Mór-Bodajki vízfolyás mentén Bodajk településen a HUDI20033 Móri-árok kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület [16] található (8. ábra). Fenntartási terve a Mór-Bodajki terület egység érintett élőhely típusait az alábbiak szerint osztályozza:

- ÁNÉR-kód:

B1a - Nem tőzegképző nádasok, gyékényesek és tavikákások	OB - Jellegtelen üde gyepek
B2 - Harmatkásás, békabuzogányos, pántlikafüves mocsári-vízparti növényzet	OC - Jellegtelen száraz-félszáraz gyepek
B5 - Nem zsombékoló magassárrétek	OD - Lágyszárú özönfajok állományai
D6 - Ártéri és mocsári magaskórósok, árnyas-nyirkos szegélynövényzet	OF - Magaskórós ruderalis gyomnövényzet
D34 - Mocsárrétek	P1a - Őshonos fafajú fiatalosok
E1 - Franciaperjés rétek	P2a - Üde és nedves cserjések
	P2b - Galagonyás-kökényes-borókás száraz cserjések
	T1 - Egyéves, intenzív szántóföldi kultúrák



8. ábra Ex lege források (zöld), ökológiai folyosó (ciklámen), magterület (lila) [27]



- Natura 2000 élőhelytípus:

- Síksági és a hegyvidéktől a magashegységig tartó szintek hidrofil magaskórós szegélytársulásai (6430)
- Folyóvölgyek *Cnidion dubii*hoz tartozó mocsárrétjei (6440)
- Sík- és dombvidéki kaszálórétek (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*) (6510)

Az osztályozás szerint 7 társulás vízhez kötődik, melyek megerősítik a terület jó vízellátottságát.

A Bodajki-tó állapotával kapcsolatos szakvélemény [26] a tó algásodásának az okával foglalkozik. Megállapítása szerint a tó gyors, előrehaladott eutrofizációját az okozza, hogy a tó vize az intenzív forrástáplálás következtében naponta kicserélődik, így mindig, ha csak kismennyiségű, de új tápanyagot kapnak az algák (elsődlegesen foszfort). A tó vize kiváló minőségű a vízvezetékek szerint, azzal nincs probléma, nem a foszfor mennyisége a gond, hanem a folyamatos utánpótlódás következtében a forrásvizekből származó állandó foszfortöbblet jelenléte.

### 3.3 Morfológia

Bodajk a Móri-árok nyugati lejtőjén helyezkedik el, ami változatos domborzati jelleget kölcsönöz a településnek; a kisebb-nagyobb rögöktől fokozatosan lejt a térszín az árok völgytalpjáig. A mintegy 200 m magas Rigóstól a Bika-rétig (140 m), azaz mintegy 60 m az esés 1200 m hosszon. A Móri-árok kainozoos süllyedéke élesen elválasztja a Vértes mezozoos tömegét a Bakonytól. Kétoldalt emelkedő peremeinek legmagasabb röge a Bodajktól nyugatra emelkedő Kő-hegy (314 m).

A móri árok belseje három fő szerkezeti vonal mentén két nagyobb északnyugat–délkeleti irányú vonulatra tagolódik. A két nagy vonulatot nagyjából az árok közepén (Kisbér–Mór–Bodajk–Moha vonalában) kialakult árkos vetődés választja el egymástól. Az árok belsejében ez a legnagyobb árkos vetődés. Jelenlegi ismereteink szerint ezen a vonalon süllyedt a legmélyebbre az alaphegység sasbérces vonulata, és itt került a legmélyebbre (121 m tszf.) az alsópleisztocén hordalékkúpos felszín is. Mórtól délre az árok felszíni arculata lényegesen megváltozik, ami eltérő pleisztocén fejlődéstörténetre utal. A Mórtól délre elkeskenyedő árok a pleisztocén szerkezeti mozgások folyamán a párhuzamos vetődések mentén erőteljesen lesüllyedt, s így felszínét az eróziós-denudációs folyamatok nem alakították szigethegyekkel behintett eróziós halomvidékké, hanem a széles süllyedékterületet a pleisztocén végi vízfolyások süllyedéssel egyidejűleg feltöltötték és tágas (750—1500 m) alluviális síksággá formálták.

Az árokszerkezet befolyásolja a terület lefolyási viszonyait, mely a felszíni és felszín alatti vizekre is hatással van (1. térkép)

### 3.4 Földtan

A morfológia mellett a földtani felépítés is változatos. Magyarország fedett földtani térképe 1:100 000 sorozat L-34-25 térképlap alapján az alábbi megállapítások tehetők.

A Móri-árokban a völgytalpon holocén folyóvízi üledékek (sziliciklasztos üledékek: agyagos, iszapos, homok, kavics) jellemzőek. A nyugati irányban a magaslatok, tetők főként triász földolomitból állnak, ami az árkos süllyedékben a mélybe zökken, majd keleti irányban az árok túloldalán, a Vértes meredek oldalában bukkan fel újra. Az árkot fiatal

üledékek töltik ki, a völgytalp irányában egyre nagyobb vastagságban. A kvarter üledékek vastagság térképe szerint 5 m vastagságtól keleti irányban 25 m-re vastagodik ki az árok tengelye felé. A település jelentős részén az oligocén korú Csatkai Formáció (Alluviális, ártéri aleurolit és agyag, alsó részén vörös, tarka, felső részén olajzöld, szürkészöld, közép- és finomszemű, gyakran biotitos homokkő meszes agyag váltakozásából álló képződmény, amiben gyakran rogyási lapok, gyökérnyomok, meszes csomók és szénzsinórok jelennek meg.). Ny felé, illetve északra, Mór irányában a felszínt felső-pleisztocén eolikus lösz borítja (2. térkép) [17].

Elméleti rétegsor:

Holocén folyóvízi kavics, homok

Felső-pleisztocén eolikus lösz.

Felső-pannóniai Kállai Kavics Formáció

Oligocén Csatkai Formáció

Alsó-oligocén Óbaroki Bauxit Formáció

Felső-triász Fődolomit Formáció

A földtani térképi állományhoz plusz adatot szolgáltatnak a területen mélyült fúrások rétegsorai, valamint egyéb, a felszín megbontásával járó tevékenységek, pl. építkezések alapásai munkái is. A földtani felépítés pontosításához így a következő „feltárási adatokat” érdemes figyelembe venni.

A B-14. kat. sz. kút 8 m mélyen érte el a dolomitot, s a 220 m-es talpmélységéig abban haladt.

A fedője barnássárga meszes kőzetlisztes agyag. Az 50 m-re lévő Nagy-tó nyílt karszton található; a fedő képződmények ilyen arányú kivékonyodása figyelemreméltó. A mintegy 200 m-re északra fekvő B-9 sz. vízműkút rétegszelvénye alapján 3,0 m vastag sárgásbarna meszes-iszapos agyagfedő alatt dolomitot harántoltak 146,0 m talpig.

Jó egyezést mutat a kvarter képződmények vastagságtérképe a fúrásokból leírt üledékvastagsággal (3. térkép). Az üledékek az árok tengelye felé kivastagodnak.

A síkságot Mór–Bodajk–Fehérvárcsurgó–Moha vonalában átlagosan 25–30 m vastag homokos-kavicsos-iszapos-agyagos folyóvízi üledéksor tölti ki.

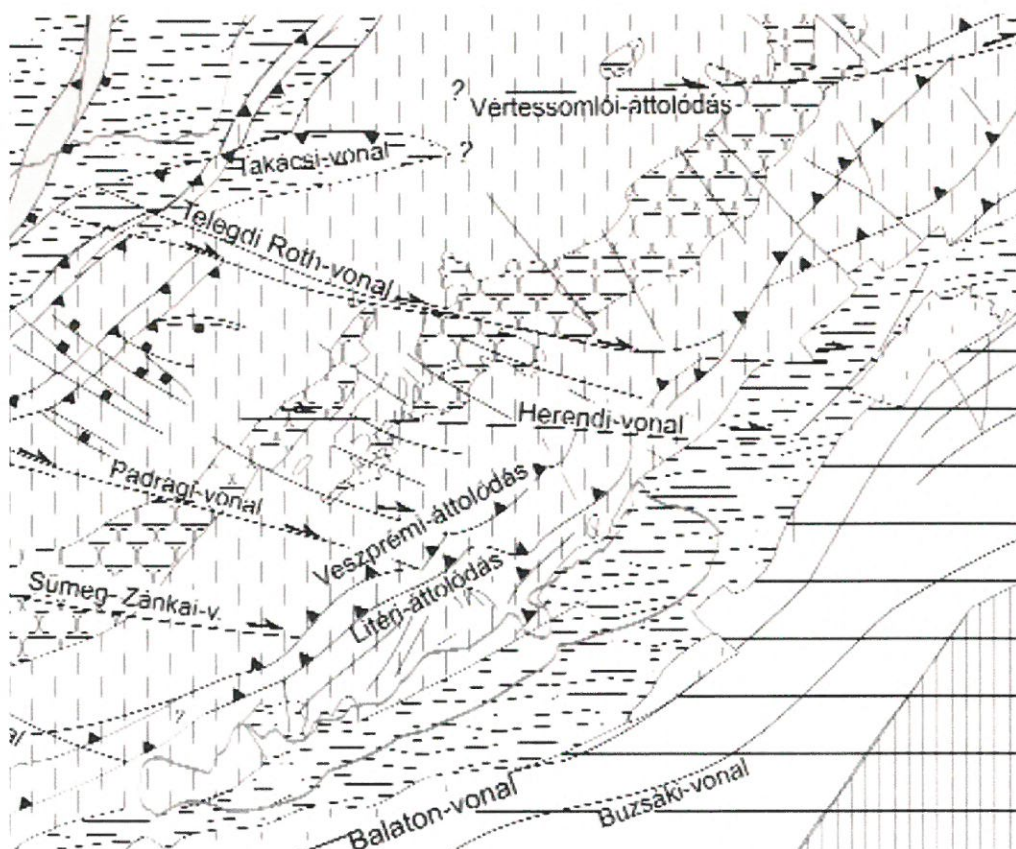
Az üledék típusát a Tópart utcában létesült mesterséges halastó mederkialakítása során depóniákba kihelyezett anyagon megvizsgálhattuk. A kitermelt anyag egy része sötétszürke színű magas szervesanyag-tartalmú tőzeges mocsári üledék, alatta homok, majd sárgásszürke agyagos képződmény található (1. kép), helyenként kavicsos összlet is megjelenik, horizontálisan nagyon változatos a fenti üledékek elhelyezkedése. A tulajdonos elmondása alapján, a területen korábban kavicsbányászat folyt. A kavicsos összletet leművelték, többnyire finomszemű üledék maradt a területen.





**1. kép** A Tópart utcai mesterséges tó kialakításakor kitermelt agyagos, tőzeges anyag depóniák

A töréses-árkos süllyedék szerkezet a bemutatott morfológián kívül a térség szeizmicitását is befolyásolja.

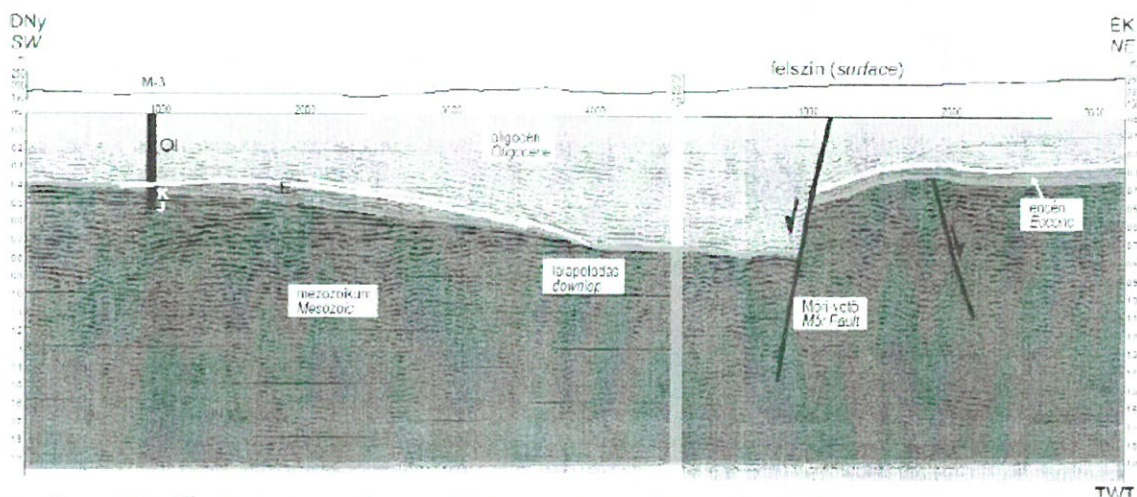


**9. ábra** A Bakony szerkezeti vonalai [5]



A Móri-árok északi része, illetve az Által-ér forrásvidéke morfológiai szempontból az egyik legösszetettebb terület (9. 10. ábra). Neotektonikai szempontból a legfontosabb jelzés a híres 1810. január 14-én történt móri földrengés ( $M=5,4$ ), az egyik legerősebb hazai földrengés volt. A nagy rengést közel ezer kis utórengés követte. Ez a szakirodalomba "móri földrengés raj" elnevezéssel vonult be, amihez fogható Magyarországon azóta sem észleltek.

A korabeli, igen pontos leírások elemzésével a rengés intenzitása és epicentruma elég jól megadható. Mivel a szóban forgó területen viszonylag kevés szerkezeti elemről igazolható, hogy a késő-miocén üledékeket deformálja, így joggal feltételezhetjük, hogy a földrengés a Vértes délnyugati nagy letöréséhez, a Móri-peremvetőhöz kapcsolható (3. térkép). A Móri-peremvető ÉNy-DK-i csapású szakasza párhuzamos az árok északi részének vízfolyásaival, a Móri-vízzel, a Móron át folyó Káposzta- és Kút-érrel (11. ábra), illetve az Által-ér legfelső szakaszával: gyanítható tehát a vízfolyások passzív vagy aktív szerkezeti kontrollja. A vízfolyások völgye jellegzetesen aszimmetrikus, meredek ÉK-i és lapos DNy-i oldalak határolják. A meredek oldalakon számos kisebb völgybeágódás és csuszamlás jelenik meg, míg a lapos völgyoldalak morfológiailag alig tagoltak. A völgyek ezen aszimmetrikus alakját a kvarter alatti oligocén üledékek geometriája (is) befolyásolja; a szeizmikus szelvényen jól látható, hogy a rétegek kissé a Móri-peremvető felé dőlnek, ami már az oligo-miocén deformációs fázisokban is létrejöhetett. Ha nem tételezünk fel szerkezeti mozgásokat, akkor a párhuzamos vízfolyások azonos topográfiai szinten jöttek létre. Ezután a mai Móri-víz fölött levő völgy valamilyen okból jobban bevágódott, és így a völgy egy alacsonyabb ellenálló rétegcsoporthoz került. Ez a folyamat többször megismétlődött, és mindig hasonló völgykeresztmetszetet eredményezett. Alternatív megoldásként lehetséges, hogy a DNy felé fokozatosan alacsonyabb helyzetű, párhuzamos völgyek eredetileg egy szinten alakultak ki, majd vetők mentén süllyedtek mélyebbre (az Által-ér ma mintegy 50 méterrel magasabban folyik, mint a Móri-víz), és a vetők felé billentek.

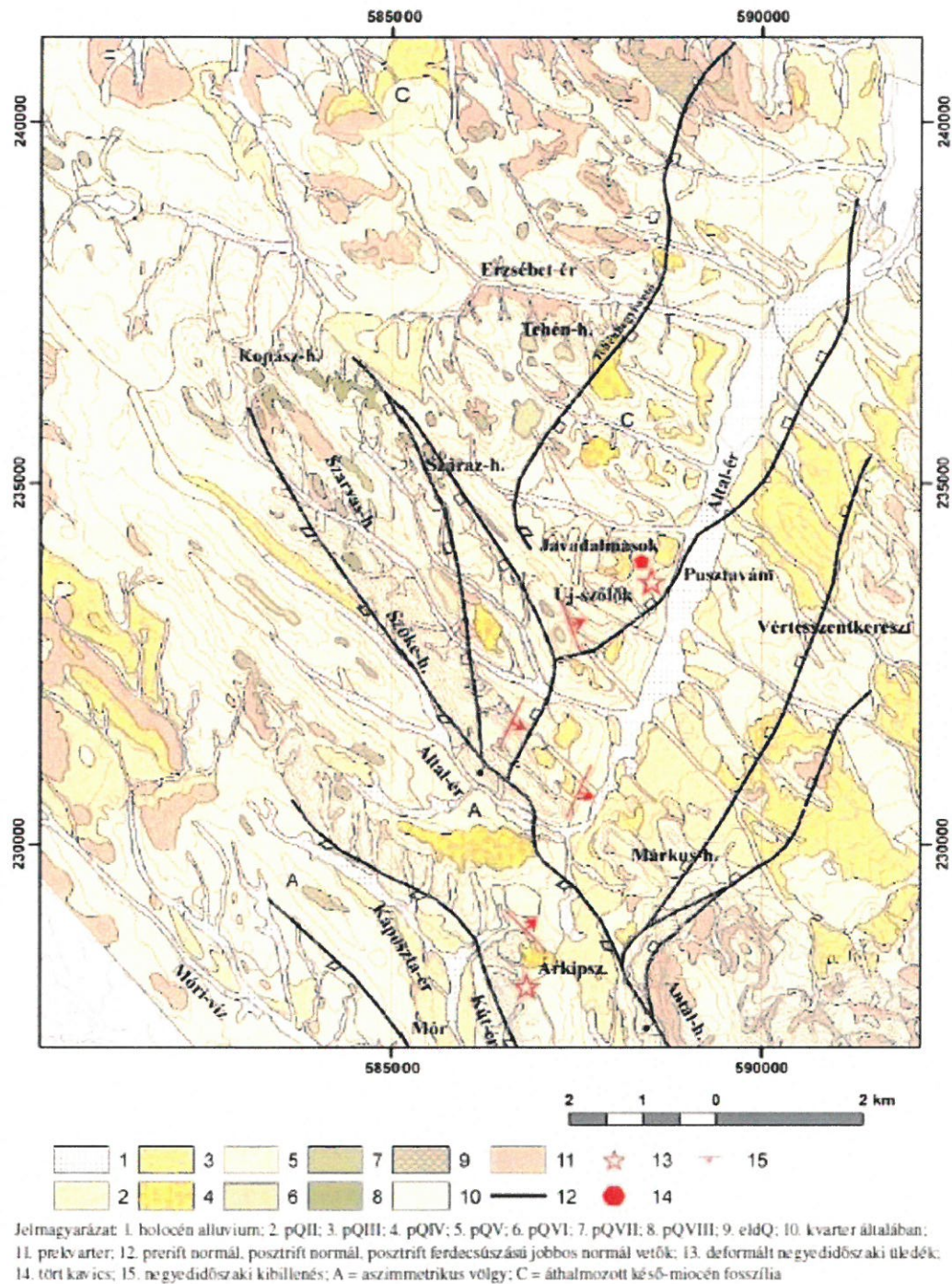


**10. ábra** DNY-ÉK irányú szelvény a Móri-árok északi részén [21]

A folyóvízi üledékek az utolsó jégkorszakban képződött, átmosott löszös rétegsorokat zárnak kőbe, ami az árok újpleisztocénban is folyamatban levő süllyedését igazolja. Hasonlóképpen egészen fiatal mozgásokról tanúskodnak Bodajk térségében a pannóniai üledékekben előforduló vetődések is. A vetődések újpleisztocén végi vagy holocén



időszakiak lehetnek, mert a felsőpannóniai agyagos rétegsorral együtt az agyag fedőjébe települt vékony löszrétegek is elvetődtek.



