

# **A Dunazug Hegyvidék karsztvízszintjének alakulása az elmúlt évtizedekben**

## **KIVONAT**

A kutak vízszintjeinek a mérése és az adatok feldolgozása volt az elsődleges célom, amivel a későbbiekben az éves csapadék adatokat össze tudtam hasonlítani. A mérésnek a folyamatát részleteztem az adott műszerekkel és a kútfelméréshez használt műszereket is leírtam, hogy mit mértünk és hogyan. Igazából a kutak állapotfelmérése volt az első lépés és utána már egy tisztább képet kaptam a mérni kívánt kútról is. Kielemeztem a 20 évre visszamenő karsztvízszinteket a vizsgált kutakban és kiértékeltem őket egy-egy grafikon segítségével. A csapadék adatokat pedig szintén grafikonok (13,14,15,16,17,18-as ábrák) segítségével ábrázoltam és hasonlítottam össze a kutak vízszint emelkedési görbéjével (9, 10, 11, 12-es ábrák). A kutakról készült felmérések segítettek abban, hogy megtudjuk az egyes paramétereiket, hibáikat meg azt, hogy az adott kút esetleg nyílt alul és a karszt kőzetben végződik vagy sem. A víznyelés sebességéről és mértékéről is készítettem grafikonokat és egy összehasonlító táblázatot (1. táblázat) a vízszintemelkedést és csökkenést összehasonlítva.

## **BEVEZETÉS**

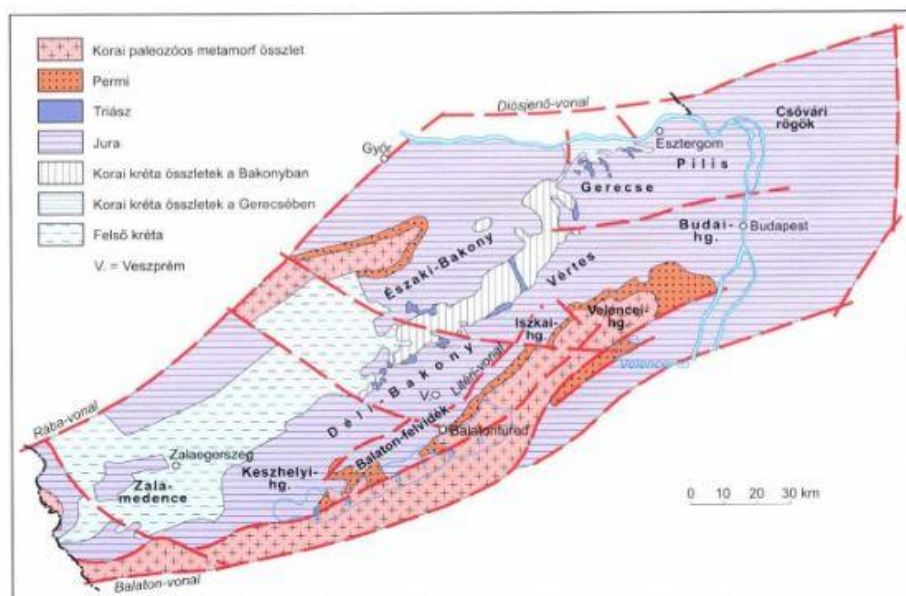
A cikk témája a karsztvizek mozgásából adódó ingadozások kivizsgálása az egyes kutaknál. Az adott területen kiválasztott kutakat vizsgáltam több évre visszamenőleg. Az érdekelt, hogy mi válthatta ki az ingadozást és milyen szennyeződések vagy emberi tevékenységek befolyásolhatták még a karsztvizeket a kijelölt helyeken. Mivel ivóvízként is használják a karsztvizet sok helyen, kb. 20%-a karsztvíz a teljes ivóvíz felhasználásunknak, ezért is fontosnak tartom a védelmét és vizsgálatát. A gyógyfürdők egy része is karsztvizet használ, emiatt is fontos a védelme. Fontosnak tartom továbbá, hogy megőrizzük a vizek tisztaságát. A vizeink védelme az egyik legfontosabb kérdés volt mindig is. Bemutatom a Dunazug-hegyvidéket, felépítését, tájait és a fontosabb karsztvíz lelőhelyeket. A hegységek kialakulását mutatom be először és azután fogok kitérni a kutakra és a mérésekre. A mérések kivitelezését és a mérés helyszíneket írom le részletesen és azt is, hogy miért ezeket a kutakat választottam. Az egyes kutakat 4 különböző területről választottam, mert az adott területek is egyenként érdekes karsztvíz mozgást mutattak az évek során. A kiválasztott kutakban is jelentős volt a vízszint ingadozás és ezt támasztom alá az adatokkal és meg is vizsgáltam személyesen az adott kutat és környezetét. Ez a célom ezzel a cikkel, hogy bemutassam az adott terület karsztvíz mozgásait az adott terület csapadékmennyiségével összehasonlítva! A 90-es évektől kezdődően, amikor már a bányászat nem befolyásolta annyira a vízszint emelkedését vagy süllyedését, összevettem az évi csapadékösszegek mennyiségét az adott terület karsztvíz mozgásával. Ezekből az információkból vontam le következtetéseket.

## SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A Visegrádi-hegység még vulkanikus kőzetekből áll, de a Pilis, majd a Budai-hegység területén már az üledékes mészkő és dolomit az uralkodó kőzet. A három hegységben kb. 100 km-t kell menni, de az utunkba kerülő földtudományi, tájképi és kultúrtörténeti dolgok mindennel felérnek. Ősi völgykitöltő vulkanikus kőzetek bástyái, mészkőbe mélyülő szurdokok, barlangok sötétben tátongó bejáratai és érdekes alakú sziklaképződmények várnak ránk a Pilis és a Budai-hegységben. (Veres 2020) A Dunazug-hegység a Pilis, a Gerecse és a Budai-hegység összefoglaló neve. **A Pilis** a Visegrádi-hegység, a **Gerecse** és a Budai-hegység között magasodik a Dunazug-hegység legmagasabb tagjaként. **A Budai-hegység** mintegy 200 millió éves kőzettömegeit törések szabdalták fel és a törések mentén az elcsúszott kőzettömegek fokozatosan a Duna síkja alá süllyedtek. A törésvonalak mentén 100-nál is több gyógy és hévforrás hozza a forró vizet a felszínre. (http1)

### A Dunazug-hegyvidék kialakulása és bemutatása.

Kis tájcsoportok, felépülő alacsony középhegységek alkotják: a Gerecse, a Budai-hegység és a Pilis. A Dunántúli-középhegység legtagoltabb középtájának számít (1. ábra). Helyi gyűrődésekkel, aszimmetrikus kibillenésekkel, jellegzetes törésekkel jellemzett.



1. ábra. A Dunántúli-középhegység egyszerűsített alaphegység térképe.

(Haas & Budai 2002)

Kihantolt és fedett mezozoikumi sasbércek sorozata. A középhegység más tagjaihoz képest a Gerecse törésvonalai eltérő irányúak, a hegységet északon a Duna teraszos völgye, nyugati

fennsíkperemén az Által-ér völgye határolja, délen a zsámbéki Nyakas-tető szarmata vonulata, keleten a Dorogi-medence zárja le. Legidősebb kőzetei a triász dolomit és dachsteini mészkő, valamint a jura és kréta mészkőformációk, durvatörmelék elegyei. Ezekre a középső-eocén tenger agyagos, márgás, helyenként széntelepes üledékeket rakott le rétegesen. A szerkezeti árkokban az eocént követő szárazföldi periódus után a következő anyagok rakódtak le: oligocén homok, márga, kavics, a peremeken pannóniai deltakavics, agyag és homok, édesvízi mészkő. A negyedidőszaki üledékeket édesvízi mészkő, lösz, lejtőüledékek, folyóvízi homok és kavics képviselik. A hegység formakincsei alapján három kistájra különülnek:

A) Nyugati-Gerecse. A Bikol-patak különíti el a Központi-Gerecsétől. A teraszfelszíneket édesvízimészkő-takarók védték meg a lepusztulástól. Érdekesség az Által-ér édesvízi mészkőéből került elő a világhírű vértesszőlősi ősemberlelet is.

B) Központi-Gerecse. A hegység legmagasabb kistája. Morfológiai arculatát kiemelt fennsíkok és fennsíkmaradványok, közbenső és alacsonyabb helyzetű sasbércek, sasbércsorok, hegyközi medencék, teraszos, eróziós völgyek, hegyláb felszínek és hordalékkúpok, abrúziós teraszok, lösz- és lejtőüledék-takarós medencedombságok határozzák meg. A miocén korból pedig abrúziós teraszok, édesvízimészkő-takarók, deltakavicsos hordalékkúp-maradványok kapcsolódnak, az északi részen pedig a Duna bevágódásához igazodva a hegységperemeken a negyedidőszakban is édesvízimészkő-takarók képződtek. A mészkőből épült hegység rész bővelkedik a karsztos formákban.

C) Keleti-Gerecse. Középhegységi csapású mezozoikumai sasbércsorozat. Harmadidőszaki üledékekkel borított, eocén és oligocén széntelepes elegyek bélelik.

A felszínén néhol vörös kvarckavicsok találhatóak, amelyek a miocén letarolást, bizonyítják. Ezt követően kezdődött a sasbércek erős exhumálódása, a peremeken az újabb hegyláb felszínek kialakulása. A felső-pliocén az eróziós völgyek fokozatos benyomulásával, később a Duna bevágódásával megkezdődött a hegyláb felszínek feltagolódása. Ezek a negyedidőszak során medencedombságokká formálódtak, s ugyanekkor az eróziós völgyek teraszain, a sasbércperemeken édesvízimészkő-takarók rakódtak le. Itt is számos forrásbarlang jelzi az egykori erózióbázis helyzetét. A Gerecse sasbércsorozatát hegységelőtéri, hegyközi medencék is tagolják. Mélyen felső-kréta–eocén bauxitszintek és eocén széntelepek találhatóak. A mai felszín felépítésében pannon homok, agyag és negyedidőszaki lejtőüledékek vesznek részt.

