Smaragd-GSH Kft.
Vízgazdálkodás és Környezetvédelem
www.smaragd.hu

A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010

Veszélyeztetett területek lehatárolása a regionális és a lokális modellezés együttes értelmezése alapján

ISO 9001 & 14001
QEM HU 3 34 299 11
www.ecomcert.org

TERVLAP

Projekt megnevezése:	A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010
Részfeladat megnevezése	Veszélyeztetett területek lehatárolása a regionális és lokális modellezés együttes értelmezése alapján
Megrendelő	Országos Vízügyi Főigazgatóság 1012 Budapest, Márvány utca 1/D.
Vállalkozó	Smaragd GSH Kft. 1114 Budapest Villányi út 9.
Végrehajtás ideje	2021.07.15.

Projektvezető és a jelentést készítette	Gondárné Sőregi Katalin okl. geológus Mérnöki kamarai nyilvántartási szám: 13-8286 VZ-TEL, VZ-TER, VZ-VKG, SZKV-1.1., SZKV-1.3., SZVV-3.1. SZVV-3.9. SZVV-3.10.
Témafelelős és a jelentést készítette	Vatai József okl. geológus Mérnöki kamarai nyilvántartási szám: 01-9574 VZ-TEL, VZ-TER, VZ-VKG, SZKV-1.1., SZKV-1.3 Modrovits Kamilla okl. geológus
Hidrodinamikai modellezés	Kovács Balázs PhD okl. bányamérnök-hidrogeológus mérnök Molnár Mária okl. bányamérnök-hidrogeológus mérnök Modrovits Kamilla okl. geológus
Térinformatika, digitális térképek szerkesztése	Könczöl Nándorné térinformatikus mérnök Weiser László okl. geológus

Gondár Sőrj Katalin

……..

Jóváhagyta:

Gondár Károly

……..

Gondár Károly Ügyvezető

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés 6
2. Veszélyeztetett területek bemutatása a tényleges állapot alapján 8
2.1 Adatforrások, információgyűjtés, terepi felvételezés 8
2.2 A problémák általános ismertetése 10
2.2.1 Források vízhozamának emelkedése 11
2.2.2 Fúrt kutak okozta problémák 11
2.2.3 Vonalas jelenségek, vízelvezető árkok, csatornák 12
2.2.4 A bányászat hatásai 13
1.1 Felszíni, külfejtéses bányák hatása 13
2.1 Öregségi vizek 14
3.1 Felszínmozgások, süllyedések 15
4.1 A bányatérségek elöntöttségének vizsgálata 18
2.2.5 Áramlási viszonyok megváltozása 19
2.2.6 Szennyezőforrások 19
2.3 A problémák részletes bemutatása 20
3. A veszélyeztetett területek lehatárolása numerikus modellezés alapján 30
3.1 Módszertan ismertetése 30
3.1.1 Előrejelzett karsztvízszint és a terepszint különbsége 35
3.1.2 Fajlagos védettség meghatározása fedett karsztos területeken 35
3.2 A veszélyeztetett területek részletes bemutatása 42
3.2.1 Karmacs – Hévíz – Cserszegtomaj – Rezi terület 43
3.2.2 Keszthely – Gyenesdiás – Vonyarcvashegy – Balatongyörök terület 43
3.2.3 Sümeg-Dél terület 43
3.2.4 Csabrendek – Gyepükaján terület 44
3.2.5 Gyulakeszi – Tapolca – Monostorapáti – Kapolcs terület 45
3.2.6 Kékkút – Mindszentkálla – Köveskál terület 45
3.2.7 Balaton parti (Zánka – Felsőörs) terület 46
3.2.8 Pécsely – Balatonszőlős terület 46
3.2.9 Öcs – Pula – Nagyvázsony – Tótvázsony terület 46
3.2.10 Balatonalmádi – Balatonfűzfő terület 47
3.2.11 Litér – Királyszentistván terület 47
3.2.12 Bánd – Márkó – Veszprém – Hajmáskér terület 47
3.2.13 Berhida – Pétfürdő – Öskü terület 48
3.2.14 Várpalota - Inota terület 48
3.2.15 Csór terület 49
3.2.16 Bodajk - Fehérvárcsurgó terület 50
3.2.17 Pápakovácsi – Pápa terület 51
3.2.18 Tata terület 52
3.2.19 Vértesszőlős – Tatabánya terület 53
3.2.20 Süttő – Lábatlan – Nyergesújfalu terület 54
3.2.21 Esztergom terület 54
4. Javaslatok 55

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: A felmérés során felkeresett helyszínek elhelyezkedése 9
2. ábra: Nyirád környéki bauxitlencsék elöntése 2016 (Smaragd GSH Kft. alapján) 15
3. ábra: Felhagyott bányatelkek Várpalota környékén..... 16
4. ábra: Feszültségmérleg a vízzel telített porózus közegben (Freeze és Cherry 1979 [7] nyomán). 17
5. ábra: A Dunántúli-középhegység csapadék mennyiségének 10 éves átlagai 30
6. ábra: A különböző szcenáriók modellezett éves csapadék mennyisége 31
7. ábra: A fajlagos védettség számítása Maller (2012) alapján..... 33
8. ábra: A karsztvíztároló, fedő és karsztvízszint kapcsolata, ahol A: a potenciometrikus szint a karsztvíztároló felszínéhez viszonyítva, B: a fedővastagság. 36
9. ábra: A különböző litológiájú képződményekre vonatkozó fajlagos védettségi érték, ahol P a nyomás, k_i az adott réteg vastagsága és m_{1-5} az adott réteg fajlagos védettségi értéke. 37
10. ábra: Területek, ahol a regionális modell alapján számolt 2030_pesszimista korrigált karsztvízszint potenciometrikus szintje a terepszint fölött van..... 39
11. ábra: Területek a Dunántúli-középhegységben, ahol a karsztvíztároló fedőrétegének vastagsága < 50 m 40
12. ábra: Azok a területek, ahol a regionális modell alapján kalkulált vízszint a karsztvíztározó felszíne fölé emelkedik, és a tároló felszínén számított hidraulikus emelkedési magasság értéke meghaladja a fedő vastagságát..... 41

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: Emelkedő vízhozamú a vízfolyások mért hozamok alapján 13
2. táblázat: A karsztvízszint emelkedéséből származó problémák a k.4.1. karsztvíztesten..... 21
3. táblázat: A karsztvízszint emelkedéséből származó problémák a kt.4.1. karsztvíztesten..... 22
4. táblázat: A karsztvízszint emelkedéséből származó problémák a k.4.2. karsztvíztesten..... 22
5. táblázat: A karsztvízszint emelkedéséből származó problémák a k.1.1. karsztvíztesten..... 24
6. táblázat: A karsztvízszint emelkedéséből származó problémák a k.1.2. karsztvíztesten..... 26
7. táblázat: A karsztvízszint emelkedéséből származó problémák a k.1.4. karsztvíztesten..... 28

MELLÉKLETEK

1. melléklet: Fotódokumentáció

TÉRKÉPMELLÉKLETEK

1. térképmelléklet: Veszélyeztetett vagy károsodott területek a Dunántúli-középhegységben a tényleges állapot alapján
2. térképmelléklet: Veszélyeztetett területek meghatározása a regionális és lokális modellek alapján a 2030-ra prognosztizált pesszimista karsztvízszint alapján

DIGITÁLIS MELLÉKLETEK

Sorszám	Fájlnév	Tartalom
1.	*01_Dkhg_veszelyeztetett teruletek_felmeres alapjan.xlsx*	Veszélyeztetett vagy károsodott területek a Dunántúli-középhegységben a tényleges állapot alapján
2.	*02_Dkhg_veszelyeztetett területek_banyak.xlsx*	A Dunántúli-középhegység működő és bezárt bányáinak fedő és fekü szintjei MBFSZ adatok alapján
3.	*03_Dkhg_veszelyeztetett teruletek_Bakonykarszt vizminoseg.xlsx*	Bakonykarszt Zrt. vízműveit érintő vízminőségi problémák

DIGITÁLIS FÜGGELÉK

1:10 000-es topográfiai térképek a veszélyeztetett területek feltüntetésével

1. BEVEZETÉS

A Dunántúli-középhegységi főkarsztvíztároló a bányászati célú karsztvízszint süllyesztés időszaka után (1960-1989) az 1990-es évek eleje óta regenerálódott, a karsztvízszint és a forráshozamok folyamatosan emelkedtek. A 2. Vízgyűjtő-gazdálkodási terv elkészítése során, a Dunántúli-középhegység állapot értékelése megállapította, hogy a visszatöltődés 2015 végére már közel 90%-ban lezajlott, a forráshozamokban azonban még emelkedés várható (*Hydrosys Kft.-Smaragd-GSH Kft. 2015*) [14].

A főkarsztvíztároló regenerációja a túlzott kitermelés időszaka után önmagában tekintve kívánatos jelenség, ugyanakkor az emelkedési folyamat problémákat is okozott. A karsztvízszint emelkedésével a rétegvizek és talajvizek felé vízátadás történik, így nemcsak a főkarsztvíztároló területén, hanem a szomszédos területeken is jelentkezik a feltöltődés hatása, amely főképpen települési környezetben károkat is okozott.

A negatív folyamatok vizsgálatára és előre jelzésére az Országos Vízügyi Főigazgatóság (Továbbiakban: OVF) 2017-ben projektet indított (KEHOP-1.1.0-15-2017-00010). A projekt célkitűzéseit a Kvassay Jenő Terv (Nemzeti Vízstratégia) külön is nevesíti.

A projekt célja a karsztvízszint emelkedése miatt jelentkező problémák ismeretében, a Dunántúli-középhegység karsztvíz-készletgazdálkodási állapotértékelésén, annak modellezésén keresztül az emelkedő karsztvízszint okozta jelenségek felmérése, környezetvédelmi, természetvédelmi, földtani értékelő feladatok ellátása, vízkészlet-gazdálkodási célkitűzések és feladatok megfogalmazása.

A projekt több részfeladatból tevődik össze, a projekt első fázisában a teljes Dunántúli-középhegység területére (~16 555 km^2) vonatkozó regionális tranziens numerikus modellezése történt meg – elsősorban vízháztartási és állapotértékelési célú modellezéshez. A regionális modell célja volt, hogy szimulálja az 1951-től 2019-ig tartó időszakot és a lehetőségekhez mérten megfelelő mértékben visszaadja a bányászati vízkivételek által okozott vízszintcsökkenés és a visszatöltődés folyamatát, valamint a karsztvízszint előrejelzése egészen 2030-ig. A regionális modell esetén az előrejelzés három csapadék szcenárió (pesszimista, átlagos, optimista) szerint történt meg. A regionális modellezés eredményei alapján egy, a teljes középhegységet átfedő veszélyeztetettségi vizsgálat is megvalósult (*4. részfeladat: Veszélyeztetett területek lehatárolása*).

A projekt következő fázisában a regionális léptékű modellen túl szükség volt a kritikus helyeken – ahol a legnagyobb vízkárok jelentkeznek – lokális modellek kialakítására, amik segítik a döntéshozatalt és előrejelzést. Az 5 db lokális modell az alábbi területekre készült el: Bodajk, Tata, Csór, Fehérvárcsurgó és a Hévízi-tó – Keszthelyi hegység területe. A lokális modellezés 2003-2030 időszakra készült. Bodajk, Fehérvárcsurgó, Csór, és Tata területeken a modellezés célja elsősorban a veszélyeztetettség pontosítása volt, így a modellek futtatása a pesszimista verzió szerint történt. A Hévíz-Keszthelyi-hegység lokális modell esetében, mind a három (pesszimista, optimista, átlagos) változatot is elkészítettük annak érdekében, hogy a lokális modell vízkészlet-vízgazdálkodási kérdések megválaszolására is alkalmas legyen (*6. részfeladat:5 db lokális modell elkészítése)*.

Jelen dokumentáció a projekt 4. részfeladatának (Veszélyeztetett területek lehatárolása) jelentés eredményeit egészíti ki, a lokális modellek eredményei alapján.

A jelentés két fő részből tevődik össze.

- Az első részben a tényleges állapotot tekintjük át, bemutatva azon területeket, ahol a karsztvízszint növekedése már eddig is problémát okozott, vagy jelenleg is okoz. A veszélyeztetett területek közül sok helyen a problémák már évekkel ezelőtt megjelentek.

Ezekkel a problémákkal már korábban is foglalkoztak, sok helyen (pl.: Csór, Tata) igyekeztek ezekre megoldásokat találni. A projekt keretében ezeket a korábban a települések, vízügyi igazgatóságok által jelzett és összegyűjtött, valamint a korábbi terepi felmérésünk során (*Smaragd GSH Kft. 2019*) [1] megismert problémákat újra számba vettük, azokról egy összefoglaló értékelést készítettünk.

- A második részben a veszélyeztetett területeket a regionális numerikus modellezés eredményei, a 2030-ra készített prognosztizáció alapján határozzuk meg (*Smaragd GSH Kft. 2020*) [3][4], valamint azokon a területeken, ahol lokális modell is készült az ezek alapján pontosított eredményeket vettük figyelembe (*Smaragd GSH Kft. 2020*) [5][9].

2. VESZÉLYEZTETETT TERÜLETEK BEMUTATÁSA A TÉNYLEGES ÁLLAPOT ALAPJÁN

2.1 Adatforrások, információgyűjtés, terepi felvételezés

Az állapotértékelés elsősorban a projekt keretében 2019-ben elvégzett forrás felmérésre és kataszterezésre alapul (*Smaragd GSH 2019*) [1]. Ezen felül az OVF és a vízügyi igazgatóságok összeállítottak egy adatbázist az általuk ismert problémákról.

A fenti ismeretek kiegészítésére az érintett települési önkormányzatok, és vízművek számára egy rövid kérdőívet tartalmazó levelet küldtünk ki.

A mintegy 350 felkeresett önkormányzat közül 56 önkormányzat jelzett vissza levélben, továbbá néhány önkormányzat telefonon. Voltak olyan önkormányzatok (Tata, Pétfürdő), akik személyesen mutatták be a jelenleg is aktuális problémáikat, illetve az eddigi problémakezelési megoldásokat.

Az önkormányzatok mellett a Fejérvíz Zrt., a DRV Zrt. és a Bakonykarszt Zrt. jelzett fennálló és megoldásra váró problémát. Közülük a leginkább érintett a Bakonykarszt Zrt. üzemeltetése alatt álló vízbázis területek.

Ezek mellett a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóságtól kaptunk a veszélyeztetettséghez kapcsolódóan az ismert és feltárt szennyeződésekről adatokat, melyek legtöbbje a kármentesítés valamilyen szakaszában tart.

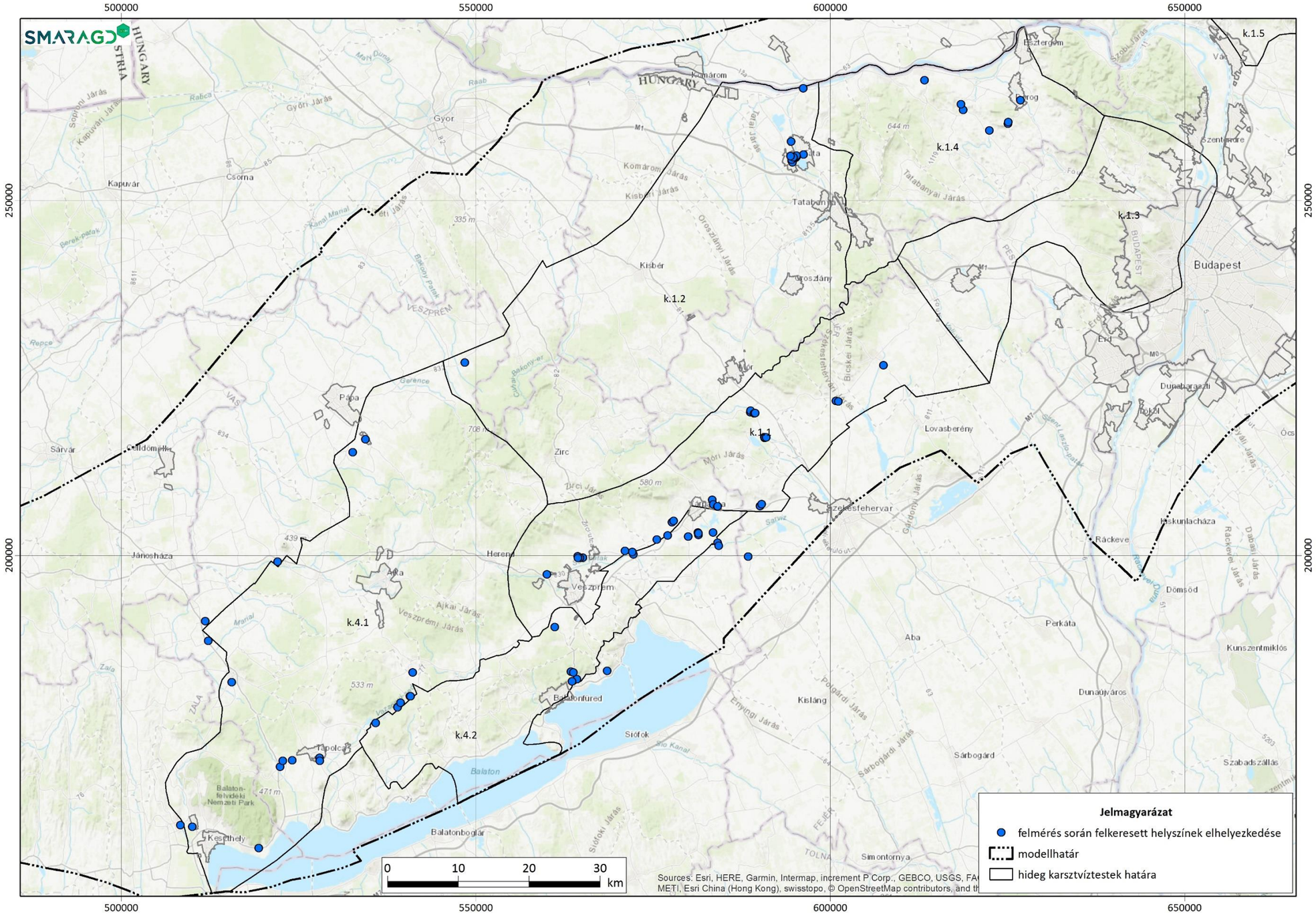
Az összegyűjtött adatokat rendszereztük és igyekeztünk minden feltűntetett helyszínt megkeresni, lehetőség szerint a kapcsolatot felvéve az illetékes önkormányzattal.