**11. ábra** D13 késő-pliocén–negyedidőszaki (neotektonikus) szerkezetek a Vértes délnyugati részén és a Móri-árokban [4]

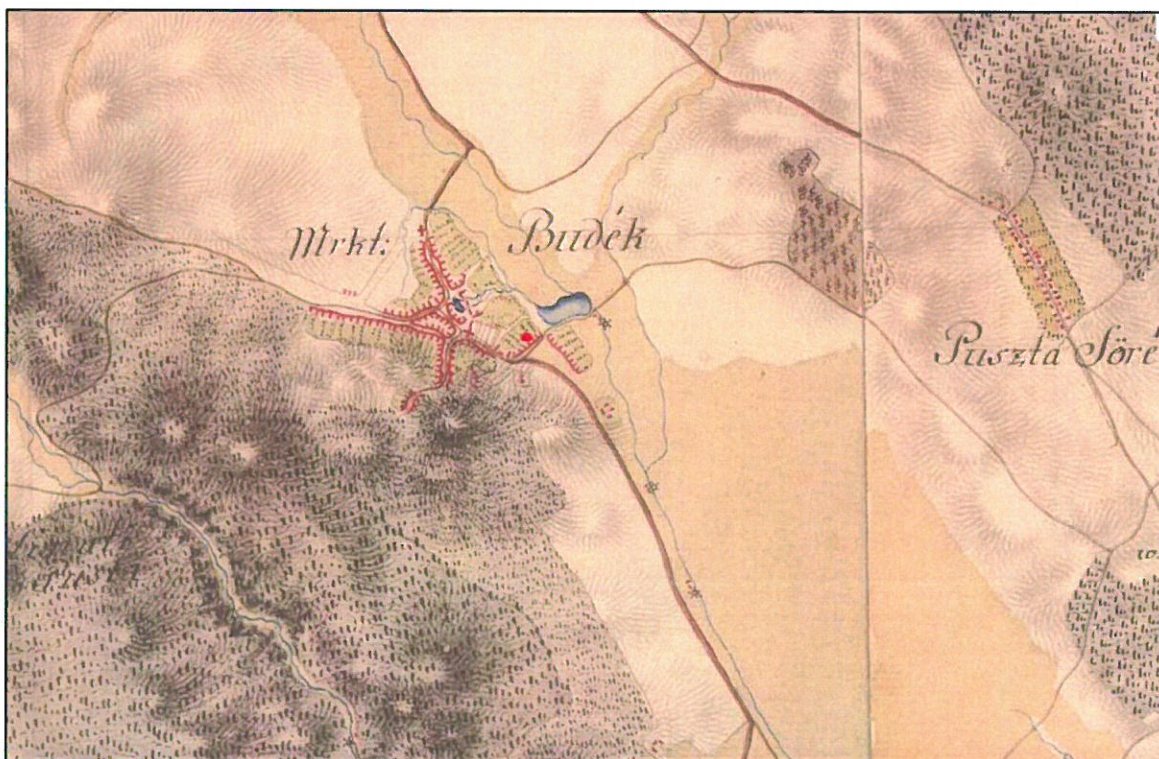


#### 4. Vízrajz

A település területe részben a Gaja, részben a Mór-Bodajki-vízfolyás (Móri-víz) közvetlen vízgyűjtő területéhez tartozik. A Gaja-patak a Keleti-Bakony legfontosabb vízfolyása: Nagyesztergár mellett, Veimpusztán ered, és 20 kilométeren át kelet felé folyik, majd Bodajknál délre fordul. Vízével táplálja a Fehérvárcsurgói-víztározót (223 ha). Moha alatt belesatlakozik a Móri-víz, majd Székesfehérvár mellett a Séd északi ágának folytatását képező Nádor-csatornával egyesülve létrehozza a Sárvíz folyót, mely Sióagárdnál ömlik a Sióba.

A terület állóvizeinek össz. kiterjedése 600 ha. A legnagyobb a fehérvárcsurgói tározó [9].

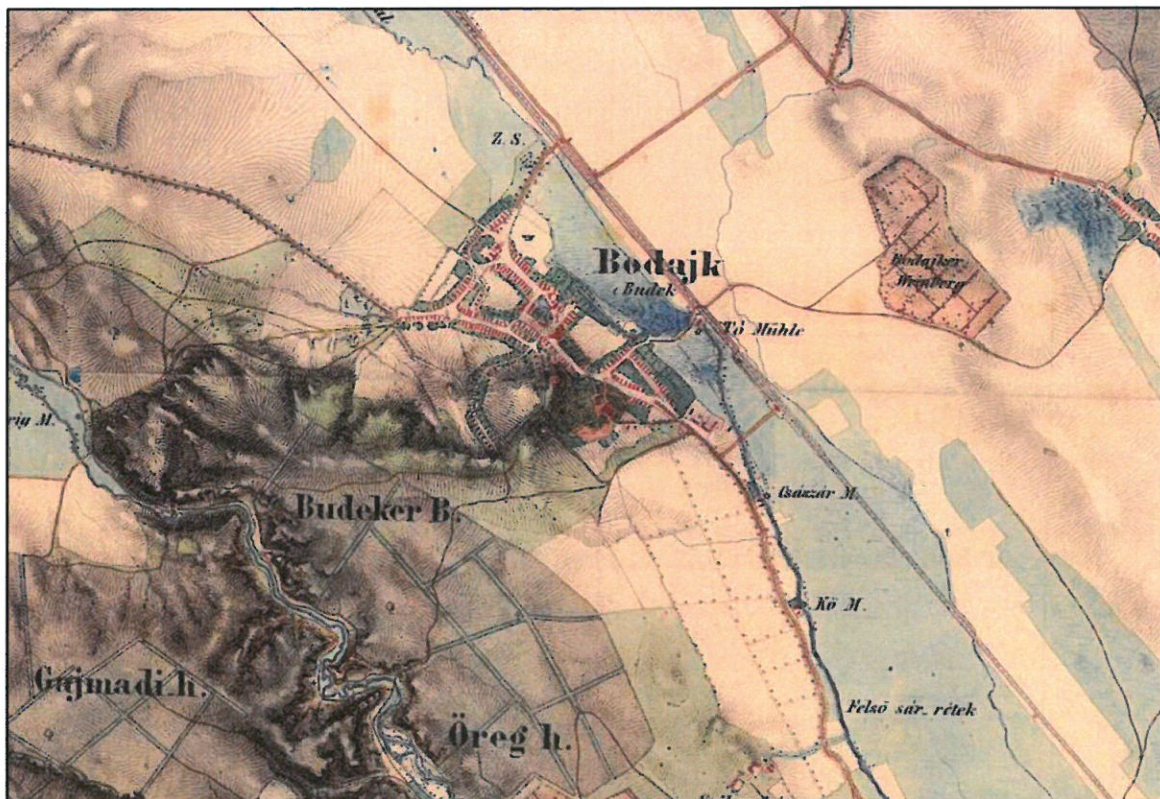
A település vízrajzi helyzetéről az első és második katonai felmérés térképei alapján is tájékozódhatunk, így majdnem 2,5 évszázadot tudunk visszaugrani az időben. Az első katonai felmérésen (12. ábra) láthatjuk, hogy Bodajk területén egy tavat ábrázolnak, mely a jelenlegi tanulmány tárgya, a Bodajki-tó lehet. Keleti kifolyása az északról beömlő patakokkal együtt egy tavat táplál. A tavat a Sörédre átvezető úttól északra a Nádastavi források területére jelöli a térkép. Jól látható, hogy a vízfolyások környezete is vízállásos területként ábrázolt.4



**12. ábra** Első Katonai Felmérés Magyarország (1782–1785)[14]

A második katonai felmérés szintén jelöli a Bodajki-tavat, melyből északkelet felé egy mesterséges csatorna halad a Móri-árok irányában, ahol a település É-D irányú kiterjedésében vízenyős területet, tavat (Mühle - malom) jelöl (13. ábra)





**13. ábra** Második katonai felmérés Magyar Királyság (1819–1869) [14]

Az éves csapadékmennyiség, a párolgási- és lefolyási viszonyok alapján mérsékelt vízhiányos terület [9].

$$L_f=2,5 \text{ l/s.km}^2 \quad L_t=13\% \quad V_h=50-100 \text{ mm/év}$$

ahol:

*L<sub>f</sub>: fajlagos lefolyás*

*L<sub>t</sub>: lefolyási tényező %-ban*

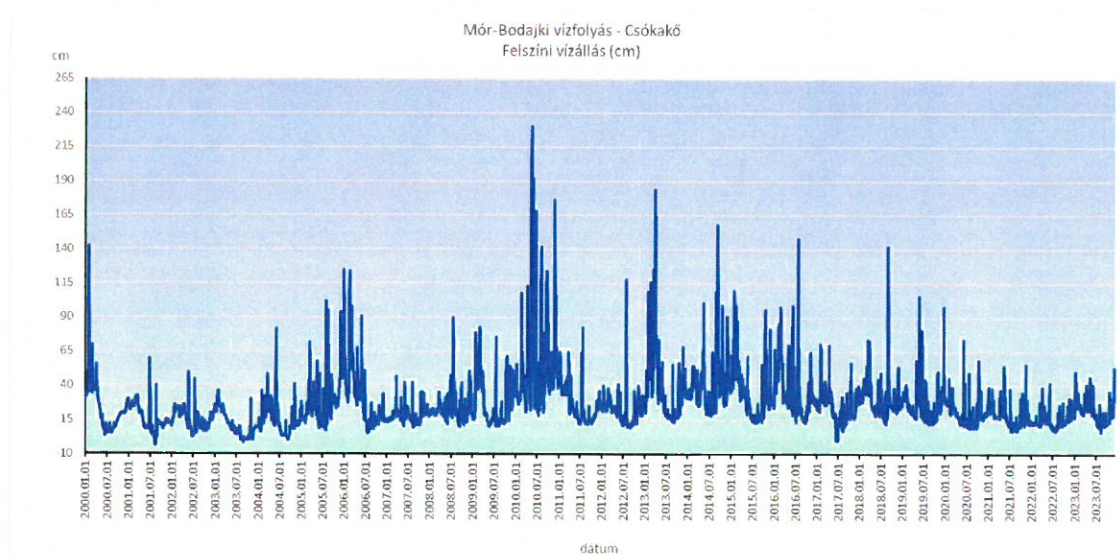
*V<sub>h</sub>: vízhiány mm-ben*

A Mór-Bodajki vízfolyás csókakői mérőhely vízhozam- és vízállásadatait ábrázolva 2000-2023. évek között (14., 15. ábra) jó egyezést találunk a csapadékadatokkal (1., 2.). Az időszak első felében 2005. és 2010. kiugróan csapadékos időszakok voltak, valamint a 2013-2019 közti időszakban a tavaszi-őszi időszakban magas vízállások és vízhozamok láthatók. Az időszak végén a 2021-2023-as aszályos éveknek köszönhetően a vizsgált időszak legalacsonyabb vízhozam értékeit 2021 szeptemberében mérték 0,018-0,022 m<sup>3</sup>/s. A legmagasabbakat az időszak közepén 2010-ben és 2013-ban 8,873-5,168 m<sup>3</sup>/s, ami majd 500-szorosa a legkisebb értékeknek.

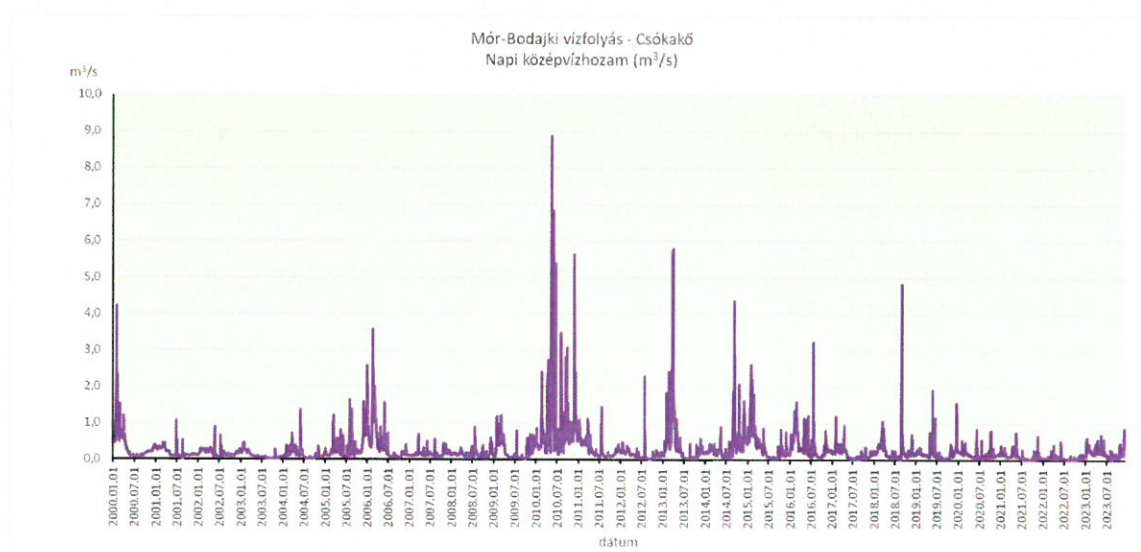
Érdekes, hogy a 2005. évi jelentős csapadék helyet a vízállás adatokban 2006-ban mutatható ki magasabb érték.

A vízállás adatokban 2001. év augusztusában jelentkeztek a legalacsonyabb értékek (-4 cm). A legmagasabbakat 2010 májusában mérték 230 cm).





14. ábra Mór-Bodajki-vízfolyás vízállása 2000-2023.



15. ábra Mór-Bodajki-vízfolyás vízhozama 2000-2023.

A karsztos táplálás miatt a Mór-Bodajki-vízfolyás Fehérvárcsurgónál 10-szeres kisvízhozamot szállított a Gajához képest.

#### 4.1 A Bodajki tó vízrajzi adatai

A Tófürdő felülete 2280 m<sup>2</sup>, átlagos vízmélysége a vizsgálat idején 1,8 m volt, ebből adódóan térfogata 4100 m<sup>3</sup>-re becsülhető. A tavat tápláló forrás vízhozama az elapadás előtt 4-7 m<sup>3</sup> volt percenként. Ez pedig azt jelenti, hogy a napi hozama többszöröse volt a tó térfogatának. Ha csak 3 m<sup>3</sup>/perc vízhozamot tételezünk fel, akkor a napi hozam 4300 m<sup>3</sup>, azaz a **tó víztömege naponta kicserélődik**.

Az ábrán látható, hogy a vízhozam-adatokban 1960 után drasztikus csökkenés következett be, és a forrás elapadt a balinkai bányavízbetörés következtében.

A műholdfelvételek (1. melléklet) alapján a tóban fellelhető vízborítottságról az alábbi tóstatisztikát készítettük el (1. táblázat). Tekintve, hogy a Malom-árok irányában van mesterségesen szabályozható lefolyása a tónak, így annak megállapítása, hogy a fentiek természetes folyamatok vagy a vízszintszabályozás eredményei, adatok hiányában nem dönthető el, ugyanis a tó vízállapotát nem jegyzőkönyvezik.

**1. táblázat** Tóstatisztika műholdkép alapján

Dátum	Nagy-tó területe m <sup>2</sup>	vízfelület	Mesterséges tó 1. SZ. területe m <sup>2</sup>	Mesterséges tó 2. SZ. területe m <sup>2</sup>
2001.08.28	2460	kitölti a medret	n.a.	n.a.
2007.09.23	1150	a tó központi részén	n.a.	n.a.
2008.04.21	1200	a tó központi részén	n.a.	n.a.
2009.04.10	1050	a tó központi részén	n.a.	n.a.
2011.04.02	1130	a tó központi részén	n.a.	n.a.
2011 06. 15.	2300	kitölti a medret	n.a.	n.a.
2014.05.19	2400	kitölti a medret	870	n.a.
2016.06.14	2400	kitölti a medret	felhő takarásban	n.a.
2017.03.22	2400	kitölti a medret	890	n.a.
2017.03.29	2400	kitölti a medret	890	n.a.
2019.03.??	2400	kitölti a medret	1050	n.a.
2019.03.30	2400	kitölti a medret	890	n.a.
2020.03.12	2400	kitölti a medret	1250	2500



## 4.2 Felszín alatti vizek

A Móri-árok földtani, szerkezeti felépítésének összetettsége miatt a bennük áramló vizek is meglehetősen komplex rendszerek, ezért típusok szerint, elkülönítve tárgyaljuk.

A jelen tanulmány keretein túlmutat, hogy a térségben a felszínen megjelenő vizek genetikáját, keveredését az egyes típusok között bármilyen módszerrel vizsgáljuk vagy értékeljük. Így az egyes rendszerek közti kapcsolatot az irodalmi adatok alapján vesszük figyelembe.

A terület földtani felépítésénél bemutattuk, hogy a Móri-árok tengelye felé a Bakony nyílt karsztos felszínei üledéktakaró alá bújnak. A Móri-árok helyi erózióbázisként is működik. A karsztvízrendszer a talajvizekkel, felszíni vizekkel, csapadékokkal közös természetes rendszert alkot, amit az antropogén hatások is befolyásolnak.

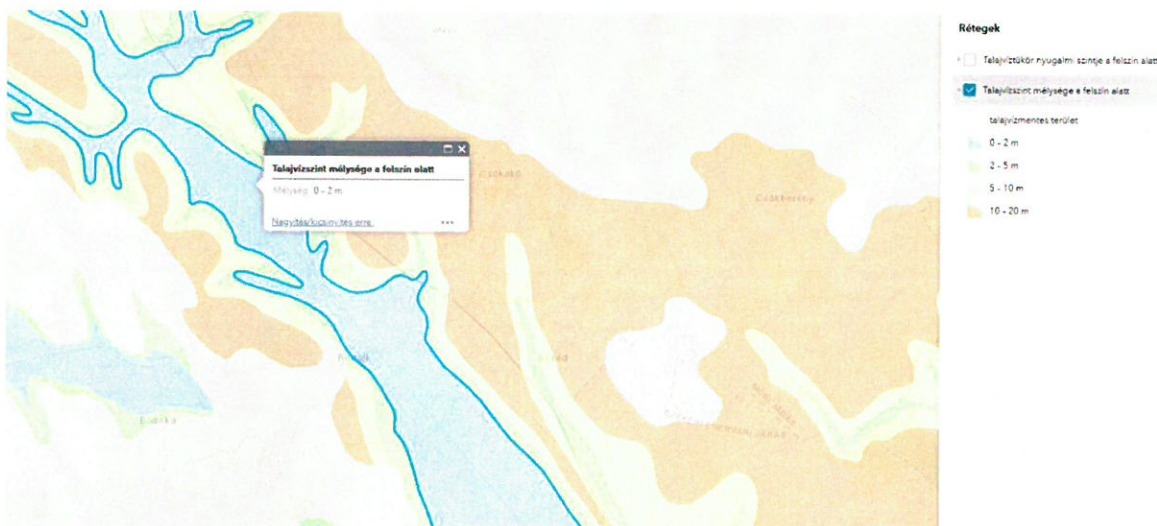
A felszín alatti vízáramlást meghatározó fontosabb szerkezeti elemek a következők:

- a szinklinális szerkezet
- a hosszanti (csapásiránnyal közel párhuzamos) törések
- ÉNy–DK-i, illetve erre merőleges irányú horizontális elmozdulás okozó tektonikai vonalak
- a pannóniai és ennél fiatalabb tektonika

A vizsgált terület sajátossága, hogy mind az ÉK-DNy, mind a haránt, ÉNy-DK irányú szerkezeti elemek érintik (9. 11.ábra).

### 4.2.1 Talajvíz

A Bodajki-tó vízellátásában a talajvíznek valószínűleg nincs közvetlen szerepe, mivel nyílt karsztos területeken talajvízről nem beszélhetünk. Viszont a karbonátokat fedő üledékes összletben megjelenik, ezért a Móri-árok irányában már számolhatunk a talajvíz előfordulással és alluviumon mind a karsztvízből, mind a Móri-árok felszíni vizeiből van beáramlás (16. ábra).

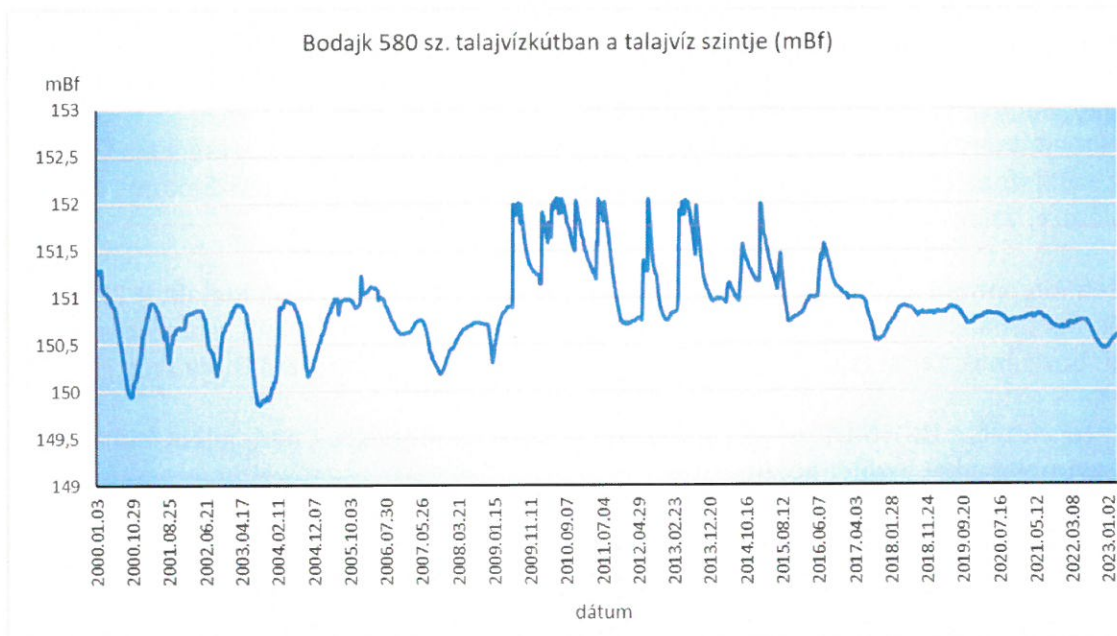


**16. ábra** Móri-árok északi részén a talajvízszint (2002, 2005) [17]

A talajvíz éves járásában egyrészt évszakhoz köthető ritmicitást találunk a csapadékeloszlással összefüggésben, másrészt az éves csapadékösszeggel korrelál a talajvíz szintje, 2009-2015. évek között magasabb talajvíz értékek láthatók (17. ábra). A talajvíz járása egy éven belül akár 1- 1,5 m is lehet. A vizsgált időszak legalacsonyabb



149,85 m és a legmagasabb 152,05 m szintje között 2,2 m eltérés adódik. A Bodajk 000580 sz. monitoring kút terepszintje 152,99 mBf, mely alapján a talajvíz 90 cm és 3 m mélységben mozog a monitoring kút körzetében.