2. Budai-hegység.

Töréses, sasbércces szerkezetű alacsony középhegység. Legidősebb kőzetei triász mészkő és dolomit. A harmadidőszakból származó kőzetek az eocén mészkő, márga, agyag, oligocén agyag és homokkő, középső-miocén kavics, szarmata mészkő, pannóniai agyag, homok, abráziós és deltakavics-képződmények, édesvízi mészkőtakarók képviselik. A negyedidőszaki üledékek közül a lösz, lejtőlösz, lejtőüledékek, folyóvízi homok és kavics és édesvízi mészkő.

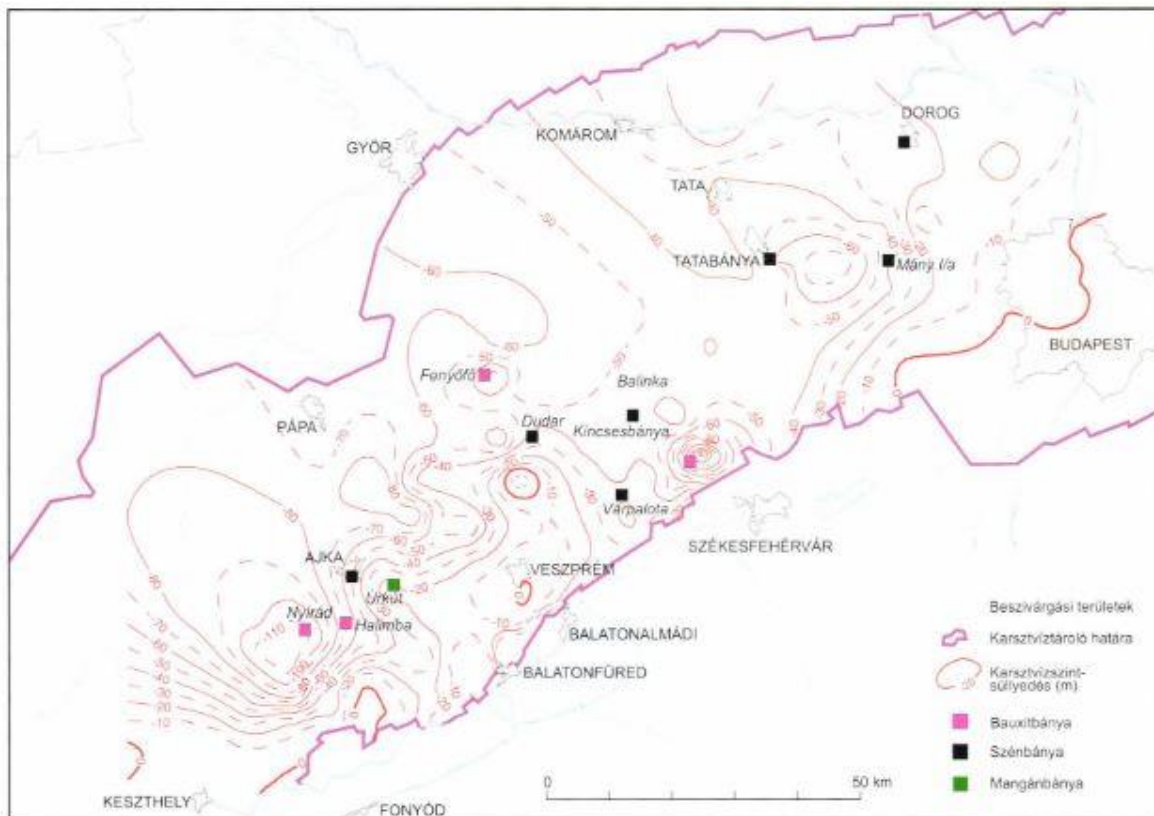
A Budai-hegység 2 sasbérccsoportra tagolódik:

A) Az Ördög-árok, a Budakeszi- és a Budaörsi-medence árkos süllyedései között a Hárshegy, János-hegy, Széchenyihegy, Csiki-hegyek helyezkednek el.

B) Az Ördög-árok és a Pilisvörösvári-árok közé a Hármashatárhegy, Csúcshegy-csoport ékelődik. A sasbérceket sűrű, karsztos, hévizes barlanghálózat szövi át, laza oligocén üledékek jellemzőek erre a területre.

### 3. Pilis.

A Dunántúli-középhegység legmagasabb része (757 m). Főként triász dolomitból és mészkőből épült, északnyugat-délkeleti völgyekkel osztott sasbérccsorozata számos helyen megőrizte a felső-kréta kúp-karsztos formakincseit. A Pilisi-hegységet tagoló medencék közül a Pilisvörösvári-árok és a Dörög- Piliscsévi-medence a fontosabbak. Közöttük alacsony sasbérccsorozat (a Pilisi „híd”-hegycsoport) jelenti a válaszvonalat, amelynek trópusi kúp-karsztos formái csak a Neogén utolsó szakaszában bukkantak elő. A Pilisvörösvári-árok összetett, árkos völgyrendszer, helyenként felszínre bukkanó trópusi kúp-karsztos maradványfelszínekkel. Vastag eocén barnakőszéntelepeit már a múlt században is bányászták. A táj súlyos környezeti állapota (bányagödrök, kőfejtők, alábányászott területek, meddőhányók stb.) haladéktalan rehabilitációra szorul. (Juhász 1989) A Dunántúli-középhegységi fő karsztvíztároló a bányászati célú karsztvízszint csökkenéses időszaka (2. ábra) után (1960-1989) az 1990-es évek eleje óta regenerálódott, a karsztvízszint és a forráshozamok folyamatosan emelkedtek. A 2. Vízyűjtő-gazdálkodási terv elkészítése során, a Dunántúli-középhegység állapot értékelése megállapította, hogy a visszatöltődés 2015 végére 90%-ban lezajlott, de a forráshozamokban még emelkedés várható. (Gondárné et al. 2015)



2. ábra. A Dunántúli-középhegység fő karsztvíztárolójának karsztvízszint süllyedése (m) 1990-ig (Alföldi & Kapolyi 2007)

A fő karsztvíztároló regenerációja a túlzott kitermelés időszaka után önmagában tekintve jónak mondható, ugyanakkor az emelkedés problémákat is okozott. A karsztvízszint emelkedésével a rétegvizek és talajvizek felé vízátadás történt, így nemcsak a fő karsztvíztároló területén, hanem a szomszédos területeken is jelentkezett a feltöltődés hatása, amely főképpen a települési környezetben okozott károkat. A negatív folyamatok vizsgálatára és előre jelzésére az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) 2017-ben projektet indított (KEHOP-1.1.0-15-2017-00010) néven. A projekt célkitűzéseit a Kvassay Jenő Terv (Nemzeti Vízstratégia) külön is nevesíti. Az 1950-es évek második felétől kezdődően a bányászatban egyre több területen alkalmazták az aktív víztelenítést, aminek hatására a karsztvízszint jelentős mértékben lecsökkent. Emiatt a források hozama is lecsökkent, sok forrás, forráscsoport elapadt, vízfolyások száradtak ki teljesen vagy részlegesen. A vízszintcsökkenés illetve hozamcsökkenés jelentős mértékben érintette a vízellátást, mivel sok vízmű vízhozama megcsappant, így ellehetlenedett a forrásokból történő vízfelhasználás. Az 1980-as évekig folyamatosan növekedett a vízigény. A pótlásra sok helyre telepítettek vízmű

kutakat, települési vízműveket. A bányászati víztermelés növekedésével több vízmű kút működése is ellehetetlenült. Később a bányászat során emelt karsztvíz jelentős részét is bevonták a közüzemi szolgáltatásba. Az 1980-as évektől kezdődően a vízigények lecsökkentek, számos korábban létesített kutat nem üzemeltettek tovább, mert a szükséges vízmennyiséget kevesebb létesítmény is biztosítani tudta. A karsztvíztároló regenerálódása következtében a tároló teljes területén, az 1950-es évek közepére jellemző nyomásszintek jöttek létre megint. A karsztvízszint a természetes állapotokat tükrözi. Ennek következtében a korábban elapadt források jelentős része újra működik, vízhozamuk jelentősen megnövekedett. Több kút is pozitívvá vált. A karsztvízszint emelkedése és a növekvő vízhozamú források számos helyen jelentenek problémát. A már felhagyott, a nagyarányú bányászati vízemelés időszakában állandóan szárazon levő bányákban gyakorta raktak le hulladékot. Sok ilyen lerakót rekultiváltak is már, de maradt még olyan hulladéklerakó, aminek fenékszintjét a megemelkedő karsztvízszint esetleg elérheti (vagy már el is érte). A csapadékvizek oldó hatását a fedőréteggel próbálják meggátolni, mégis az alulról a hulladékot elérő karsztvízbe a hulladékban levő mobilis szennyezők be tudnak oldódni, ezáltal veszélyeztetik a karsztvizet is. Ezek a problémák lehetnek pontszerűek, mint a (pozitív kút), vonalas jellegű problémák (jellemzően nem megfelelően karbantartott árkok, vízvezetések, vízfolyások) és területi jellegű problémák (felszínhez közeli karsztvízszint okozta vizesedés, bányászati területek öregségi vizei, alábányászott területeken felszínmozgások vagy a megváltozott áramlási viszonyok következtében megváltozott karsztvíz-talajvíz, karsztvíz-rétegvíz kapcsolat). (Gondárné et al. 2017) A Gerecséhez tartozó nagy karsztos vízgyűjtőterületek ellenére nincsenek a hegység lábánál jelentősebb karsztforrások, mert a beszivárgott csapadékot teljes egészében a dorogi szénbányászattal kapcsolatos víztelenítési munkák során kiszivattyúzták már. Emiatt a 70-es években a karsztvízszint süllyedése volt tapasztalható. A Budai-hegységben a Duna mentén fakadnak a bővizű hévforrások, amiket a régi időkben létesített mélyfúrások nagymértékben veszélyeztették a források hozamát, mert ugyanazt a karsztos vízgyűjtőterület beszivárgott csapadékvizét termelik ki. A Pilis-hegység kőzete hasonló a budai hegységhez, jelentős karsztosodással, de nagyobb források itt sem fakadnak. A dorogi szénbányászat erre a területre is kihatott. Zsámbék, Perbál, Tök környékén több jelentősebb forrás fakad, amelyek vizüket valószínűleg a harmadkori mészkőből álló vízgyűjtőterületekből nyerik. A körzet hegyvidékeire évi 6-700 mm-es csapadékösszeg jellemző. A források vizét kis patakok és időszakos vízfolyások szállítják a Dunába. (Kessler 1959)