Összesen 74 olyan helyszínen jártunk, ahol valamilyen karsztvízszint emelkedés okozta problémáról rendelkezünk ismeretekkel (***1. ábra***). A helyszínen fotókat készítettünk, amelyekből fotótáblákban dokumentáltuk a helyszíneket (***1. melléklet/Fotódokumentáció)***. A fotódokumentációt karsztvíztestenként, azon belül települési sorrendben rendeztük.

A problémákat a terepi bejárás, az önkormányzatokkal történt konzultáció, és a vízügyi igazgatóságok észrevételei alapján táblázatos formában összegeztük ***(2. táblázat-7. táblázat***). A táblázatokat excel táblázatban, digitális formában is mellékeltük, a könnyebb kereshetőség végett (***01_Dkhg_veszelyeztetett teruletek_felmeres alapjan.xlsx)***.

A táblázatok víztestenként, illetve településsoros bontásban tartalmazzák a problémák részletes ismertetését, valamint a megtörtént és a további javasolt intézkedések leírását.

A tényleges állapot alapján veszélyeztetettnek tekinthető területeket az **1. térképmelléklet** mutatja be.



1. ábra: A felmérés során felkeresett helyszínek elhelyezkedése

2.2 A problémák általános ismertetése

Az 1950-es évek második felétől kezdődően a bányászatban egyre nagyobb területeken alkalmazott aktív víztelenítés hatására a karsztvízszint jelentős mértékben lecsökkent a középhegység területén, aminek egyik leginkább szembetűnő hozadékaként a források hozama jelentősen lecsökkent, sőt számtalan forrás, forráscsoport elapadt, vízfolyások száradtak ki teljesen, vagy részlegesen. A vízszintcsökkenés illetve hozamcsökkenés jelentős mértékben érintette a vízellátást, mivel sok nagyhozamú forrásra, forráscsoportra kiépített vízmű vízhozama lecsökkent, ezzel ellehetetlenedett a forrásokból történő vízfelhasználás. Az 1980-as évekig fokozatosan növekedett a vízigény. A pótlásra sok helyen létesítettek vízműkutakat, települési vízműveket. Ahogy növekedett a bányászati víztermelés több vízműkút működése is ellehetetlenült. Később a bányászat során emelt karsztvíz jelentős részét is bevonták a közüzemi szolgáltatásba, közülük néhány (Nyirád, Tatabánya, Rákhegy) még napjainkban is üzemel, igaz a korábbihoz képest kisebb vízhozammal.

Az 1980-as évektől kezdődően a vízigények drasztikusan csökkentek, számos korábban létesített kutat nem üzemeltettek tovább, mivel a szükséges vízmennyiséget kevesebb létesítmény is biztosítani tudta. A felhagyott kutak és forrásvízművek közül több elhanyagolt állapotúvá vált. E mellett (mivel sok esetben nem volt egy emberöltőn keresztül szükség rá) a vízelvezetések is leromlott állapotúak lettek, sok helyen szinte teljesen eltűntek, gyakran hulladékkal töltötték fel azokat.

A karsztvíztároló regenerálódása következtében a tároló teljes területén, az 1950-es évek közepére jellemző nyomásszintek alakultak ki napjainkra. A visszatöltődés a jelen projekt modellezési eredményi alapján a nagyobb vízkivételek közvetlen környezetében fennmaradó depressziós területek kivételével gyakorlatilag befejeződött, a karsztvízszint kvázi a természetes állapotokat tükrözi.

Ennek következtében a korábban elapadt források jelentős része újra megszólalt, vízhozamuk jelentősen megnövekedett. Több kút pozitívvá vált, közülük több még manapság is folyamatosan kifolyó vizet ad a kút környezetében. A karsztvízszint emelkedése, a megszólaló és növekvő vízhozamú források számos helyen jelentenek problémát.

A már leművelt, felhagyott, a nagyarányú bányászati vízemelés időszakában állandóan szárazon levő kisebb-nagyobb bányákban gyakorta raktak le hulladékot (jellemzően kommunális hulladékot). Sok ilyen lerakót rekultiváltak egy országos projekt keretében. Mégis maradt fenn olyan hulladéklerakó, aminek fenékszintjét a megemelkedő karsztvízszint eléheti (vagy már el is érte). Ilyen a Veszprém Ny-i szélén található, valamikori Cseri-murvabányában létesített hulladéklerakó. Ugyan a csapadékvizek kioldó hatását a fedőréteggel igyekeznek meggátolni, mégis az alulról a hulladékot elérő karsztvízbe a hulladékban levő mobilis szennyezők be tudnak oldódni, veszélyeztetik a karsztvizet.

E problémák lehetnek pontszerűek (pl. pozitív kút), vonalas jellegű problémák (jellemzően nem megfelelően karbantartott árkok, vízelvezetések, vízfolyások) és területi jellegű problémák (pl: felszínhez közeli karsztvízszint okozta vizesedés, bányászati területek öregségi vizei, alábányászott területeken felszínmozgások, a megváltozott áramlási viszonyok következtében megváltozott karsztvíz-talajvíz, karsztvíz-rétegvíz kapcsolat). A különböző probléma típusokat az ***1. térképmelléklet*** mutatja be.

A következőkben először problématípusonként mutatjuk be az általunk felmért új, vagy a korábbiakban már ismert problémákat. A bemutatás során csak néhány nagyobb, jellegzetesebb esetről írunk, nem cél ezen részben a teljeskörű ismertetés. A fejezet végén található táblázatok mutatják be problémák részletes leírását víztestenként és településenként csoportosítva.

2.2.1 Források vízhozamának emelkedése

A pontszerű jelenségek közül a legjelentősebbek a megszólaló források, fakadások, vizesedések.

A projekt keretében 2019-ben elvégeztük a Dunántúli-középhegység területén a karsztforrások állapotfelmérését, kataszterezését (*Smaragd GSH Kft. 2019*) [1]. A karsztforrások hozamát mértük a terepen. Közöttük számos olyan forrás, forráscsoport volt, amely a korábbi évtizedekben elapadt, vagy éppen csak csörgedezett, de korábban igen jelentős vízhozammal rendelkeztek. Napjainkban a korábban elapadt források jelentős része fakad, legtöbbjük már 2010 körül is működött, azóta jónéhánynak megemelkedett a vízhozama. Csak néhány kisebb, időszakos forrás száraz és van néhány, amelyet a felmérés során már nem tudtunk azonosítani, nem találtuk.

Általában a nagyobb hozamú forráscsoportok környezetében jelentkezik probléma. Ilyen a Billege-forráscsoport és a Repülőtéri-források Tapolcától Ny-ra (XXXIII-XXXIV. Fotótábla), a Csóri-vízmű forrásai (IV. Fotótábla), a tatai források (XV-XXIV. Fotótábla), de ide sorolhatjuk Várpalota környéki forrásokat is (VII-X. Fotótábla).

A legismertebb problémakör ezen belül a Tata belvárosában visszatérő források okozta problémák. Az épített környezetben a források megnövekedett vízhozama a kilépések környékén pincék, felületek vízesedését, úttestek besüllyedését okozta, mindemellett további jelentős problémát jelent a vizek megfelelő elvezetése is.

Esztergom térségében a Duna illetve a Prímás-szigeti Kis-Duna a karsztvíztároló ÉK-i részének regionális erózióbázisa. A bányászati vízemelések leállását követő regenerálódás következtében a Duna megcsapolja a karsztvíztárolót. A Kis-Duna kanyarjánál található Mala-forrás körül kiépített több száz méter hosszúságú galéria rendszerben alacsony Duna vízállás mellett jelenleg nincs víz, árvizes időszakban viszont langyos vízzel telik fel a rendszer. A 28-29 °C-os forrás vize a csaknem folyamatos 3000 L/perc kutas víztermelés mellett a strand melletti Duna mederben, ill. partfalban több helyen felfakad.

A forráshozam növekedésének egyik speciális problémája jelentkezik Hévíz esetében. A bányászati víztermelés leállásával a hévízi hidegvizes forráshozam megemelkedett, ugyanakkor a melegvizes nem, így a folyamatos vízhőmérsékletcsökkenésként jelentkezik.

A források vízhozamának növekedése egyrészt örvendetes, másrészt amellett, hogy a településeken belül épületeket, utakat veszélyeztet, sok helyen vízelvezetési gondokat is okoz. És ezek a problémák több helyen a mostanihoz hasonló, vagy még magasabb karsztvízszint mellett tartósan jelentkezni fognak, akár a jelenleg már foganasított intézkedések, megvalósított projektek sem lesznek elegendők a problémák tartós kezelésére.

2.2.2 Fúrt kutak okozta problémák

A bányászati vízemelés hatására számos fúrt kút vízhozama lecsökkent. A lecsökkent karsztvízszint mellett létesített kutak és a régebbi kutak közül is több a karsztvíz nyomásszintjének megemelkedése következtében pozitívvá vált.

Vannak közülük olyanok, amiket már nem használnak, lezárták (pl: Ukk K-4 kataszteri számú kút, amely éveken keresztül kifolyó vizet adott – XXXVI. Fotótábla), van olyan, amit jelenleg is használnak és a rendszer zavartalan működtetése íly módon nehézségeket okoz (Zámoly-1 állandó kútfej fölé emelkedő nyomásszint – XII. Fotótábla), és vannak olyanok (termelő és monitoring kutak is), amelyeket nem használnak, de vagy a nem jól zárt kútfejen, vagy a kútfej környékén felszínre emelkedett a karsztvíz pl. Keszthely, 0493 hrsz (XXXII. Fotótábla**),** Gyulafirátót K-7/b. kataszteri

számú kút, amely meg sem közelíthető, pedig eredetileg a vízmű rendszerébe bekötött (VI. Fotótábla); vagy a szintén megközelíthetetlen Csákvár-1 jelű kút (III. Fotótábla).

A használaton kívüli kutak gyakran elhanyagolt állapotúak (Fehérvárcsurgó Törpe-vízmű – V. Fotótábla). De ilyen a bodajki használaton kívüli vízműkút is (I. Fotótábla), amely feltörő és kifolyó vize az alacsonyabb térszínen levő házakat és a mellette haladó aszfaltozott utat is veszélyezteti.

A magas karsztvízszint így egyrészt megnehezíti a termelést (pl: még egy szivattyúcsere sem egyszerű) és sok esetben ezek a kutak a „partvonalon kívülre kerülnek", azaz gyakran financiális okok következtében állapotuk egyre inkább leromlik és mint egy mesterséges forrás működnek, folyamatosan megcsapolva a karsztvízkészletet.

2.2.3 Vonalas jelenségek, vízelvezető árkok, csatornák

A vonalas jelenségek a vízelvezető árkokhoz, csatornákhoz, vízfolyásokhoz köthetőek. A jelentős vízszintsüllyesztések idején nagyon sok kisvízfolyás, vízelvezetés kiszáradt. Ez az állapot sok évig tartott, aminek következtében ezek a vízfolyások teljesen elhanyagolt állapotba kerültek, benőtte a növényzet, gyakran előfordult, hogy betemették (sokszor építési-bontási illetve különböző típusú hulladékokkal). Persze volt néhány kivétel (pl: Viszló-patak), ahol pont a bányászati vízemelés következtében a korábbinál jelentősebb vízhozamok alakultak ki.

A bányászati vízemelések beszüntetésével ezek a folyamatok ellentétes irányba fordultak. Azokban a vízfolyásokban, ahol a bányászattal emelt vizet elvezették drasztikusan lecsökkent a vízhozam (sőt gyakran teljesen szárazra is kerültek), míg a források megnövekedett vízhozamát a benövényesedett, csökkent vízszállító képességű, vagy hiányzó vízelvezetések nem voltak képesek megfelelő mértékben elvezetni. Ebből adódóan számos helyen a megnövekedett vízhozam infrastrukturális létesítményeket, lakóházakat is veszélyeztetett.

Ilyen nem megfelelő állapotú vízfolyás a Billege-forráscsoport vízelvezetésének Ny-i ága, amely közvetlenül a Tapolca-Lesencetomaj közötti műút É-i oldalán halad (XXXIII. Fotótábla), amely a közút mellett az út északi oldalán álló házakat is veszélyezteti, vagy a bodajki Nádastavi-források vízelvezetése (II. Fotótábla). Szintén folyamatos problémát jelent a Csór-Ősi-Várpalota környéki megnövekedett hozamú források vizének elvezetése (IV., VII-VIII.; XLI-XLII;. Fotótábla).

A Csopaki-sédben megnövekedett vízhozam különösen a nagyobb csapadékkal párosulva veszélyezteti a Veszprém-Csopak közötti utat, de a település egyes részeit is (XVIII. Fotótábla). Fehérvárcsurgón a törpevízmű kútjának szabadon kifolyó vize, a kertekben, a kiépített játszótéren megjelenő fakadások vízelvezetése is állandó jellegű feladat (V. Fotótábla).

Munkánk korábbi fázisában a vizsgált területen lévő vízfolyások hozamváltozását is vizsgáltuk (*Smaragd GSH 2020b)* [1], amelyhez a vízügyi igazgatóságoktól kaptuk meg a vízrajzi vízhozam mérő állomások idősorait. A trendvizsgálatok alapján több vízfolyás esetében különböző mértékű vízhozamnövekedés jelentkezett (***1. táblázat***). Ezek a vízfolyások, vízfolyásszakaszok a továbbiakban is fokozott figyelmet érdemelnek.

1. táblázat: Emelkedő vízhozamú a vízfolyások mért hozamok alapján

Azonosító	Korreláció csapadékkal 1990-ig	Korreláció csapadékkal 1990-től	Hozamidősorra illesztett egyenes egyenlete	Illesztett egyenes meredeksége	Vízhozam trendje 1990 után
000565 Gaja-patak, Bodajk	0.62	0.58	y = 2.2642x - 48875	2.264	*Közepesen nő*
142093 Gaja-patak, Fehérvárcsurgó VII. bukó	-	0.56	y = 2.1455x - 47487	2.146	*Közepesen nő*
142015 Mór-Bodajki vízfolyás, Csókakő	0.59	0.65	y = 1.3757x - 34812	1.376	*Közepesen nő*
142017 Veszprémi-séd, Veszprémkülső	-	0.42	y = 2.6063x - 80582	2.606	*Közepesen nő*
000566 Séd, Sóly (Hajmáskér)	-0.13	0.37	y = 6.889x - 210130	6.899	**Jelentősen nő**
142424 Veszprémi-séd, Ősi (V.-séd)	-	0.32	y = 14.951x - 545594	14.951	**Jelentősen nő**
142054 Eger-víz, Kapolcs, Bíró malom	-0.04	0.44	y = 2.2284x - 74762	2.228	*Közepesen nő*
003041 Eger-víz, Nemesgulács	-	0.46	y = 4.1051x - 137184	4.105	**Jelentősen nő**
142088 Tapolca-patak (Szigliget), Tapolca	-	0.03	y = 3.5127x - 101860	3.513	**Jelentősen nő**
142007 Torna-patak, Apácatorna	-	0.42	y = 2.1506x - 20788	2.151	*Közepesen nő*
000043 Által-ér, Tatabánya	0.50	0.53	y = 2.6659x - 66307	2.6659	*Közepesen nő*
000046 Által-ér, Tata*	0.48	0.56	y = 1.0945x + 12998	1.0945	*Közepesen nő*
4471 Dera-patak, Pomáz	-	0.73	y = 1.702x - 57471	1.7020	*Közepesen nő*

**: Az Által-ér vízhozamát a tatai Öreg-tó üzemeltetése erősen befolyásolhatja*

2.2.4 A bányászat hatásai

A harmadik nagyobb csoportba a területi jelenségeket sorolhatjuk. Ezek a középhegység jelentős részén megtalálhatók. Vannak közöttük szemmel is jól megfigyelhetők és vannak, amelyek nem láthatók, de több területre is kihatással lehetnek. Közülük két nagyobb csoportot érdemes kiemelni. Az egyik a konkrét bányászattal, alábányászottsággal összefüggő térségek. Ezek részben felszíni bányák, nagyobb részük azonban felszín alatti művelésű volt.

1.1 Felszíni, külfejtéses bányák hatása

A felszíni, külfejtéses bányáknál a problémát leginkább az okozza, hogy a leművelésből adódóan ezek jelentős része felszíni szennyezésekkel szemben védtelen.

Korábban több kisebb-nagyobb ilyen bányaüreget hulladékkal töltöttek fel, jellemzően fenékszigetelés nélkül. Igaz, hogy nagyobb részüket egy országos projekt keretében felmérték, a veszélyesnek ítélteket felszámolták, vagy legalább lefedték a szennyezőanyag mobilizálódás megakadályozása érdekében, de még maradtak ilyen területek, pl. a veszprémi Cseri murvabányában (XI. Fotótábla) található hulladéklerakó.

Abban az esetben, ha a karsztvíz nyomásszintje olyan mértékben megemelkedik, hogy ezeknek a hulladékkal feltöltött valamikori bányagödröknek a fenékszintje fölé emelkedik a karsztvíz, akkor a lerakott hulladékból szennyezőanyagok oldódhatnak a felszín alatti vízbe.

A bántapusztai Karszt-tavat, amely egy egykori homokbánya helyén keletkezett, jelenleg horgászati céllal hasznosítják. Az ivóvízminőségű karsztvíz ilyen hasznosítása vízgazdálkodási szempontból nem támogatható.

De nem csak vízminőséget veszélyeztető problémák jelentkezhetnek. Van olyan felhagyott kőbánya (Balatongyörök), ahol olyan szintig folyt a bányászat, hogy mára, a megemelkedett karsztvíz gyakorlatilag a felhagyott bánya teljes területén annak fenékszintje fölé emelkedett, aminek következtében szinte a teljes bányaudvar egy nagy forrásnak tekinthető, a bányaudvarban korábban kinőtt fák negy része az állandó vízborítást nem is viselte el, kiszáradt (XXIX. Fotótábla), a bányaudvarból kifolyó víz pedig utat keres magának a Balaton irányába.