**17. ábra** A Bodajk 000580 sz. monitoring kút talajvíz adatait 2000-2023.

Azokon a jellemzően peremi területeken, ahol a karsztvíz a talajvízbe adódik át, több helyen lakóterületek pincéinek, egyéb aknáinak vizesedését okozta (pl. Csór, Bodajk, Fehérvárcsurgó településeken). A karsztvízszint regenerálódásával Bodajk alacsonyan fekvő területein jelentős gondot okoz a magas talajvízszint, mely miatt a házalapok, pincék vízben állnak.

#### 4.2.2 A Dunántúli-középhegység karsztvízrendszere -Természetes állapot

A fejezetben irodalmi adatok alapján [1, 8, 12, 21-25] összefoglaltuk a karsztvízrendszer jellegzetességét.

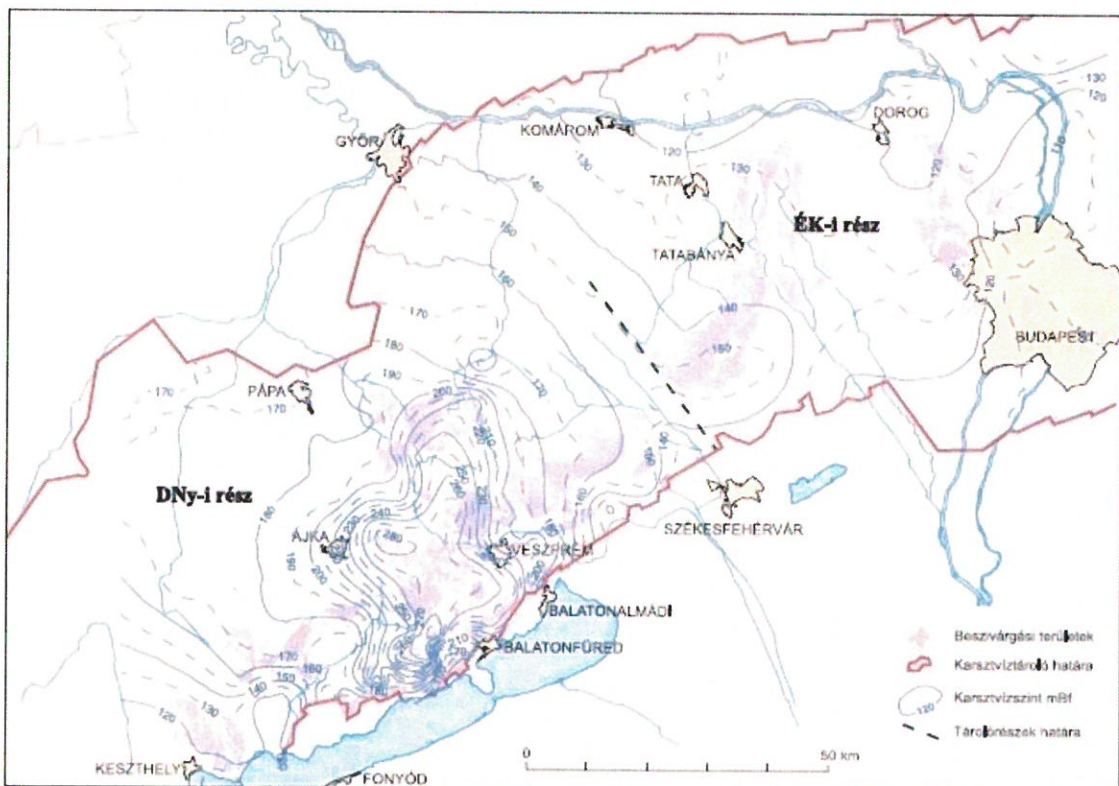
A Dunántúli-középhegység (a továbbiakban: DKHG) főkarsztvíztárolója 10 000 km<sup>2</sup>-t meghaladó területével az ország legnagyobb karsztos víztartója. Ennek részét képezi a Bakony, melyhez a vizsgált terület is tartozik.

A Keleti-Bakony–Vértes D-i víztest több nagy szerkezeti, vízföldtani egységre bontható. Ezek a Balaton-felvidékhez É-ről csatlakozó Veszprémi-Bakony, a Keleti-Bakony, és ezek É-i előtere, valamint a Móri-árokktól K-re, a Vértes hegység D-i része.

Eredeti állapotban a középhegység központi részén, a Déli-Bakonyban kialakult 270 mBf. körüli maximális karsztvízszint fokozatosan ereszkedett ÉK-i irányban, egészen a tároló erózióbázisának, tehát legmélyebb megcsapolási vonalának tekinthető Duna szintjéig (18. ábra).

A két területet, a DKHG DNy-i és ÉK-i részét elválasztó Móri-árok nem jelent hidraulikai válaszvonalat a két terület között.

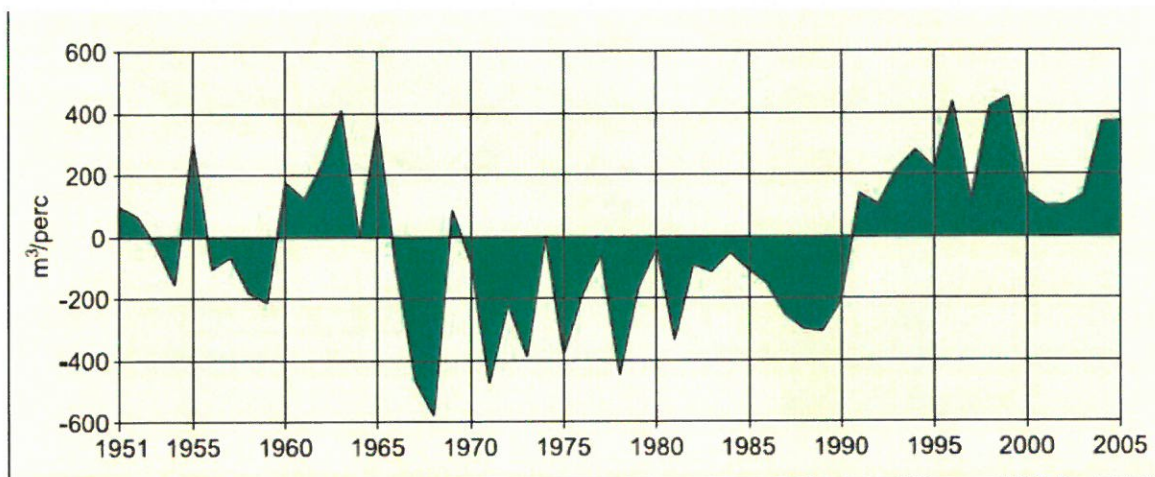
A Keleti-Bakony beszivárgási területei 160-180 mBf karsztvízszintje ÉK-i irányban fokozatosan ereszkedett az iszkaszentgyörgyi, fehérvárcsurgói források 130-140 mBf. szintjéig, ill. a Gaja-patak áttöréséig, amely mintegy három km-es szelvényben csapolta meg a karsztvíztárolót. A Móri árokktól K-re, a Vértes területén az eredeti karsztvízszint 150–160 mBf körül húzódott.



18. ábra A DKHG főkarsztvíztárolójának eredeti állapotra vonatkozó karsztvízszint térképe [1]



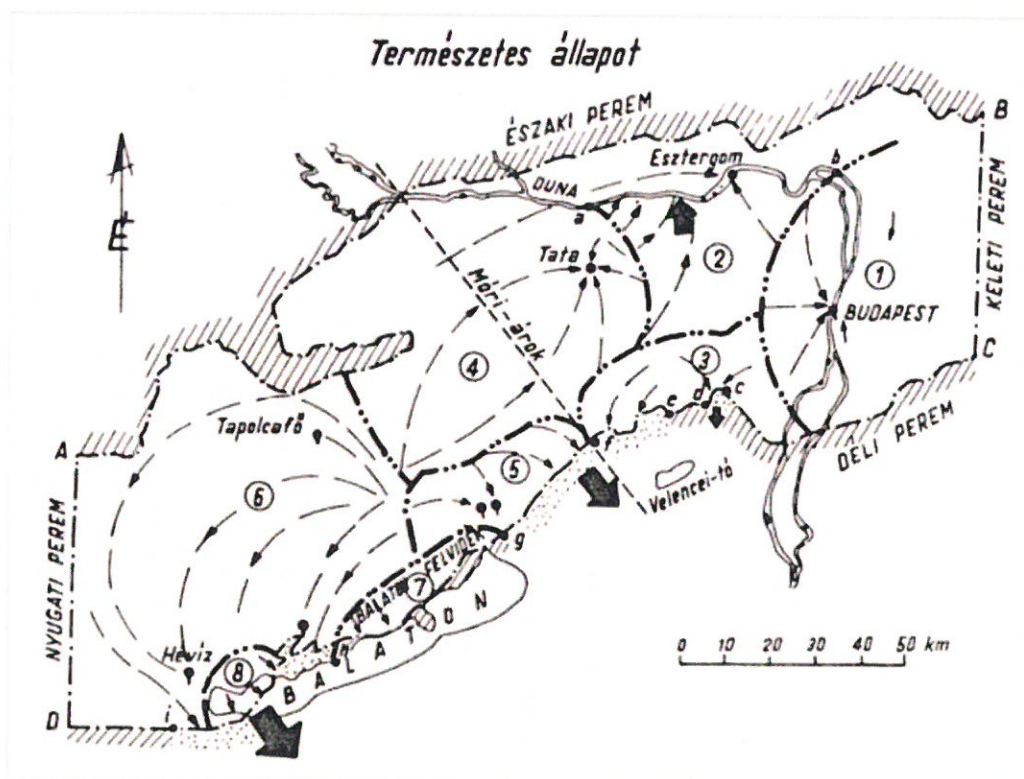
A főkarsztvíztároló vízmérlegét három mérlegelem, a számított beszivárgás, a vízkivételek és forráshozamok, valamint a tároló és határos víztestek közötti vízcseré összege alkotja (19. ábra). A vízmérleg az 1960-as évek közepéig, a beszivárgás alakulásának függvényében váltakozva, hol a pozitív, hol a negatív tartományban mozgott. A bányavízemelések felfutásával, 1965 után a mérleghiány állandósult egészen 1990-ig. A nagygyházai és nyirádi leállásokat követően, a visszatöltődés megindulásával, 1991-től vált újra pozitívvá a vízmérleg.



**19. ábra** A főkarsztvíztároló mérlege [1]

A természetes állapot értékeléséhez nem csak a nyomásszintek tartoznak hozzá, hanem szorosan ehhez kapcsolódva az áramlási rendszerek iránya, a felszín alatti vízvásztók helyzete is. A természetes, egyensúlyi állapotra jellemző főbb áramlási irányokat, a karsztvíztároló felszín alatti vízvásztóinak határát mutatja a 20. ábra [22].

A főkarsztvíztárolót csapolják a vele hidraulikai kapcsolatban lévő felszíni vizek is, de a vízcseré iránya a karszt nyomásszintjének függvényében változhat. Vannak olyan területek is, ahol a főkarsztvíztárolóval kölcsönhatásban lévő felszíni vizek megcsapolása a tároló nyomásszintjeinek süllyedésével fokozatosan megszűnt, majd a felszíni vizek felől a karsztos tárolóba irányuló rátáplálás alakult ki. A főkarsztvíztárolóval hidraulikai kapcsolatban lévő patakok a középhegység DNy-i részén találhatók: a Veszprémi-Séd, a Gaja-patak és az Eger-víz.



**20. ábra** A természetes egyensúlyi állapotra jellemző főbb áramlási irányok (Schmieder et al 1986) [22]

A Móri-árokban, valamint Iszkaszentgyörgytől DK-re meglévő oligo-miocén, túlnyomórészt finomszemű rétegek vízzáró jellege a meghatározó. Ennek következtében a fedő felsőpannon törmelékes üledékek önálló rétegvíztartók, hidraulikus kapcsolatuk a főkarsztvíztárolóval a hegységperemi területekre korlátozódik, ahol az oligo-miocén rétegeken túlterjedve közvetlenül a triász, vagy eocén rétegekre települnek. A középső- és felsőtriász dolomit és mészkő rétegek felszíni kiterjedése a Keleti-Bakonyban a mélyen bevágódott Séd völgyétől K-re a Móri-árokig mintegy 180 km<sup>2</sup>. A számított karsztos beszivárgás 45 évi átlaga a területre eső csapadék- és klímaállomások adatai alapján pedig 55 m<sup>3</sup>/percre tehető. Az egykori források szórványos hozamadatai alapján az összes forráshozam mintegy 50 m<sup>3</sup>/perc körüli lehetett, a beszivárgó karsztvizek túlnyomó része a hegységperemi forrásokon, kisebb hányada a Séd és a Gaja-patak völgytalpain lépett felszínre.



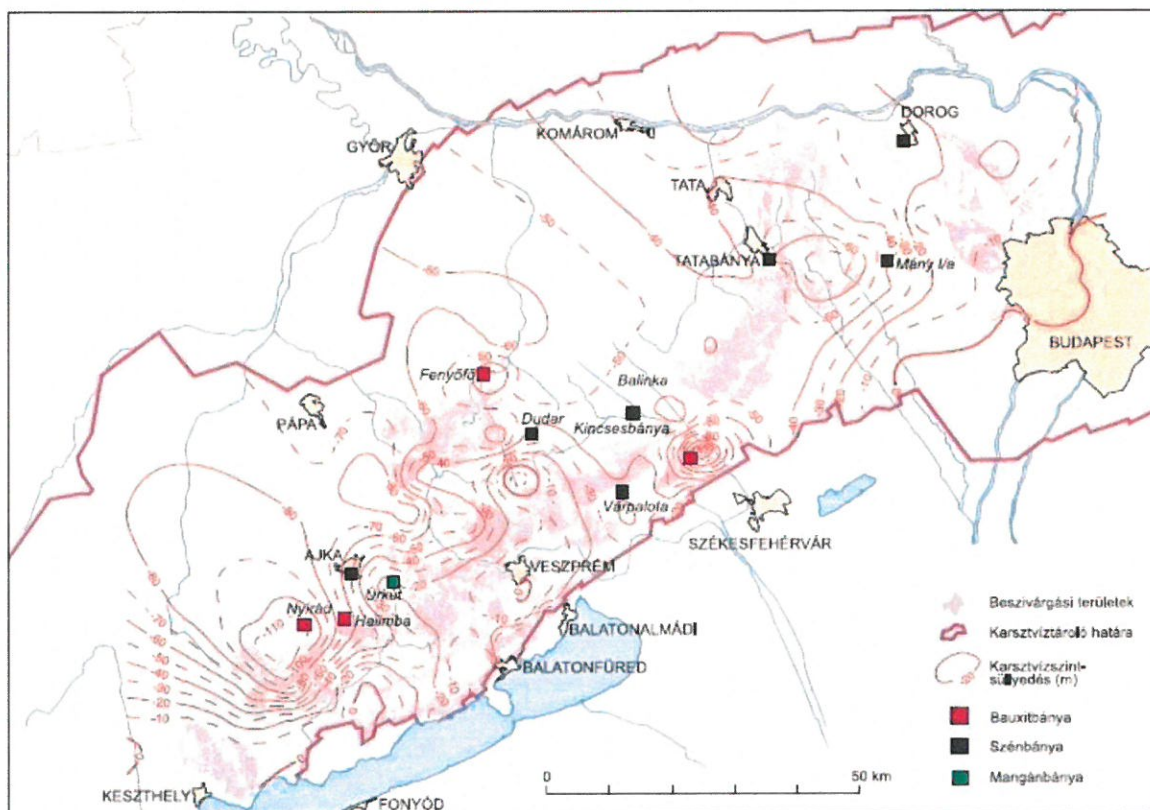
#### 4.2.3 A karsztvízszint csökkentése

A karsztvíztároló csaknem természetesnek tekinthető vízforgalmát az 1950-es évektől egyre intenzívebbé vált, a karsztvízveszélyes bányák biztonságát szolgáló vízemelések alapvetően átalakították. Az 1951–1990 közötti időszakban a bányászat által több térségben koncentráltan kitermelt kb. 10 milliárd m<sup>3</sup> karsztvíz jelentősen meghaladta a helyi és a regionális utánpótlódás mértékét, nagymértékű vízszintsüllyedést okozott a karsztvíztárolóban, és sok nagyhozamú karsztforrás elapadásához vagy hozamának csökkenéséhez vezetett.

Az 1966–1989 közötti időszakban a bányászati víztermelés rendre meghaladta az átlagos beszivárgás 500 m<sup>3</sup>/perc körüli értékét. A vízmű-, termál- és egyéb célú kutak vízkivételei, valamint a források hozamát is figyelembe véve a vízkivétel mintegy 60%-kal haladta meg a számított utánpótlódást.

A középhegységi összes vízkivétel az 1960-as évek közepétől elérte a 700 m<sup>3</sup>/percet, a következő közel 25 évben nem is csökkent, viszont néhány évben meghaladta a 800 m<sup>3</sup>/percet is.

A vízkivételek, forráshozamok tehát ebben az időszakban mintegy 60%-kal haladták meg a tároló ugyanerre az időszakra általunk számított utánpótlását (485 m<sup>3</sup>/perc).

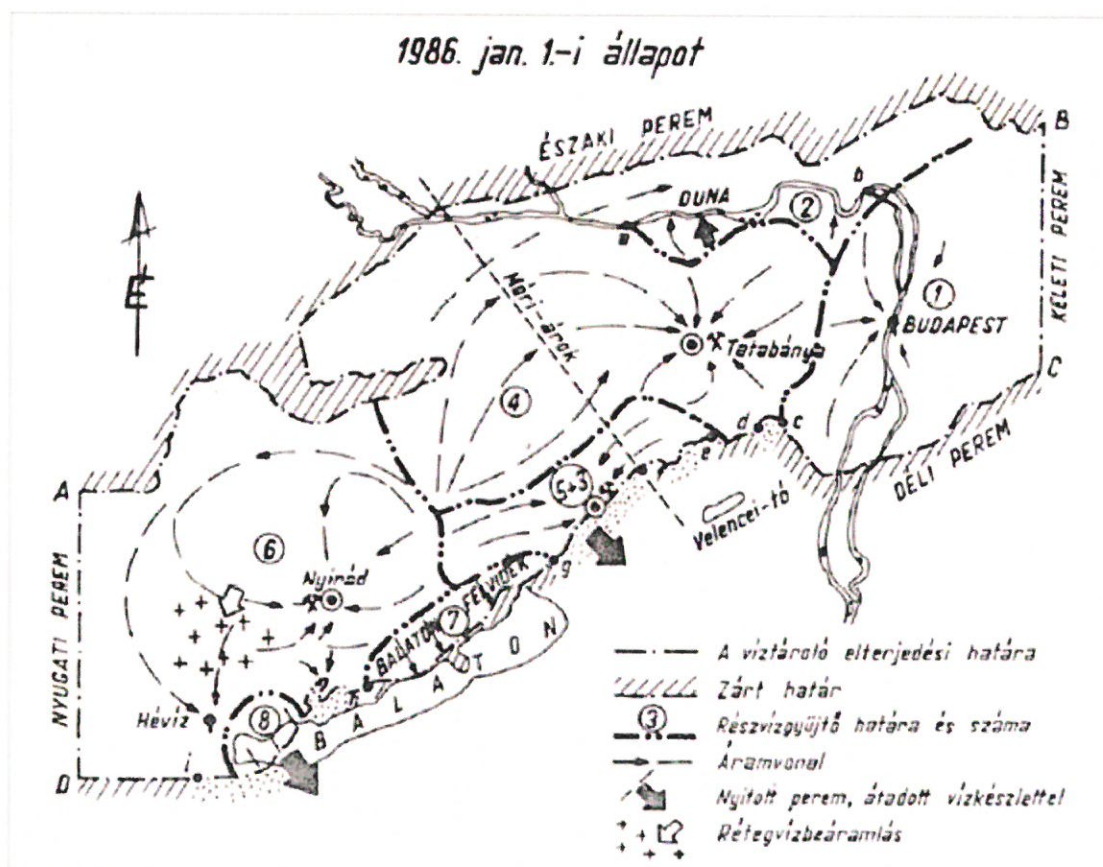


21. ábra A DKHG karsztvíztárolójának karsztvízszint süllyedése (m) 1990-ig [1]

A bányák víztelenítése között az a lényeges különbség, hogy a szénbányászatban nagyrészt passzív-preventív víztelenítés során fakadt, vagy fakasztott karsztvizet emeltek, a bauxitbányákban pedig vízaknákat, vízvágatok kihajtásával, és/vagy kutak lemélyítésével a művelésbe vont bauxittelépek alá süllyesztették a karsztvízszintet (aktív víztelenítés).

A karsztvízszint csökkenése az eredeti állapothoz képest a legnagyobb vízkivételi centrumok környezetében meghaladta 100–120 m-t, de jelentős, 50–60 m-es vízszintcsökkenés volt a nagyobb vízkivételektől távol eső Északi-Bakonyban, valamint a Keleti-Bakonyban is (21. ábra).