## **Bányászati tevékenység bemutatása a területen**

A karsztosodás meglehetősen bonyolult, több hatótényező által befolyásolt összetett folyamat. A karszt korrózió alatt a mészkövek oldásos vagy denudációs folyamatait értjük. A karszt főleg a mészkőnek, mint hegységet alkotó kőzetnek és hozzákapcsolódó természeti jelenségeknek a fejlődési állapota, amely a sajátos kőzetminőségek, térben és időben változóan megnyilvánuló, geológiai, klimatológiai és biológiai környezeti feltételek és azok összetett hatásaként jött létre és alakult így ki. A magyar szénbányászat először az Esztergomi-medencében jellemző alakú elemekkel, barlangjáratokkal, paleo karszttal találkozott, amelynek tanulmányozása a régi igazi karszt genetikai módszerekkel, a nemzetközileg is elfogadott nézőponttal, a gyakorlatban is jól alkalmazható eredményekre vezetett. A Dunántúli-középhegység fő tömegét alkotó dolomitokból sokszor a vízbetörések figyelmeztették a bányászatot arra, hogy a karsztosodással, a karsztosodás-szerű jelenségekkel a dolomitos alaphegységben is számolni kell. A dolomitok felszíni oldódása jellemző felszíni karsztformákat nem hoz létre, hasonló formaelemekkel azonban a meszes vagy nagyobb kalcium karbonát tartalmú dolomitok lepusztulási felszínén lehet találkozni. Tiszta dolomit ásványból álló dolomit kőzet ritka, kalcitot viszont kisebb vagy nagyobb arányban mindig tartalmaz. A dolomit ásvány, és a kalcit oldhatósága lényegesen eltér és különbözik az esetleg jelenlévő magnezitétől is, ezért a korrózió előbb vagy utóbb ásványi szelekciót eredményez. (Jakucs L.) szerint az ásványos kiválasztódás végterméke az aprózódó, porló dolomit, ami akár a dolomitok karsztjelenségének is betudható. Egy összetett kutatás során, Nagyegyházán 1971-1976 között 261 bauxitkutató fúrás volt. 1986-ban készült el a csordakúti összetett kutatási zárójelentés, 1987-1988-ban a Máty, Kelet-Zsámbék kutatás zárójelentése 150x150 m-es kutatási hálózatban 312 db fúrásról volt szó. A szén kitermelésére elkezdődött bányászati műveletek során a bányászati vízkiemelés mértéke nagyban nőtt, és 1985-ben a Dunántúli-középhegység területén folyó vízkiemelés 621 m<sup>3</sup>/percre növekedett. A 30 éves szén és bauxitbányászati víztermelés során a Dunántúli-középhegység karsztrendszerében a régió teljes területén legalább 30 m-t csökkent a karsztvíz szintje. Kiapadtak a karsztlápok és az összes karsztforrás is az eocén időszi bányászat területén. A Móri-ároktól É-ra eső térségben is kiapadtak a források. Lecsökkent a budai források nyomásszintje is. A budai meleg forrásokon még nem jelentkezett a bányászati víztelenítés hatása, de a veszélyhelyzet hidrogeológiai valószínűsíthető volt. A hegység DNy-i részén elapadt a tapolcai barlangforrás és a Hévízi-tó hozama is csökkent. A bauxitbányászat miatt

kivett karsztvíz 26%-a és a szénbányászati vízkiemelések 14%-a közvetlen hasznosításra került, a többi állandó vízfolyásként távozott a térségből. 30 év alatt a térség vízháztartása teljesen megváltozott. Az OVF (Országos Vízügyi Főigazgatóság) megalakulása után a Vízirajzi Intézet jogutódjaként létrehozott VITUKI (Vízgazdálkodási Kutató Intézet) Felszínalatti Vizek Főosztályának keretében működő Karsztvíz Osztály kutatói foglalkoztak a Dunántúli-középhegység vízháztartásának vizsgálatával. Az osztály vezetői (Kessler H., Böcker T., Liebe P.) dolgozták ki a kitermelhető karsztvíz-mennyiség meghatározásához a beszivárgás számítási módszereket és vezető szerepük volt a karsztvízszint változás ellenőrzési módszereinek kidolgozásában is, valamint a karsztvízszint megfigyelő hálózat kialakításában. Évente megjelentettek karsztvízszint térképeket és vízháztartási eltéréseket elemző tanulmányokat, a kutatási jelentések és a bányavállalatokon belül működő fő geológusi szervezetek, a Bányászati Tervező Intézet és utána a Bányászati Kutatási Fejlesztő Intézet egymással karöltve követték és elemezték a bányászati karsztvíz kérdésekben a szakmai vonatkozásokat és felhívták a figyelmet a várható nehézségekre és következményekre is. A kutatások által bebizonyították, hogy rendszeres mérések hiányában a két legfontosabb tényező, a beszivárgás, és a vízelvonás mértékének alakulása csak nagy bizonytalansággal számítható. A karsztvízszint csökkenés és a vízelvonás közötti szoros ok-okozati összefüggés alapján megállapodtak abban, hogy a kitermelhető vízhozam elfogadható biztonsággal meghatározható. Az államigazgatás a tervezett bányászatot, a víztermelés korlátozását, megelőző intézkedések vállalásával, víz visszatáplálási módszerek alkalmazásával és a kitermelésre kerülő karsztvíz felhasználásának lehetőségével keresték a megoldást. (Alföldi & Kapolyi 2007)

### **Főbb szabályozások és törvények**

A karsztvízszintek mérőhálózatát 1952-ben, a rétegvízszintekét pedig 1966-ban kezdték kiépíteni. A hálózat mélyfúrású kútjainak száma 1966-ban 68 (a karszt és rétegvíz kutak együttesen), 1980-ban 641, 1995-ben 275 volt. A karsztvízszint észlelő hálózat főképpen a Dunántúli-középhegységben épült ki az ottani bányavíz emelések hatásának figyelemmel kísérése céljából. A rétegvízszint észlelő hálózatot főképpen az Alföldön, jobbra az üzemen kívüli termelő kutakat hasznosítva fejlesztették ki. A Magyar Állami Földtani Intézet által módszeresen kiépített, főképpen erre a célra létesített kútjainak nagy része az Alföldön van. A bósi-nagymarosi vízlépcsőrendszer létesítésével kapcsolatosan épült ki a nyolcvanas években a Duna mentén, főképpen a Szigetközben a talajvízszint és a talajvízminőség mérési



hálózata is. A mélyfúrású kutak észlelőhálózatának fejlődésével párhuzamosan fejlesztették a kutak vizsgálatának módszereit is. Előrehaladás volt az ország felszín alatti vizeinek megismerésében a kútfúrás módszereinek kifejlődése és az a körülmény, hogy a 19. században a víz igény megnőtt a lakosság részéről. Ezért az artézi kutak kiépítése is megindult és a bennük lévő vízminőség és vízmennyiség is fontos szempont lett. Az 1885. évi vízjogi törvény szabályozza a mélységi vizek feltárását és a mélyfúrású kutak építését, a védőterületek kijelölését, az 1982-ben kiadott földművelésügyi miniszteri rendelet pedig a fúrt kutak építéséhez szükségessé teszi a geológiai szakvélemény beszerzését. A forráshozamok, a felszín alóli víztermelés mennyiségének mérési módszerei a forrásvizek, a mélyfúrású kutak vizének egyre fokozódó mértékű hasznosítása következtében nehezítve, de fejlődött a rendszer. A Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány és Földtani Tanszékén Papp Ferenc 1950-ben indította el Magyarország hévforrásainak és hévízkútjainak rendszeres vízhozam és víz hőfok mérését, valamint a jósvafői karsztvízkutató állomás tevékenységét. A VITUKI-ban, ugyancsak 1950-ben, Kessler Hubert létesítette a források hozamának mérési hálózatát és használta a hagyományos hozammérő berendezések mellett a betétgyűrűs vízhozam mérő lapot. (Ivicsics & Liebe 1997)