2.1 Öregségi vizek

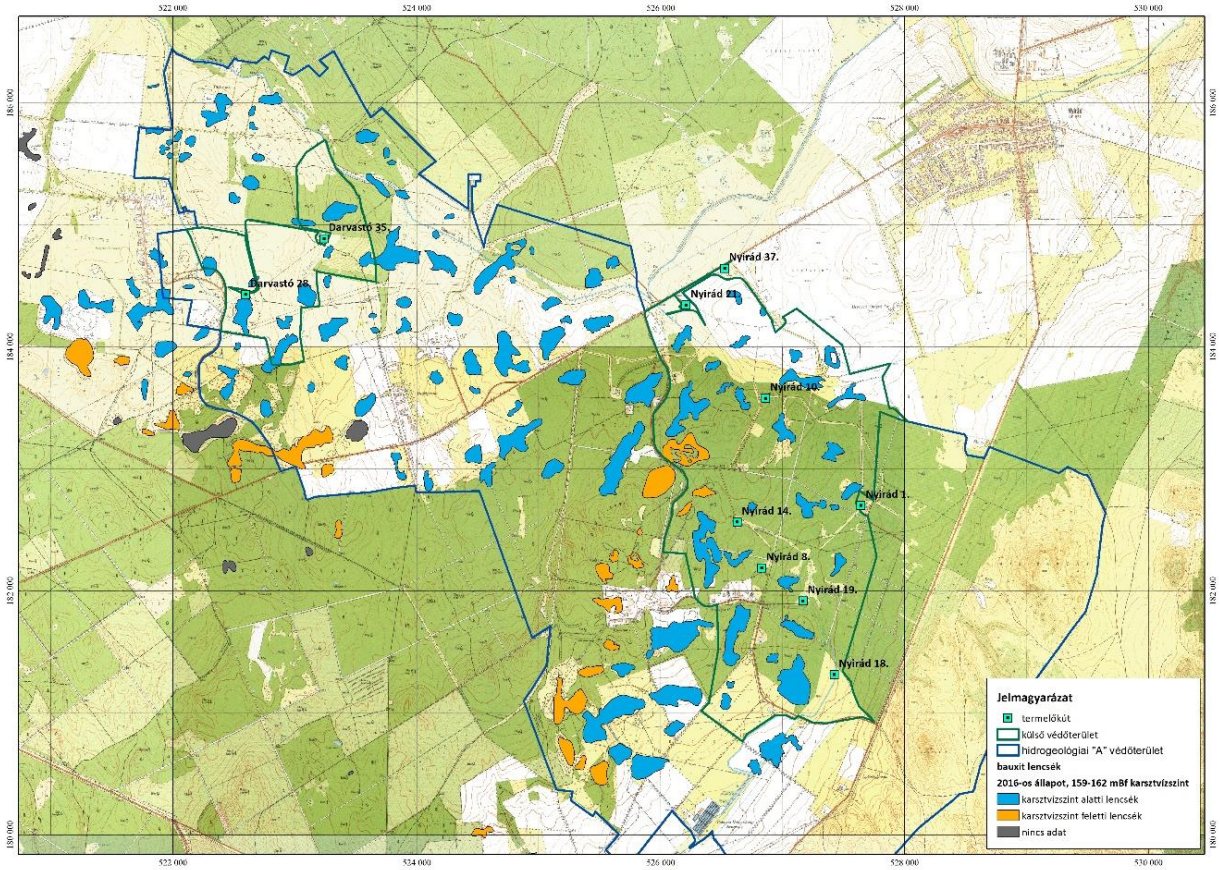
Az egykori bányavágatokat feltöltő vizet nevezzük öregségi víznek. A bányavágatokat a bezárások előtt mindenkor mentesítették, a berendezéseket a felszínre hozták, tehát elméletileg szennyezőforrás (pl. ásványolaj) a vágat térségekben nem maradt.

Az öregségi vizek pontos összetételére nincs információ, azokból mintavétel nem történt, de a kőzetanyagból beoldódó anyagok, valamint a fiziko-kémiai reakciók következtében az öregségi víz akár az ivóvíz határértékeket meghaladó mértékű vas, mangán, nitrát, ammónium és szulfát koncentrációval rendelkezhet. Az öregségi vizek a szén, és bauxit bányászattal érintett területeken okozhatnak vízminőségi problémát (pl. Dorog, Tatabánya, Kincsesbánya és Nyirád).

A Smaragd GSH Kft. 2016-ban „*A Nyirád ivóvízbázis biztonságba helyezési tervének felülvizsgálata*” című munkája [18] során készített egy becslést a 159-162 mBf szintek mellett a Nyirád környéki bauxitlencsék karsztvízzel történő elöntéséről (***2. ábra***). Már a karsztvíz akkori szintjén is számtalan bauxitlencse került víz alá, amely a nyirádi vízművet közvetlenül is veszélyezteti. Kimutatott szennyezőanyag azonban az ammónián kívül nincs.

A felhagyott bányaüregekben megjelenő karsztvíz egyértelmű vízminőségromlást eredményezett a Rákhegy II. vízaknában. A vasasodás 1996-ban haváriaszerű eseményként jelentkezett, majd az 1998. évi -130 mBf szintről történő felengedést követően, a magas vas és mangán tartalom állandósult. Ennek következtében a DRV Zrt. jelenleg is víztisztítási technológiát alkalmaz a Rákhegy II. vízaknából termelt víz esetében (*Erdős A. 2000*) [11].

A tatabányai XV/C vízaknában is, a karsztvízszint emelkedésével egyidőben egyértelműen növekedett a kitermelt víz vastartalma. Később a termelés módjának és mennyiségének fügvényében változott (*VITUKI Rt.-BKMI Kft. 2001*) [20].



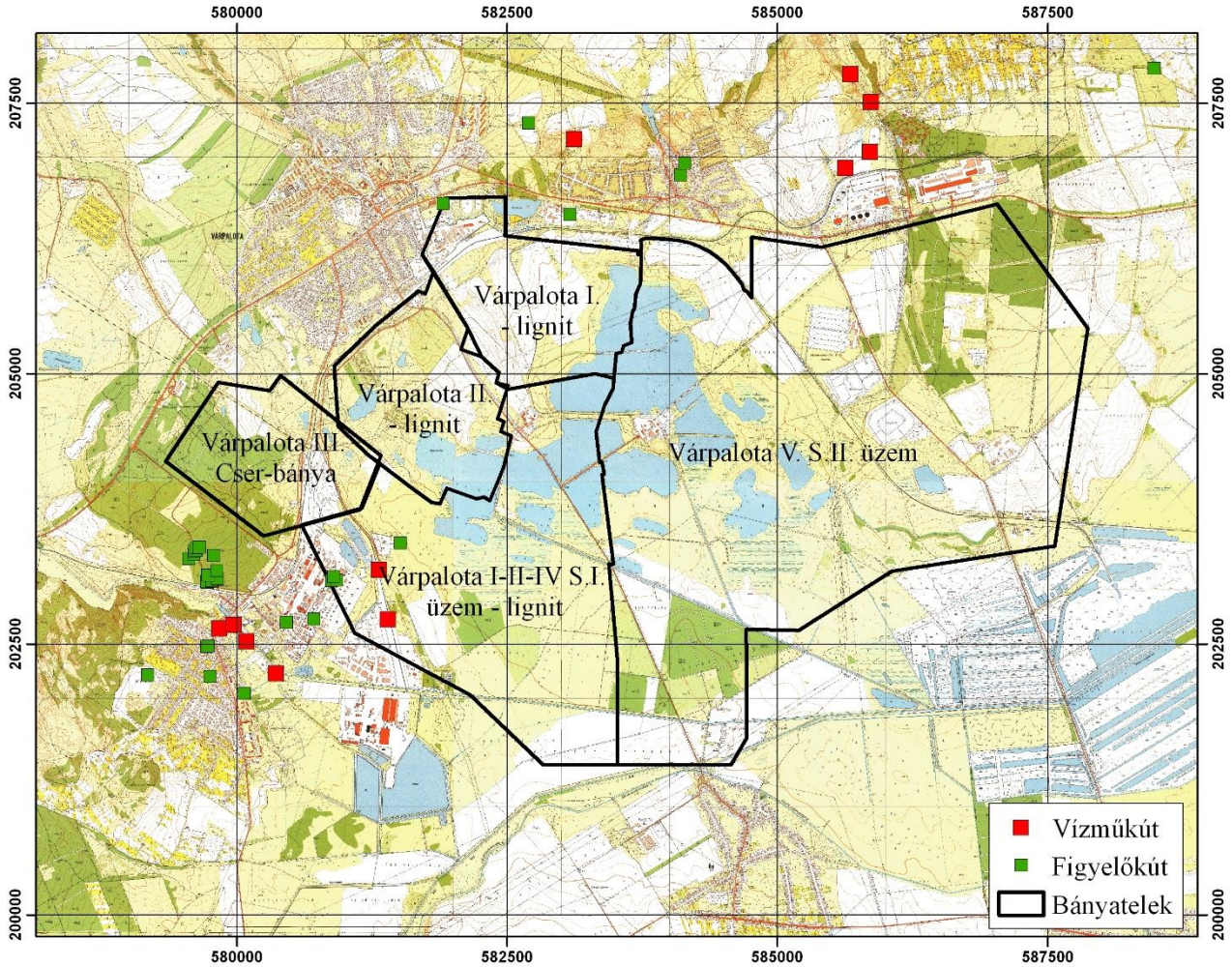
2. ábra: Nyirád környéki bauxitlencsék elöntése 2016 (Smaragd GSH Kft. alapján)

3.1 Felszínmozgások, süllyedések

A felszín alatti bányászkodás után visszamaradt üregrendszerek több helyen jelentős területeken felszínmozgásokat, süllyedéseket eredményeznek (pl: Csabrendek-Gyepükaján térségi felszíni deformációk, a Várpalota környéki süllyedéktavak).

A várpalotai bányasüllyedékes tavakat a mélyművelésű szénbányászat hozta létre (***3. ábra***). A 4-6 méter vastag szénréteg kibányászása után az üreget beomlasztották, majd ez az omlás fokozatosan a felszínig terjedt és így szénfejtés szélességnyi, több száz méter széles és hosszú besüllyedések alakultak ki. A tavaknak a miocén homokos fedő összleten keresztül van karsztvíz eredetű utánpótlása.

Mivel a bányászati üregrendszerekben a beszakadások akár 60-70 év múlva is megjelenhetnek, ezek folyamatos veszélyforrást jelentenek.



3. ábra: Felhagyott bányatelkek Várpalota környékén

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.

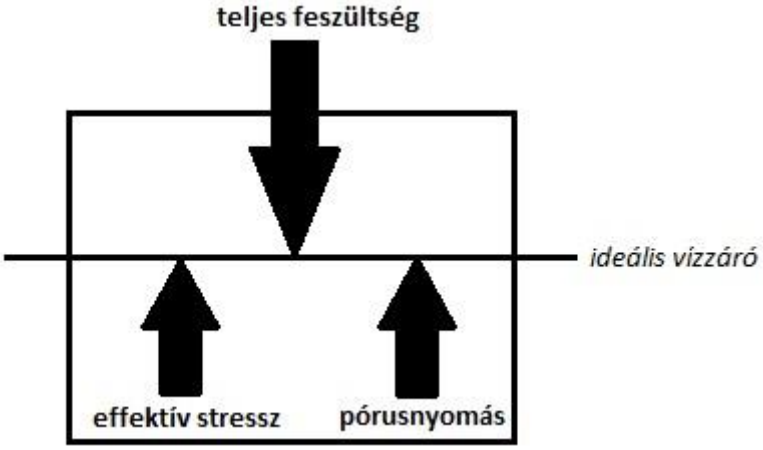
A pórusnyomás – és annak megváltozása – szoros kapcsolatban áll a kőzetek állékonyságával. Ezt a talajmechanikai összefüggést először Terzaghi osztrák geológus írta le 1925-ben [19].

$$\sigma_t = \sigma_{eff} + p \qquad (1)$$

Azt a megállapítást tette, hogy pórusokat kitöltő fluidum nyomásának (pórusnyomás: p) és a szemcsék között fellépő feszültségnek (amit hatékony feszültségnek, vagy másnéven effektív stressznek nevezünk: σ_{eff}) az összege tart ellent a rétegre nehezedő teljes terhelésből adódó feszültséggel (σ_t). A rétegterhelés, azaz a teljes feszültség a fedőképződmény és az azt kitöltő víz tömegének függvényében adható meg. A pórusnyomás változása a hidraulikus emelkedési magasság változásának függvénye, a vízszint növekedése tehát a pórusnyomás növekedését eredményezi.

A Terzaghi elmélet egy ideális esetre (homogén, izotóp, telített közegre, amelyben a szemcsék összenyomhatatlanok) lett kidolgozva, alapelvei azonban valós problémák esetén is jó közelítéssel alkalmazhatók.

A különböző erők között fennálló kapcsolat legegyszerűbben egy telített porózus közeget metsző felületre felállított feszültségmérleg ábrázolásával szemléltethető (*Hiba! A hivatkozási forrás nem található.*).



4. ábra: Feszültségmérleg a vízzel telített porózus közegben (Freeze és Cherry 1979 [12] nyomán)

A felületre ható teljes terheléssel (teljes feszültség) két hatótényező – a pórusnyomás és az effektív stressz – együttesen tart ellen. Mivel a legtöbb esetben a rétegterhelés, azaz az effektív stressz változásával nem kell számolnunk (tehát $\Delta\boldsymbol{\sigma_t} = \mathbf{0}$), az egyensúly fennmaradása érdekében úgy tekintjük, hogy a pórusnyomás megváltozása azonos mértékű, de ellentétes irányú az effektív stressz változásához képest ($\Delta\boldsymbol{\sigma_{eff}} = -\Delta\boldsymbol{p}$). Ez praktikusan azt jelenti, hogy a szemcsék között fellépő összetartó erő lecsökken, amely így a közeg tartóerejének csökkenését eredményezi.

A Dunántúli középhegységben zajló vízszintemelkedés nem csak magára a karsztrendszerre, de az azt fedő üledékekre is hatással van. Fedett karsztos környezetben, a karbonátot fedő porózus közegben megemelkedő karsztvízszint hatására megnő a pórusnyomás, amely a fent leírtaknak megfelelően az effektív stressz lecsökkenéséhez vezet. Ez a szemcsék közötti összetartó erő lecsökkenését és az összlet állékonyságának csökkenését eredményezi, amely akár építésföldtani problémákhoz is vezethet. A pórusnyomás növekedéssel összefüggő jelenség leginkább kiáramlási területeken lehet jelentős [20]. A középhegységben jelentkező vízszint – és pórusnyomás – növekedés tehát nem csak vízszigetelési de statikai problémákat is okozhat. Már meglévő épületek fenntartása és új létesítmények tervezése esetén e megváltozott körülményeket is figyelembe kell venni. Ilyen jellegű problémák Tatán a Május 1. út térségében is jelentkezhetnek.

A pórusnyomás növekedése nem csak bányabezárást követő vízszintemelkedés következtében alakulhat ki, de egyéb természetes (pl.: földrengés) vagy antropogén beavatkozások hatására is bekövetkezhet (pl.: fluidum visszasajtolás a felszín alá). Szélsőséges esetben (általában földrengés során), a pórusnyomás extrém mértékű megnövekedésének hatására a talajszemcsék közötti kohézió teljes egészében megszűnhet, amely talajfolyósodáshoz vezet. Ez a jelenség világszerte okozott már problémákat (pl.: Japán 1964.), de ilyen volt az 1911-es kecskeméti földmozgás is. Azokon a területeken, ahol a földrengés kockázata magasabb, még nagyobb hangsúllyal kell tehát figyelembe venni az emelkedő vízszintek miatt kialakuló talajmechanikai változásokat. A Dunántúli-középhegységet tekintve elsősorban a Balaton ÉK-i végétől északra fekvő területek (pl.: Várpalota, Kincsesbánya), valamint Komárom térsége lehetnek földrengés szempontjából potenciálisan veszélyezetetettek

4.1 A bányatérségek elöntöttségének vizsgálata

A fenti példákból kiindulva, részletesen vizsgáltuk a veszélyeztetettséget az elöntött bányatérségek alapján.

Az MBFSZ-től megkértük a vizsgált területen rendelkezésükre álló egykori, már bezárt, valamint a még nem bezárt, illetve üzemelő bányák elérhető adataiból a fekü és fedőszinteket a bányák középponti koordinátáival (***2. digitális melléklet/02_Dkhg_veszelyeztetett teruletek_banyak.xlsx***). Az MBFSZ adatszolgáltatásából azt is tudjuk, hogy melyik bányák működtek külfejtéssel és melyek voltak mélyműveléses bányák.

- Összesen 127 bezárt bánya található a hideg karsztvíztestek területén. Ebből 94 volt külfejtéses, kettőben külfejtés és mélyművelés is történt, 31 pedig mélyműveléses üzem volt.
- A még nem bezárt illetve üzemelő 165 bánya közül 154 db külfejtéses, 3 db külfejtéses és mélyműveléses, és mindössze 8 db mélyműveléses bánya van. Bezártnak akkor tekintünk egy bányát, ha megtörténtek a bányabezáráshoz kapcsolódó felszámolások, rekultiváció és erről Bányahatósági határozat is kiadásra került.

Vizsgáltuk azt, hogy az adott bányatérségben a modellezett 2019-es karsztvízszint illetve a modellezett 2030_pesszimista karsztvízszint elérte-e (ill. várhatóan eléri-e) a fekü, vagy fedőszinteket (***1. térképmelléklet***). Azokat a többnyire homok, kavics bányákat, amelyek területi elhelyezkedése ezt indokolta (pl. Szentendre, Budakalász bányái) nem vettük figyelembe, mert ezek nincsenek hidraulikai összefüggésben a karsztvíztárolóval.