A karsztvízszint süllyedésének következtében az egykor nagy hozamú langyos- és hidegvízű források, mint a tapolcai, gypükajáni, kapolcsi, tapolcafői, csóri, bodajki, tatai források, és számos kisebb főkarsztos forrás is elapadt. A rendszeres forrásmérések révén a legtöbb forrás esetében ismerjük a hozamcsökkenés menetét, és az elapadás idejét.



**22. ábra** A depresszionált állapotra jellemző főbb áramlási irányok (Schmieder et al 1986) [22]

A Keleti-Bakony vízháztartásában a legjelentősebb változásokat az iszkaszentgyörgyi, majd a kincsesbányai bauxitbánya víztermelése okozta.

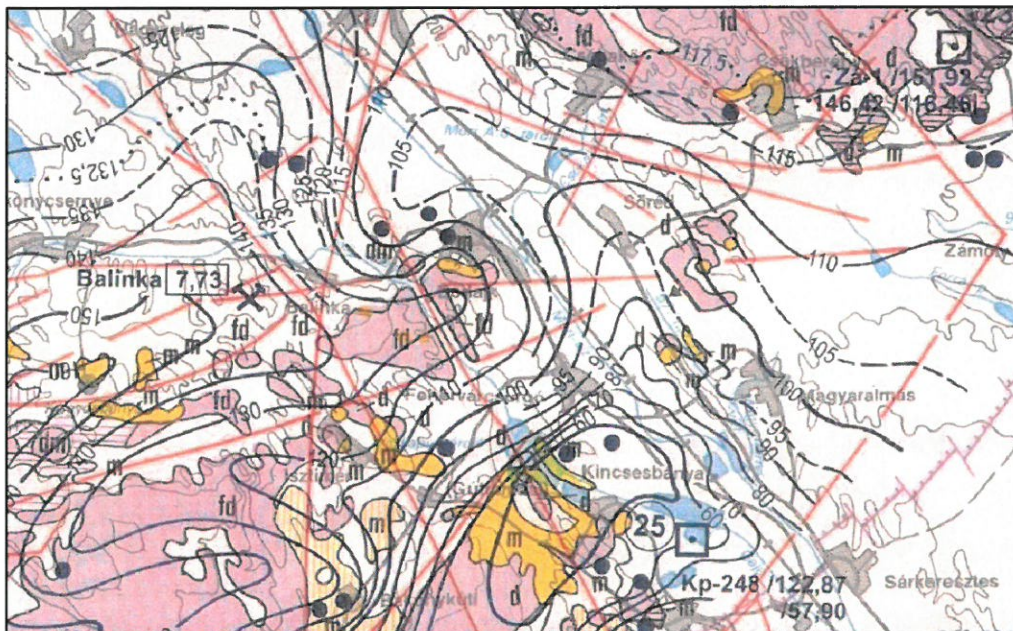
Az 1950-es évek közepétől előbb a csóri, majd az 1960-as években a bodajki, fehérvárcsurgói források elapadása jelezte a térségi túltermelést.

A Gaja-patak csak egy rövidebb szakaszon, Balinka és Fehérvárcsurgó között van kapcsolatban a karszttal. Ezen a szakaszon eredetileg a karsztot megcsapoló vízfolyás, a kincsesbányai depresszió következtében már több évtizede a karsztot táplálja, a Tési-fennsíktól É-ra húzódó, jórészt a fedő, karsztos vízgyűjtőről szállított vizével.

Bodajk térségében a karsztvíz szintjére főleg a Rákhegy-Bitó térségi és a Balinka térségi vízkivételek hatottak, a karsztvízszint 1991-1995. között volt a minimumon 102-103 mBf szinten.



A depresszionált állapotra jellemző főbb áramlási irányokat, a karsztvíztároló felszín alatti vízvásztóinak határát mutatja a 22. ábra (Schmieder et al 1986) [22].



**23. ábra** Dunántúli-középhegység karsztvízszint 1: 200 000 térképe 2001. január 1-jei állapot (VITUKI) [12]

A térkép szerint 2001-ben Bodajkon 105-110 mBf volt a karsztvízszint (23. ébra) zentgyörgyi, kincsesbányai bauxitbánya vízemelés hatására a karsztvízszint a térségben 50-90 m-t csökkent. Bodajkon a csökkenés közel 50 m volt, amit a szén és bauxitbányászat együttes vízszint csökkentése eredményezett. A térképről látható, hogy a bauxitbányászat hatása sokkal erőteljesebb, ugyanakkor a balinkai szénbánya közelebb van, így hatása közvetlenebb. Balinkán a szénrétegek vastag fedőképződményei miatt nem passzív vízvédelmet alkalmaztak. Így a hatás méréskeletbb volt. Ugyanakkor az 1967-es balinkai vízbetörést követően apadt el a Bodajkai-tó forrás és a környékben több forrás is és csak 2010. környékén jelente meg újra.

#### 4.2.4 Karsztforrások

Nagyobb források a legmélyebb pontokon, a hegység lábánál és ezért látszólag sokszor a peremi hossztréréseken vagy ezek közelében jelennek meg, míg a kisebb források a legkülönbözőbb magasságokban, aszerint, hogy a térszín hol éri el a hegység belseje felé egyre emelkedő karsztvízszintet, illetve a vízzáró közbetelepülések által felduzzasztott karsztvíznívót, esetleg a főkarsztvízszinttől független és magasabb karsztvízemeleteket. A Vértest a Bakonytól elválasztó és ugyancsak ÉNy-DK irányú Móri-árokban fakadnak a bodajki, a fehérvárcsurgói és az iszakszentgyörgyi karsztforrások, ami a Móri-árok, mint lokális erózióbázis szerepére utal (2. táblázat).

Település	Forrásnév	Hozam (m <sup>3</sup> /nap)	mBf.	Hőfok (°C)	Elapadás éve
Bodajk	Tó-forrás	5200	155	14	1969
	Nádastavi-forrás	8300	142	15	1971
Csór	Csabafőviz-forrás	6900	124	23	1965
Fehérvárcsurgó	Haja-kút	170	149	13	1957
	Tó-forrás	840	142	–	1957
	Meluzina-fürdő	150	133	21	1957
	Mezei-forrás	290	133	–	1957
Iszkaszentgyörgy	Duzzogó-forrás	600	128	26	1957
	Forrófői-forrás	240	131	–	1957

## 2. táblázat A Keleti-Bakonyban fakadt egykori források [1]

Bodajk jelentős forrása a Tó-forrás, kb. 145 mBf szinten fakadó 5-7 m<sup>3</sup>/perc vízhozamú forráscsoport táplálta, mely az adatok szerint 1968-ban apadt el, korábban hozama 1000-9000 l/p között változott, a legnagyobb értékeket 1958-ban mérték. A forrás 2019-ben mért hozama 1333 l/p volt. Jelenleg a fürdő agyagszigetelését felszedték, hogy megelőzzék a felfakadásból adódó károkozást. (3. táblázat).

Nádastavi-forrás (4. térkép): A lakott területrészen keleti részén és attól keletre lévő, a Mór-Bodajki vízfolyásig tartó mély fekvésű területen helyezkedik el. A régebben 10-20 m<sup>3</sup>/perc hozamú forráscsoport 1975-ben elapadt. a 80-as, 90-es években még száraz terület volt, de a 201-es években újra megszólalt, ahogy a karsztvíz szintje a 142 mBf szintet elérte. Nádas, bozótos terület. A forráscsoportról vízhozam adat 1950-től 1974-ig van, 1950-ben még több mint 10 000 l/p hozammal rendelkezett, 1975-ben elapadt. Jelenlegi hozama 8260 l/p.

Település	Forrás	Kiindulási hozam		Legkisebb hozam		Jelenlegi hozam	
		Év	(l/p)	Év	(l/p)	Év	(l/p)
Bodajk	Nádastaviforráscsoport	1950	10250	1975	0	2020	8260
Bodajk	Tó-forrás	1950	2790	1968	0	2019	1333

## 3. táblázat Bodajk karsztforrásainak kiindulási, mért minimum és jelenlegi hozamadatai [24]



#### 4.2.5 A karsztvízrendszer regenerálódása

1990 I. negyedévében felengedték a karsztvizet Nagygyházán, majd szeptemberben az addig legtöbb karsztvizet emelő nyirádi bánya is bezárásra került. A bányabezárások 1990 után is folytatódtak. 1996-ban bezárták a várpalotai miocén szénbányákat, 1999-ben Kincsesbányán a bitói bauxitbányát, valamint a dudari szénbányát, 2002-ben a mányi bányát, 2003-ban a balinkai és a dorog-lencsehegyi szénbányákat, 2004-ben a fenyőfői bauxit- és az ajkai szénbányákat. 2005-re tehát már csak a halimbai bauxit és az úrkúti mangánérc-bányában folyt termelés és emeltek a főkarsztvíztárolóból karsztvizet.

A DKHG-i főkarsztot terhelő középhegységi bányavízemelés, amely évtizedekig 500–600 m<sup>3</sup>/perc hozamával a tároló túltermelésének, és a regionális nyomás csökkenésének fő okozója volt, a 2000-es évek végére alig 10 m<sup>3</sup>/percre apadt. A főkarsztvíztároló a túlzott kitermelés időszaka után (1960-1989) az 1990-es évek eleje óta regenerálódik, a karsztvízszint emelkedik.

A visszatöltődés előrehaladásával azonban egyre több forrás újraindul, a további visszatöltődéssel pedig hozamuk nőni fog. Továbbiakban a forráshozamok növekedésével a jelenlegi időszakra jellemző vízmérleg többlet megszűnik.

A Dunántúli-középhegység állapotértékelése megállapította [23], hogy a visszatöltődés 2015 végére már közel 90%-ban lezajlott, a forráshozamokban azonban még emelkedés várható. A terület karsztvízszint emelkedése és a források újraindulásának szempontjából meghatározó a Rákhegyi vízakna vízemelésének alakulása. A visszatöltődés következtében a Vértes DK-i részén 2020 után a karsztvízszintek 150 mBf felett stabilizálódhatnak.

A k.1.1 karsztvíztesten (Veszprém, Várpalota, Vértes déli források vízgyűjtője) található 22 kútból a 2011-2019 között időszakot vizsgálva 13 db kútban emelkedő, 8 db kútban stacionárius vízszint figyelhető meg. Ezek alapján elmondható, hogy ezen a területen is a vízszintemelkedés a legjellemzőbb.

Területi elosztást tekintve a vízszint stacionáriusnak tekinthető a víztest DNY-i peremén, a Litéri feltolódástól délre található kutakban (pl.: Kádárta-2, Gyulafirátót-3b).

A víztest középső területén a vízszintre elsősorban a kincsesbányai vízkiemelés volt hatással. Itt a nagymértékű vízszintcsökkentést a 90-es évek elejétől nagymértékű vízszintemelkedés követte. Ez a visszatöltődési folyamat még jelenleg is tart, melyet az itt található kutakban (pl.: Iszkaszentgyörgy Kp-248, Csákberény-86/a) mért vízszintek emelkedő trendje mutat.

A trendvizsgálatok alapján több vízfolyás esetében különböző mértékű vízhozamnövekedés jelentkezett [25].

A felszíni vizekből való vízáradódás a túltermelés 1990-ig tartó időszakát jellemezte. Azóta a tároló regenerálódásának következtében ez a beáramlás folyamatosan csökkent, napjainkra gyakorlatilag megszűnt, ill. fokozatosan újra a tárolót megcsapoló elszívárgássá alakul.

Szárazabb években pl. a Bakony nyílt karsztos területein az addigi visszatöltődést süllyedés váltotta fel.

A felengedést követően mind Nyirádon, mind Tatabányán fennmaradtak a bányavízemelés időszakában létesített, de ivóvízminőségüknek köszönhetően

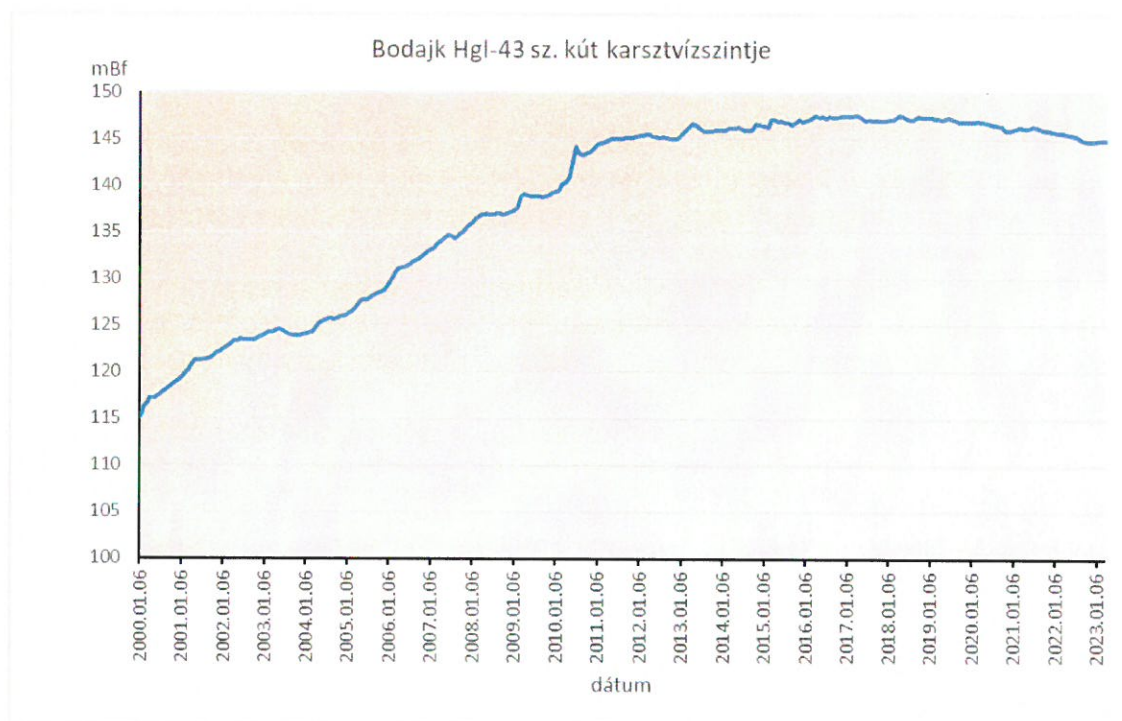
ivóvízellátásra is alkalmas aknakutak és vízaknák, amelyek a kiépített regionális vízellátó rendszerek vízbázisaiként működnek tovább. A nyirádi aknakutak hozama nagyjából 20 m<sup>3</sup>/perc, a tatabányai vízaknáké 28 m<sup>3</sup>/perc körül mozog. Eredetileg kettős céllal létesült Kincsesbányán a rákhegyi vízakna is, amelyet 1999-től már csak ivóvízellátási céllal, 15 m<sup>3</sup>/perc körüli átlagos vízhozammal működtetnek.

A vízügyi igazgatóságtól a vizsgált területen lévő monitoring kutak adatainak feldolgozásából az alábbi megállapítások tehetők (5. térkép):

A vizsgált időszak a karsztvízszint regenerálódásának a szakasza. A kutak nyugalmi vízszintjében jól látható, hogy fokozatosan emelkednek az értékek. A karsztvízszint emelkedés 2010-ig dinamikus, utána sokkal kisebb intenzitású.

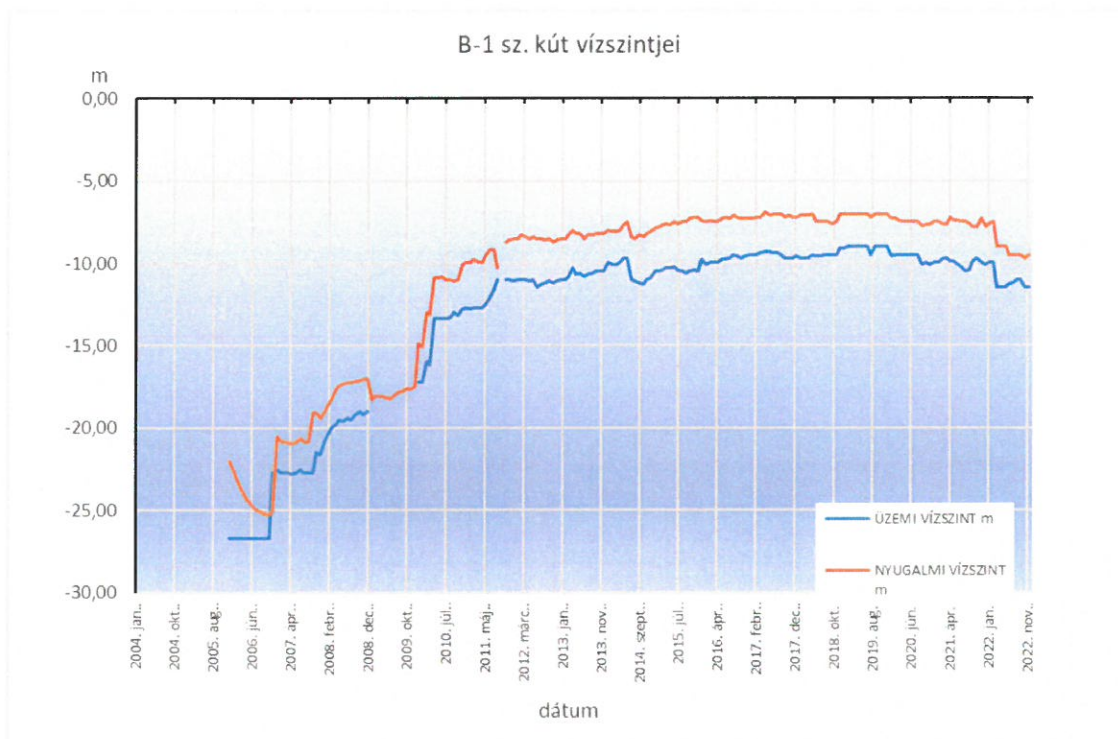
A Hgl-43 sz. monitoring kút adatai alapján láthatjuk (24. ábra), hogy a 2000-es években a bányászati vízemelés következtében erősen csökkentett szintről kezd visszaemelkedni az 1960-as évek előtti szintre. A kút terepszintje 152,99 m, tehát a karsztvíz a felszín alatt található. Ugyanakkor a település alacsonyabban fekvő részein, pl. a Tópart utcában, aminek magassága 140-143 mBf közötti, az emelkedő karsztvízszint a kút adatok alapján 2010. márciusi mérésnél meghaladta a 140,0 m-t. A Nádastavi források megjelenésének az időpontja jó egyezést mutat a terület tulajdonosától (P. I.) kapott információval.

Ugyanakkor látjuk, hogy az emelkedő karsztvízszint időbeni változása miatt a magasabb térszíneket milyen ütemben éri el, melynek következtében a magasabban lévő források késleltetve indulhattak újra.

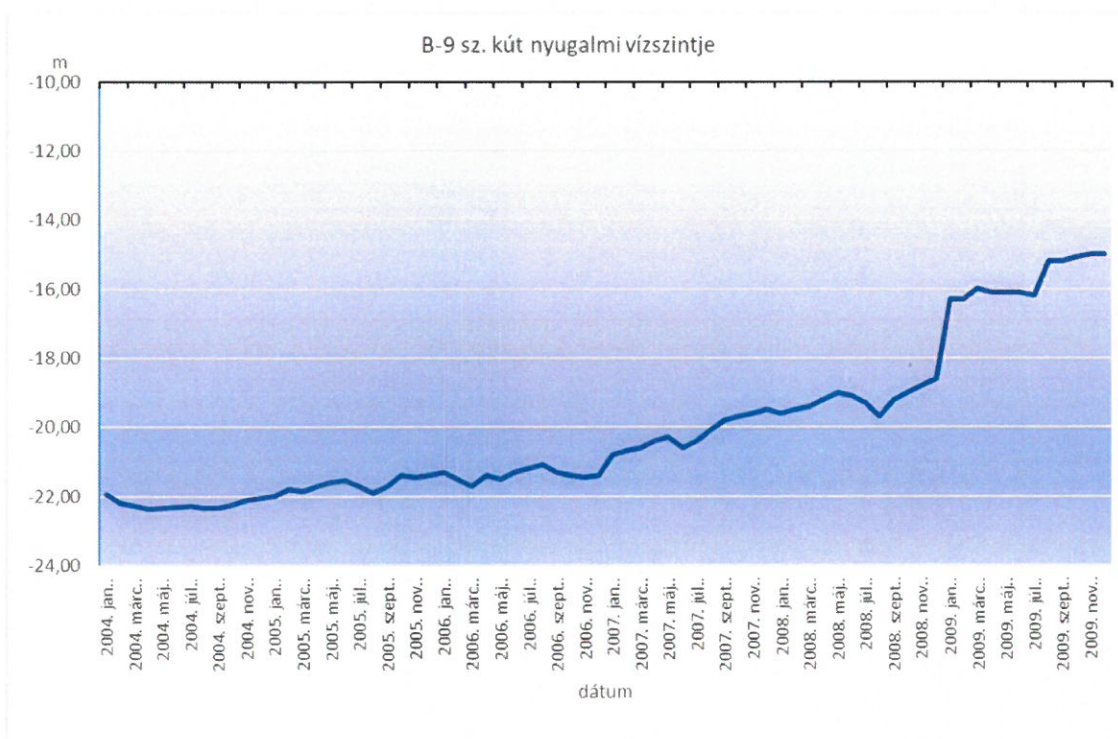


**24. ábra** Bodajk Hgl-43 monitoring kút karsztvíz adatsora 2000-2023.





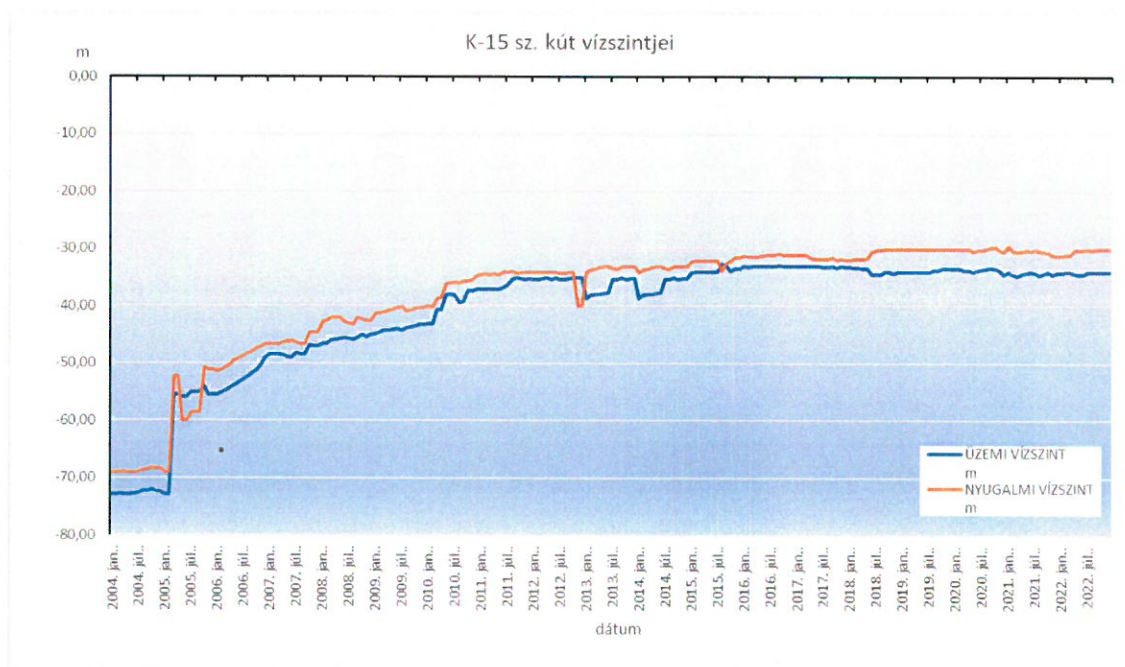
**25. ábra** Bodajk B-1 karsztvíz termelő kút adatsora 2004-2022.