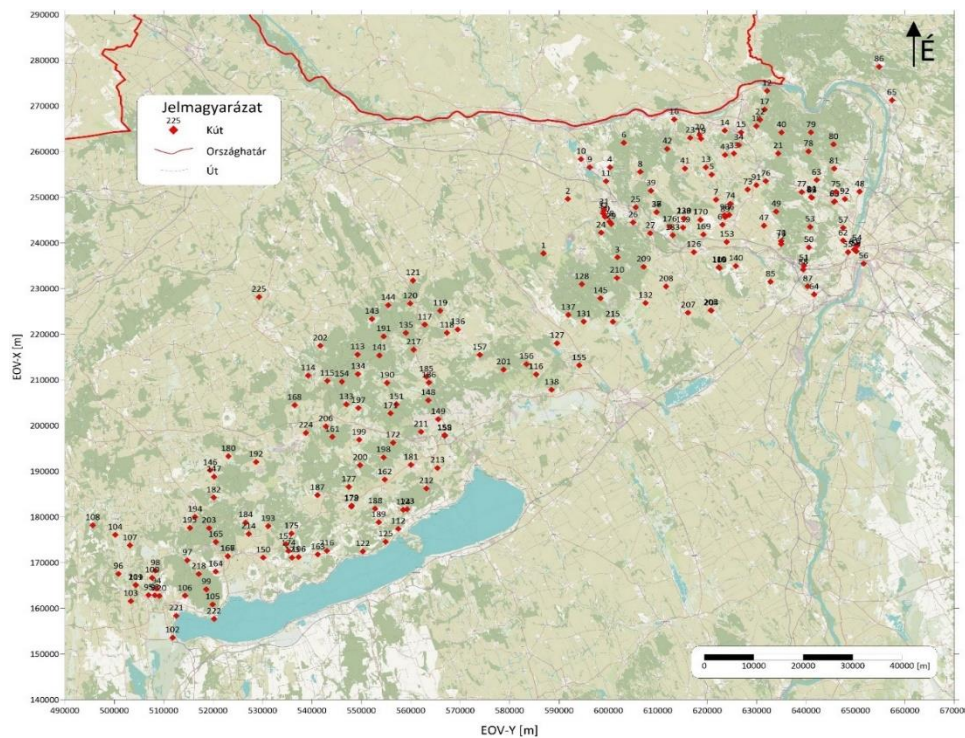
### **A karsztvizek jelentősége társadalmi szempontból.**

A karbonátos kőzetek a Föld jég és vízmentes területek közel 12%-át, más források szerint 20%-át teszik ki. Ezen belül is csak 7-10%-ban alakultak ki a jellegzetes, karsztos formák és a felszín alatti vízrendszerek, de az emberiség kb. 1/4-e-1/5-e, de legalább 50 millió km<sup>2</sup> lakott terület, nagy városok és iparvidékek nyelik innen a vízellátásukat, mert a karsztforrások a legbővízűbbek a világon. Szlovéniában a karsztvíz biztosítja a lakosság többségének a vízellátását. Ez már önmagában is elég indokkal szolgál a karsztok tanulmányozásához, melyek főleg a Föld északi féltékén terjedtek el. Ezért nagy a nyomás, hogy újabb vízkincseket kell felfedezni és a már meglévőket tovább kell vizsgálni a fenntartható hasznosítás céljából. A karsztvizek azért is olyan értékesek, mert viszonylag gyorsan megújuló erőforrásokról van szó. Viszont a karsztos területeken, ha a felszínen vízhiány van és a felszín alatti készletek megtalálása sem könnyű, így a lakosság ellátásának biztosítása hasonlóan nagy kihívást jelent a szakembereknek, mint akár egy sziget vagy a sivatagos területek ellátása. A karsztos kőzetekben található a világ ásványkincseinek és energiahordozóinak jelentős része, hasonló területről indult el az ipari forradalom is. A karsztvizek túlzott igénybevételére sok eset van, melyek következményei két típusba sorolhatók. Ha a kitermelt víz a természetes vízmérleget

folyamatosan és tartósan meghaladja, akkor tartós vízszint csökkenés következik be (Pl. Dunántúli-középhegység, Urál). Azonban ha a vízfelvonás a bevétel jelentős, de nem a nagy részét teszi ki, akkor akár a 30m/l-2 hónap nagyságrendet is elérő ingadozások is kialakulhatnak. Mindkét esetben átkerül a karsztos oldás másodlagos maximum zónája (szaturációs szint), és így a karsztfejlődés is megváltozik. A bányászat a vízzáró rétegek áttörésével, fosszilis víznyelők felszínre hozásával amúgy is nagy az esély, hogy megváltoztatja a felszín alatti víz áramlását, ez a karsztfejlődésre is kihat. A karsztvizeknél nem is csak a mennyiség lehet a probléma, mivel a karsztok a szerteágazó hasadékrendszerük és az érzékeny ökoszisztémájuk miatt nagyon érzékenyek a szennyezésekre. A különféle emberi tevékenységekre, egyáltalán, a környezet bármilyen változására. Még az utak sózásából származó szennyeződés is bekerülhet a rendszerükbe. Öntisztító képességük sokkal rosszabb, mint vezető képességük. Az emberiség jó részét ellátó víztípus rendkívül érzékeny a szennyeződésekre. Másrészt a karsztos formakincsek (pl. dolinák), negatív felszíni formaként jók lehetnek a hulladék elhelyezése szempontjából. Ez sok helyen problémát okoz, mert a hulladéklerakónak használt víznyelőknek van szennyező hatása is. 25 km-rel távolabb is kimutatható a vízben a szennyezés. Ezek a problémák mind olyan területen jelentkeznek, ahol a vízgazdálkodási helyzet amúgy is egy vékony határon mozog, öngerjesztő folyamatról beszélhetünk. Az USA-ban már az 1970-es években készítettek az ilyen esetekre egy rehabilitációs programot. A víznyelőkön át pótlódó karsztvizek más kategóriába esnek, mint a csak beszivárgásból származók, utóbbi esetben jelentős pufferoló rendszer működik. Az elmúlt években kiderült, hogy a karsztos területeken nem a talajerózió jelenti a legnagyobb veszélyt, mert a kőzetszerkezeti ok miatt, elsődlegesen függőleges vízmozgások játszódnak le. A karszt kőzetek szűrő kapacitása a modern vegyi anyagokkal szemben lényegesen rosszabb a korábban gondoltnál. Kiváltképp a vékony talajréteggel bíró vagy teljesen kopár karsztokra igaz. A folyamatot a csapadék irányítja, vizsgálata tehát ebből a szempontból is nagyon fontos. Az újabb kutatások kimutatták, hogy az emberi fogyasztást jelentősen befolyásoló bakteriális szennyezés, nehezen vagy csak alig bomlik le, ha bekerült a karsztrendszerbe. A karsztok szűrő képessége a szennyezések jelentkezését késlelteti ugyan, de cserébe a kiürülésük idejét is kitolja. A karsztvizek mennyiségi és minőségi problémái általában egyszerre szoktak jelentkezni a túlzott vízkitermelés miatt, ugyanis a lecsökkenő vízszintkor, nagyobb az esély, hogy szennyezett víz juthat be a karsztba. Nagy problémát okozhat ez a tengerparti, száraz területeken, de szinte mindenhol megfigyelhető már, hazánkban is volt rá példa.

### Karsztvíz készletek és a kialakult formáik

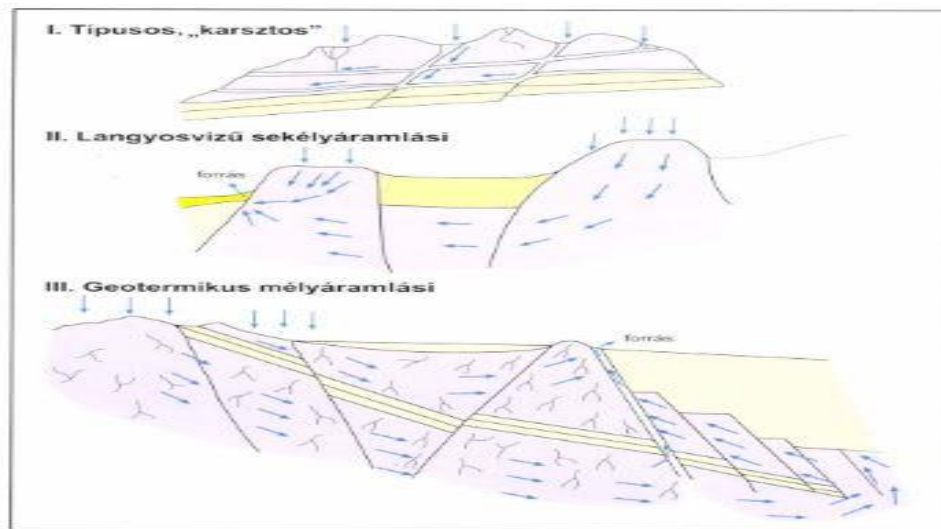
A Dunántúli-középhegységi az ország legjelentősebb karsztvíz tartó képződménye. A tárolóból fakadó, a bányászati és ivóvíz célú vízkivételek hozamának mérése már az 1950-es években megkezdődött. Ebben az időben épült ki a közel 100 forrást magában foglaló mérőhálózat, és az első karsztvízszint észlelő kutakat is ebben az időben telepítették és az újabb karsztvízre veszélyes szén és bauxitbányák megnyitása. Emiatt megnőtt a bányászati célú karsztvíz kivételének mértéke, így a 60-as évek közepére a teljes vízkivétel már meghaladta a tároló vízkészletét. A megnőtt vízkivételek következtében, az egész területre kiterjedő nyomáscsökkenést okozott, ami az egykor nagy hozamú hideg és langyos vizű források elapadásához (Tapolcafő, Tata, Bodajk), majd a peremi hévforrások hozamának csökkenéséhez vezetett (Budapest, Hévíz). 1990, márciusában a nagygyeházi bánya bezárása az ÉK-i részen, majd az év szeptemberében a nyirádi bánya bezárása a DNY-i részen elindította a tároló regenerálódását, ami néhány év alatt a fő karsztvíz tároló teljes területén éreztette hatását. A nyomásemelkedés azóta is tart. A karsztvíz túlermelés miatt a tárolóban megindult nyomásváltozások megfigyelésére 1968-ban kezdték meg a karsztvízszint észlelőhálózat kiépítését. (Csepregi et al. 2002) A hálózat ma már több mint 230 észlelőkútból áll, több mint 50%-a fel is van szerelve észlelőműszerrel (3. ábra).