A bezárt külfejtéses bányák közül 25-nél már 2019-ben is elérte a karsztvízszint az eredeti feküszintet. Megjegyezzük, hogy ez nem minden esetben jelenti azt, hogy a bányagödör alján megjelent a karsztvíz, hiszen sok esetben a feküszintig nem bányászták le, illetve a fekü vízzárósága meggátolja a karsztvíz megjelenését (pl. agyagbányáknál), másrészt a bányabezáráskor elvégzett rekultivációs munkák során sok esetben meddőanyagot töltöttek a bányagödörbe.

A bezárt mélyművelésű bányák (idevéve a külfejtési és mélyművelési bányaüzemmel rendelkezőket is) nagyobb részében (33-ből 28-ban) érte el a 2019-es modellezett karsztvízszint a bányák feküszintjeit és csak kettőben érte el azok fedőszintjeit. Azt mindenképpen meg kell jegyezni, hogy a mélyműveléses bányák fedőszintjei általában jóval magasabban helyezkednek el, mint a vágatszint, ami azt jelenti, hogy a vágatszint jelentős részét már biztosan elöntötte a karsztvíz.

A müködő illetve még nem bezártnak minősülő bányák közül a feküszintet 28 külfejtéses bányában és az összes mélyművelésű bányában elérte a modellezett 2019-es karsztvízszint.

Ha a 2030-ra prognosztizált pesszimista vízszinteket nézzük, a bezárt külfejtéses bányák közül mindössze 26-ban, a bezárt mélyműveléses bányák nagyobb részében (33-ból 29-ben) haladta meg a karsztvízszint a feküszintet. A bezárt mélyművelésű bányák közül csak 2 fedőszintjénél magasabb a modellezett pesszimista karsztvízszint, de mint az előzőekben jeleztük a mélyműveléses bányák fedőszintjeit magasabban (akár a terepszinten) adták meg.

A müködő illetve még nem bezártnak minősülő bányák közül a feküszintet 29 külfejtéses bányában és a két külfejtéssel és mélyműveléssel is rendelkező bánya kivételével az összes mélyművelésű bányában elérte a modellezett 2030-as pesszimista karsztvízszint.

Természetesen a modellezés hibájából adódóan ezek az adatok is terheltek hibával, és így a kisebb eltéréseket mutató területek esetében elképzelhető, hogy még a karsztvízszint nem érte el a feküszinteket.

Összességében azt mondhatjuk, hogy a bányák számát tekintve gyakorlatilag ugyanannyi bányában jelent meg a karsztvíz a két időpontban, legfeljebb az elöntés mértéke növekedett, szignifikáns különbség a 2019-es állapot és a 2030-ra prognosztizált pesszimista állapot között nincs.

2.2.5 Áramlási viszonyok megváltozása

A karsztvízszint emelkedés okozta, láthatatlan problémát jelent az áramlási viszonyok megváltozása. A lecsökkent karsztvízszint során egyes sekély porózus vízadók felé a karsztvízből nem történt utánpótlódás, így egyes területeken ezek vízadóképessége jelentősen lecsökkent. Más területeken viszont a lecsökkent karsztvízszintnek köszönhetően a talaj és/vagy rétegvizekből történt vízátadás a karsztvíz felé, ami mindenképpen vízminőségi problémát okozott.

Mára ezeken a területeken a folyamatok megfordultak, ahol eddig nem, vagy csak minimális volt a karsztvíz átadódás a porózus víztartók felé, ott ez a folyamat megindult (pl. Ajka vagy Kincsesbánya térsége). 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). Csolnok településen egy településrész területén is folyamatosan vízben állnak a vízóraaknák, helyenként pincék (VIII. Fotótábla), sőt az alacsonyabb térszínen szinte folyamatosan fakadó vízként jelenik meg.

Az áramlási viszonyok, utánpótlódási irányok megváltozása a vízbázisok védőterületi kijelölésének felülvizsgálatát is szükségessé teszi, mint ahogy azt a vízművek is jelezték.

2.2.6 Szennyezőforrások

Nem szabad megfeledkezni arról a problémáról sem, hogy a valamilyen mértékben fedett karsztos területek jelentős részén mezőgazdasági termelést folytatnak. A mai szántóföldi növénytermesztés során különféle műtrágyákat (nitrogén, foszfor tartalmúakat), növényvédőszereket (peszticideket) alkalmaznak, amelyek a még inkább lerövidült szállítási útvonal mellett könnyebben bejuthatnak a karsztvízbe. Ez többek között érinti a Veszprém-kádártai, az Ajka-Szélespataki, a hajmáskéri, a sólyi, a litéri vízbázisokat is. A Bakonykarszt Zrt. részletes listát állított össze a vízműveit érintő problémákról, amely a digitális mellékletek között található (***03_Dkhg_veszelyeztetett teruletek_Bakonykarszt vizminoseg.xlsx***).

A korábban már említett Veszprém melletti Cseri-murvabányában található hulladéklerakó is potenciális környezeti veszélyforrást jelent. Korábban jellemző volt, hogy a felhagyott bányákat hulladéklerakóknak használták. Ezek jelentős részét egy országos projekt keretében felmérték, a veszélyesnek ítélteket felszámolták, vagy legalább lefedték a szennyezőanyag mobilizálódás megakadályozása érdekében. A veszprémi Cseri-murvabányában (XI. Fotótábla) jelenleg is hulladéklerakó üzemel. Abban az esetben, ha a karsztvíz nyomásszintje olyan mértékben megemelkedik, hogy eléri a hulladékkal feltöltött valamikori bányagödör fenékszintjét, akkor a lerakott hulladékból szennyezőanyagok közvetlen kioldódása megvalósulhat, elszennyezve a karsztvizet.

Ezek mellett több olyan helyszín ismert, amelyben a környezet veszélyeztetett.

- Közvetlenül a Cseri-murvabányától D-re található a Bakony Művek klórozott CH szennyezése.

- A NIKE külsőégető a Királyszentistváni vízbázis 50 éves védőterületén található, de az ottani vízkivételnek köszönhetően, az emelkedésnek még nincs elemzett hatása.
- A Zalahaláp melletti Újdörögd katonai bázis vízbázis 5 éves védőterületen helyezkedik el.

Ismertek ezen kívül a karsztvizet elért szennyezések és kármentesítések, amelyek nem esnek vízbázis védőterületére a KDT VIZIG információja alapján.

- Rockwool (miocén mészkő)
- Szentgál NIKE volt hulladéklerakó C védőterület volt - a kármentesítés során modellezve lett, még az új áramlási irányokkal sem éri el a környező vízbázisokat
- Pétfürdő a Cseri-erdőben a Petrotár telephely - ami ugyan nem karsztos, de közvetlenül szomszédos vele a péti vízbázis. Valószínűleg a köztük lévő vető miatt a szennyeződés nem jelent meg a vízbázisban
- A szentkirályszabadjai reptér területén is van kármentesítés.
- A NIKE kármentesítései Balatonfűzfőn

A kármentesítések már valamilyen szakaszban vannak mindegyik esetben, kivéve a Cseri bányát. A szennyezések felszámolása vagy már folyamatban, vagy a közeljövőben meg fog kezdődni mindenhol. A kármentesítés során meghatározott célértékek mindig figyelembe veszik a terület elhelyezkedését.

2.3 A problémák részletes bemutatása

A problémákat a terepi bejárás, az önkormányzatokkal történt konzultáció, és a vízügyi igazgatóságok észrevételei alapján táblázatos formában összegeztük (***2. táblázat-7. táblázat***). A táblázatokat excel táblázatban, digitális formában is mellékeltük, a könnyebb kereshetőség végett (***01_Dkhg_veszelyeztetett teruletek_felmeres alapjan.xlsx)***.

A táblázatok víztestenként, illetve településsoros bontásban tartalmazzák a problémák részletes ismertetését, valamint a megtörtént és a további javasolt intézkedések leírását.

A tényleges állapot alapján veszélyeztetettnek tekinthető területeket az **1. térképmelléklet** mutatja be.

Ahogy az nagyrészt várható is volt, a veszélyeztetett területek jellemzően a peremi területeken találhatók. A k.1.3 karszvíztestet kivéve mindegyik karsztvíztest területét érinti a karsztvízszint növekedése, összesen 40 települést. A termál karsztvíztestek közül csak a kt.4.1 Hévízi-, Tapolcai-, Tapolcafő-források vízgyűjtője nevű karsztvíztestet, annak is a peremét, összesen 4 települést.

2. táblázat: A karsztvízszint emelkedéséből származó problémák a k.4.1. karsztvíztesten

Víztest neve: Dunántúli-középhegység - Hévízi-, Tapolcai-, Tapolcafő-források vízgyűjtője (k.4.1.)					**Kezelő: Közép-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság és Nyugat-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság (Balatongyörök, Keszthely)**					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Balatongyörök	048/1 hrsz	519368	158729	A korábbi bánya mélyedésében elkezdett felgyűlni a víz. A fénykép 2015-ben készült. 2013-ban még száraz volt. Környezetében üdülőövezet található. 2019-ben a fakadó vizek hozamát mértük. A víz a valamikori bánya melletti árokba folyik.	területi	fakadás	valós			vízelvezetés rendezése
Kapolcs	Mázsa-kút	538969	178606	A forrás több helyről, nagy hozammal fakad. Hozam a fakadásnál nem mérhető, a B083 pontban mértük, az Eger-patakba torkollás előtt, a forrástól kb. 40m-re. Bukó és vízmérce van a forrás alatti mederben, köbözéssel a nagy hozam miatt	pontszerű-vonalas	megnövekedett vízhozam	valós	Eger-víz vízhozamnövekedése		Eger-víz medrének felmérése, vízszállítási képességének ellenőrzése, szükség szerint tervezés, kiviteli munkák
Kapolcs	Mázsa-kút kifolyása	538976	178578	A Mázsa-kút (B084) alatti vízfolyás a bukó alatti mederszakaszon, az Eger-patakba torkollás előtt.	pontszerű-vonalas	megnövekedett vízhozam	valós	Eger-víz vízhozamnövekedése		Eger-víz medrének felmérése, vízszállítási képességének ellenőrzése, szükség szerint tervezés, kiviteli munkák
Kapolcs	Fűrészmalmi-forrás	539393	179211	Nagy hozamú forrás, van bukója, de a vödör kb. 0,5 s alatt telik meg (12l). Köbözéssel ezért pontosabban nem mérhető, a fakadás és a bukó közötti kb. 8 m völgyszakaszon forgószárnyas műszerrel mérhető a hozam.	pontszerű-vonalas	megnövekedett vízhozam	valós	Eger-víz vízhozamnövekedése		Eger-víz medrének felmérése, vízszállítási képességének ellenőrzése, szükség szerint tervezés, kiviteli munkák
Kapolcs	Valéria-források	540734	180153	Hozam nem mérhető. A forrásnál áll a víz, átereszen keresztül ide érkezik a Valéria II.-forrás vize is. Kb. 100-150 m2 tó alakult ki.	pontszerű-vonalas	megnövekedett vízhozam	nem			
Kapolcs	Valéria-források	540724	180140	Szemmel észre vehető vízmozgás, amely azonban a forgószárnyas műszerrel (amelynek méréshatára 0,1 méter per szekundum) nem mérhető. Gyakorlatilag mérhetetlen. Minderre akkor derült fény, miután a meder keresztszelvény felvételre k	pontszerű-vonalas	megnövekedett vízhozam	nem			
Kapolcs	Valéria-források	540791	180140	Állóvízbe fakad a forrás, amely alatt a meder kb. 1,5-1,8 m széles. Vízmozgás nem mérhető.	pontszerű-vonalas	megnövekedett vízhozam	nem			
Keszthely	0493 hrsz	509999	161747	A bekerített terület ÉNY-i sarkában folyamatosan folyik ki a víz, a Ny-i oldal el van ázva. A vizet a szomszédos patakba vezetik.	pontszerű	pozitív kút	valós		kifolyó vizet elvezetik	Kút rekonstrukció, szükség szerint lezárás
Lesencetomaj	Kossuth utca	522400	170194	A Billege-források Ny-i vízelvezetése a Kossuth utca É-i oldalán halad. Az újból megszólalt források hozama jelentős. Az árkon levő átereszek nagyobb vízhozam esetén (különösen, ha csapadékvízzel is párosul) nem képesek átengedni ekkora mennyiségű vizet, így a víz elárasztja az út É-i oldalán álló házak előkertjét, bejáratát.	vonalas	vízelvezetés	valós	Ingatlanok, út, hidak		Az elvezető és befogadó árkok, átereszek bővítése, tervezés, kivitelezés
Lesencetomaj	Billege-források	522786	171047	Nagy területen alulról fakad a víz, annak elvezetése időszakonként gondot okoz	vonalas	megnövekedett vízhozam	valós	Út, hidak, lakóingatlanok		Az elvezető és befogadó árkok bővítése, tervezés, kivitelezés
Lesencetomaj	Repülőtéri-forrás	524083	171087	Nagy területen alulról fakad a víz, annak elvezetése időszakonként gondot okoz	vonalas	megnövekedett vízhozam	valós			Vízelvezetése karbantartása
Öcs	Kinder-tó	541097	183493	A tóból kifolyás nem látszik, a mellette kiépített kút túlfolyóján sem folyik ki víz.	pontszerű	megnövekedett vízhozam	nem			
Pápakovácsi	Pápakovácsi-2 kút	532627	214527	Pápakovácsiból Attyapuszta felé vezető út D-i oldalán a baromfitelep Ny-i oldalánál levő rövid lejtős terület lábánál fák között található a kút. A kútfejen nem látszik kifolyás, de a kút körüli kerítés szélénél a mélyebb fekvésű nádas, zsombékos területrész felé már látható a fakadás.	pontszerű	pozitív kút	valós	Jelenleg nincs veszély		Kút megfelelő lezárása, vízelvezetés rendezése
Sümeg	Mogyorós-domb, Sintérlapi kőfejtő	515569	182105	A bányaudvar elhanyagolt, rendezetlen. Az udvarban most nem volt víz, de a növényzet alapján hosszabb ideig víz borította terület volt. A Google légifotók alapján 2016-18 között biztosan víz borította.	területi	időszakosan vízborított	Időszakos			

Víztest neve: Dunántúli-középhegység - Hévízi-, Tapolcai-, Tapolcafő-források vízgyűjtője (k.4.1.)					Kezelő: Közép-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság és Nyugat-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság (Balatongyörök, Keszthely)					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Tapolca	Tapolcától D-re vízfolyás	527920	171443		vonalas	vízelvezetés	nem			Vízfolyások karbantartása
Tapolca	Tapolcától D-re vízfolyás	527984	171003		vonalas	vízelvezetés	nem			Vízfolyások karbantartása
Tapolcafő	Megnövekedett vízhozam	534450	216350	A rendezett vízműterületen is több helyen fakadnak vizek, melyeket végül egy eleinte betonozott csatornán keresztül vezetnek ki a területről. A kivezető csatorna fölötti fahíd mindkét oldalán is vannak fakadások. A kifolyó vízhozam jelentős.	területi-vonalas	növekvő vízhozam, vízelvezetés	valós			Vízelvezetés rendezése, karbantartása, újabb fakadások figyelése

3. táblázat: A karsztvízszint emelkedéséből származó problémák a kt.4.1. karsztvíztesten

Víztest: Nyugat-dunántúli termálkarszt (kt.4.1.)					Kezelő: Közép-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság és Nyugat-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság (Hévíz)					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Hévíz	Hévízi-tó	508331	161958	Hévízi-tó		termálvíz hőmérséklet csökkenése	valós	hőmérsékletcsökkenés		
Somlóvásárhely	Vízműkút	522030	199113	2. sz. vízműkút gáztartalma a hegységperem mentén a rétegvizekbe átfejtődő karsztvízkészlet által okozott nyomásváltozás miatt megváltozott. Terület rendezett, a problémát a Bakonykarszt jelezte.	pontszerű	gáztartalom változás				
Ukk	K-4-es kút (Gógánfai vízmű)	511848	190736	A kút hosszú ideig 30 °C-os kifolyó vízzel rendelkezett. Mára lezárták. Terület elhanyagolt, gazos, nincs bekerítve. Kifolyás nem látható.	pontszerű	pozitív kút				Terület bekerítése, rendezése
Zalagyömörő	Gógánfa térségi vízmű	512261	187951	Helyszín rendezett, zárt. Nem tudtunk bejutni. A Bakonykarszt szerint a kút pozitív.	pontszerű	pozitív kút				

4. táblázat: A karsztvízszint emelkedéséből származó problémák a k.4.2. karsztvíztesten

Víztest neve: Balaton-felvidéki karszt (k.4.2.)					Kezelő: Közép-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság és Nyugat-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság (Balatongyörök, Keszthely)					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Alsóörs	Alsóőrsi Séd	568564	183713	Az Alsóörsi-Séd felső része a Főutca felől a parkig kibetonozott. Sok helyen a tetőfelületek csapadékvizét ide vezetik. A betonozott részen a víz gyorsan le tud rohanni, így a nem betonozott területeken előfordul, hogy elöntéseket okoz. De mindez nem a karsztvízszint emelkedés következménye.	vonalas	vízelvezetés	nem			Az alsóbb szakaszokon a vízelvezetés megfelelőségének felülvizsgálata
Berhida	Várpalota K-56 kat.sz. kút	581332	203238	Rendezett Vízmű terület, a vízmű és a szomszédos vasúti töltés közötti árokban csak kevés víz van. A területen vizesedés nem látszik.	pontszerű	pozitív kút	nem volt érzékelhető			
Berhida	Várpalota K-51 kat.sz. kút	581417	202880	Körbekerített, karbantartott vízműterület. Körülötte mindenütt nádas, vizenyős terület. Mögötte a vasúti töltés. A kútból vízszivárgás nem látszik.	pontszerű	pozitív kút	nem volt érzékelhető			