**26. ábra** Bodajk B-9 üzemén kívüli karsztvíz termelő kút adatsora 2000-2023.



**27. ábra** Bodajk K-13 karsztvíz termelő kút adatsora 2002-2024.



**28. ábra** Bodajk K-15 karsztvíz termelő kút adatsora 2004-2022.

A B-1, K-13, K-15 sz. kutak jelleggörbéje hasonló lefutású (25-28. ábra). 2010-ben elér egy majdnem vízszintes, enyhén emelkedő szintet, mely 2020-tól enyhén lefele lejt. Ettől eltér a B-9 sz. kút jelleggörbéje, mely ugyan rövid mért idősort tartalmaz csak, de hasonló a fenti karsztvízkutak megfelelő időintervallumában mért adatokhoz. A



terepbejárás során észleltük, hogy a kút pozitív és a 144,2 mBf magas csőperemen átbukik a karsztvíz, ami az utcaszinten kifolyik.

A Középhegységi-karsztvíztároló területén a karsztkutak összesített termelése 1990-ig fokozatosan 100–110 m<sup>3</sup>/percre növekedett. A víz árának emelkedése nyomán, a takarékosabb vízfogyasztásnak köszönhetően a 2000-es évek elejére ez az érték 60 m<sup>3</sup>/percre csökkent [1].

A fő karsztvíztároló regenerációja a túlzott kitermelés időszaka után önmagában tekintve kívánatos jelenség, ugyanakkor az emelkedési folyamat problémákat is okoz [8, 12]:

1. Nagymértékű általános, regionális és helyi karsztvízszint emelkedés hatására előntésre kerülnek olyan területek, amelyeknél erre nem készültek fel.
2. A karsztvízszint emelkedésével egyre több víztartó képződmény felé (rétegekarszt, rétegvizek, talajvíz) vízátadás történik a karszt felől.
3. A karsztforrások különösen a peremeken – a fennmaradt nagyobb vízkivételek környezetének kivételével – fokozatosan megszólalnak (felszínre bukik a karsztvíz), vízhozamuk nő, megfelelő vízelvezetés hiányában akár lakott területeket is veszélyeztethetnek.
4. A hegységperemi helyzetben lévő növekvő hozamú karsztforrások, rétegvíz források és talajvíz források vizét a kisebb vízfolyások, árkok és az azokat összegyűjtő nagyobb csatornák nem képesek károk nélkül elvezetni.
5. A karsztvízszint emelkedése és ingadozása újra eléri a nyílt vagy alig fedett karsztok esetében a felszín közeli karsztosodott zónákat, onnét a bemosódott törmeléket mobilizálhatja, így esetleg még lakott területeket is veszélyeztethet a kialakuló anyagbemosódás, ami felszínmozgást eredményezhet.
6. A felhagyott mélyműveléses bányák, leművelt, felszakadozott térségeinek víz alá kerülése másod- és harmadlagos felszínmozgásokat indíthatnak el (Dudar, Várpalota).
7. A felhagyott mélyműveléses bányák, leművelt, felszakadozott térségeinek víz alá kerülése térségi ivóvízbázis hosszú távú vízminőség romlásához vezetett (Kincsesbánya Rákhegy II. vízakna).
8. A karsztvízszint-megfigyelő kutak, termelő kutak pozitívvá váltak és tönkrementek, a karsztvízszint süllyedés megfigyelésére telepített hálózat nem teljes egészében alkalmas a karsztvízszint emelkedési folyamat megfigyelésére, ezért azt újra kell tervezni, a meglévő kutak állapotfelmérését el kell végezni, ahol lehet és szükséges műszaki javításukat is el kell végezni.
9. Az emelkedő karsztvízszint miatt az elmúlt 40-50 évben az akkori lesüllyesztett karsztvízszint fölé elhelyezett hulladékok, veszélyes anyagok elárasztásra kerültek/kerülnek és a belőlük kioldódható anyagok nagymértékű kockázatot jelentenek; ezeket fel kell mérni, eltávolításukat meg kell kezdeni (pl. Bodajk felhagyott Széchenyi utcai szeméttelp).
10. Az emelkedő karsztvízszint a területek, vízfolyások, ökoszisztémák állapotát alapvetően változtathatja meg, így felmérésük szükséges. Nagyobb területek területhasználatait esetleg újra kell gondolni. Az elfolyó vizek hasznosításával új fejlesztésekre van lehetőség.

Veszélyeztetett területek lehatárolása a regionális és a lokális modellezés együttes értelmezése. A veszélyeztetett területeket a regionális numerikus modellezés eredményei, 2030-ra készített prognosztizáció alapján határozták meg [25] Az előrejelzés

szerint a karsztvíztároló nyomásállapota 2030-ra megközelíti az ún. eredeti, kb. 1950-es nyomásállapotokat. A tároló töltődésének további folytatódása esetén még további nyomásnövekedés várható. Az elöntési, felvizesedési problémák és a károkozások száma, volumene a karsztvízszint további emelkedésével tovább nő.

A karsztforrások megszólalása, a megemelkedett karszt – és talajvízszintek okozta településrészek elvizesedése, vízelvezetés megoldatlansága több települést érint, többek között Bodajk, Fehérvárcsurgó, Csór, Inota, Öskü, Pétfürdő, Pápa-Tapolcafő.

Az áramlási viszonyok, utánpótlódási irányok megváltozása a vízbázisok védőterületi kijelölésének felülvizsgálatát is szükségessé teszi.

Problémát jelent, hogy a használaton kívüli kutak gyakran elhanyagolt állapotúak (pl. Fehérvárcsurgó Törpe-vízmű, a bodajki használaton kívüli B-9 kat. sz. vízműkút is, amely feltörő és kifolyó vize az alacsonyabb térszínen levő házakat és a mellette haladó aszfaltozott utat is veszélyeztet. Bodajkon a település egy része veszélyeztetett. A Tó-forrás felől a vízelvezetést igyekeztek megoldani, mégis a település Tópart utcai házait (és magát az aszfaltozott utat is) folyamatosan fenyegeti a vizesedés.

A karsztvízszint emelkedése és állandósulása egy térségben egyéb felszínmozgást okozó problémákat is okoz. A megemelkedő és felfelé áramló víz hatására a talajokban megnövekszik a pórusnyomás. A karsztvíz bár nem minden esetben éri el a felszínt a potenciálisan veszélyeztetett területeken a telített zóna azonban már a felszínhez nagyon közel, akár néhány méter mélységben jelentkezik, amely az infrastruktúra (pl.: épületek alapozása) szempontjából számottevő jelentőségű lehet.

A pórusnyomás – és annak megváltozása – szoros kapcsolatban áll a kőzetek állékonyságával. Ezt a talajmechanikai összefüggést először Terzaghi osztrák geológus írta le 1925-ben [25].



## 5. Terepi geodéziai felmérés

A tanulmány elkészítéséhez szükséges volt, hogy pontosan ismerjük a vizsgált vízrajzi objektumok helyét, terepszintjét. Az irodalmi adatok áttekintésekor a Bodajki-tó területére eltérő adatokat találtunk (2225 m<sup>2</sup>, 2280 m<sup>2</sup>).

Minden ezek alapján szükség volt geodéziai mérések elvégzésére.

Műszer típusa:

STONEX S850+ GNSS vevő és STONEX SH5A vezérlő.

Geodéziai terepi szoftver: Stonex Cube

A mérés leírása:

A méréseket geodéziai GPS-szel, RTK (valós idejű korrekció) módszerrel, 3 epocha időtartammal (1 pont meghatározásához 3 mérési eredményt használ fel) végeztük.

A nyers mérési eredményeket VITEL 2014 transzformáció segítségével számítja át a készülék EOVS koordináta rendszerbe és Balti feletti magassági rendszerbe.

A mérés pontossága:

A fenti mérési módszerrel 6 cm alatti pontosságot (jellemzően 1-2 cm) tudtunk elérni mind horizontálisan, mind vertikálisan.

### Mérések eredménye

2024. március 26-án a végzett terepi geodéziai felmérés adatait a melléklet tartalmazza.

A felmérés során pontosítottuk többek között a Bodajki-tó méretét.

tó területe 2620 m<sup>2</sup>, a kerülete 192 m.

tómeder vízszintje 144,95 m.

B-14 kút terepszintje: 146,91

aknában lévő vízszint: 145,19

B-9 vízműkút kifolyása: 142,79

zarándok forrás perem: 150,28

zarándok forrás előtér: 149,65

volt szeméttelen forrás: 141,22

mesterséges tó 1 vízszint: 140,22

mesterséges tó 2 vízszint: 140,89

mesterséges tó 3 vízszint: 140,29

A felméréskor a tóból zsilipen keresztül túlfolyt víz a Malom-árokba, így az utánpótlódás ellenére sem emelkedhet a vízszint, mely 144,95 mBf. A mellette levő B-14 kat. sz. kút aknájában állt a víz, mely valószínűleg karsztvíz. A szintje 145,19 mBf. A B-9 karsztvízkút pozitívvá vált. Mivel jelenleg üzemben kívül van, így a karsztvizet az út melletti nyílt csapadékelvezető árokba eresztik (142,79 mBf).

A tópart utcai halas- és horgásztavak vízszintje 140,2 mBf. körüli. A tómederben a gyöngyöző víz a források helyét jelöli. (Pontos bemérésükre a tópartról nem volt lehetőségünk.) A Volt szeméttelen megjelenő források szintje 141,2 mBf. Az a mérésekből jól látható, hogy a felszínre bukkanó források közül a 140-141 mBf magasságban a források jelenleg állandó vízellátásúak. A magasabban fekvő (144 mBf) tóforrás időszakos üzemelésű. Ennél is magasabb helyzetben, 149,6 mBf találjuk a zarándokhelyen a Szentkút forrást, mely az 1960-as évek óta száraz.

## 6. Mesterséges tavak

A Bodajki-tó vízszint ingadozásának vizsgálata kapcsán adódik a lehetőség, hogy a Tópart utcában létesült új építésű tó tervezésénél felhasznált hidrológiai adatokat is figyelembe vegyük, hisz a Nagytó vízjárásához hasznos és értékelhető információkkal szolgálhat a tó létesítése és üzemeltetése.

Dr. Kerék János okl. mérnök a KJ-15m/2015 munkaszámon vízjogi létesítési engedélyezési eljárásához elkészített tervdokumentáció (Bodajk, 0255/4 hrsz. területen épülő 1/a, 1/b horgásztó, halnevelő tó módosított vízjogi létesítési engedélyezési terve) alapján létesült a mesterséges tó. Az eljárás elhúzódott az ügyféli jogállású szervezetek és a szakhatóságok előírásai miatt.

Korlátozások:

- Az E.ON nem járult hozzá a 2. horgásztóhoz.
- A területen lévő források természeti védelem alatt állnak, ezért előzetes vizsgálat lefolytatását írták elő.

Az eredeti tervet ezért módosítani kellett.

Az előzetes vizsgálatot a Sziklai Mérnök Iroda Kft. (8000. Székesfehérvár, Zichy liget 11.) 2016 augusztusában elkészítette, ehhez felhasználta a Táj és Természetvédelmi vizsgálat eredményét (készítette: Bruckner Attila, 8300. Tapolca, Bacsó B. u. 2.).

A környezetvédelmi hatóság a KTF-16941/2016.,63375/2016. sz. határozatával (2016.11.14.) az előzetes vizsgálati eljárást lezárta és megállapította, hogy „természetvédelmi érdekek védelme miatt a tervezett tevékenység nem valósítható meg”. A döntést a tulajdonosok megtámadták, majd az eljárás végén a környezetvédelmi hatóság az FE-08/KTF/126-2 /2018. sz. határozatával (2018.01.22) az előzetes vizsgálatot lezárta és a létesítmények megépítéséhez a szakhatósági hozzájárulásukat megadta.

A Fejér Megyei Kormányhivatal Székesfehérvári Járási Hivatal kijelölte a források védett természeti területét és ennek földhivatali bejegyzését kezdeményezte.

Ezek után a vízjogi engedélyezési eljárást lefolytatták és a tulajdonosok a Fejér Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóságtól 5700/633/2016.ált. sz. vízjogi létesítési engedélyt (a továbbiakban: engedély) kaptak.

### A módosított terv leírása:

A tervezési területen és környékén az 1960-as években vízborítás volt, azonban a bányászat következtében a vízszintsüllyesztés hatására a források elapadtak, a terület szárazabb lett, ekkor felparcellázták, majd építkeztek a telkekre, ahogy az ország többi részén is.

A 2000-es évek közepétől, a bányászat megszüntetésével a vízkitermeléssel felhagytak, a karsztvíz szintje fokozatosan emelkedett, a régi források újból megszólaltak. A mélyebb területek víz alá kerültek, különösen a tárgyi ingatlanon állandósult a vízborítás. Becslések szerint a tervezési terület délkeleti sarkánál irányt változtató, befogadó Malomárokba 5-6 m<sup>3</sup>/perc vízmennyiség folyamatosan túlfolyik. A tulajdonosok eredeti terve az erdőtelepítés volt, azonban az állandósult vízborítás miatt ez kivitelezhetetlenné vált.

### Terület talajtana

Az altalaj vízáteresztő, felső 60-80 cm-es része szerves anyagot tartalmazó homokos iszap, alatta homokos kavics található (feltáró ásott gödörből szemrevételezéssel állapították meg - talajmechanikai szakvélemény nem készült). A tómedrek vízáteresztőek, ez teszi lehetővé a nyomás alatti rétegvizekből a folyamatos vízpótlást.



### **Vízháztartási adatok**

A tervezett tavakhoz külső vízgyűjtőterület nem tartozik, ezért a vízpótlást csak a rétegvizekből feltörő források biztosítják. A tulajdonos által becsült folyamatos **vízhozam 4-5 m<sup>3</sup>/perc**, maximuma 6 m<sup>3</sup>/perc, nem szabályozható, az üzemi vízszintnek tekintett jelenlegi vízszint feletti mennyiséget a túlfolyó zsilipek vezetik majd az oldalárokba és a Malom-árokba jelenleg is ide folyik rendezetlenül).

A párolgási veszteséget a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság tapasztalati értékével, 4.000 m<sup>3</sup>/ha.év számolta a tervező.

### **A vízfeltöltés, vízleeresztés rendje**

A tavakat a feltörő rétegvizek és a szomszédos források átfolyó vizei táplálják sem a feltöltés, sem a leeresztés nem szabályozható.

### **Környezeti hatások**

A tavak üze me sem a talajt, sem a környezetet nem szennyezi. Külső vízgyűjtővel nincs kapcsolat, ezért a szennyezés is kizárt. Az üzemi vízszint megegyezik a jelenlegi mocsaras terület vízborításának szintjével, ezért a környező ingatlanok talajvízháztartására a kialakult tavaknak újabb hatása nincs, ezért a meglévő állapot gyakorlatilag nem változik.

### **A vízjogi létesítési engedély rendelkezései:**

Az engedélyből a tárgyi tanulmányhoz kapcsolódó, csak a vízháztartást érintő rendelkezéseket emeltük ki.

Vízbázis: Nádas-tavi-források

Igénybe vett víztest: k.1.1 Dunántúli-középhegység – Veszprém, Várpalota. Vértes déli források vízgyűjtője megnevezésű hideg karszt

Befogadó: Az I/A. horgásztó befogadója a Mór-Bodajki vízfolyás 6+274 km szelvénye.

Az I/B. horgásztó és a II. halnevelő befogadója a Malom-árok (Bodajk-Fehérvárcsurgói vízfolyás) 5+230 km szelvénye, ahonnan az elfolyó vizek ugyancsak a Mór-Bodajki vízfolyásba kerülnek.

Kialakítás	terepbe mélyített
Összes vízfelület üzemi vízszinten	1,59 ha
Összes térfogat üzemi vízszintnél	14.900 m <sup>3</sup>
Az üzemi vízszint egységesen	140,00 mBf
Összes párolgási veszteség	6.360 m <sup>3</sup>
Hasznosítási cél	horgászat, halnevelés

A tavak feltöltése, vízpótlása a források hozamának függvénye.

Összes lekötött vízmennyiség a feltöltés évében	21.260 m <sup>3</sup> /év
egyszeri feltöltésre	14.900 m <sup>3</sup> /év
vízpótlásra	6.360 m <sup>3</sup> /év
Összes lekötött vízmennyiség a további években	6.360 m <sup>3</sup> /év

Vízkészlet jellege

felszíni alatti víz (karszt- és hasadékvíz),  
I. osztály

Tulajdonos elmondása szerint a tavak létesítése még nem fejeződött be, ezért vízjogi üzemeltetési engedéllyel nem rendelkezik. A tavak vízállásáról üzemnaplót nem vezet.



## 7. Következtetések

Bodajk és környéke vizsgálati területre elvégzett meteorológia, hidrológia, földtani adatok feldolgozása és értelmezése alapján a következő megállapításokat tesszük a karsztvízszint változása, a bodajki források működése és a mesterséges tavak hatása tekintetében:

1. A karsztvíz szintje 2010-2011. évekig intenzíven emelkedett a térségben. A karsztvíz nívó aktuális tengerszint feletti magasságú metszlapja, ahol a Móri-árok lejtőjét kimetszi, ott források jelennek meg.
2. A karsztvíz szint fokozatos emelkedésével egyre magasabb helyzetben indultak újra a források. 2010-ben különösen magas csapadékmennyiség hatására a karsztvízszint a folyamatos emelkedés mellett elérte a 140,2 mBf szintet és a Nádastavi források megszólaltak.
3. A bányászati célú vízemelés beszüntetésével természetes úton megkezdődött a források újraindulása. A karsztvízkutak vízhozam és vízállás adatai alapján a regenerálódás megtörtént. Jelenleg a Bodajk környéki karsztvíz szintje nem érte el az 1950-es évek természetes vízszintjét, mivel a Szentkút forrás, mely a bodajki források közül a legmagasabban van (149,6 mBf), még nem szólalt meg. Kérdéses, hogy lesz-e olyan magasan a karsztvíz szintje, hogy a Szentkút forrás is visszatérjen?
4. A klimatikus tényezők, a karszt mesterséges megcsapolása (ivóvíz célú karsztvíz kivétel) miatt a regenerálódó karsztvíz szintje stagnál (2013-2019. közötti plató), illetve csökken a 2021, 2022 rendkívüli aszály ( $HDI_0 > 3,0$ ) miatt.
5. A téli csapadék lassú beszivárgáson keresztül a karsztvízszintre pozitívan hat, Ahogy téli félév havi átlaghőmérséklete emelkedik és szárazodik (hóborítottság csökken), úgy ez a hatás is mérséklődik. (A kiindulási természetes állapot elérése is bizonytalan.)
6. A mesterséges tavak helyén a környékbeli bányászatot megelőzően is vízállásos területek voltak (6. térkép). A terület a Móri-víz közelében található, a Móri-árok erózióbázisán, azaz a lefolyó vizek ebbe az irányba áramlanak (1. térkép). A karsztforrások is táplálják a területet (talajvízbe átadódás történik). Ez utóbbiak a tulajdonossal közösen történt helyszíni bejárás során egyértelmű megerősítést nyertek. A tavakban lévő források vize által keltett fodrozódás és a feláramló gázbuborékok jól láthatók a tavak felszínén. Két forráscsoportot észleltünk (4. térkép):
  1. forrás EO V X: 589062; EO V Y: 220236; Z: 140.9 közelében;
  2. forrás EO V X: 589365; EO V Y: 220098; Z: 141,2
7. A mesterséges tavak mederkialakításakor tűzeges anyag került elő, ami arra utal, hogy lápi, mocsári növényzet élt a területen. A vízborítás hosszabb ideig fennállt, hogy a tűzeg kialakulhatott.
8. Mivel pontos mérési sor nem áll rendelkezésre a tavak vízszintjére és a vízmérlegére vonatkozóan, ezért a tervben szereplő adatból a következő vízhozamot számoltuk:

Állandó  $4 \text{ m}^3/\text{perc}$  forráshozamból (becsült)  $5\,760 \text{ m}^3/\text{nap}$ ,  $2\,102\,400 \text{ m}^3/\text{év}$  vízmennyiség jut a tavakba a forrásokból. Az 1,59 ha-os tófelszínen évi  $6\,360 \text{ m}^3$  a párolgási veszteség, azaz a vízhozam 0,3%-a.
9. A források természetes úton jelentek meg, nem a tó létesítésének hatására. A terület topográfiai térképe is mutatja, hogy vízenyős térrészként jelenítik meg a Móri-víz Bodajk felőli, jobb oldalát (11., 12. ábra, 6. térkép).