3. ábra. A kutak elhelyezkedés a Dunántúli-középhegység és környezetében (forrás: Geo-Log kft)

## A felszín alatti vízáramlások

A különböző áramlások besorolásai: I. „karsztos” vízáramlási rendszer; II. langyos vizű sekélyáramlási rendszer; III. geotermikus mélyáramlási rendszer (6. ábra). A karsztos sekélyáramlási rendszer a beszivárgó víz földtani és topográfiai okok következtében nem tud egyszerű lejtő menti áramlással a felszínre jutni, hanem felszín alatti sekély áramlásra kényszerül, mialatt a víz geotermikus hatásokra egy kissé bár, de felmelegszik és ritmikusan változó hozamú langyos vizű forrás alakjában kerül a felszínre. (Schmieder 1969)



4. ábra A karsztos áramlási rendszerek fő típusai (Alföldi 1965)

## A VIZSGÁLATOK MÓDSZEREI

Négy karszt kutat vizsgáltam meg jobban. Pilisszentkereszt, Pilisborosjenő, Páty és Zsámbék területéről választottam kutat. Itt a karsztvizek mozgását, ingadozását vizsgáltam, az adott területen a csapadék mennyiségével összevetve, az elmúlt évekre visszamenőleg és ebből tudom levonni a következtetéseket. Azért ezeket a kutakat választottam, mert a korábbi vízszintmozgások jól megfigyelhetők voltak a kutak adataiban. Továbbá a Dunazug-hegység azon területén helyezkednek el ahol a fő karsztvízforrástól megfelelő távolságban vannak. Így lehet vizsgálni a tatai forrásokra ható közvetlen és közvetett hatásokat is a kutak vízszintjére kivetítve.

### A vízszintmérés menete:

Általában 2 vagy 3 fős csapatban szoktuk a méréseket végezni. Céges, terepi járművekkel megközelítjük, az adott kutat amennyire csak lehet. Majd előkészítjük a műszereket.

-elektromos vízszintmérő ez a kézi (SEBA KLL 100-35603) az, amivel a tényleges vízállást megmérjük, egy jelzést lehet hallani, amikor elérte a kútban a vízszintet

-az adatgyűjtő más néven Dataqua 4 óránként méri a vízállást, nyomásérzékelő műszerrel (DA-S-LTRB 122-3342) és ebből kábel segítségével a laptopon a smart admin program használatával tudjuk megnézni a vízállást.

-ha az általunk mért adat nem egyezik meg, vagyis 2 cm-nél több a különbség akkor frissíteni kell a szoftvert. Azért van erre szükség, mert az általunk mért adatnak egyeznie kell a rendszerben lévővel.

-ha minden rendben, akkor az adatok feljegyzése után kitöröljük az adatgyűjtőből az adatokat, mert nem túl nagy a tárhely.

-a legtöbb kút már távjelzős, ami azt jelenti, hogy az adatgyűjtő el van látva egy modemmel is, ami akkumulátorról működik. A modemben van egy sim kártya, ami a GSM rendszert használva a kút tetején lévő antenna segítségével továbbítja az adatokat, így hozzá lehet férni ezekhez az információkhoz egy honlapon keresztül

-akkor van probléma, ha nincs térerő az adott kútnál vagy lemerült az akkumulátor

Az mérési eszközök a (5. ábrán) balról-jobbra haladva a következők:

-a kút teteje, ami kék, abban van a jeladó antenna, ami továbbítja az adatokat

-a fekete az akkumulátor, ami ellátja a modemet táppal

-a szürke hosszúkás tárgy pedig az adatgyűjtő, amihez kapcsolódik egy vízállásmérő szonda is

-a laptop pedig a kút tetején található, amiben a smart admin programmal tudjuk ellenőrizni az adatokat



5. ábra A vízszintméréshez használt eszközök, 2023 (Fotó: Gyenge Lajos) Zsámbék

A kút állapot felméréseket különböző eszközökkel végeztük és abban segítettek, hogy a kutak állapotáról megfelelő képet kapjunk! Viszont a végső kérdésben nem volt számottevő befolyásuk. A méréseket a (Geo-Log kft) projektjén belül, Nagy Gergő segítségével végeztem. Főleg a kutak nyelési tulajdonságai voltak a fontosak és az, hogy az adott kút alul nyitott vagy zárt.

## **EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK**

Megvizsgáltam azt a 4 kutat, amiről itt lentebb szó van. A kútfelméréseket is elvégeztük, hogy tudjam, hogy a kutak milyen állapotban vannak. Több műszer segítségével fel lettek mérve. Megállapítottam, hogy van ahol a kút nyitott alul és gyorsabban nyel. A mélyebb kutaknál, ahol a kőzetben már nincs kialakítva a kút cső ott fontos ez igazából. A gyors nyelés az jó jelent. Azt jelenti, hogy az adott vizet, amit befecskendeztünk, megmértük, hogy mennyi idő alatt nyeli el a karszt és áll vissza az adott kút nyugalmi állapota. Ami azért fontos, mert így tudjuk, hogy a kút alja nincs beomolva vagy eltömődve.

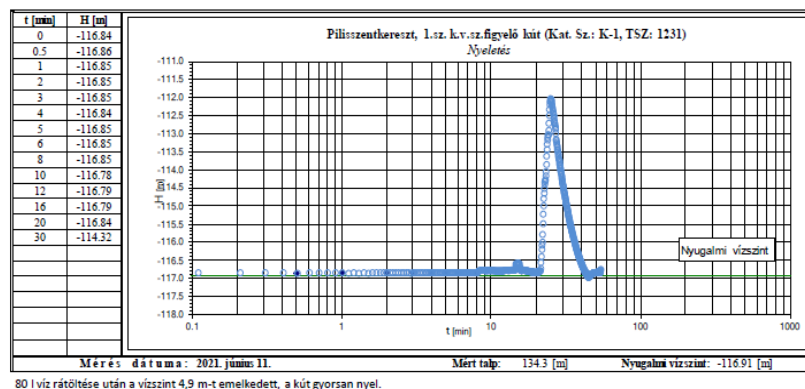
A kutak vízszintjét szondákkal tudtuk megmérni manuálisan vagy a kútban elhelyezett adatgyűjtőn is le tudtuk kérni az adatokat, ha a kutat nem tudtuk megmérni. De az a pontos mérés, ahol a kézzel mért érték és az adatgyűjtőből kinyert adat is kb. 2cm eltérésen belül van. A kutak vízszintje meg lett mérve és az adatok 20 évre visszamenőleg pontos információt szolgáltatnak a karszt kutak vízszintjeiről. Az adatokon jól látszik, hogy a 2001-es évektől folyamatosan emelkedett a kutakban lévő víz szintje. Kivétel Pilisszentkereszten, mert ott a vízszint mindig nagyon ingadozott. Összehasonlítottam a kigyűjtött csapadék értékeket (13,14,15,16,17,18-as ábrák) a kutak vízszint adataival. A csapadék adatok a 90-es évektől kezdődően emelkedtek (13,14,15-ös ábra), most viszont kb. 10 éve csökkenő tendenciát mutat a csapadék szintje (16,17,18-as ábra). Az eredmények külön-külön nem jelentősek, de ha összevetjük, akkor igen. Bár tisztán látszik, hogy a csapadék emelkedése vagy csökkenése nem befolyásolja annyira a karsztvíz szintet, mint a bányászat, csak kis mértékben. Tehát ami a korábban leírt eredményekben szerepel a bányászat hatásáról és a vízkiemelésekről azt most én is bizonyítom. A túlzott vízkiemeléseknek tudható be az alacsony karsztvízszint a területeken. A 90-es évek óta nem volt megfigyelhető olyan alacsony vízszint, pedig az utóbbi évek csapadéka egyre kevesebb volt. Kivétel ez alól Pilisszentkereszt, de ez azért van, mert amikor esik csapadék, hirtelen meg tud emelkedni a kútban a vízszint és ilyen hirtelen le is tud

esni a szint, mert alul nyitott a kút és a karszt kőzetpedésekben könnyen elfolyik a csapadék. Tehát nem tudjuk itt valójában azt, hogy mennyi karsztvíz van a mélyben, mert azt nem tudjuk megvizsgálni. A kút csöve csak egy darabig ér le és onnantól már csak a csupasz kőzet van.

### **Pilisszentkereszt, 1. sz. kút (KAT. SZ.: K-1, TÖRZSSZÁM: 1231, talpmélység: 172,6 m)**

A kútban kútszerkezet-, dinamikus és nyeletéses vizsgálatot végeztünk, melynek főbb megállapításai:

- A vizsgálat során a szondák 134,3 m mélységig jártak el.
- A lyukátmérő szelvény alapján a belső csőátmérő 124,9 m mélységig 140 mm körül mozog, 124,9 m alatt a kút nyitott.
- A kút gyorsan nyel. (6. ábra)



6. ábra a Pilisszentkereszt kút nyeletési grafikonja

### **Pilisborosjenő, Pilisborosjenő-3 (TÖRZSSZÁM: 1227, talpmélység: 180,0 m)**

A kútban kútkamera és kútszerkezet-vizsgálatot végeztünk, melynek főbb megállapításai:

- A vizsgálat során a szondák 95,2 m mélységig jártak el, itt egy beesett vízszintregisztrálót találtunk az üledékben.
- A lyukátmérő szelvény alapján a belső csőátmérő 75,5 m mélységig 233 mm körül mozog, 75,5 m mélység alatt a kút nyitott. A csőfalon sok a kiválás.

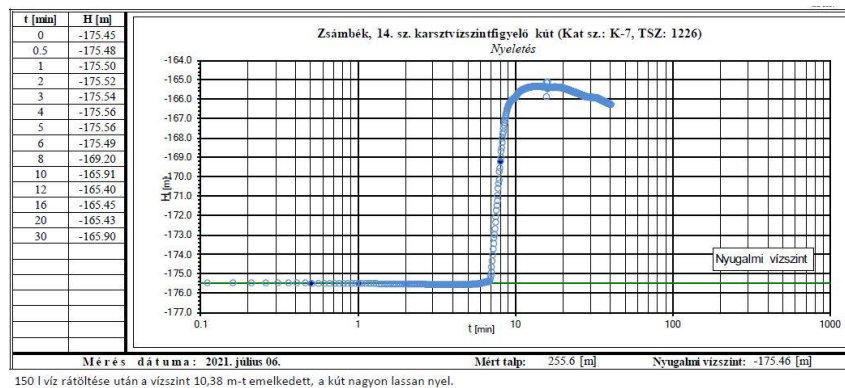
(Megjegyzés: ennél a kútnál nem történt nyeletéses vizsgálat csak kamerás, ezért nincs adat.)