Víztest neve: Balaton-felvidéki karszt (k.4.2.)					**Kezelő: Közép-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság és Nyugat-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság (Balatongyörök, Keszthely)**					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Berhida	Fakadás K-56 és K-51 kút között	581416	203113	A K-51 és a K-56 kataszteri számú kút közötti úton alulról tör föl a víz, majd folyik az úttól K-re levő nádas, vizenyős terület illetve a süllyedéktavak felé. Az út már törmelékkel van feltöltve ezen a szakaszon, valószínű a kimosás.	pontszerű	fakadás	valós	Földút		
Csopak	Simoga köz	564252	182550	A patak elkanyarodása (közút másik oldalára vezetése) alatti mélyebb fekvésű terület, amit a nagyobb patakvízhozam alkalmával elönthet a víz. Elsődlegesen, ha a nagyobb esők vannak, akkor fordulhat elő.	vonalas	vízelvezetés	valós	Részlegesen ingatlanok		Vízelvezetés rendezése
Csopak	Nagykút-forrás	563592	182241	A foglalt Nagykúti-forrás fölötti területen 2 db betongyűrűs akna található, amelyekben víz van. Az ellenőrzés idején tapasztaltnál magasabb karsztvízszint esetén, nagyobb területen vízfakadások jelentkeznek.	területi-vonalas	fakadás, vízelvezetés	nem			
Csopak	Séd-patak Csonka-toronyig tartó szakasza	563430	183618	Megnövekedett vízhozam, így különösen csapadékos időt követően a patak nem tudja a vizet elvezetni	vonalas	vízelvezetés	nem, de a 2019. évi forrásfelmérésnél jól látható volt	Vonalas infrastruktúra (út)		Részletes vizsgálatok, tervezés
Csopak	Séd-patak Csonka-toronyig tartó szakasza	563785	183495	Megnövekedett vízhozam, így különösen csapadékos időt követően a patak nem tudja a vizet elvezetni	vonalas	vízelvezetés	nem, de a 2019. évi forrásfelmérésnél jól látható volt	Vonalas infrastruktúra (út)		Részletes vizsgálatok, tervezés
Hajmáskér	Temetői-forrás	572246	200125	A Temetői-forrást magát nem lehetett megközelíteni. Ugyanakkor a forrás felöli árok Sédbe történő betorkollása a Sóly-Hajmáskér közötti műút Séd feletti hídjának Ny-i oldalánál található. Ugyan ez is lekerített, de jelentős mennyiségű (becslés: 40-50 l/s) víz folyik a Sédbe.	pontszerű	vízhozamnövekedés	valós			
Hajmáskér	Községi-forrás	572066	200500	Erdőben a vasút-Hajmáskér-Sóly közötti út-vízelvezető árok háromszögben. Kővel kirakott kút. Száraz. Vizesedés nem látszik.	pontszerű	megszólaló forrás	nem			
Monostorapáti	B-4 kat. sz. kút	535868	176383	A kútra egy építmény van helyezve. Valamikor körbe volt kerítve, de a kerítést elhordták. Jelenleg vízfakadás nyomai nem láthatók.	pontszerű	pozitív kút	nem			
Nádasdladány	Sárvíz-Malom csatorna	588437	199829	A Sárvíz-Malom-csatorna és Nádasdladány Inotai út kereszteződésénél. A csatorna növényzettel közepesen benőtt.	vonalas	vízelvezetés	valós			Vízelvezetése karbantartása
Nemesvámos	753/9-14 és 753/28-32 hrsz-ek	561141	189894	ÉK-felé lejtő terület ellaposodó része. Az érintett ingatlanok területe jelenleg száraz, vizesedés nyoma nem látszik. Az időszakonkénti vizesedést valószínű a csapadékvíz okozza, de nem zárható ki a karsztvíz átadódása illetve időszakonkénti megjelenése sem.	területi	vizesedés	nem			
Ősi	Péti-víz	584101	201795	Péti-víz jelentős vízhozammal. Széle nádassal, medre egyéb vízinövényzettel erősen benőtt.	vonalas	vízelvezetés	valós			Vízelvezetés rendezése, karbantartása
Ősi	Séd	584287	201348	A Séd hídjánál, Ősi település É-i részén (tőle D-re van a Sárvíz-Malom csatorna). A csatorna növényzettel közepesen benőtt.	vonalas	vízelvezetés	valós			Vízelvezetés rendezése, karbantartása
Öskü	Betongyűrűs forrás	577082	202792	A forrás nem található. Nádassal, növényzettel sűrűn benőtt a terület. A megépült M8-as út melletti területen van egy beton akna és egy betongyűrűs , betonnal fedett "kút?". A betonakna nem nyitható, de a kút? Beton fedele elmozdítható és látszik, hogy vezetéken ömlik a víz. Mivel az e-közmű-ben ide nem jelölnek	pontszerű	megszólaló forrás				Vízelvezetés rendezése, karbantartása

Víztest neve: Balaton-felvidéki karszt (k.4.2.)					Kezelő: Közép-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság és Nyugat-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság (Balatongyörök, Keszthely)					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
				semmilyen vezetéket (szennyvizet sem!) nem tudjuk milyen vezeték ez. Talán Pétfürdő ipari létesítményeihez megy.						
Pétfürdő	Strand és tó környéke	579964	202645	A régi strand területe alá van drénezve. A fakadó vizek a gyűjtőaknákon keresztül jutnak vezetéken a szomszédos tóba. Szemben a Berhidai úton 3 db ház vizesedik. A tó melletti sétányon fakadó vizek vannak. A szomszédos sportpályán is fakadnak vizek. A park területén levő kút valószínű pozitív.	területi	fakadás	valós	Terület teljes elvizesedése	Drénezés, vízelvezetés	A település feletti szakaszról a vízelvezetés rendezése, a tavak vízszintjét alacsonyabban kell tartani, az elvezető medreket folyamatosan karban kell tartani
Várpalota-Ősi	Csákány-árok	583455	203222	Várpalota-Ősi országút Csákány-árok feletti híd Ny-i oldalánál. Az árok növényzettel nagyon erősen benőtt, vízszállító képessége így erősen lecsökkent.	vonalas	vízelvezetés	valós			Vízelvezető árok rendezése, karbantartása

5. táblázat: A karsztvízszint emelkedéséből származó problémák a k.1.1. karsztvíztesten

Víztest neve: Dunántúli-középhegység -Veszprém, Várpalota, Vértes déli források vízgyűjtője (k.1.1.)					Kezelő: Közép-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Bodajk	Tó-forrás	588714	220181	A Tó-forrás közvetlen környezetében vizesedésről a helyiek nem tudnak. A tófenékről fakad a víz. A vízelvezetés megoldott, a Tó-forrás vizét a Nádas-tavi forrásokhoz vezetik. A Tó-forrástól ÉK-re 200 m-re kisebb fakadás és a Vízmű pozitív kútja található	pontszerű	megszólaló forrás	nem			Állagjavítás, vízelvezetés rendezése
Bodajk	Vízműtelep	588750	220410	Deák F. utca - Tópart utca sarkán található használaton kívüli vízműkút pozitív. A kúttól a Tópart utca felé eső rész vizenyős, a kerítésen kívül is és nagy felületen folyik ki a víz az árokba, amellett, hogy van egy PVC cső is beépítve "túlfolyóként", amiből szintén folyik. az út menti árokba a víz. A folyamatos vizesedés az út kút felőli oldalán az útalapot folyamatosan áztatja, az úton süllyedés nyomai látszanak. A vizet a Nádas-tavi forrásokhoz vezetik árokban.	pontszerű	pozitív kút	valós	Települési közút, lakóépületek		Kút lezárása, vízelvezetés rendezése
Bodajk	Nádas-tavi forrás kivezetése	589279	220035	Nádas-tavi források kivezetése a települési közút hídja alatt növényzettel erősen benőtt.	vonalas	vízelvezetés	valós			Vízelvezetés rendezése
Bodajk	Móri-víz	589406	220085	A Móri-víz árka viszonylag tiszta, de a megszólaló források plusz vízhozama terheli. A Nádas-tavi források vizének egy része is közvetlenül ide folyik.	vonalas	vízelvezetés	valós			vízelvezetés rendezése
Csákvár	Csákvár-1 kút	607527	226827	Náddal, sással benőtt néhány 100 m^2-es zsombékos terület, amelyen áll a víz. A kút a süppedős, vízállásos területen nem megközelíthető.	pontszerű	pozitív kút	valós			Kút lezárása

Víztest neve: Dunántúli-középhegység -Veszprém, Várpalota, Vértes déli források vízgyűjtője (k.1.1.)					**Kezelő: Közép-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság**					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Csór	Polgármesteri Hivatal épülete	590086	206972	Csóron a Polgármesteri Hivatal öreg épületének pincéjében állt a víz. A bejárás idejére az állagmegóvás érdekében a polgármester elmondása szerinti mintegy 0,5 m-es vizet feltöltötték, hogy ne legyen állandó a nedvesség károsító hatása. Az épület előtt valamikor volt egy szabad kifolyású 1832-ben létesített kút, amit sok évvel ezelőtt elbontottak és lezártak.	pontszerű	fakadás	valós	Óvoda, polgármesteri hivatal		Monitoring, amelynek eredményei alapján lehet a további intézkedéseket (pl: vízemelés, állagmegóvás) elkészíteni
Csór	Vízműtelep	590314	207219	A Vízmű területén 1 db karsztakna termel. 4 db foglalt forrás vizét gyűjtőaknákba vezetik, majd a betonozott kivezető árokba. A vízrendezés megoldott. Ugyanakkor üzemszünet esetén gyorsan emelkedik a víz az aknákban és hamarosan megjelenik a kifolyókon.	területi	pozitív kút	nem	Alkalmanként ingatlanok, közút	Vízelvezetés megoldott, termelést növelték a vízszint tartása érdekében	
Fehérvárcsurgó	Volt Zárda-tó	590741	216576	A volt Zárda-tó területén kialakított játszótér DNy-i sarkánál folyamatos vizesedés annak ellenére, hogy az egész terület alá van drénezve. Kb. 30-40 m hosszban, félkörívben vizesedik a terület	területi	fakadás	valós	Játszótér, a felette elhelyezkedő domboldal felszínmozgása	Drénezés, vízelvezetés	Drénezés
Fehérvárcsurgó	Törpe-vízmű	590711	216674	A volt vízmű területén a nyitott csőből folyamatosan folyik ki a víz. Vízhozama 10-20 l/perc közötti. A terület elhanyagolt.	pontszerű	megszólaló forrás	valós			Vízmű területének rendezése, vízelvezetés megoldása
Fehérvárcsurgó	fakadás	590750	216659	Törpe-vízműtől K-re a fás, bokros terület mellett több helyen is fakad a víz a kertek végében	pontszerű	fakadás	valós	Ingatlan		vízelvezetés
Fehérvárcsurgó	vízelvezetés	590879	216659	A Kossuth L. utca - Arany J. köz -Deák F. utca közötti terület fakadóvizeinek elvezetésére kiépített drén és vízelvezető árok rendszer. Az út mindkét oldalán folyamatosan folyik a víz.	vonalas	vízelvezetés	valós	Ingatlan		
Gyulafirátót	K-6/b kat.sz. kút	565120	199680	A terület körbekerített, a kút működik. A terület nem vizenyős.	pontszerű	pozitív kút	nem			
Gyulafirátót	K-7/b kat.sz. kút	564674	199661	A terület teljesen víz alatt áll, a kút megközelíthetetlen, mindenütt nádas, vizenyős terület található körülötte. A fotó koordinátái: 564666, 199807. (Ez a veszprémi VI. kút)	pontszerű	pozitív kút	valós	kút		
Gyulafirátót	K-4/b kat.sz. kút	564392	199886	A terület jelenleg megközelíthető, a D-i oldalon vannak vizenyős részek. A növényzetből látható, hogy előfordult, hogy víz vette körbe. (Ez a veszprémi III. kút.)	pontszerű	pozitív kút	nem			
Gyulafirátót	K-5/b kat.sz. kút	564421	199642	Jelenleg megközelíthető, nem vizenyős. K-i oldalánál láthatóak vizenyős területek. A Ny-i oldal is zsombékos.	pontszerű	pozitív kút	nem			
Hajmáskér	Sági-réti forrás	571059	200640	A megadott térségben forrás nem fakad	pontszerű	megszólaló forrás	nem			
Inota	Megszólaló források	583374	207831	A Tóvízmű feletti források, közülük különösen az Iharos - és a Téglaházi források hozama jelentős	pontszerű	növekvő vízhozam	valós			vízelvezetés rendezése, folyamatos karbantartás
Inota	Inota	583522	207187	A Dózsa Gy. utca, Bercsényi utca közötti területet érinti az emelkedő karsztvízszint és a patak vízhozamának növekedése következtében a házak vizesedése.	területi	vizesedés	valós	Ingatlanok		vízelvezetés rendezése, folyamatos karbantartás
Inota	B-52 kút	584127	206921	Vajda J. utca, volt Inotai Hőerőmű kútja	pontszerű	pozitív kút	valós	Ingatlanok		kút lezárás
Inota	B-54 kút	584073	206896	Vajda J. utca, volt Inotai Hőerőmű kútja	pontszerű	pozitív kút	valós	Ingatlanok		kút lezárás
Öskü	Hármasforrás vízfolyása	575527	202246	Patakmeder növényzettel erősen benőtt, néhol a telektulajdonosok tartják karban. A növényzet miatt a vízszállító képessége csökkent, ugyanakkor a források hozama növekedett	vonalas	vízelvezetés	valós	Ingatlanok részleges elöntése		Vízelvezetés rendezése, karbantartása
Várpalota	Bántapuszta 6. kút	577689	204659	Lezárt kút. A védőterülettől D-re nádasos, vízállásos terület. K-re egy áteresz mellett a vízfolyásba folyik egy fakadás (feltehetően a kúttól)	pontszerű	pozitív kút	valós	Ingatlanok		Vízelvezetés

Víztest neve: Dunántúli-középhegység -Veszprém, Várpalota, Vértes déli források vízgyűjtője (k.1.1.)					Kezelő: Közép-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Várpalota	Bántapusztai Vízmű 1-4. kút	577926	204885	A Bántapusztai Vízmű 1-4 kútja pozitív. A terület rendezett, bekerített. A mellette levő Karszt-tónál folyik a víz az elvezető árokban. A kutakon kifolyás nem volt látható.	pontszerű	pozitív kút		Ingatlanok		
Veszprém	Cseri murvabánya	560044	197309	A murvabányában elhelyezett hulladék potenciális veszélyt jelent a karsztvízre. Ez a mellette levő murvabánya felől nagyon szemléletesen érzékelhető. A bányaudvarban jelenleg kis területen látható vízállásos terület, de ez nem dönthető el, hogy karsztvíz vagy csapadékvíz.	területi	szennyezés	valós	Karsztvíz elszennyeződése		Folyamatos kasztvízmonitoring. A) hulladéklerakó elköltöztetése B) kútlétesítés, lokális depresszió tartása, hulladéklerakó teljes zárt lefedése
Zámoly	Zámoly-2 kút	600801	221791	A kút jelenleg nem pozitív. Nyugalmi vízszintje -2,60 m (forrás: Fejérvíz). A kúttól kb. 250 m-re egy árokban a kút természetes úton megcsapolódik, ha magasabb a vízszint. A Fejérvíz munkatársa szerint egész télen csordogált a víz a megcsapolásból.	pontszerű	pozitív kút	nem	Ingatlanok		
Zámoly	Zámoly-1 kút	601169	221699	Kútfejen levő nyomásmérő tanúsága szerint a kút nyugalmi vízszintje kb. 2,2 m a terepszint felett.	pontszerű	pozitív kút	valós	Ingatlanok		

6. táblázat: A karsztvízszint emelkedéséből származó problémák a k.1.2. karsztvíztesten

Víztest neve: Dunántúli-középhegység - Tatai- és Fényes-források vízgyűjtője (k.1.2.)					Kezelő: Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Dunaalmás	Lilla-forrás	596196	265852	A forrás a vasúti töltés É-i oldalán fakadt újra, nagy hozammal, jelentős mennyiségű földet kimosott. A kifolyó víz a vasúti töltés hídja alatt folyik a Dunába.	pontszerű	megszólaló forrás	valós	Út, vasúti töltés, ingatlan		Folyamatos figyelés, vízelvezetés megoldása
Tata	Május 1. út 26-28. mögötti parkolók	594801	256144	A Menich kút melletti parkoló fölötti szegélye fölött nagy területen szivárog a víz (kb. 50 m hosszon).	területi	fakadás	valós	parkoló		drénezés, vízelvezetés rendezése
Tata	Lelkes-forrás	594405	256299	Az Aradi vértanúk utcában Lelkesék telkének vízfolyás felőli végén fakad. A kertben egy kb. 2 m²-es tó van, onnan a víz PVC csövön keresztül a telek hátsó részén húzódó kis vízfolyásba van vezetve. Hozamát mértük.	pontszerű	fakadás	valós	Ingatlanok		Időszakonként ellenőrzés, vízhozammérés
Tata	Kosztolányi út 1. előtti parkoló	594749	255833	Kosztolányi u. 1. sz. előtti parkolóban, valamint a Bláthy O. u. 9-ben megjelenő és folyamatosan elfolyó víz	pontszerű	fakadás, vízelvezetés	valós	épület állaga, csatorna terhelése	A Kosztolányi megoldásra került, a Bláthy még nem	Közös, lokális belterületi vízrendezés tervezése, kivitelezése szükséges.
Tata	Várkút, Várforrás	595251	256323	Vár alatti források: Várkút, Várforrás - A vár alól, ami egyben a tó völgyzáró gátja is, a tó medrébe kifolyó nagy hozamú források kimossák a finom frakciót, ezzel veszélyeztetve a gát állékonyságát. A tóparti sétányon nagyméretű és mélységű beszakadás tapasztalható a várfal mellett. A Várforrás a Várudvaron tör fel.	pontszerű, lokális	megnövekedett vízhozam	valós		Ideiglenes megoldás a Várforrás vizének Várárokba vezetése	Vízrendezés, tereprendezés, helyreállítási munkák szükségesek.
Tata	Harmónia Vadászbolt	594861	256267	Harmónia Vadászbolt - Magánépület pincéjében folyamatosan megjelenő karsztvíz, folyamatos szivattyúzás, épület szerkezeti és állékonysági veszélyeztetése	pontszerű, lokális	fakadás, vízelvezetés csatornahálózatot terheli	valós	épület állaga, csatorna terhelése	Víz kivezetése a csapadékcsatornába	