10. A karsztvíz áramlási iránya Ny-K-i, azaz a Bakony felől áramlik a Vértes irányába. A karsztvíz készlet Bodajkon jelentős tartalékkal rendelkezik a Bakony felöli utánpótlódás miatt.
11. Az első és második katonai felmérés szerint Bodajk alacsonyan fekvő keleti részén jelentős kiterjedésű tó és vizenyős terület létezett, mely igazolja, hogy a Bodajki-tóval egyidejűleg a területen a mesterséges tavak helyén kiterjed tó és vizenyős térszín volt.
12. Ezeken a területeken érdemes az építkezéseket megelőzően geotechnikai szakvéleményt kérni, ugyanis a fedő porózus közegben megemelkedő karsztvízszint hatására megnő a pórusnyomás, amely a szemcsék közötti összetartó erő lecsökkenését és az összlet állékonyságának csökkenését eredményezi, amely akár építésföldtani problémákhoz is vezethet. Tehát a karsztvíz nemcsak vízszigetelési, hanem statikai problémákat is okozhat.



## 8. Összefoglalás

Bodajk város lakóinak életére nagy hatással van a természeti környezet. Mivel a település domborzati viszonyai változatosak, ezért a természeti hatások sem ugyanolyanok a település egyes részein. Jelen tanulmányban a karsztvíz hatásaival foglalkoztunk, ami szinte minden lakó életére hatással van, hisz az emberi élet számára nélkülözhetetlen elem a víz. A város ivóvízszükségletét karsztvízből fedezik, amit a térségben lévő vízműutakból nyernek. A település alacsonyan fekvő részén lakók a karsztvíz más vonatkozásával is találkozhatnak. A karsztvízszint megemelkedésével a házukban, kertjükben vizesedést okozott, ami az életfeltételeik változását, sok esetben a romlását okozta. Akik visszaemlékeznek a Bodajki-tó hangulatos környezetére, azoknak szomorú látványt nyújt a kiapadt tómeder. Az emberekben ez a sokrétű érdekkapcsolat a karsztvízzel eltérő elvárásokat, igényeket is jelent.

A jelen tanulmányban a feladatunk az volt, hogy vizsgáljuk meg a karsztvízszintben létrejött változás hatását. A feladatot a fizikai környezet állapotának jellemzésével, minősítésével kezdtük, azaz a természeti környezet elemeinek a jellemzőit vizsgáltuk. Ezeken keresztül az egyes elemek és az egymásra hatásukból kirajzolható folyamatok megértésén, átgondolásán keresztül a város társadalmi éltét befolyásoló változásokra irányítjuk a figyelmet.

Bodajk esetében a természeti környezet szépsége mellett, annak összetettségét is megtapasztaltuk, mind a domborzat jellegében, a földtani felépítésben, mind időjárási, vízrajzi elemek alakulásában. Minél összetettebb egy rendszer, annál problematikusabb az azt leíró kapcsolatrendszer valóság-hű feltérképezése és az ok-okozati viszonyok pontos leírása. Az egyes elemekhez kapcsolódóan jelentős számú, nagyon alapos irodalmi munkáktól a pár oldalas élménybeszámoló jellegű írásokig széles ismeretanyag érhető el a témában. Törekedtünk arra, hogy figyelembe vegyünk a fentiek mellett a helyi lakosok észrevételeit, megfigyeléseit is.

Az alap probléma a Bodajki-tó vízszintjének drasztikus változása: a kiszáradt tómeder és az alacsony vízállás miatt mind a tó látványában, mind funkciójában jelentős változás történt. A kiszáradt vagy időszakos tómederben a helyiek fürdőzési lehetősége is megszűnt.

A probléma gyökere a térséget is érintő bányászati vízkiemelés következtében kialakult karsztvízszint süllyedés. Ennek hatására a településen és környezetében az 1960-1990. évek közti időszakban mintegy 50 m-t csökkent a karsztvíz szintje. Ez az oka, annak, hogy a település forrásai elapadtak. Maguknak a forrásoknak a jelenléte a sajátos földtani-domborzati viszonyokhoz köthető, mivel Bodajk a Móri-árok nyugati töréslépcsőjén fekszik. Az északi-Bakony irányából áramló, hatalmas készletű karsztvízszint itt egy olyan mély szerkezeti törésrendszerhez ér, ahol a tárolókőzet, a triász karbonátos összlet, mélyen a felszín alá bukik viszonylag kis térrészen. A karbonátos kőzetek felszíni kiékelődésnél jelennek meg a források. A karsztvíz nagyobb tömege tovább áramlik a mély szerkezetekben a Vértes, illetve az Duna erózióbázisa irányába.

Tehát a bodajki források működése predesztinált a földtani felépítés, a domborzat jellege és a karsztvíz mennyisége által. Ebben a legalább három változós kapcsolatrendszerben (most tekintsünk el ezen elemekre ható változóktól) megállapíthatjuk, hogy az elmúlt időszakban a település földtani, domborzati viszonyai közel állandónak tekinthetők, egyedül a karsztvíz mennyiségében történt drasztikus változás. Ez okozta a források

kiszáradását, mely elég jól datálható: 1967-től 2010-ig a források újraéledéséig. Ez alatt a bő 30 év alatt a település élete, lakói is sokat változtak: lassan feledésbe kerültek a források, a területek kiszáradtak. A lakók feledve vagy már nem emlékezve a korábbi viszonyokat gyorsan bírtokba vették az új ingatlanokat és lakóházakat építettek, az életterükké váltak a korábban vízjárta területek is.

A probléma akkor jelentkezett, amikor a karsztvíz regenerálódásának köszönhetően a területen újra megjelent a víz. A karsztvízszint természeténél fogva az 50 m-t lesüllyedt mélységből emelkedett fel fokozatosan a környékbeli kutak időszakaiban jól nyomon követhetően. Így először az alacsonyabban fekvő, azaz az árok talpi részén, illetve ahhoz közeli helyeken jelent meg a felszín közelében, majd a felszínen is. Itt azonban a karszt üledékekkel fedett, tehát a talajvízhez adódott hozzá, befolyásolva ezzel azok fizikai, kémiai tulajdonságait is. Majd a vízszintemelkedés miatt magasabb földrajzi helyzetekben is megjelent, megszólalt a Bodajki-tó forrása, viszont a Szentkút forrás még teljesen száraz. Az alacsonyabban fekvő területeken a források hozama jelentős és állandósult, ellenben a tóforrás vízhozamával, amiben az ingadozás szélsőséges állapotokat idéz elő.

Kérdésként merült fel, hogy ehhez a szélsőséges ingadozáshoz a Tópart utcában kialakított halastó, horgásztó rendszer hozzájárulhat-e, okozhatja-e a Bodajki-tó kiapadását, vízszintjének csökkenését. A válaszuk, hogy valószínűleg nincs ilyen hatása a kialakított tavaknak. Erre több bizonyító erejű tényállást is találtunk a vizsgálatok során.

1. Az 1700-as, 1800-as években bizonyítottan mind a Bodajki-tó, mind a jelenleginél kiterjedtebb Nádastavi tórendszer párhuzamosan egymás mellett létezett. Ekkor a karsztvíztároló szinte érintetlen volt, emberi behatástól mentes, természetes állapotban. A két magasságban lévő tó külön-külön létezett. A magasabban fekvő Bodajki-tó kifolyó vize táplálta a mélyebben levőt.
2. A mesterséges tavak kialakításakor tözegecs ös zletet termeltek ki, ami egyértelmű bizonyítéka, hogy mocsári, tavi növényzet huzamosabb ideig létezett a területen. Tehát természetes állapotban, a mostanihoz hasonló vizes élőhellyel korábban is létezett. A mesterséges tó gyakorlatilag a korábbi állapot visszaállítása.
3. A mesterséges tavak vízháztartása, a párolgásból származó vízvesztesség a tavak vízhozamának elenyészően kis része, mivel az áramló karsztvíz olyan hatalmas vízkészletet jelent, hogy a tavak párolgásából származó vízvesztesség nem összemérhető a víz elfolyásával vagy a karsztvíz hozamával.
4. Az időjárás adatok feldolgozása alapján úgy tűnik, hogy a térségben a karsztvízszint helyreállt, mivel további emelkedés a jelenlegi adatok szerint nem mutatható ki. A mérési adatokon viszont a klimatikus tényezők hatása (csapadékmennyiség, hőmérséklet, párolgás) szignifikánsan kimutatható. Véleményünk szerint ez arra utal, hogy a karsztvíztárolót olyan mértékben érintik a negatív hatások, hogy a karsztvízszint emelkedése (regenerálódása) már ezzel nem tud lépést tartani. Az adatsorokból az látszik, hogy a 90-es évek után a bányavízemelés leállítása miatt megindult karsztvízszint emelkedés lelassult, beállt egy egyensúlyi állapot, de a 2021-22-es évek nagy szárazságával már nem tud egyensúlyt tartani a karsztvízszint emelkedés és süllyedni kezdett a vízszint.
5. A Nádastavi források vízszintje (140,2 mBf) 4-5 m-rel, terepszintje 6 m-rel alacsonyabban van, így a jelenlegi 144-147 mBf között ingadozó karsztvízszint stabil vízhozamot biztosít. Szemben a Bodajki-tó forrással (144,9 mBf vízszint 2024. 03. 26., meder fenék -40, -60 cm), ahol a 144-145 mBf karsztvízszint és annak változása épp a forrás szintjében történik, kialakítva annak időszakos, csökkent hozamú vízellátását. Ha a karsztvízszint ezen a szinten megnyugszik,



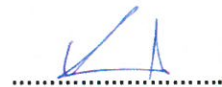
akkor az arra jelenleg hatással levő folyamatok fogják kialakítani a tóforrás vízhozamát (elsősorban a vízművek, klimatikus adatok).

6. A karsztvízszint jelenlegi mérési eredményei alapján a szintje nem emelkedik vissza a bányavízemelés előtti természetes állapotba, mert ahhoz képest a karsztot megcsapolják (vízkivételek ivóvíz, iparivíz... stb. céllal), ugyanakkor a beszivárgási, utánpótlódási viszonyok negatív megváltozása szintén eredményezheti. Ebben az esetben a karsztvízszint a Bodajki-tó szintjében fog oszcillálni, ami a forrás időszakos jellegét fogja erősíteni.
7. A tó külső vízpótlásának lehetőségével is számolni kell a fenti értékelésre hivatkozva. Erre több, műszakilag kialakítható lehetőség is adódik. Egyrészt a szomszédos B-14 kat. sz. kútból biztosítható, ha a kút üzemképes állapotba kerül. A vízhozama elegendő (a kút talpa 220,0 m). Másik lehetőség a B-9 sz. üzemen kívüli karsztvíz termelő kút használata, mely időközben pozitívvá vált (a hozama a tó feltöltéséhez és a párolgási veszteség pótlásához megfelelő).

Maglód, 2024. május 3.



Dr. Kovács Gábor  
Bányagép Kft.  
okl. földtudományi kutató



Varga László  
Bányagép Kft.  
ügyvezető

## Irodalom

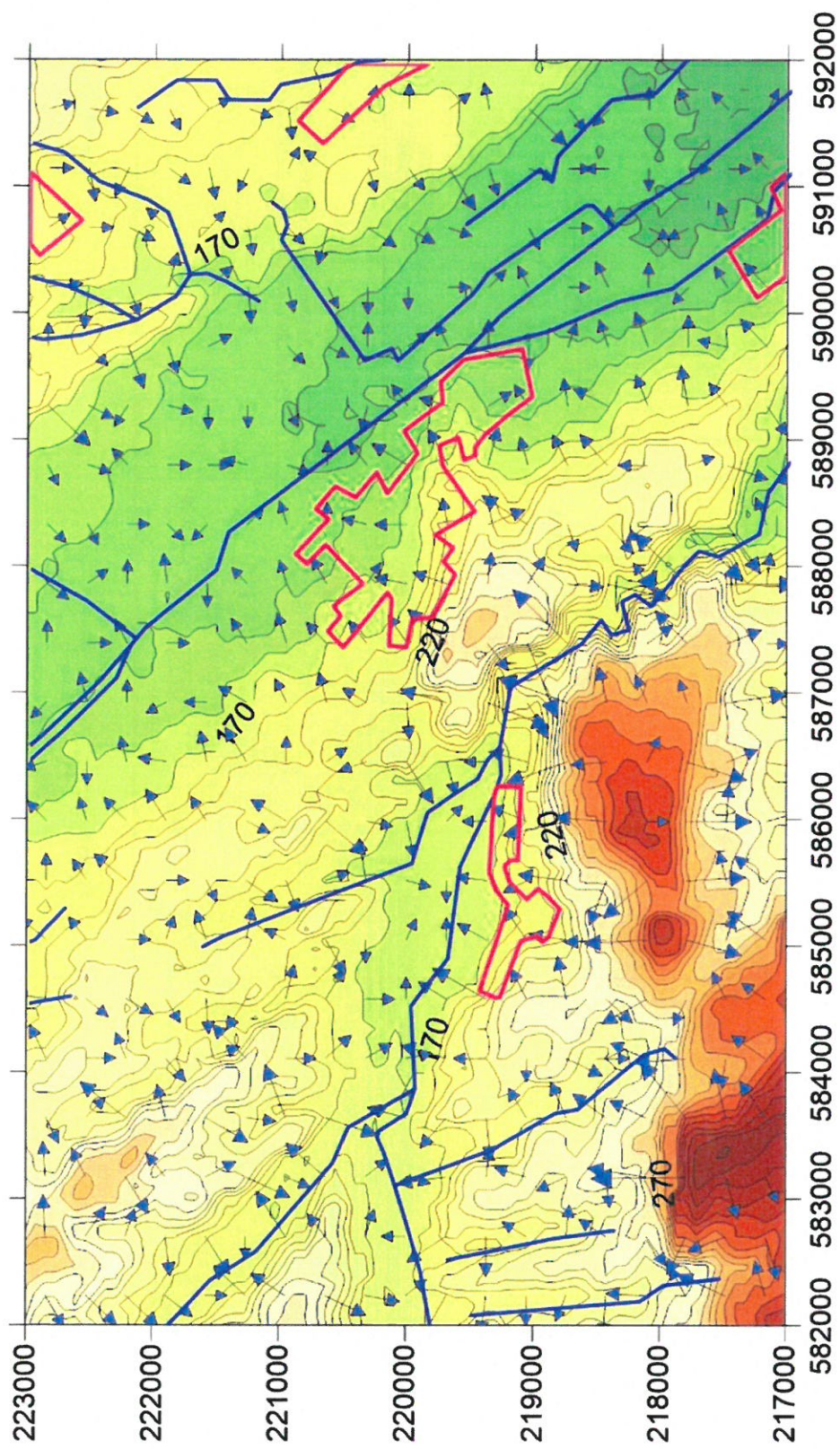
1. Alföldi L., Kapolyi L. (2007): Bányászati karsztvízszint süllyesztés a Dunántúli-középhegységben
2. A Bodajki strandfürdő rekonstrukciójának lehetőségei (Pelikán GMK, 1991.)
3. Bodajk város hidrogeológiai problémáinak kezelése (KDT VÍZIG, 2012.)
4. Budai et al. (2008): Magyarázó a Vértes hegység földtani térképéhez (1:50 000)
5. Budai et al. (2015): Magyarország felszíni képződményeinek földtana Magyarázó 3. Magyarország földtani térképéhez (1:500 000) Budapest
6. Budai T., Császár G., Csillag G., Fodor L., Gál N., Kercksmár Zs., Kordos L., Pálfalvi S., Selmeczi I. (2008.): Magyarázó a Vértes hegység földtani térképéhez (1:50 000) Budapest
7. Budai T., Fodor L., Csillag G., Piros O. 2005: A Vértes délkeleti részének rétegtani és szerkezeti viszonyai. — Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 2004, 189–203.
8. Csonki I. (2012): Bodajk város hidrogeológiai problémáinak kezelése. Közép Dunántúli Vízügyi Igazgatóság. Szfvár-0548-0001/2012.
9. Dövényi Zoltán (szerk.) 2010.: Magyarország kistájainak katasztere, Budapest MTA Földrajztudomány Kutatóintézet
10. Hidrogeológiai szakvélemény a Bodajk, Bika réten jelentkezett vízfakadások okairól és megszüntetésének lehetőségeiről (Geoszféra Kft. 2011.)
11. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Bodajki-t%C3%B3> (letöltés: 2024. 04. 25)
12. <https://karsztvedelem.ovf.hu/> letöltés: 2024. 03. 11.)
13. <https://kivigasztalengem.hu/szh.html> (letöltés: 2024. 02. 11.)
14. <https://maps.arcanum.com> (letöltés: 2024. 04. 29)
15. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=T%C3%B3f%C3%BCrd%C5%91t+egy+kb.+145+mBf+szinten+fakad%C3%B3>
16. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=A+HUDI20033>
17. <https://map.mbfisz.gov.hu/tvz/>
18. Kiss Árpád (1965): A Bodajki tó. Hidrológiai Tájékoztató. 51-59.
19. Mesterházy Ildikó (2011): A móri borvidék éghajlati adottságainak elemzése. Szakdolgozat, ELTE
20. Péczely, György: 1979: Éghajlattan. Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt., 277–284.