### **Zsámbék, 14. sz. kút (KAT. SZ.: K-7, TÖRZSSZÁM: 1226, talpmélység: 881,3 m)**

A kútban kamerás, kútszerkezet-, dinamikus és nyeletéses vizsgálatot végeztünk, melynek főbb megállapításai:

- A vizsgálat során a szondák 255,6 m mélységig jártak el.
- A lyukátmérő szelvény alapján a belső csőátmérő 118 mm körül mozog a mérhető szakaszon, a belső felület morzsalékos üledékkel borított.
- A szűrőt nem értük el.

- A kút lassan nyel. (7. ábra)

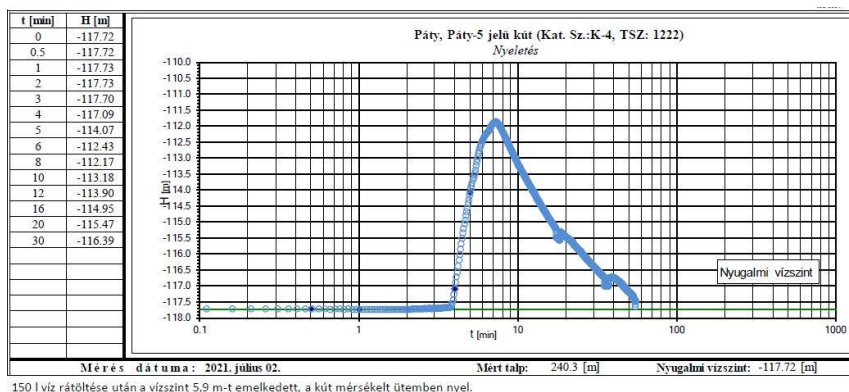


7. ábra Zsámbéki kút nyeletési grafikonja

### Páty, Páty-5 (KAT. SZ.: K-4, TÖRZSSZÁM: 1222, talpmélység: 250,2 m)

A kútban kútszerkezet-, dinamikus és nyeletéses vizsgálatot végeztünk, melynek főbb megállapításai:

- A vizsgálat során a szondák 240,3 m mélységig jártak el.
- A lyukátmérő szelvény alapján a belső csőátmérő 194,8 m-ig 128 mm körül, az alatt 90 mm körül mozog, a belső felület egyenetlen.
- A szűrő helye: 202,6 m–239,2 m mélyen van
- A kút mérsékelt ütemben nyel. (8. ábra)



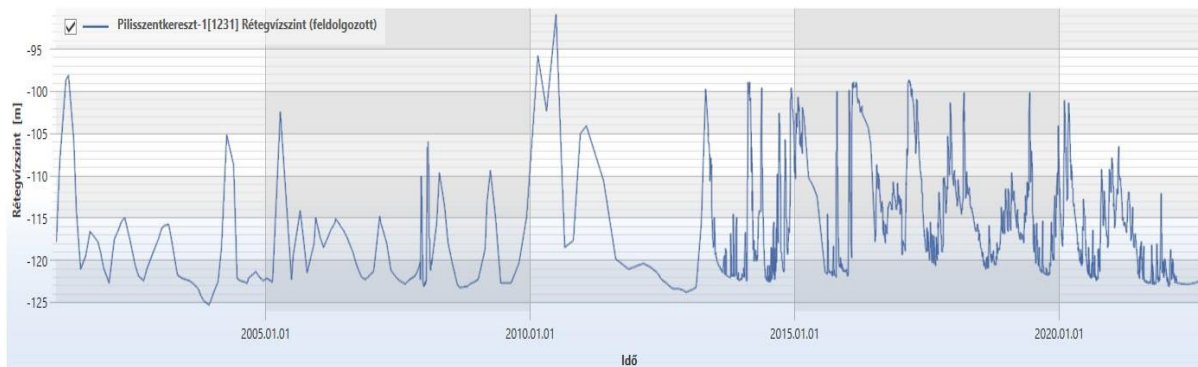
8. ábra Pátyi kút nyeletési grafikonja

A (9. ábrán) az figyelhető meg, hogy a vízszint az elmúlt 20 évben mennyire ingadozott a csapadék hatása miatt. A műszeres vizsgálatokkal kiderült, hogy a kút alul nyitott és a kút cső vége közvetlen beleér a karszt kőzetbe, aminek nem tudjuk a tényleges mélységét. Tehát nem tudjuk, hogy ez alatt a kút alatt mennyi víz lehet ténylegesen. Csak a vízszint adatok ingadozásából derül ki, hogy 2001-2013 között alacsony volt viszonylag a vízszint, de 2014-től



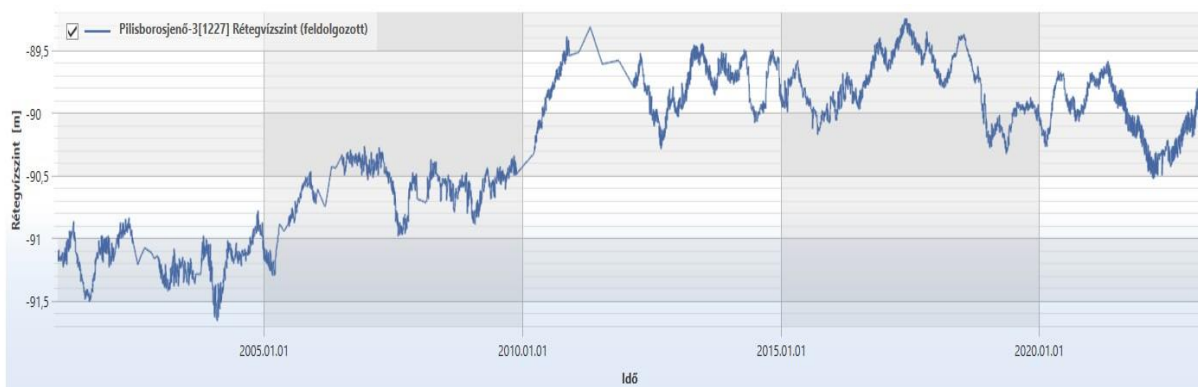
pedig el kezdett emelkedni a szint a kútban. 2014-2020-ig kb. tartottak a kőzetek egy közép magas vízállást és az utóbbi 2 évben megint az alacsony vízszint figyelhető meg!

Ennek a kevesebb csapadék az oka az utóbbi években.



9. ábra. Pilisszentkereszt 1231-es számú karsztkút vízszint változása

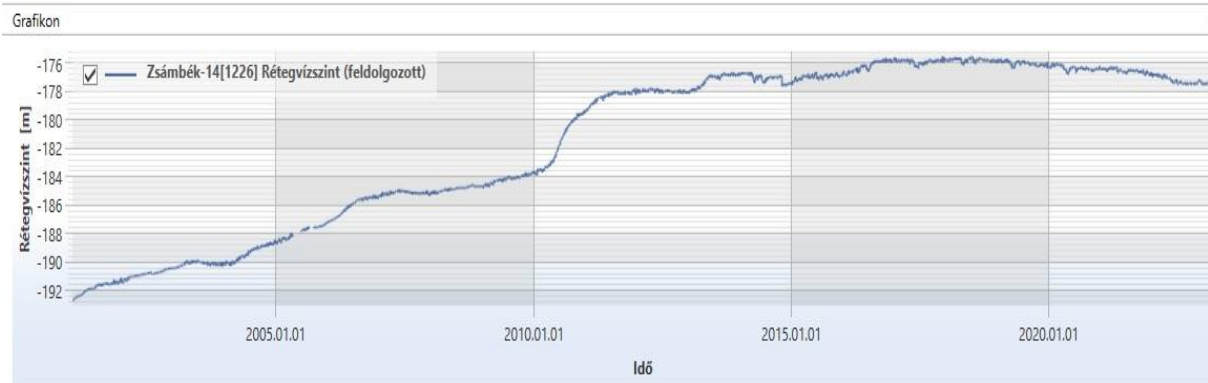
A (10. ábrán) is megfigyelhető a csapadék befolyásoló hatása, de nem annyira, mint a Pilisszentkereszt kútnál. Valószínű, hogy itt nem lehet olyan mélyen a tároló kőzet és ez által a víz is jóval feljebb van. A kútfelméréseknél megállapításra került itt is, hogy alul nyitott a kút és a cső vége a karszt kőzetben végződik. Ez a kút 75m mélység alatt nyitott csak, viszont az előző kútnál 124 m mélységnél van ugyanez. Tehát ez a kút kb. 50m-rel feljebb van. Így a víz se tud valószínűleg olyan mélyre leszivárogni, mert nincs akkora mélység. Pontosan itt sem lehet tudni, hogy mennyi víz lehet a kút alatt, pont a kút nyitottsága és a kőzet vízelvezető és víztározó képessége miatt. Viszont itt is megfigyelhető, hogy 2001-től 2010-ig alacsony volt a vízállás, majd 2011-2019-ig magas vízállás figyelhető meg. 2020-tól viszont itt is csökkenés indult meg és tart a mai napig. 2001-2018-ig 2 métert emelkedett a kút vízszintje.