Víztest neve: Dunántúli-középhegység - Tatai- és Fényes-források vízgyűjtője (k.1.2.)					**Kezelő: Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság**					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Tata	Május 1. út 43.	594675	256118	Május 1. út 43. - épület előtt megjelenő karsztvíz állékonysági, szerkezeti veszélyforrás, jelenleg drénnel összegyűjtve, a víz a csapadékvízelvezető rendszert terheli folyamatosan.	pontszerű, lokális	fakadás, vízelvezetés csatornahálózatot terheli	valós	épület állaga, csatorna terhelése	Ideiglenes megoldásként drén beépítve, a fakadó víz csapadékvíz csatornába vezetve	Közös, lokális belterületi vízrendezés tervezése, kivitelezése szükséges.
Tata	Május 1. út 45.	594650	256072	Május 1. út 45. -Panelház pinceszintjében megjelenő karsztvíz állékonysági és szerkezeti veszélyforrás. Jelenleg drénnel összegyűjtve és csapadékvíz csatornába vezetve	pontszerű, lokális	fakadás, vízelvezetés csatornahálózatot terheli	valós	épület állaga, csatorna terhelése	Ideiglenes megoldásként drén beépítve, a fakadó víz csapadékvíz csatornába vezetve	Közös, lokális belterületi vízrendezés tervezése, kivitelezése szükséges.
Tata	Kismosó-forrás	594663	255412	Kismosó-forrás környezetében (Kocsi utca és Május 1. út között) diffúz módon megjelenőkarsztvíz több magánépület pincéjében	pontszerű, lokális	fakadás, vízelvezetés csatornahálózatot terheli	nem		Önkormányzati kezdeményezésre, állami forrásból 2018-2019-ben megtörtént a fakadó víz patakmederbe történő bevezetése. A "vízkép" a jelenlegi forráshozamnak megfelelően szemlélteti az eredeti állapothoz közeli viszonyokat.	
Tata	Törökfürdő-forrás	595010	256145	Törökfürdő-forrás - A fürdő gépészeti aknájában nagy hozammal feltörő karsztvíz, szennyvízhálózat és tisztító rendszer terhelése	pontszerű	fakadás, megnövekedett vízhozam, vízelvezetés csatornahálózatot terheli	valós	csatorna terhelése	Kiépítésre került a fakadó karsztvíz elvezetése a megújult Hajdú utcai csapadékcsatornába	
Tata	Lo Presti-forrás	594935	256055	Lo Presti-forrás - Régi forráskürtőben emelkedő karsztvízszint, terepszint elérése esetén a mélyebben fekvő épületek víz alá kerülése	pontszerű		nem		A Lo Presti -forrás vízelvezetésének kiépítése szükséges, egyesítve a Törökfürdő forrásával, majd az Eszterházy Kastély kertjében levő Forrás-tóba	
Tata	Május 1. út "buszmegálló"	594661	256019	Május 1. út "buszmegálló" - felfakadó karsztvíz, beszakadó úttest	vonalmenti, lokális	fakadás, megnövekedett vízhozam, vízelvezetés csatornahálózatot terheli	valós	úttest állaga, csatorna terhelése	Elkészült, de úgy tűnik, ismét süllyed	Felülvizsgálat, szükség szerinti tervezési munkák
Tata	Kőkút-forrás	594588	255563	Kőkút-forrás - Csapadék elvezető rendszer terhelése. A Kőkút-forrás és környezetében megjelenő vizek a Május 1. út felé gravitálnak, melyek az út állékonyságában okoznak problémát.	lokális	fakadás, megnövekedett vízhozam	valós	csatorna terhelése	Fakadó vizet elvezették a csapadékcsatornába	
Tata	Zsidó-iskola kútjának forrása	594884	256177	Zsidó-iskola kútjának forrása - Régi forráskürtőben emelkedő karsztvízszint, a gravitációs kivezetés miatt, a csapadékvíz elvezető hálózat terhelése	pontszerű, lokális	fakadás, megnövekedett vízhozam, vízelvezetés csatornahálózatot terheli	valós	csatorna terhelése	Elkészült, egy aknán keresztül vezetik ki a Május 1. út 24-28. mögötti vizesedő parkolók előtt húzódó csapadékcsatornába	Vízhozamot figyelni kell, a csapadékcsatorna terhelése és az ingatlanok állapota miatt

Víztest neve: Dunántúli-középhegység - Tatai- és Fényes-források vízgyűjtője (k.1.2.)					Kezelő: Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Tata	Menich kút	594810	256160	A régi forráskürtőben emelkedő karsztvízszint, terepszint elérése esetén a mélyebben fekvő épületek víz alá kerülése.	pontszerű, lokális	fakadás	valós	rézsü, épületek állékonysága	A kút kitakarítása és a vízelvezetés megtörtént.	Vízhozamot figyelni kell, a csapadékcsatorna terhelése és az ingatlanok állapota miatt
Tata	Esterházy-kastély park forrás-tó és a Hajdú utca	595132	256172	Esterházy-kastély park forrás-tó és a Hajdú utca - csapadékvíz elvezető rendszer	pontszerű, lokális	megnövekedett vízhozam, vízelvezetés	valós	csatorna terhelése	Elkészült a Forrás-tó. Kapcsolódott hozzá a Hajdú utca csapadékvízelvezetése és ide kerül majd bevezetésre a Törökfürdő- és a Lo Presti-forrás vize is.	
Tata	Fényes-fürdő 50 m-es sportmedence	594474	258462	Az 50 m-es medencénél probléma volt hogy repedezett a medence. A DNY-i sarkánál volt egy forrás 1-2 m-rel a felszín alatt, egy kis kiterjedésű édesvízi mészkőből fakadt, amelyben egy kisebb üreg alakult ki, nem oldódással keletkezett barlang. Az üreg beszakadt, a későbbiekben fúrásos feltárással próbálták megtalálni, de nem találták. A medence déli harmada van a mésztufa kúpon, a forrás vizét innen drénezéssel vezették el. a medence másik része agyagon van, ezért süllyedt különböző mértékben és ezért repedt meg. A drénezéssel a medence már használható lenne.	területi	fakadás, vízelvezetés	valós			Terület drénezése

7. táblázat: A karsztvízszint emelkedéséből származó problémák a k.1.4. karsztvíztesten

Víztest neve: Dunántúli-középhegység - Esztergomi-források vízgyűjtője (k.4.1.)					Kezelő: Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Csolnok	Park utca	625095	260879	A terület rendezett, csatornázott. A patak melletti cukrászda felé lejtő úton a cukrászda fölött fakadó vizek vannak. Próbálkoztak vízelvezetéssel, de egyelőre nem működik.	területi	fakadás	valós	Út, ingatlanok		Részletes felmérés, drénezés, vízelvezetés rendezése
Csolnok	Ady Endre utca	625115	261090	Az Ady E. utca házainak vízóraaknájában áll a víz. A polgármester asszony szerint a bányaművelés időszakában itt nem volt víz, igaz a régiek "Wasserstadt"-nak nevezték a részt.	területi	vizesedés	valós	Ingatlanok		Részletes felmérés, monitoring
Dorog	Dorog-120 jelű kút	626835	264204	Az új dorogi sportcsarnok mögött a focipályára vezető bejáratnál egy zárt vasajtó mögött van a kút. Egyelőre víz kifolyását nem láttuk. A VIZIG időszakonként megnézi. Kifolyás nem volt látható, így valószínű még nem pozitív a kút.	pontszerű		nem			Folyamatos vízszintfigyelés (havi gyakoriság)
Nagysáp	N-61 jelű kút	618764	262817	A kút a növényzettel erősen benőtt, vizenyős területen nem található. Ugyanakkor a patakvölgy szélénél a rézsülábnál fakadás található, aminek vize a patakba folyik	pontszerű	pozitív kút	valós	Nincs veszély		A terepszinten kifolyó vizet célszerű lenne az Únyi-patakba vezetni
Nyergesújfalu	NY-30 jelű kút	613296	267019	Erdőben a lovastanya szélénél, a patak É-i oldalán. Lakattal lezárt kút, kifolyás, vizesedés nem látszott	pontszerű		nem			Rendszeres időközönként (negyedéves) ellenőrzés
Sárisáp	Csaposkút utca	622437	259911	A csaposkút utca végén van egy régi kb. 3,0 m átmérőjű kút. Ezt valószínű régen egy forrásra telepítették. Nem a kút folyik, hanem kicsit följebb a völgyben 2 helyen is fakadó források vannak, amelyekre az önkormányzat beton kútgyűrűt rakatott. Korábban a befogott forrás hozama megnövekedett, elmosta az árkot	pontszerű	megszólaló forrás	valós	Részlegesen ingatlanok		Árkok rendezése

Víztest neve: Dunántúli-középhegység - Esztergomi-források vízgyűjtője (k.4.1.)					**Kezelő: Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság**					
Település	**Érintett terület megnevezése**	**EOVy**	**EOVx**	**Részletes ismertetés**	**Típus**	**Jelleg**	**Időszerűség**	**Veszély**	**Megtörtént intézkedés**	**Szükséges beavatkozások**
Tokod	Tokod 369-es kút	618432	263627	A kút egy elhagyott ház garázsának a kocsibejárójánál van. Elhanyagolt állapotú, körülötte mindenhol szemét és a kút sincs lezárva. Nem pozitív.	pontszerű		nem			ÉDU VIZIG havi rendszerességgel méri. Kút kútfejjel történő lezárása.

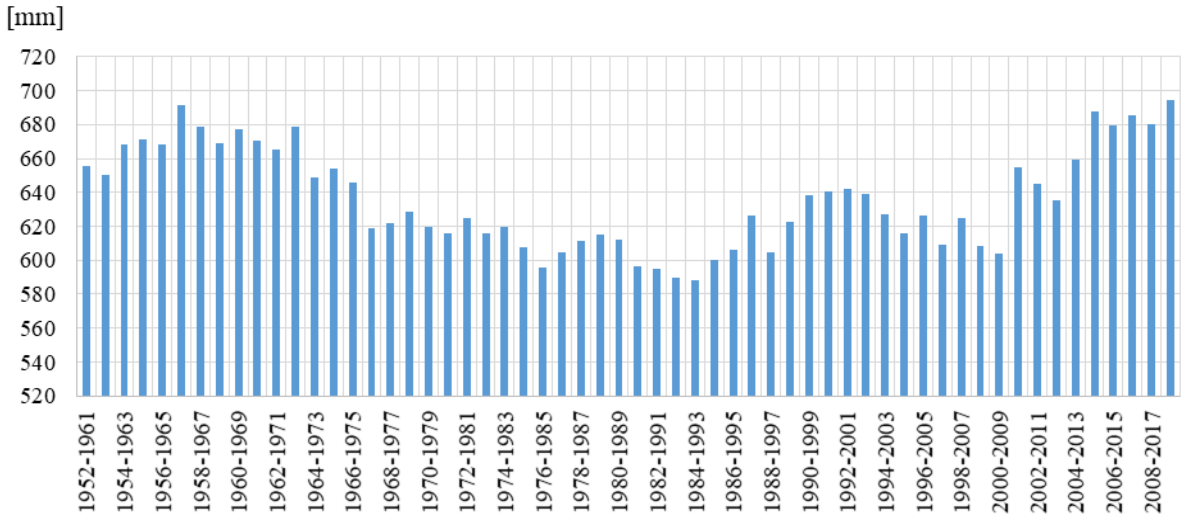
3. A VESZÉLYEZTETETT TERÜLETEK LEHATÁROLÁSA NUMERIKUS MODELLEZÉS ALAPJÁN

3.1 Módszertan ismertetése

A regionális modellezés és állapotértékelés alapján [3][4], a karsztvíztároló egyes részeire a 2010-től jellemző új egyensúlyi helyzetben is még az emelkedő trend a jellemző. Ennek mértéke azonban jóval kisebb, mint a 2010 előtti időszakban. A néhány tíz cm/év nagyságrendű emelkedő trendet messze felülírja az éghajlati hatás, a beszivárgás csapadék mennyiségtől függő változékonysága.

A következő évtizedben (2030-ig) várható állapotot a jelenlegi állapot és a várható éghajlati változások, főképpen a csapadék mennyiségének változása, és annak eloszlása adhatja meg. Egyéb más, beszivárgást meghatározó tényezőkben nem várható változás, még a termelés is stabilizálódni látszik.

Az éghajlati kutatások, modellezések alapján a következő évtizedek bizonytalanok a csapadék mennyisége szempontjából, akár növekedhet, de csökkenhet is. Ezért a projekt keretében a tároló 2030-ra várható nyomásállapotát a regionális modellezés során 3 (optimista, átlagos, pesszimista) éghajlat változási szcenárióban jeleztük előre a projekt feladat kiírása szerint. Az alábbi ***5. ábra****Hiba! A hivatkozási forrás nem található.*, a tíz éves csapadék átlagokat mutatja be 1952-től.



5. ábra: A Dunántúli-középhegység csapadék mennyiségének 10 éves átlagai

A „pesszimista-optimista" megfogalmazás a potenciális vízkárok szempontjából vizsgálja a karsztvízszint változását. Vízkivételi, és a Dunántúli-középhegység vízgazdálkodási állapotértékelése szempontjából pont fordított a helyzet. Az egyes modellezési szcenáriók a következők voltak.

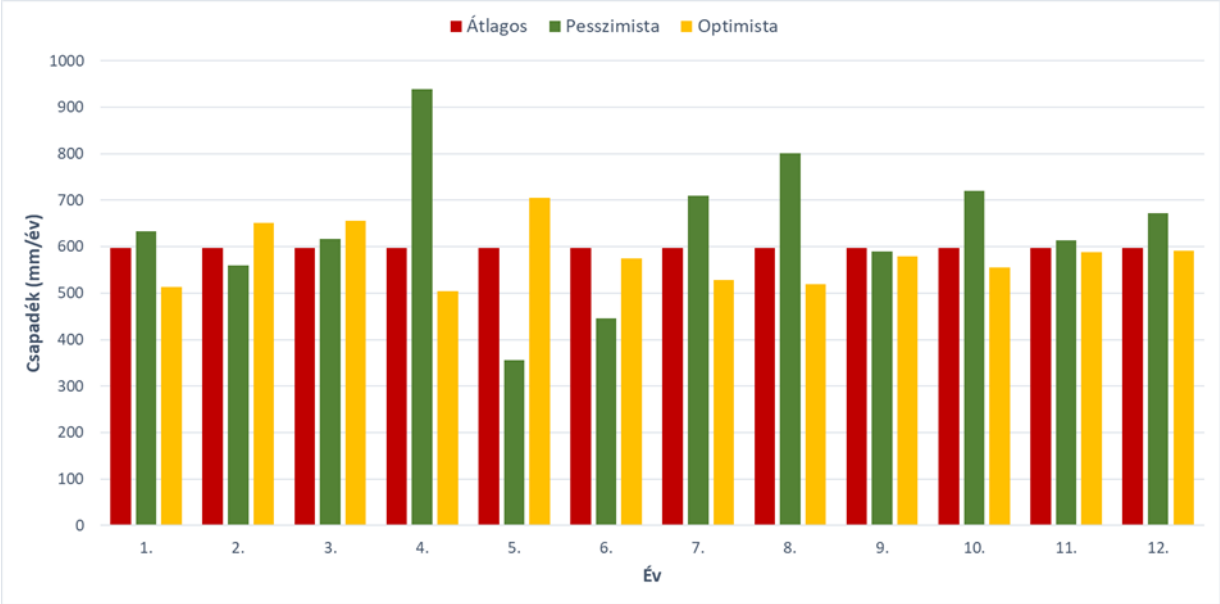
- a „pesszimista" változat a 10 éves legnagyobb beszivárgású időszak (2009-2018) + 2018 év tény vízkivételei alapján készült. Tényleges modellezett időszak: 2007-2018.
- az „átlagos" változat az 1980 – 2010 évi átlag beszivárgás + 2018 év tény vízkivételei. A modellezés a projekt kiírás szerint készült erre az időszakra, ugyanakkor meg kell jegyezni,

hogy ez az időszak inkább az átlagosnál alacsonyabb beszivárgással jellemezhető, ezért inkább közelít az optimista változathoz.

– az „optimista” változat a 10 éves legkisebb beszivárgású időszak (1984-1993) + 2020 engedélyezett vízkivételek alapján készül. Tényleges modellezett időszak: 1983-1994. Az engedélyezett vízkivételek általában nagyobbak, mint a tényleges vízkivétel, így ez a változat eredményezheti a legalacsonyabb karsztvízszintet.

A pesszimista és optimista változat esetén a két kiválasztott évtized tényleges napi csapadék mennyisége alapján számolt beszivárgást adtuk meg a tranziens modellezés során. A valóságban azonban sohasem következik be a csapadékeloszlás ugyanúgy, ahogy már egyszer megtörtént, ezért a modellezett karsztvízszint csak becslés! A valós karsztvízszintek a modellezett periódusban eltérhetnek majd a becsülttől.

Az ***6. ábra*****6. ábra** a prognosztizáció során a modellezés időlépcsőire jellemző éves csapadék mennyiségét mutatja be a teljes Dunántúli-középhegység területét tekintve.



6. ábra: A különböző szcenáriók modellezett éves csapadék mennyisége

A veszélyeztetettség meghatározásánál ezért a pesszimista változatot kell figyelembe venni.

A pesszimista szcenárióra jellemző időszakon belül található a 2010-es év is, amely Magyarországon extrém magas csapadék mennyiséget produkált. Ezért összevetettük a pesszimista szcenárión belül az extrém magas csapadékú évre és a 2030-ra modellezett vízszinteket is. A 2030-ra modellezett karsztvízszintek, fedett területen magasabbnak bizonyultak, így a továbbiakban a veszélyeztetett területek meghatározásánál a 2030-as állapottal számolunk (továbbiakban: pesszimista_2030 karsztvízszint).

A lokális modellek esetén a Csór, Bodajk, Fehérvárcsurgó és Tata modelleknél a cél elsősorban a veszélyeztetett területek lehatárolásának pontosítása volt, ezért ezeknél a modelleknél csak pesszimista szcenárióval kalkuláltunk. Az előrejelzés megtörtént egy úgynevezett pesszimista 2. szcenárióra is, amely azt az eshetőséget mutatja, hogy milyen vízszintek várhatók akkor, ha a 2030-as évre egy „extrém csapadékos” év (a 2010-es év) beszivárgásmennyiségeivel számolunk.