21. Rákóczy I. 1988: Jelentés az ELGI 1987-es Mór környéki reflexiós méréseiről. — Kézirat, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 816, 4 p.
22. Schmieder A., Szilágyi G.: 1988: Dunántúli-középhegység főkarsztrendszerének terhelése és terhelhetősége. Bányászati és Kohászati Lapok 121. évf. 2. különszám. pp. 72-89
23. Smaragd-GSH Kft. (2019.): A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotörögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010, Vízháztartási modellezés és állapotértékelés III. kötet A karsztvíztároló állapotának értékelése
24. Smaragd-GSH Kft. (2019.): A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotörögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010 Vízháztartási modellezés és állapotértékelés I. kötet A vízháztartási modell alapjául szolgáló földtani modell és a vízmérleg elemeinek bemutatása, valamint a karsztvízszint hosszútávú alakulása
25. Smaragd-GSH Kft. (2021): A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotörögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010 Veszélyeztetett területek lehatárolása a regionális és a lokális modellezés együttes értelmezése alapján
26. Vörös Lajos (2017): Szakvélemény a Bodajki Tófürdő aljasodásának állapotáról az alga túlszaporodás okairól és a megelőzés lehetőségeiről
27. web.okir.hu

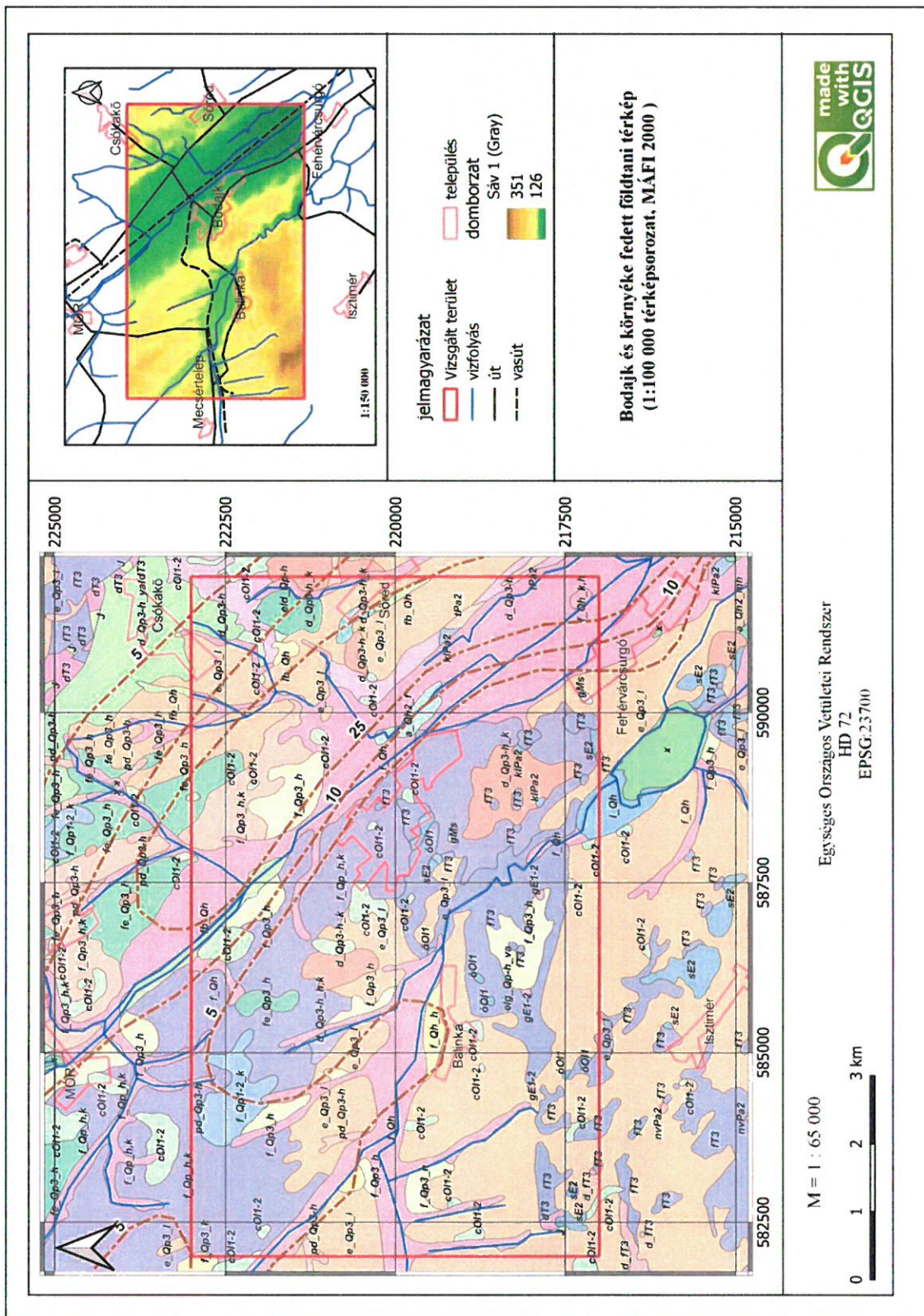
## **Mellékletek**





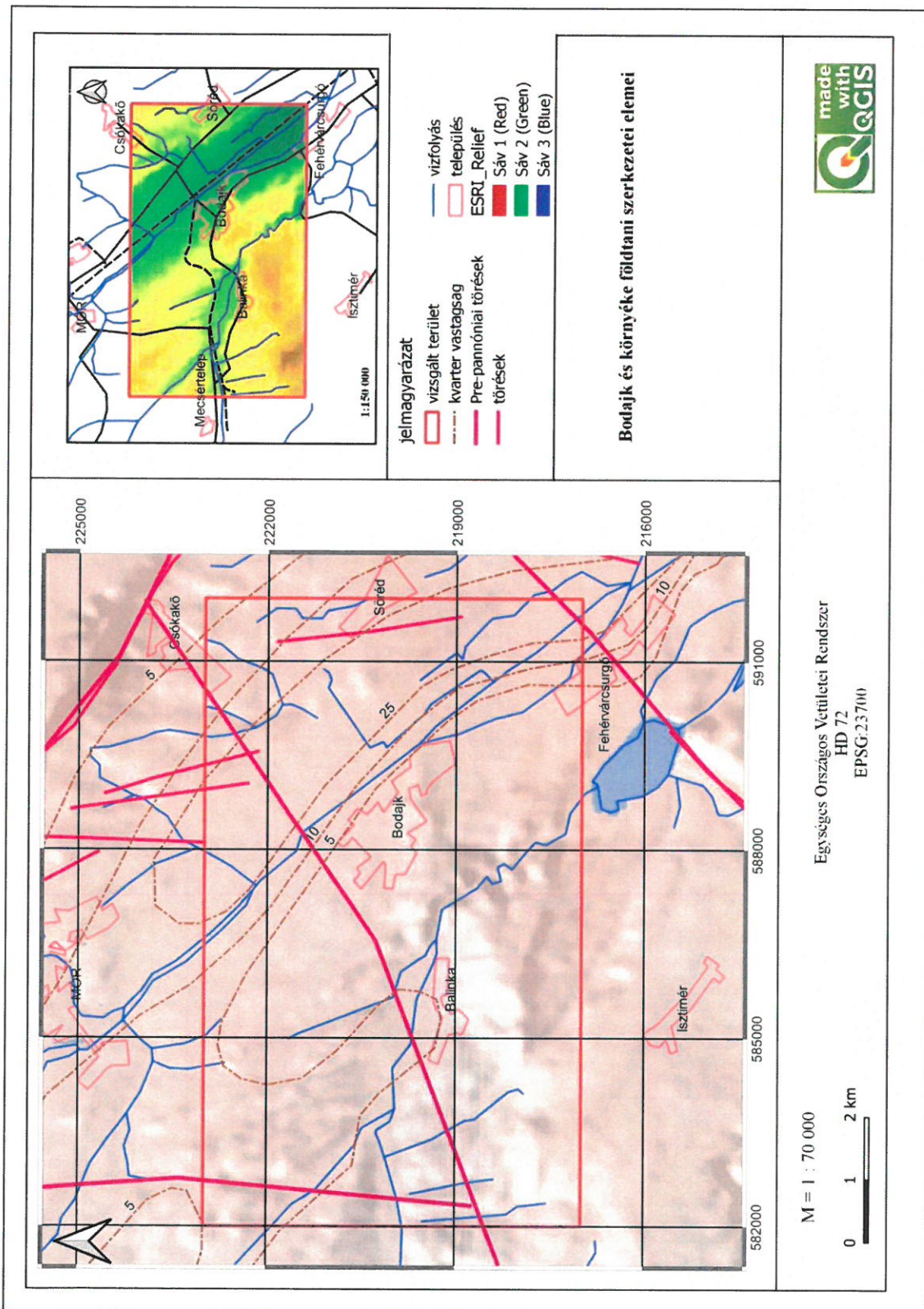
**1. térkép** A vizsgált terület lefolyási viszonyai (USGS/NASA SRTM adatok alapján)



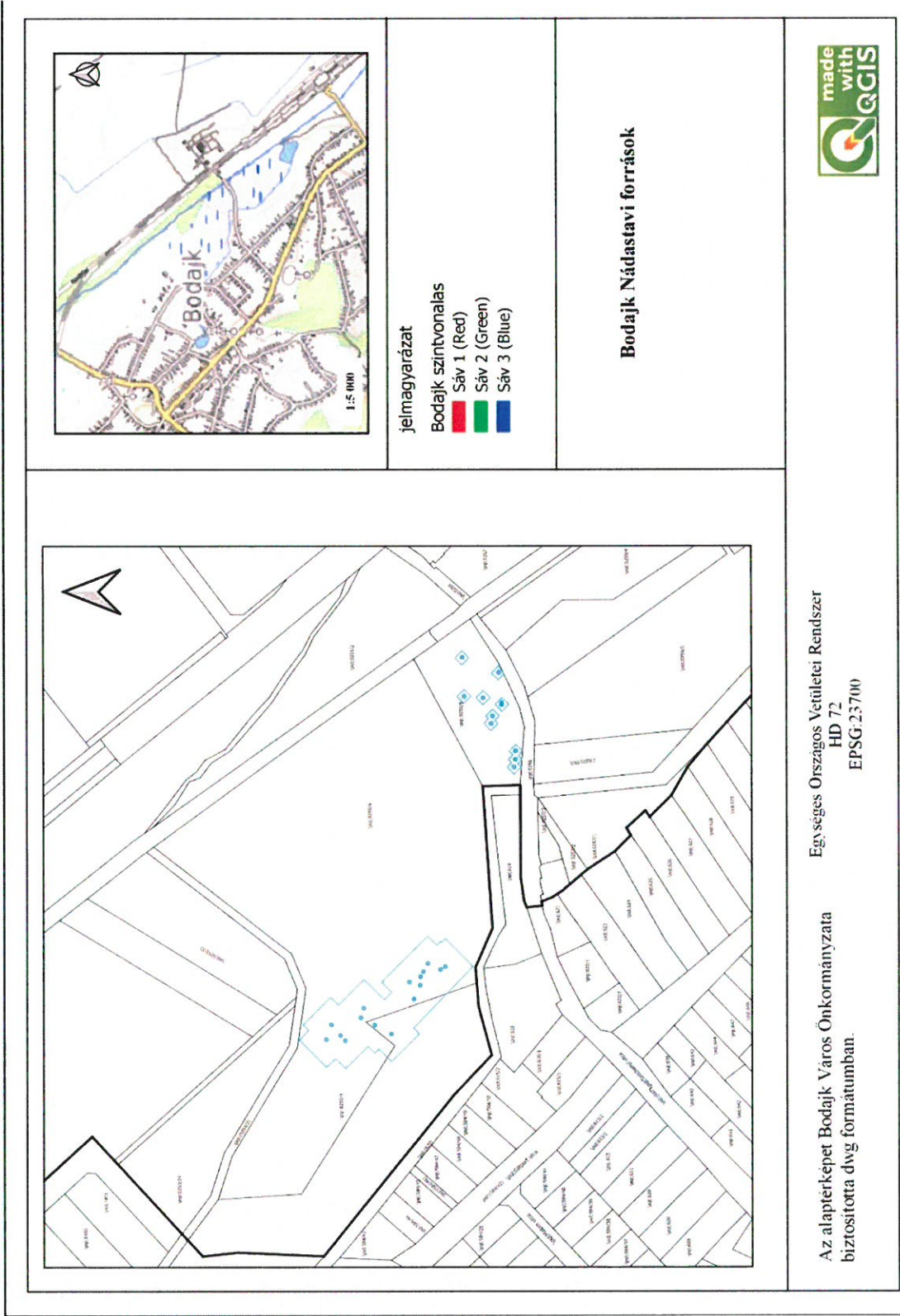


2. térkép Fedett földtani képződmények a vizsgált területen [17]



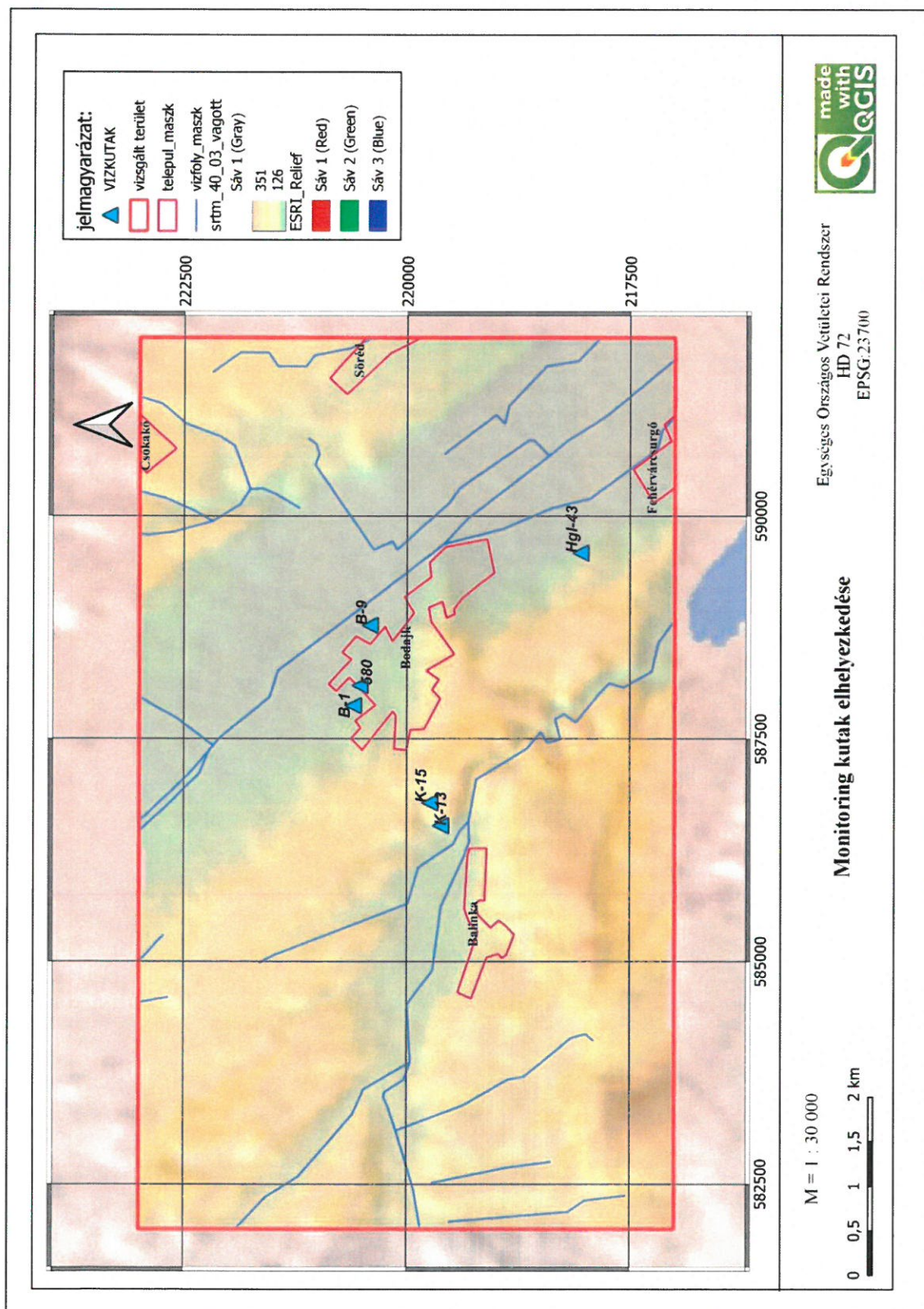


3. térkép Földtani szerkezeti elemek, kvarter képződmények vastagsága [14]

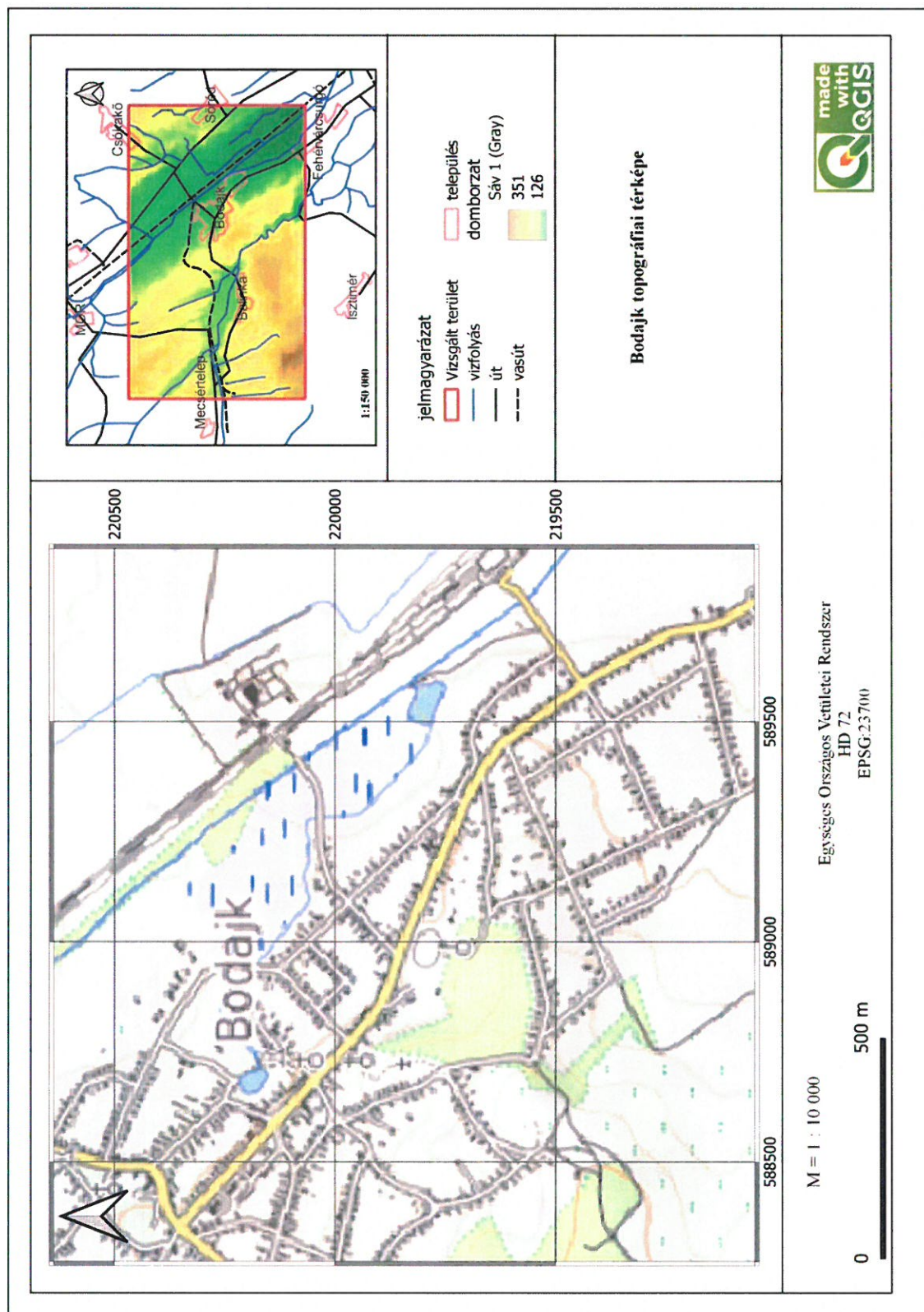


4. térkép Bodajk Nádasztavi forráscsoport helyzete (Bodajk Város Önkormányzata, dwg alaptérkép)





5. térkép Karsztvíz monitoring és termelő kutak elhelyezkedés



**6. térkép** Bodajk topográfiai térképe



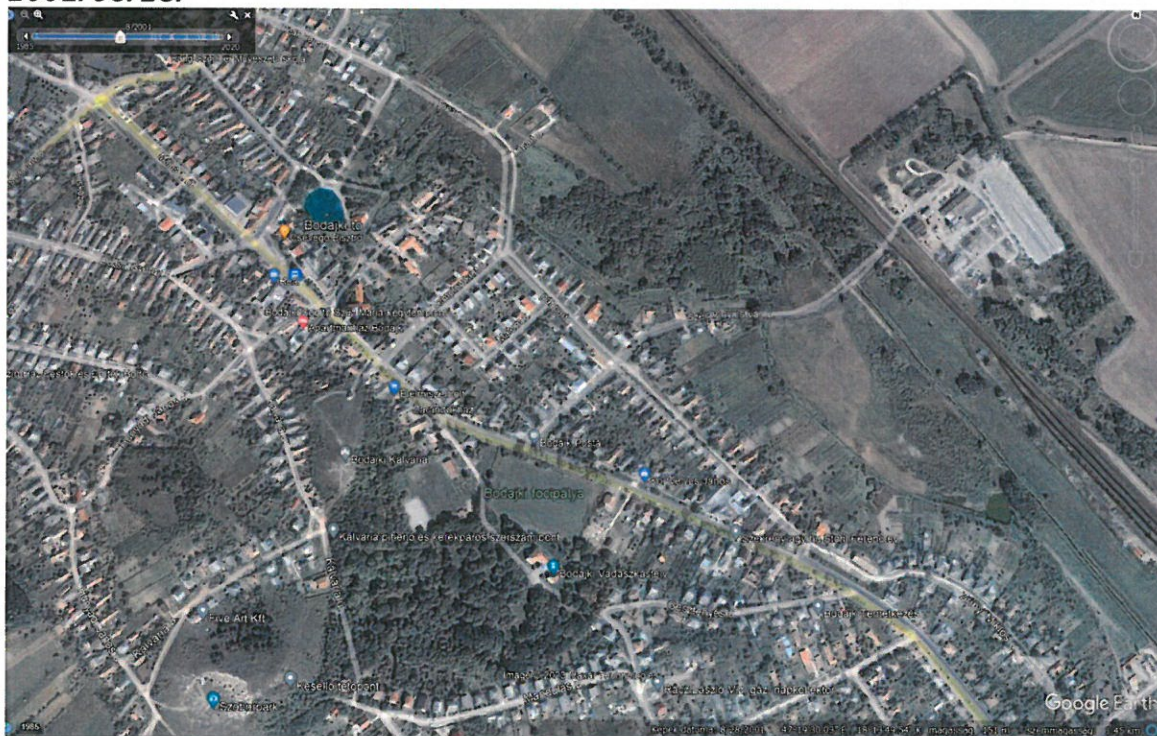
A Google Earth Pro műholdképek történeti képeiben 14 db műhold felvételt találtunk 1985 és 2020. évek között. Az első, az 1985-ös felvétel felbontása nem tette lehetővé a tavak digitális felismerését. Azt követő felvételeken a Nagy-tó és távolabbi tó, a Móri-víz jobb partján és a Tópart utcai mesterséges tó (1., 2.) is jól észlelhető. A helyszíni bejáráskor egy náddal övezett nagyobb tavat is találtunk, azonban a növényzettel való fedettsége miatt, a zavart nyílt víztükör csökkent reflexiójának következtében pontos mérést a műholdképről nem tudtunk készíteni.