10. ábra. Pilisborosjenői 1227-es számú karsztkút vízszint változásai

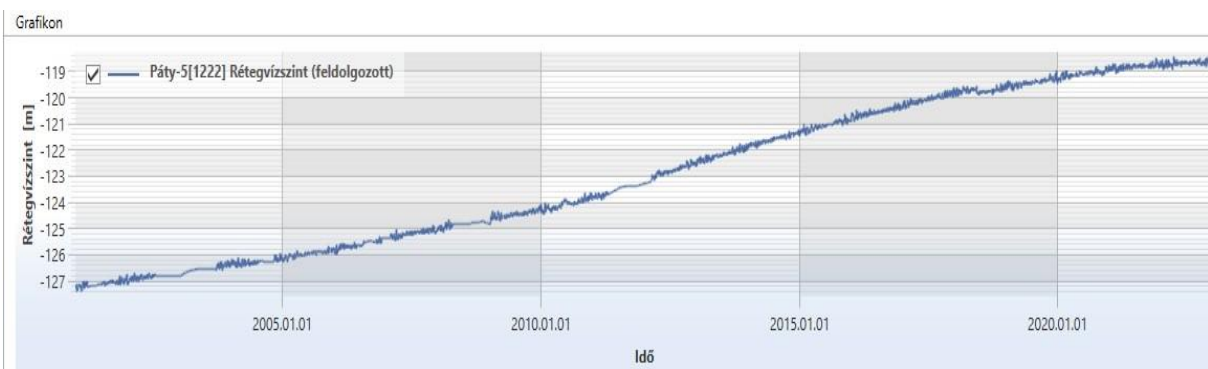
A zsámbéki kút pedig nem nyel úgy, mint az előző kettő (11. ábra). Ennek több oka is van. Az egyik az, hogy a mérések során kiderült, hogy van benne törmelék a másik pedig az, hogy nem nyitott alul. Így jobban tartja a vízszintet a kút. Tehát kevésbé ingadozik a szintje és

egyenletesebb a mért adatsor is. Itt is megfigyelhető 2001-2011-ig egy alacsonyabb vízállás, de viszont az emelkedés az egyenletes és nem hirtelen ment végbe. 2011-2022-ig egyenletesen magas a vízszint. Az utóbbi 2 évben egy kismértékű csökkenés figyelhető meg. Itt is valószínűleg a csapadék csökkenése miatt. 2001-2020-ig 16 métert emelkedett a kút vízszintje!



11. ábra. Zsámbéki 1226-os számú karsztkút vízszint változásai

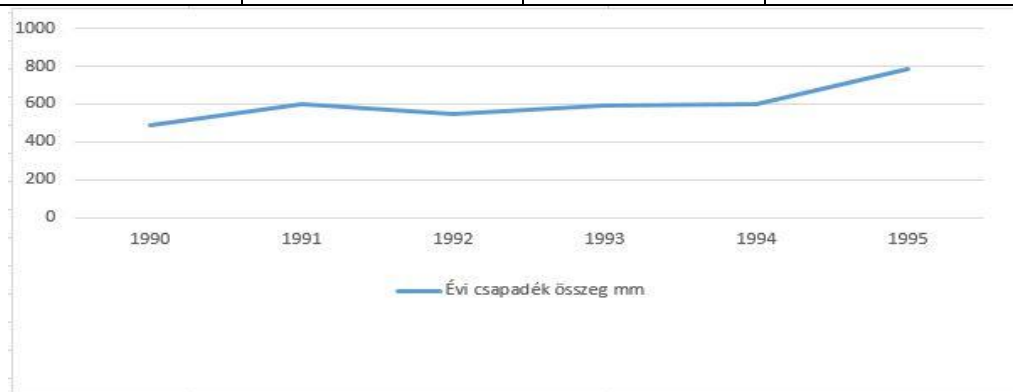
A vizsgálatok itt is kimutatták (12. ábra), hogy a kút mérsékelt ütemben nyel és a kút alja nem nyitott. Szóval a vizet jobban tartja a kút és kevésbé szívárog ki belőle a víz, mint az előző 3 kútból. Tehát a vízszint is egyenletesebb, mint az előzőekben. 2001-től egészen 2020-ig egyenletes emelkedést lehet megfigyelni. 2020-tól napjainkig egyenletesen magas a vízszint. Ennél a kútnál figyelhető meg leginkább, hogy a csapadék hiánya vagy többlete nem látványosan befolyásolta a kútban lévő vízszintet. 2001-2022-ig 8 métert emelkedett a kút vízszintje!



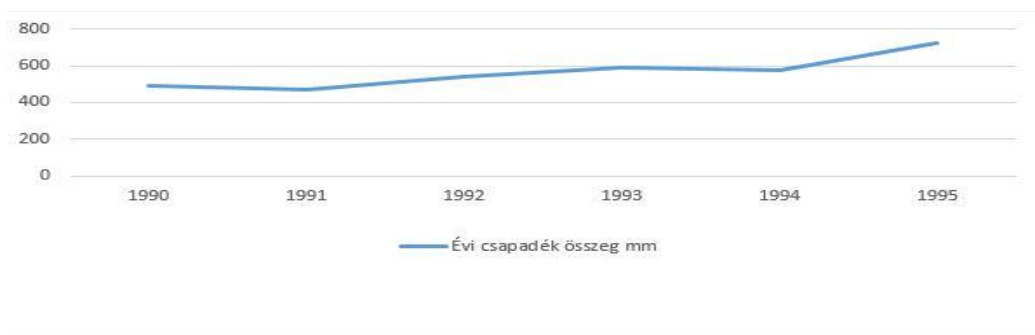
12. ábra. Pátyi 1222 számú karsztkút vízszint változásai

1. táblázat A vízszint emelkedés és csökkenés összehasonlítása

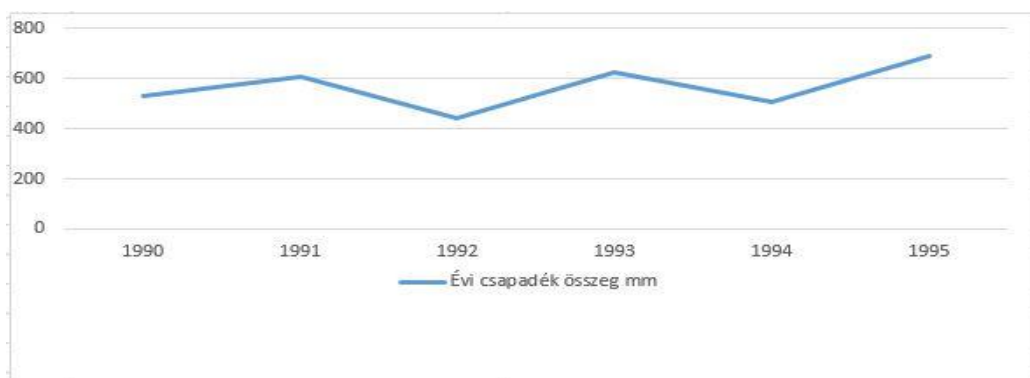
kutak	Vízszintemelkedés 2001-2020-ig (m)	Vízszint csökkenés 2020-2023-ig (m)	%-ban kifejezve a vízszint állása 2020 után
<b>Pilisszentkereszt</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>25</b>
<b>Pilisborosjenő</b>	<b>2</b>	<b>0,5</b>	<b>75</b>
<b>Zsámbék</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>87,5</b>
<b>Páty</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>100</b>



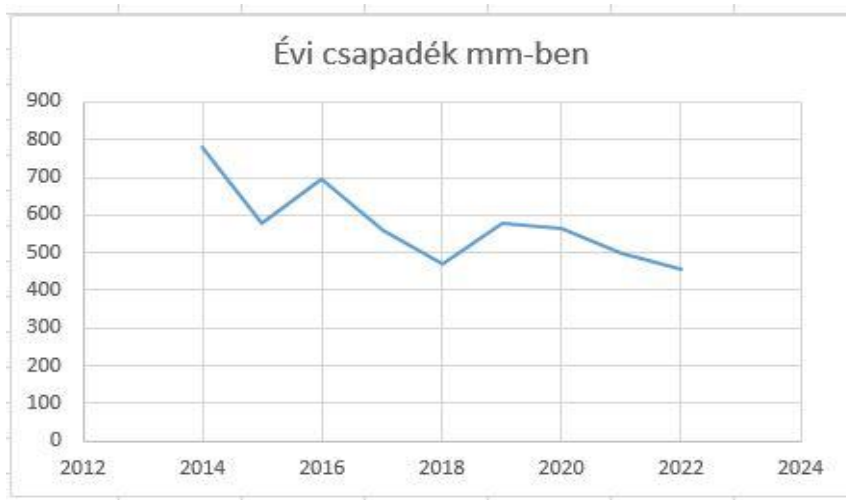
13. ábra. Tata területén hullott csapadék



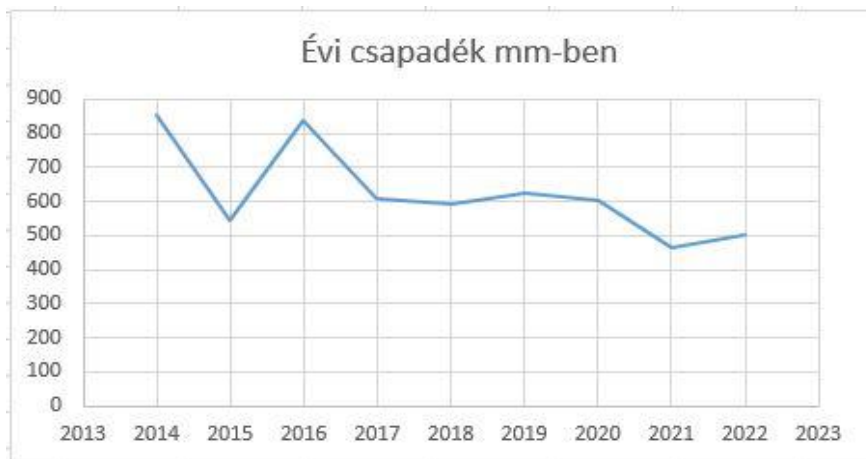
14. ábra. Tatabánya területén hullott csapadék