Ez alapján a fent említett 4 db tranziens lokális modell esetén az előrejelzési időszakra (2019-2030) az alábbi két modellszcenárió készült el:

- *Pesszimista 1.*: Ebben a verzióban a regionális modellből már ismert beszivárgásadatokkal dolgoztunk, azaz az előrejelzési időszakban a legnagyobb beszivárgásmennyiséggel jellemzett 10 év (2009-2018) adatait használtuk fel. Továbbá a teljes időszakra 2018. év tény vízkivételei lettek megadva.
- *Pesszimista 2.*: Ez a verzió egy veszélyeztetettségi szempontból még pesszimistább csapadékkal számol a 2030-as évre. Ez azt jelenti, hogy a 2020-2029 közötti időszakra a pesszimista 1. verziónak megfelelő beszivárgásértékekkel kalkulál (2009-2017 beszivárgásadatai) a modell, míg a 2030-as évre egy „extrém csapadékos" év, a 2010-es év beszivárgásmennyiségeivel számol. E verzió esetén is a teljes időszakra 2018. év tény vízkivételeivel számoltunk.

A Hévíz – Keszthelyi-hegység lokális modellnél az előrejelzés – a regionális modellhez hasonlóan – a már említett három éghajlati szcenárió (pesszimista, átlagos, optimista) alapján készült el, mivel itt a modellezés célja elsősorban vízgazdálkodási kérdések megválaszolására terjedt ki.

A veszélyeztetett területek lehatárolásának módszertanát a projekt feladat kiírása részletesen meghatározza.

„A veszélyeztetett területek lehatárolásához meg kell szerkeszteni a tároló teljes területére az előrejelzett karsztvízszint és a terepszint különbség térképét, valamint a terepszint és az alaphegységi tároló különbség térképét. Részletesen azokat a területeket kell vizsgálni, ahol a karsztvízszint a felszín fölé emelkedik, és az alaphegység a felszíntől 50 m-nél közelebb van. Ezeken a területeken (átfedésben az egykori/jelenlegi forrásterületekkel) a fúrási rétegsorok feldolgozásával meg kell határozni a fedőrétegekben az agyagrétegek (védőréteg) vastagságát, a védőréteg feküjére ható víznyomást, majd az 1 bar vízoszlopnyomásra eső védőréteg vastagságot, tehát a fajlagos védettséget. A veszélyeztetett területek a <2 m/bar érték alapján jelölhetők ki."

A projekt kiírás által alkalmazott módszertan eredete tisztázatlan, sem tudományos, sem műszaki szabvány hivatkozás nincs benne. Csak feltételezhető, hogy Maller Márton diplomamunkájában bemutatott módszerről van szó, amelyet Dankó Zsolt (*2012*) [10] alapján dolgozott ki Tata város veszélyeztetett területeinek lehatárolására (*Maller M. 2012*) [17].

Egyszerű képlettel kifejezve Maller szerint a fajlagos védettség:

$$v = \frac{m}{p} \geq 2{,}0\ \frac{m}{bar}$$

ahol

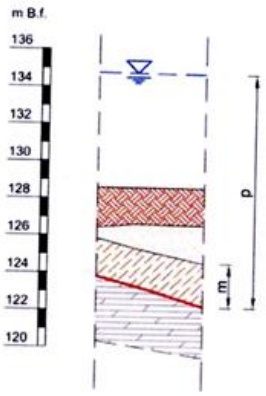
v [m/bar] a fajlagos védettség,

m [m] a védőréteg vastagsága,

p [bar] a védőréteg feküjére ható nyomás.

Ez a számítási módszer a bányászati gyakorlatból származik, ahol a vízbetöréssel szembeni biztonság teljesülését ezzel a feltétellel vizsgálták (*Dankó Zs. 2012*)[10].

Példaképpen a ***7. ábra*** rétegszelvénye szolgál. Ez tulajdonképpen azt jelenti, hogy az adott rétegszelvény (bármely szelvényében leolvasva az agyagréteg vastagságát, illetve a karsztvízszint és az ábrán vörössel jelölt agyag feküszint különbségét, meghatározható az adott pontban jellemző fajlagos védettség értéke (10 m magasságú vízoszlop ~1 bar nyomásnak felel meg).



7. ábra: A fajlagos védettség számítása Maller (2012) alapján

A vízveszélyesség fogalmát bányászati szempontból a **61/2012. NFM rendelet** a föld alatti bányászati tevékenységek biztonsági szabályzatáról is megfogalmazza. A rendelet értelmezésében

a fajlagos védőréteg-vastagság: a szivárgási út mentén a víznyomásra vonatkoztatott védőréteg-vastagság m/bar mértékegységben;

A rendelet 28. § (3) szerint vízveszélyes a munkahely, ha

a. a vízvédelmi pillérben vagy karsztvíztárolóban helyezkedik el,
b. közte és a víztároló között a védőréteg vastagság nem ismert, vagy
c. közte és a víztároló között a fajlagos védőréteg-vastagság karsztvíztároló esetében 3 m/bar-nál, rétegvíztároló esetében 1,5 m/bar-nál kisebb.

Összefoglalva megállapítható, hogy a veszélyeztetettség fogalmát felszín alatti térrészekre (bányák) dolgozták ki, a felszínre való veszélyeztetettségre általánosan elfogadott módszertan nincs. Külfejtéses bányák esetén egyszerű ökölszabályként a bányatalp legfeljebb 10 m-re közelítheti meg a karsztvízszintet.

Azt is ki kell emelni, hogy a veszélyeztetettséget mindig konkrét feltárások, fúrások és az azokban végzett hidraulikai mérések alapján határozták meg pontszerűen és kis térségre. Maller is csak azon pontokra adott értékeket, ahol konkrét fúrások, mérések voltak.

Jelen projekt keretében a veszélyeztetett területek lehatárolását elsődlegesen az 1:100 000-es méretarányú regionális numerikus modellezés eredményei alapján határozzuk meg, így a veszélyeztetett területek lehatárolása jelentős hibával terhelt. A hiba három fő okból származhat.

1. <u>A karszvíztároló felszínének pontatlanságából</u>. Mint azt a regionális modell bemutatásánál ismertettük a karsztvíztároló és a fedőkarsztok felszínének szerkesztett szintvonalas térképeinél figyelembe kell venni, hogy a szerkesztés hidrodinamikai modellezés számára készült, amely számára a szerkesztés pontossága megfelelő, és módszere elfogadott gyakorlat. A szerkesztés során fúráspontokból és térképi adatállományból interpolálással határozzák meg a szintvonalakat, anélkül hogy az egyes szintvonalakat részleteiben igazítanák a fúrásokhoz, vagy a vetőkhöz. Ebből következik, hogy az így kapott felületek egyenletesebbek, a képződmények átmenete folyamatos, ami a valós földtani felépítés

leegyszerűsítése. Minden szintvonal térkép szükségszerűen simító hatású a reprezentált felületre nézve, a reprezentált felület átlagos tendenciáit mutatja (*Jordán Gy. 2009*) [10]. A valóságban kis területen belül is, a vetőkkel elmozdított, különböző elvetési magasságú felszín a jellemző, ebből következően a fedő vastagsága kis területen belül is nagyon eltérő lehet.

2. A modellezett karsztvízszintből. A numerikus modell a valóság egyszerűsített leképezése, így a modellezett karsztvízszint megfelelősége csak egy adott monitoringpontban ellenőrizhető, a köztes pontokon nem.
3. A prognosztizáció során alkalmazott beszivárgásból, amely nem pontos előre jelzésből, hanem fiktív csapadék idősorból származik.

A lokális numerikus modellek elkészítése lehetőséget adott arra, hogy az adatok részletesebb felbontású kiértékelésével a vízszintek várható alakulásáról és eloszlásáról valamivel pontosabb képet kapjunk. Fontos azonban kiemelni, hogy az eredmények ebben az esetben sem csak a modell, hanem a bemeneti paraméterek részletességén is múlnak, amely sok esetben (pl. monitoringhálózat sűrűsége) nem változott a regionális modellhez képest.

A lokális modellezés eredményeinek feldolgozásával a veszélyeztetettségi értékelés lokális modellterületenként elvégzésre került. A kijelölt veszélyeztetett térrészek pontosításra kerültek a numerikus modellek eredményei alapján. A feldolgozás során a területek kijelölése nagyrészt a fent leírt – a regionális modell teljes területére is vonatkozó – módszertan alapján történt meg.

Tata városában a karsztvíz emelkedés okozta problémák miatt kiemelt jelentőséggel bír a veszélyeztetett területek lehatárolása. A probléma minél mélyebb megértése érdekében ezen az egy lokális modellterületen egy másik, a vertikális hidraulikus gradiens számításán alapuló, érzékenyebb veszélyeztetettségi megfontolás sorozat alapján is elkészült a veszélyeztetett területek meghatározása (Lásd részletesen: *Smaragd-GSH Kft. 2020: A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010. Tata lokális modell. Jelentés.*[8].

Ezen másik megfontolás szerint, a vízoszlop-magasságban értelmezett potenciális terepszint feletti túlnyomást osztottuk a fedőréteg vastagságával. Ebben az esetben figyelembe vettük azt, hogy a számított karsztvízszintek hibája a legproblémásabb területeken kb. 0,5 m, illetve hogy a pesszimista verzió esetén a 2019. évi karsztvízszintekhez képest kb. 2,5 m vízszintemelkedés alakulhat ki, azaz a 2019. évi számított karsztvízszintekhez képest 3 m-rel magasabb reprezentatív karsztvízszintekkel szükséges számolni. Ezzel a módszerrel kiszámoltuk az általunk veszélyeztetettségi indexnek nevezett értéket, amelyből következtethetünk a veszélyeztetettség mértékére.

Ugyanakkor az is elképzelhető – tekintettel arra, hogy egy erősen beépített térrészről van szó –, hogy pl. építési céllal a fedőréteget megbontják, ami átlagos helyzetben a terepszint alatti 3 m-es zónát érinti. Ilyen módon a terepszint ideiglenes vagy végleges csökkentése miatt további 3 m korrekcióval érdemes számolni.

Ezen veszélyeztetettségi számítással le lehet határolni azokat a területeket, ahol elvi lehetőség lehet a karsztvízszint terepszintre vagy beavatkozással módosított terepszintre jutásának, de a bar/m vagy a m/m érték alapján az eltérő veszélyeztetettségű zónák is kijelölhetőek.

A javasolt módszertant felhasználva és kismértékben módosítva a veszélyeztetett területeket a következőképpen határoztuk meg.

3.1.1 Előrejelzett karsztvízszint és a terepszint különbsége

A veszélyeztetett területeken a karsztvíz akkor lép a felszínre, ha a karsztvíz szintje vagy nyomása magasabb, mint a terepfelszín.

Megszerkesztettük a karsztvíztároló teljes területére a regionális modell alapján a 2030_pesszimista korrigált karsztvízszint és a terepszint (10 méteres pontosságú digitális domborzat modell) különbség térképét ***(10. ábra)***. E módszer a fedő vastagságától függetlenül kiadja azokat a területeket, ahol a numerikus modell szerint a felszín fölé jöhet a karsztvíz, vagyis a feláramlási területeket.

Fedetlen, nyílt tükrű karsztvíztároló esetében ez a módszer közvetlenül megadja a veszélyeztetett területeket, a fedett karsztvíztároló esetében további lépések szükségesek a meghatározásához (lásd következő fejezet).

A karsztvíz felszínre lépésének egyik formája a forrás. A numerikus modell a források és a vízfolyások fakadási helyét a terepszintben rögzíti. A modellezés során a fakadási szint nem változik. Ennek hidrogeológiai okai vannak. A karsztvíztárolót felépítő mészkő illetve dolomit összletben a víz mozgása törésekhez, repedésekhez köthető, a forrásfakadási helyek nem változnak, a víz mindig ugyanott jön a felszínre, emberi időléptékben a helyük nem változik. A forrás hozama a karsztvíztároló nyomásállapotától függ. Minél magasabb a karsztvízszint (nagyobb a nyomás) annál magasabb a hozam. A forrásokhoz hasonlóan a kisvízfolyások is megcsapolók lehetnek. A karsztvízszint nyomásának növekedésével ezeknél is a hozam növekedése várható ugyan azon a szakaszokon.

Megfelelő vastagságú és kőzetanyagú fedő esetén hiába magasabb a karsztvíz potenciometrikus szintje, mint a terepfelszín, a víz akkor sem tud természetes úton a felszínre lépni.

3.1.2 Fajlagos védettség meghatározása fedett karsztos területeken

Fedett karsztvíztároló esetében a hidrogeológiai viszonyokat a fedő vastagsága és kőzet minősége határozza meg.

Ha homokos porózus, vagy egyéb más jó vízvezető képességű kőzetek építik fel a fedőt, akkor a karsztvíz itt is a felszínre tud lépni, akár nagyobb vastagságú réteg esetén is. Ilyenkor általában a kilépés helye nem diszkrét ponthoz kötődik, hanem nagyobb, vizenyős, mocsaras területeket képez. Ezeken a területeken azonban nehéz elkülöníteni, hogy melyek a tényleges kiáramlási területek, és melyek azok a területek, amelyeket a domborzat miatt önt el a víz. Erre tipikusan jó példa a Sárrét területe, vagy a fehérvárcsurgói homokbánya területe, ahol a karsztvíztárolóból a miocén homokos kőzetekbe átadódik a karsztvíz, majd a felszínre lép. Az utóbbi esetében a fedő vastagságát csökkentő emberi beavatkozás következtében.

A fedett karsztok esetében, ha a fedő agyagos porózus, márgás vagy aleuritos kőzet, a rétegek képesek ellenállni a karsztvíz nyomásának, és a karsztvíz nem tud a felszínre lépni. A fedő réteg aljára viszont nyomást fejt ki. Előfordul az is, hogy a fedőréteg vastagsága és minősége megfelelő, de a fedőréteget vetők és törések gyengítik. A fedőréteg védő képességét az emberi beavatkozás is csökkenteni tudja.

A módszertan alapján lehatároltuk a Dunántúli-középhegység teljes területén azokat a területeket, ahol a fedő vastagsága (kőzettani összetételtől függetlenül) > 0 méter és ≤ 50 méter. 50 méternél nagyobb vastagságú fedő esetén, a fedő megfelelő védelmet nyújt. A fedő vastagsága a lehatárolt területeken belül is változó. A nyílt karsztos területeket, mivel ott nincs fedő, kizártuk (***11. ábra***).

A regionális modell alapján kalkulált 2030_pesszimista, korrigált vízszintből (mBf) kivonásra került az összevont karsztvíztároló (pre-albai és fedőkarsztok) felszínének magassága (mBf). A kapott

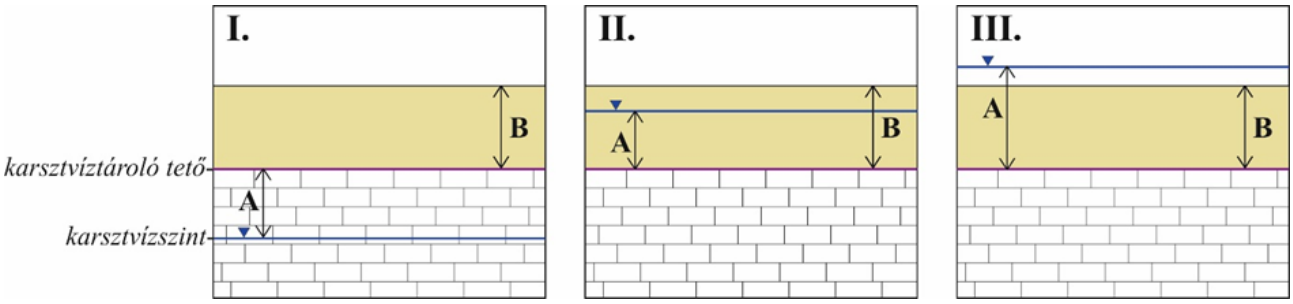
területekből kizártuk a nyílt kasztos területeket. Ily módon megkaptuk a fedett területeken a karsztvíztároló felszínén számított potenciometrikus értéket (méter).

A továbbiakban azok a területek jöhettek szóba, ahol ez az érték pozitív, vagyis ahol a karsztvíz szintje magasabb, mint a karszvíztároló felszíne. Ez a méterben kifejezett hidraulikus emelkedési magasság érték fogja adni a fedő talpára eső nyomás mértékét.

A következő lépésben összevetettük a fedő vastagságát és a regionális modell alapján kalkulált, karsztvíztároló felszínére számolt potenciometrikus értéket, ahol ez pozitív érték (potenciometrikus érték – fedő vastagsága > 0), ott a terület veszélyeztetett lehet (***12. ábra***). Ahol ez negatív értéknek adódott, azt jelenti, hogy a karsztvíz nem érheti el a felszínt, ezért ezeket a területeket kizártuk. Ezek a területek nem veszélyeztetettek, csak akkor, ha a fedőt egészen a karsztvízszintig megbontják, pl. egy felszíni külfejtésű bánya nyitása esetén.

A maradék területen a karszvíztároló felszínére számolt potenciometrikus érték adja, bar-ba átszámolva (1 méter = 0,098064 bar) a fedő talpán jelentkező nyomást.

A fentiek alapján a fedett karsztos területeken vízföldtani szempontból elméletileg három különböző helyzetet lehet elkülöníteni (***8. ábra***).



8. ábra: **A karsztvíztároló, fedő és karsztvízszint kapcsolata, ahol A: a potenciometrikus szint a karsztvíztároló felszínéhez viszonyítva, B: a fedővastagság.**

I. Azok a területeket, ahol a karsztvízszint nem emelkedik a víztartó felszíne fölé.

II. Azok a területek, ahol a karsztvízszint a víztartó fölé emelkedik, de a fedő vastagsága miatt, a víztartó felszínén jelentkező nyomás nem elégséges ahhoz, hogy a víz a felszín fölé emelkedjen.