A program „vonalzó eszköze” segítségével a tavak terület és kerület adatait térképi mérésből állítottuk elő a tavakra fektetett poligon megfelelő adataiból. A mérések személyi hibával terhelték tekintve, hogy a látható vízfelület - tavak területe sokszor nem éles határként rajzolódik ki és nem szabályos poligonként képződik a felvételeken.

Azonban a 4 elkülöníthető tó jelentősebb felületi változásait megfelelően tükrözik a felvételek, így a kialakult meder nagysága, víztelítettsége jól megfigyelhető. A vízmélység adatok a műhold telekről nem olvashatók le.

Az alábbi dátumokhoz tartozó felvételeken a tavak helyzete és állapota nyomon követhető.

#### 2001. 08. 28.



A Nagy-tó medre vízzel teli. Területe: 2460 m<sup>2</sup>. kerülete 186 m. A mesterséges tó helyén fás, füves vegetáció látható.

A Nagy-tótól KDK irányban (114°) és 920 m-re egy szabad vízfelület látszik. A víz színe eltérő. Területe: 950 m<sup>2</sup>, kerülete: 120 m



2007. 09. 23.



A Nagy-tó medre vízzel teli. Területe: 1150 m<sup>2</sup>, kerülete 150 m. A mesterséges tó helyén fás, füves vegetáció látható.

A Nagy-tótól KDK irányban (114°) és 920 m-re egy szabad vízfelület látszik.  
Területe: 4000 m<sup>2</sup> kerülete: 285 m



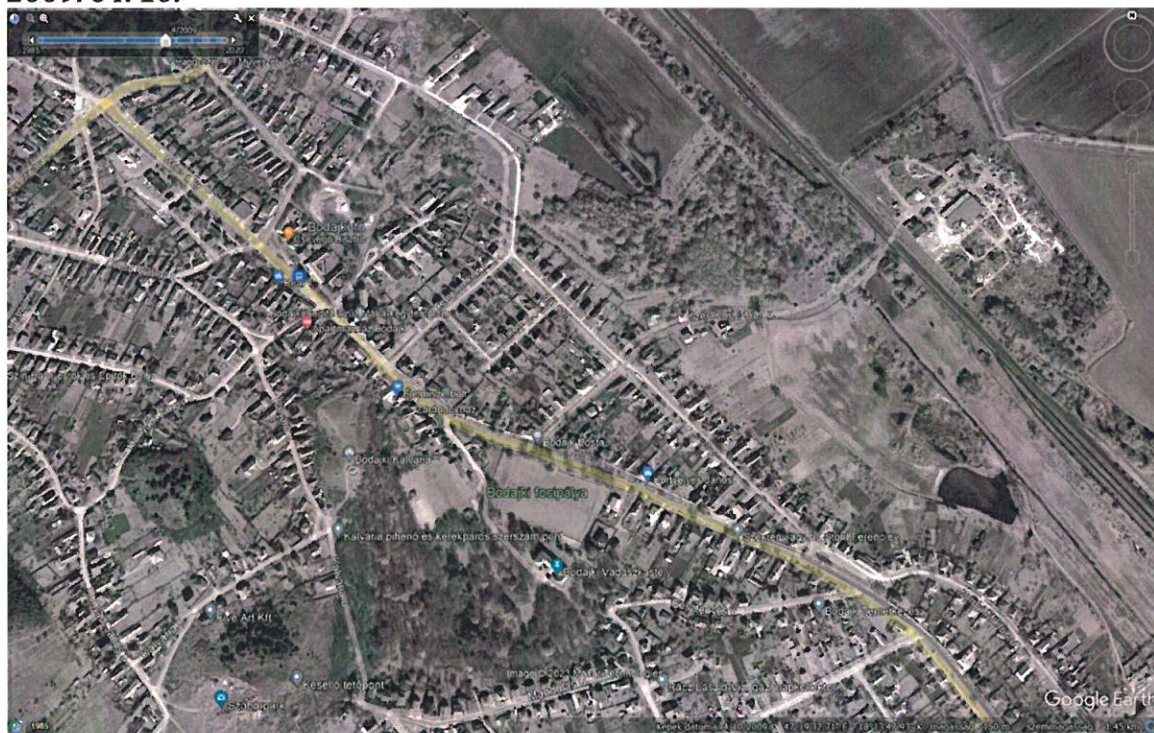
2008. 04. 21.



A Nagy-tó medre vízzel teli. Területe: 1200 m<sup>2</sup>, kerülete 160 m. A mesterséges tó helyén fás, füves vegetáció látható.

A Nagy-tótól KDK irányban (114°) és 920 m-re egy szabad vízfelület látszik.  
Területe: 4300 m<sup>2</sup> kerülete: 310 m

2009. 04. 10.



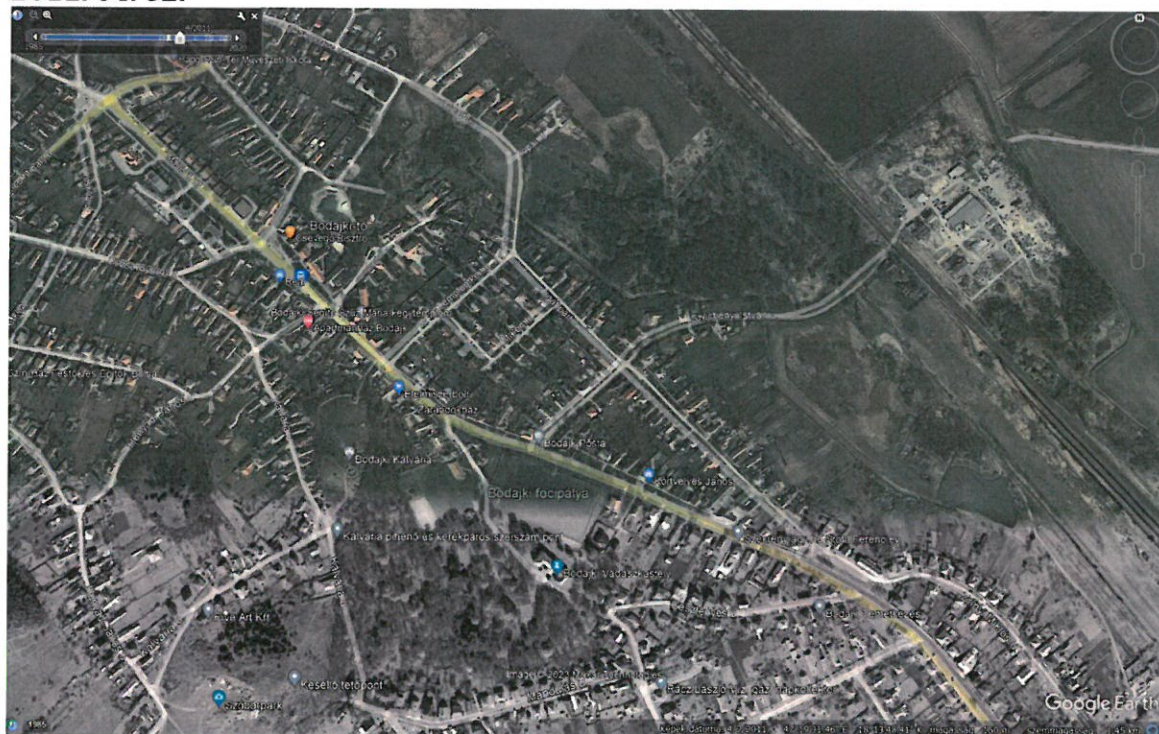
A Nagy-tó medre vízzel teli. Területe: 1050 m<sup>2</sup>, kerülete 150 m. A mesterséges tó helyén fás, füves vegetáció látható.

A Nagy-tótól KDK irányban (114°) és 920 m-re egy szabad vízfelület látszik.

Területe: 4800 m<sup>2</sup> kerülete: 300 m



2011. 04. 02.



A Nagy-tó medre vízzel teli. Területe: 1130 m<sup>2</sup>, kerülete 150 m. A mesterséges tó helyén fás, füves vegetáció látható.

A Nagy-tótól KDK irányban (114°) és 920 m-re egy szabad vízfelület látszik.  
Területe: 5050 m<sup>2</sup> kerülete: 300 m

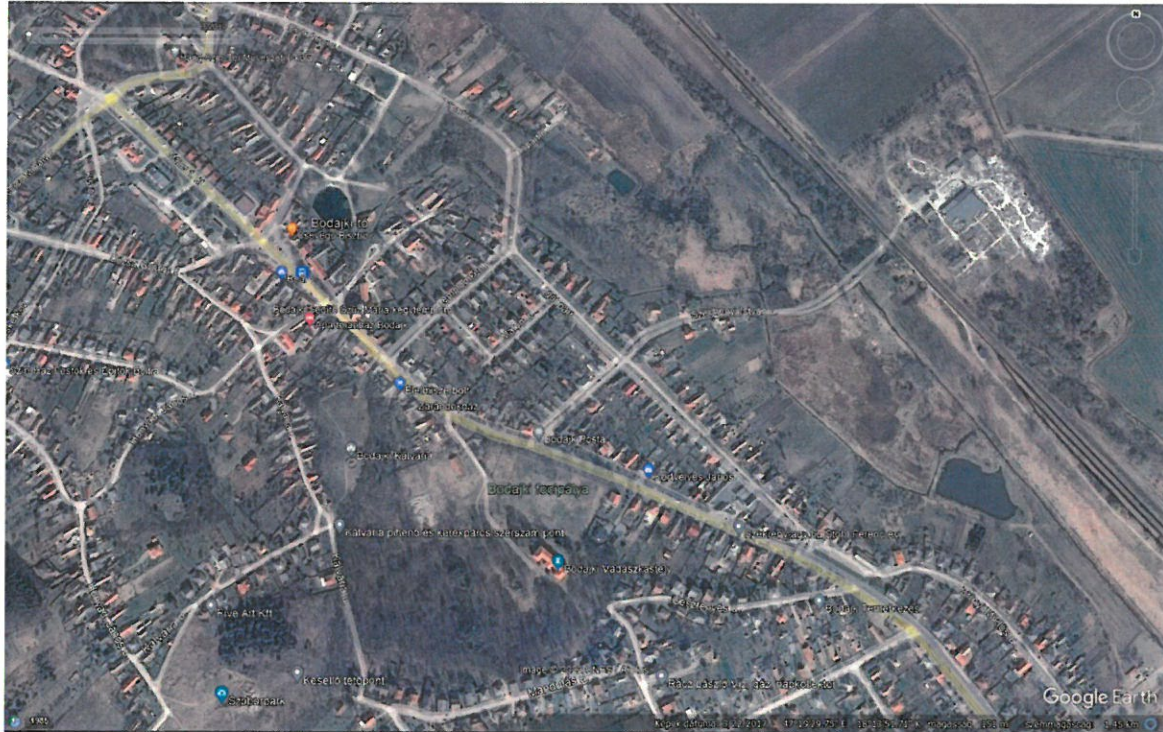










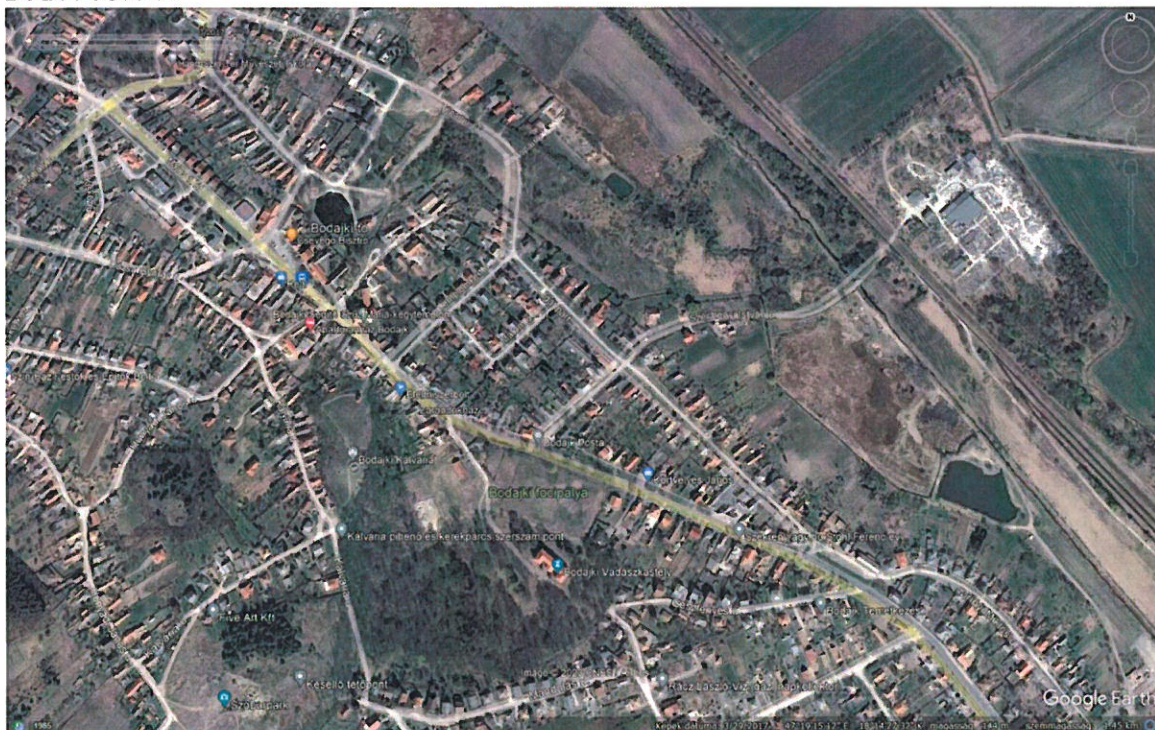


A mesterséges tó a Nagy-tótól K-re 700 m-re látható. Területe: 890 m<sup>2</sup>. kerülete 120 m.

A Nagy-tótól KDK irányban ( $114^\circ$ ) és 920 m-re egy szabad vízfelület látszik.

Területe: 5200 m<sup>2</sup> kerülete: 310 m

2017. 03. 29.



A Nagy-tó medre vízzel teli. Területe: 2400 m<sup>2</sup>, kerülete 200 m.

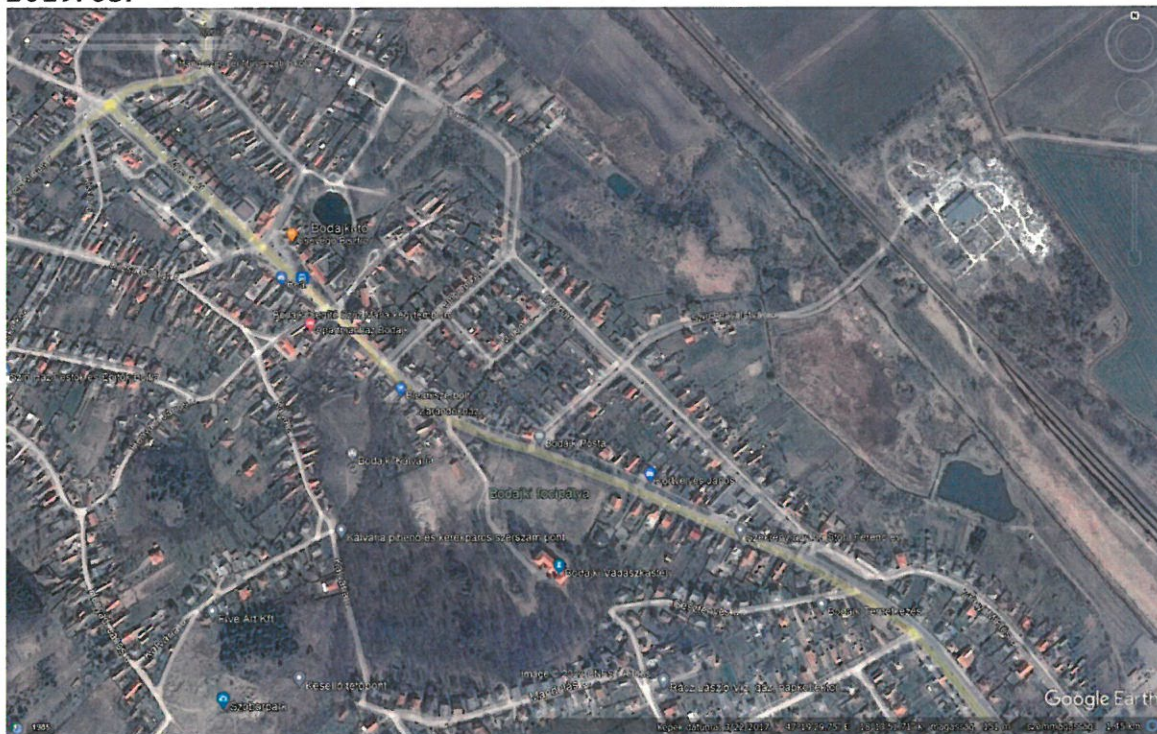
A mesterséges tó a Nagy-tótól K-re 700 m-re látható. Területe: 890 m<sup>2</sup>, kerülete 120 m.

A Nagy-tótól KDK irányban (114°) és 920 m-re egy szabad vízfelület látszik.

Területe: 5200 m<sup>2</sup> kerülete: 310 m



2019. 03.



A Nagy-tó medre vízzel teli. Területe: 2400 m<sup>2</sup>, kerülete 190 m.

A mesterséges tó a Nagy-tótól K-re 700 m-re látható. Területe: 1050 m<sup>2</sup>. kerülete 125 m.

A Nagy-tótól KDK irányban (114°) és 920 m-re egy szabad vízfelület látszik.

Területe: 5200 m<sup>2</sup> kerülete: 310 m







ssz	EOV_Y	EOV_X	Z (mBf)	azonosító	leírás
1	588718,4	220236,1	145,189	kutvizszint	B-14 kut
2	588718,3	220236,0	146,905	B-14	B-14 kut
3	588718,9	220236,4	146,922	B-14	B-14 kut
4	588718,4	220237,0	146,914	B-14	B-14 kut
5	588717,9	220236,7	146,906	B-14	B-14 kut
6	588716,1	220236,6	146,853	B-14	B-14 kut
7	588717,7	220238,1	146,943	B-14	B-14 kut
8	588719,4	220236,3	146,904	B-14	B-14 kut
9	588717,7	220234,8	146,909	B-14	B-14 kut
10	588717,3	220235,1	146,844	8	Bodajki-to
11	588714,8	220231,6	146,55	8	Bodajki-to
12	588713,3	220237,2	147,139	8	Bodajki-to
13	588716,6	220243,0	147,62	8	Bodajki-to
14	588723,2	220240,9	147,334	8	Bodajki-to
15	588723,3	220235,6	146,849	8	Bodajki-to
16	588719,5	220231,5	146,491	8	Bodajki-to
17	588691,5	220219,8	147,345	20	Bodajki-to
18	588691,5	220219,8	147,343	10	Bodajki-to
19	588675,4	220222,8	147,414	1	Bodajki-to
20	588673,3	220223,2	147,387	1	Bodajki-to
21	588656,8	220211,8	147,32	1	Bodajki-to
22	588653,6	220191,9	147,404	1	Bodajki-to
23	588653,5	220191,9	147,396	1	Bodajki-to
24	588665,2	220176,1	147,407	1	Bodajki-to
25	588682,2	220160,8	147,428	1	Bodajki-to
26	588692,0	220156,6	147,302	1	Bodajki-to
27	588701,6	220158,2	147,244	1	Bodajki-to
28	588706,0	220161,0	147,193	1	Bodajki-to
29	588710,9	220170,0	147,107	1	Bodajki-to
30	588710,3	220174,7	147,126	kifolyo	Bodajki-to
31	588710,3	220176,3	147,107	kifolyo	Bodajki-to
32	588710,2	220178,2	147,093	1	Bodajki-to
33	588709,6	220182,0	147,105	1	Bodajki-to
34	588703,4	220203,2	147,227	10	Bodajki-to
35	588676,3	220221,2	144,955	tovizszint	Bodajki-to
36	588749,7	220405,3	142,788		vizmukut forras
37	588967,2	220280,1	140,222		mestersegesto vizszint
38	589018,3	220246,8	140,234		mestersegesto vizszint
39	589051,7	220232,8	140,57		csatorna vizszint
40	589062,5	220236,6	140,964		mesterseges to 2 vizszint
41	589122,5	220206,5	140,886		mesterseges to2 kifolyo
42	589131,9	220199,6	140,29		mesterseges to3
43	589132,0	220210,8	140,814		nadas
44	589365,1	220098,3	141,223		szemettelepi forras
45	589365,0	220098,4	141,229		szemettelepi forras
46	589365,0	220098,6	141,31		szemettelepi forras
47	589365,1	220098,4	141,24		szemettelepi forras
48	589340,9	220173,5	139,613		mori-viz
49	588745,3	220010,0	150,283		zarandokforras perem
50	588745,6	220010,8	149,648		zarandokforras