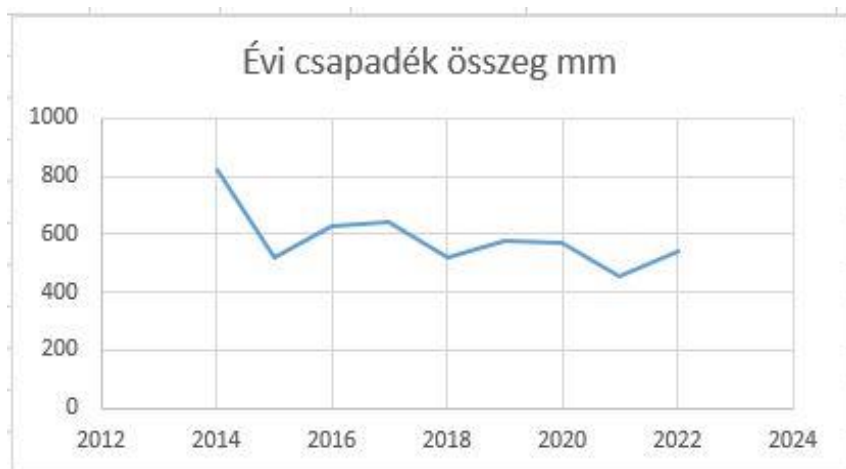
15. ábra. Páty területén hullott csapadék



16. ábra Tata területén hullott csapadék



17. ábra Tatabánya területén hullott csapadék



18. ábra Páty területén hullott csapadék

## **KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK**

Azt a következtetést tudtam levonni, hogy a bányászat hatása egészen a 90-es évek végéig nagy hatással volt a karszt víz szintjére. Miután a bányák bezártak azután a vízszint is emelkedett a kutakban. A csapadék is befolyásolta az emelkedést, de nem annyira, mint a bányászat a süllyedést. Ezt onnan is tudom megállapítani, hogy amikor a 90-es évektől emelkedett a kutak vízszintje kb. 2020-ig a csapadék szintje is emelkedett akkoriban, de a karszt víz emelkedése sokkal nagyobb ütemben zajlott le és kevésbé befolyásolta a hullott csapadék mennyisége. A fő karsztvíztároló adataival is összevettem ezt és a karsztvízszint ott is lényegesen megemelkedett az 1990-es évektől. Ezért is mondható, hogy a bányászat befejezésének tudható be a vízszintemelkedés a kutakban. Egy idő után megfigyelhetően stagnált a kutakban mérhető vízszint és a csapadék változatlan mennyiségű volt. Szintén bizonyítja ezt az állítást, hogy a csapadék nem befolyásolja akkora mértékben a szintet, mint a bányászat az pedig az, hogy most az utóbbi 10 évben csökkent a csapadék mennyisége, de a karsztvízszintet nem befolyásolta igazából, a kutak tartották a régebbi szinteket. Egy kicsit csökkent a szint, de nem látványosan (1. táblázat). Pilisszentkereszten a kútban mért vízszint ingadozása mindig nagy volt, de ez lehetséges azért is, mert a kút alul nyitott és sok víz mozog egyszerre azon a területen, ami belefolyik a karsztos kőzetbe. Könnyebben elfolyik, mint máshol. Pilisborosjenőn is megfigyelhető a vízszint ingadozása, de ott is nyitott alul a kút és a karszt víz itt is úgy gondolom, hogy emiatt könnyebben távozik, de nem akkora mértékben, mint Pilisszentkereszten, mert itt nem olyan mély a karszt alap kőzet alul. Zsámbékon kb. 2015-óta egyenletes a vízszint, Pátyon pedig kb. 2020-tól egyenletes a vízszint. Pilisszentkereszten, Pilisborosjenőn, Zsámbékon kb. 2011 környékén volt egy hirtelen emelkedés ugrás és azóta ezeknél a kutaknál kismértékű emelkedés, majd az utóbbi években csökkenés vagy stagnálás figyelhető meg. Pátyon pedig lassú emelkedés után elérte a vízszint a maximumot 2020 környékén. A javaslatom pedig az lenne, hogy meg kell óvni valahogy a karszt vizeinket, de most már nem a bányászat a legfőbb veszély, hanem a szennyező anyagok bekerülése a karszt rendszerbe és a vízhasználat miatti kivétel. Ebből a zárt rendszerből ugyanis nagyon nehezen vagy egyáltalán nem ürülnek ki a káros anyagok. Ezért is nagyon érzékeny ez a rendszer és nagyon kell rá vigyáznunk! Figyelni kell a karsztvízgyűjtő területekre és a kőzet repedéseinél is ahol befolyik a csapadékvíz, hogy a terület tiszta legyen, ne legyen káros szennyező anyag sehol, ami esetleg bekerülhet. A nitrát bemosódása a rendszerbe például elég komoly probléma lehet.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkem célja az volt, hogy a kiválasztott karszt kutakban lévő vízszintingadozásokat az elmúlt 20 évre visszamenőleg az éves csapadékösszegekkel összehasonlítva, a bányászat negatív hatását tudjam igazolni.

A vizsgálati módszerekben részletesen leírom, hogy miért pont azt a 4 kutat választottam, amiket és ezek miért mások, mint a többi kút. Egyrészt azért választottam őket, mert az elmúlt 20 évben érdekes vízszintingadozást mutattak, másrészt pedig az elhelyezkedésük miatt jól tudtam reprezentálni az adott terület karsztvízszint ingadozását az éves csapadék összegekkel összevetve. A kutak vízszintjeinek a mérése és az adatok feldolgozása volt az elsődleges célom, amivel a későbbiekben az éves csapadék adatokat össze tudtam hasonlítani. A mérésnek a folyamatát részleteztem az adott műszerekkel és a kútfelméréshez használt műszereket is leírtam, hogy mit mértünk és hogyan.

Kielemeztem a 20 évre visszamenő karsztvízszinteket a vizsgált kutakban és kiértékeltem őket egy-egy grafikon segítségével. A csapadék adatokat pedig szintén grafikonok segítségével ábrázoltam és hasonlítottam össze a kutak vízszint emelkedési görbéjével. A kutakról készült felmérések segítettek abban, hogy megtudjuk az egyes paramétereiket, hibáikat meg azt, hogy az adott kút esetleg nyílt alul és a karszt kőzetben végződik vagy sem. A víznyelés sebességéről és mértékéről is készítettem grafikonokat és egy összehasonlító táblázatot a vízszintemelkedést és csökkenést összehasonlítva. A javaslatom pedig az, hogy a bányászatot a jövőben sem szabad engedélyezni, legalábbis nem ekkora vízkivétellel. A jövőben kevés víz lesz mindenhol, ezért a lakossági vízhasználatra is figyelniünk kell! Az emberi szennyező forrásokra is, hogy ne mosódjanak be a karszt rendszerbe. A nitrát az egyik ilyen anyag, ami leginkább a mezőgazdaságból kerülhet be. Az ipari hulladékból vagy a kommunális szemétből is kerülhetnek be szennyező anyagok, ha nem megfelelően kezeljük ezeket!

Minden következtetést összevetve sikerült úgy alátámasztanom azt az állításomat mi szerint a kutak vízszintjére se a csapadék mennyiség, se az emberi vízhasználat nincs olyan hatással, mint amilyen mértékben a bányászat volt. Tehát a feltételezésem, hogy a karsztvízszint nagymértékű ingadozása a bányászatnak volt köszönhető, igaznak bizonyult!

## IRODALOMJEGYZÉK

- Veres, Zs., <https://akovekmeselnek.hu/Geok%C3%A9kt%C3%BAra/visegradi-hegyseg-pilis-budai-hegyseg/>, (2020.04)
- <https://foldrajzmagazin.hu/magyarország/a-dunantuli-kozephegyseg/>, (2019.02)
- Juhász, Á., <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/pannon-pannon-enciklopedia-1/magyarország-foldje-1D58/magyarország-tajai-2807/a-dunantuli-kozephegyseg-juhasz-agoston-2B16/a-dunazug-hegyvidek-2B81/>, (1989.január)
- Gondárné Sőregi Katalin, Kovács Balázs, Könczöl Nándorné, Modrovits Kamilla, Molnár Mária, Vatai József, Weiser László (2015): A Dunántúli-középhegység karsztos víztestjei. Vízyűjtő-Gazdálkodási Terv. Felszín alatti vizek mennyiségi állapotának meghatározása. 6-4-5 háttéranyag. Jelentés. OVF adattár
- Gondárné Sőregi Katalin, Jordan, H, Kovács Balázs, Könczöl Nándorné, Modrovits Kamilla, Molnár Mária, Vatai József, Weiser László Smaragd-GSH Kft - A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotörögztítése, a várható emelkedés modellezése, KEHOP-1.1.0-15-2017-00010, Veszélyeztetett területek lehatárolása a regionális és a helyi modellezés együttes értelmezése alapján.
- Kessler, H., (1959): Tanulmányok és kutatási eredmények 7. szám, Az országos forrásnyilvántartás Dunazugi Körzet, VITUKI, Budapest, 122 p.
- Alföldi, L., Kapolyi, L., (2007): Bányászati Karsztvízszint-Süllyesztés A Dunántúli-Középhegységben, MTA, Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 144 p.
- Ivicsics, L., Liebe P., (1997): A vízrajzi észlelés, adatgyűjtés és közreadás fejlődése Magyarországon (vízrajzi füzetek) Videx-Vision, Budapest, 40 p.
- Csepregi András, Pironon Joseph, Ronchi Peter, (2002): A Dunántúli-középhegység fő karsztvíztárolója vízforgalmának modellezése, (Budapest)
- Schmieder, A., (1969): A Dunántúli Magyar Középhegység karsztvízföldtani viszonyai és a fő karsztvíztárolóban érvényesülő vízmozgás dinamikai paraméterei; BKI 13-2/69T sz. kutatási jelentés, (Budapest)