III. Azok a területek, ahol a vízszint a karsztvíztározó felszíne fölé emelkedik, és a tároló felszínén tapasztalható hidraulikus emelkedési magasság értéke meghaladja a fedő vastagságát. Védőréteg (pl.: agyag, márga, stb.) hiánya esetén a vízszint a felszín fölé emelkedik.

Ezek közül csak a III. esetben beszélhetünk egyáltalán veszélyeztetettségről, azonban ebbe a kategóriába eső területek egy része is védettnek tekinthető kellően vastag és zavartalan védőréteg megléte esetén.

Védőrétegnek alapvetően csak az agyag, agyagmárga, aleurit kőzettani összetételű rétegeket lehet tekinteni.

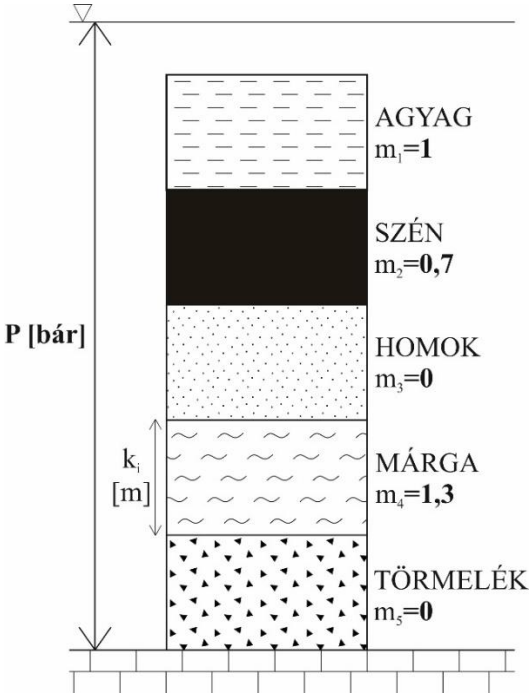
A fedő kőzettani minősítése azonban jelentős problémát okoz, és nem lehet a megfelelő részletességgel megvalósítani. A fenti módon lehatárolt területen kigyűjtöttük a rendelkezésre álló fúrásokat a MBFSZ adatbázisából, oly módon, hogy csak azokat vettük figyelembe, amelyek a fúrások a felső 50 méterükben elérték a főkarsztos, vagy fedőkarsztos képződményeket. A kigyűjtés célja, hogy megtudjuk a fedő pontos földtani felépítését. E lépésben nyilvánul meg a módszertan alkalmazhatóságának kérdése. Az előírt módszertan ugyanis olyan területekre lett kidolgozva, ahol pontos, mért adatok, nagyon sok fúrás állt a rendelkezésre. A bányatérségek fejtését nem lehetett becsült adatokra alapozni, de Tatán is nagyon sok építésföldtani sekélyfúrás állt a rendelkezésre.

Ezzel szemben a fenti módon leszűkített, és potenciálisan veszélyeztetettnek tekinthető területekre nagyon kevés fúrás esik, és több olyan nagyobb kiterjedésű terület is van, amelyen egyáltalán nem található fúrás. A fúrások leírásai csak formációszintű tagolással álltak rendelkezésünkre, így a pontos rétegsor nem állt rendelkezésünkre. Mindezek mellett nem szabad elfelejtkezni a földtani tagoltságról sem, amely akár 50 méteren belül is jelentős eltéréseket mutathat.

A bányászat során a fedő-, fekü felöli vízbetörések elleni védelemhez szükséges védőréteg távolságokat számolták a vízszivárgási irányokban. A fajlagos védettség számítása során az egyes képződmények eltérő fajlagos védettségi értékkel rendelkeznek (***9. ábra***:). Ez praktikusan azt jelenti, hogy különböző litológiájú rétegek vastagságát egy adott konstanssal (m_i ~ fajlagos védettségi érték) szorozták, majd ezek összegét osztották a feküre ható nyomás értékével. Ez alapján a teljes védettség:

$$v = \frac{\sum m_i \times k_i \ [m]}{P \ [bar]}$$

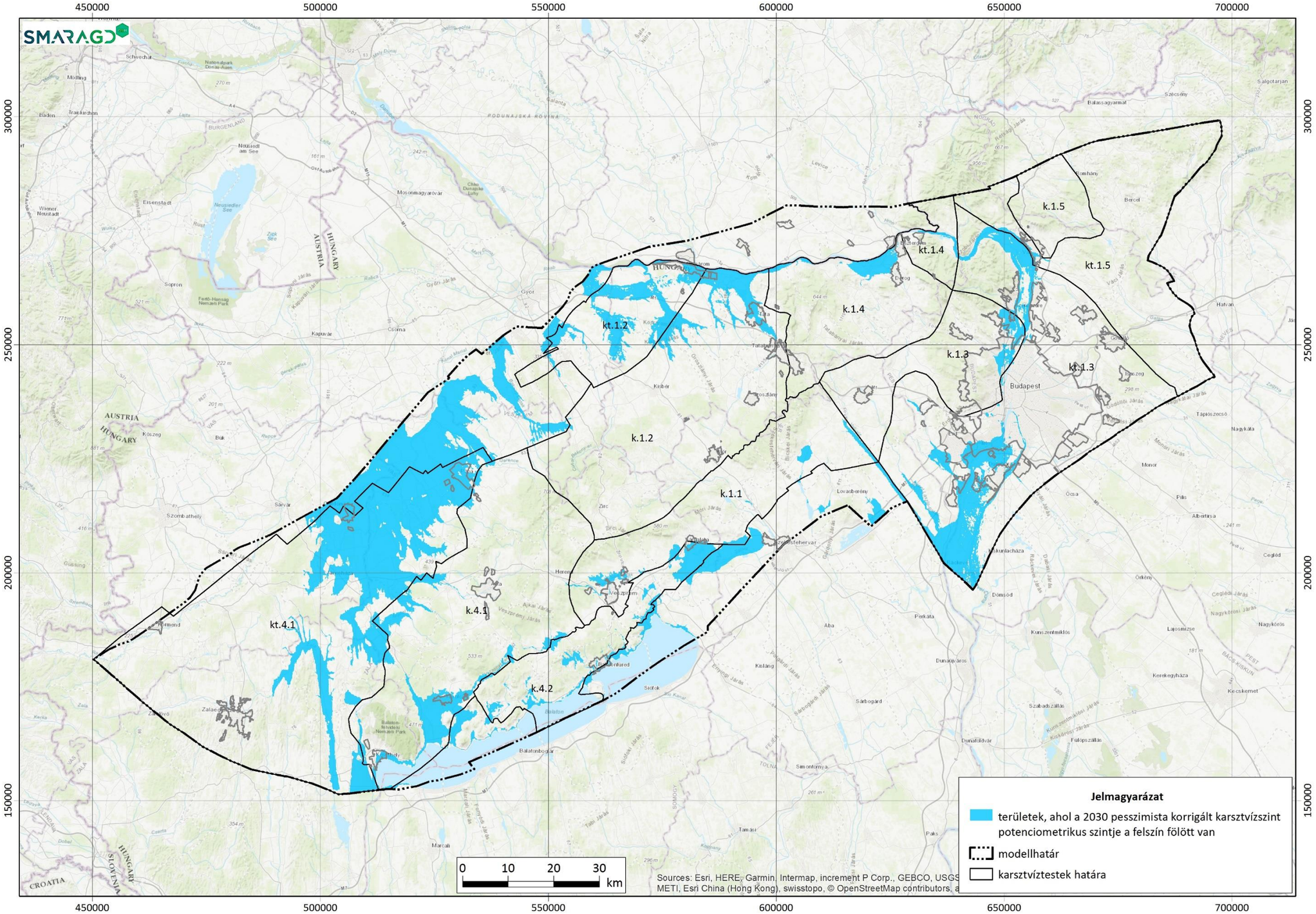
képlet alapján megadható, ahol m_i = fajlagos védettség, k_i=rétegvastagság és P=nyomás.



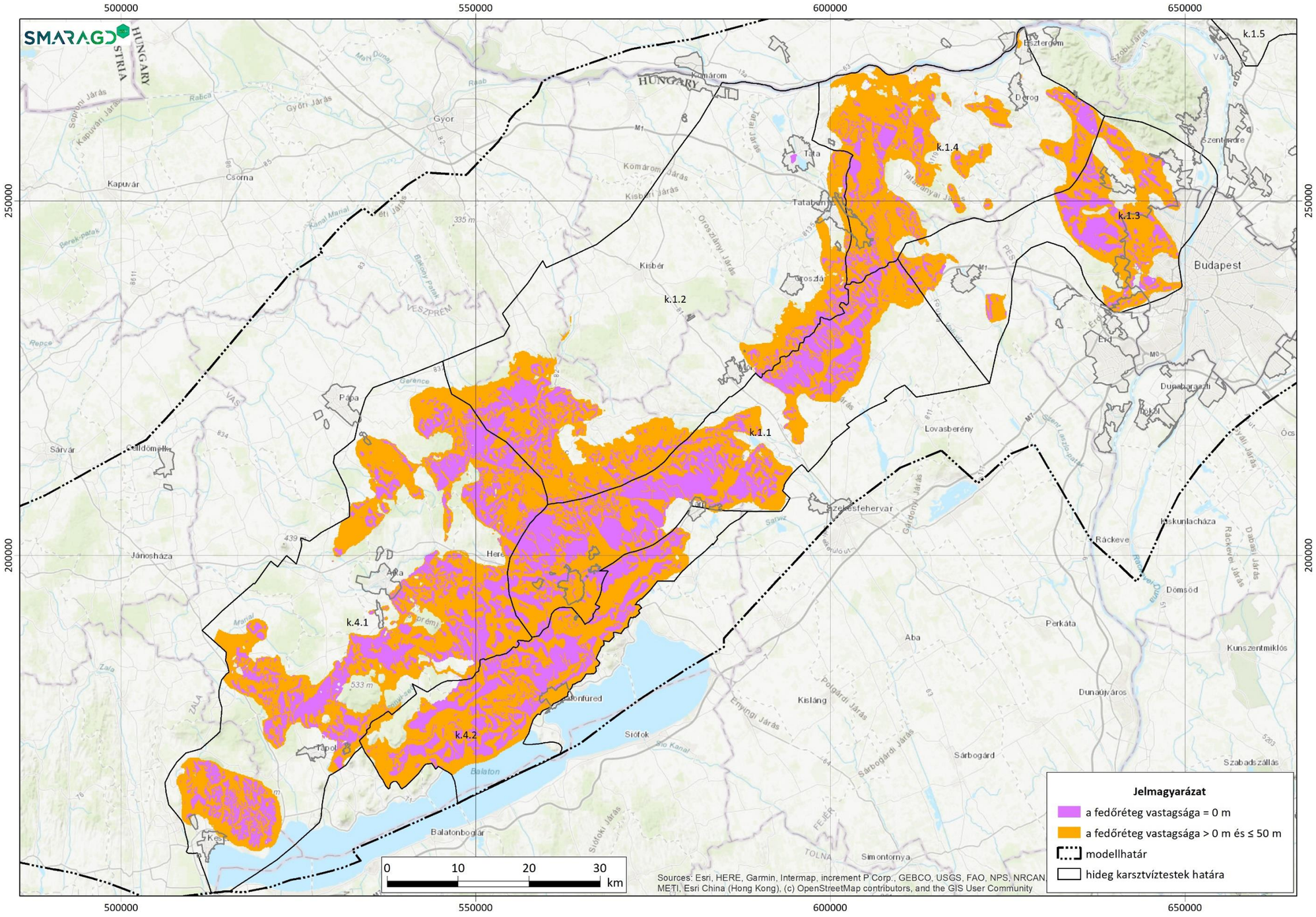
9. ábra: **A különböző litológiájú képződményekre vonatkozó fajlagos védettségi érték, ahol P a nyomás, k_i az adott réteg vastagsága és m_{1-5} az adott réteg fajlagos védettségi értéke.**

Ugyanezen elv alapján határoztuk meg a fajlagos veszélyeztetettséget, de mivel esetünkben csak alig ismert az adott területen előforduló rétegek egyenkénti vastagsága, ezért minden méter fedőréteg fajlagos érékét 1-nek vettük. Ez a legideálisabb eset, hiszen ebben az esetben a fedő teljes vastagsága kvázi agyagnak tekintett. A számításhoz még szükséges volt a fedőréteg feküjére ható nyomás értékére, amit a modellezett potenciometrikus szintadatokból elő lehetett állítani.

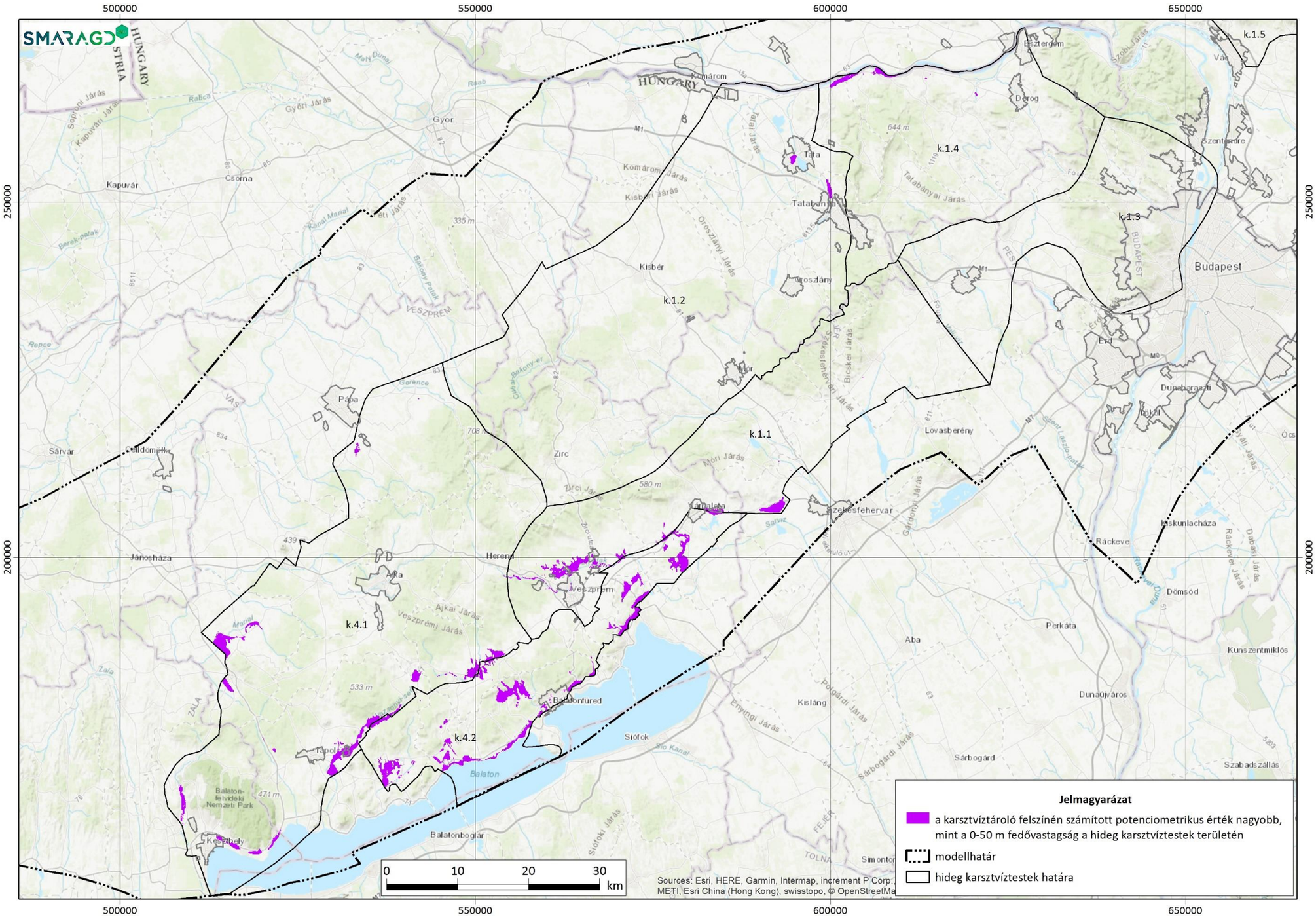
Ezután a fedőréteg vastagságát [méter] elosztva a fedőréteg feküjére ható nyomással [bar] megkapjuk a fajlagos védettséget, amit *teljes fedőre számolt fajlagos védettségnek neveztünk.* Minél nagyobb ez az érték, annál védettebb, azaz kevésbé veszélyeztetett a terület a karsztvízzel szemben.



10. ábra: Területek, ahol a regionális modell alapján számolt 2030_pesszimista korrigált karsztvízszint potenciometrikus szintje a terepszint fölött van



11. ábra: Területek a Dunántúli-középhegységben, ahol a karsztvíztároló fedőrétegének vastagsága < 50 m



12. ábra: Azok a területek, ahol a regionális modell alapján kalkulált vízszint a karsztvíztározó felszíne fölé emelkedik, és a tároló felszínén számított hidraulikus emelkedési magasság értéke meghaladja a fedő vastagságát

A veszélyeztetett területeket a ***2. térképmelléklet*** mutatja be átnézetesen.

Összefoglalva, a veszélyeztetett területek kijelölése során első fázisban a regionális modellezés eredményei alapján le lettek határolva azok a térrészek, ahol a fedő vastagsága kisebb, vagy egyenlő 50 méter, és a karsztvíztároló felszínén jelentkező nyomás (méterben kifejezve) meghaladja a fedő vastagságát, ezzel megadva azokat a területeket, ahol a fedő minőségétől függetlenül egyáltalán a felszínre jöhet a karsztvíz. Az így lehatárolt területeken megadásra került a teljes fedőre számolt fajlagos védettség érték. A fedővastagság értéke [m] el lett osztva a fedő alján jelentkező, bar-ba átszámolt nyomással. Ezzel tehát azt a kvázi ideális fajlagos védettség értéket adtuk meg, amit akkor kapnánk, ha a teljes fedő agyagos képződmény lenne. Ez alapján elkülönítettük azokat a területeket:

1) Ahol az így kapott érték ≤ 2m/bar, tehát a fedő anyagi minőségétől függetlenül mindenképp veszélyeztetettnek tekinthető;

2) Azokat a területeket, ahol a teljes fedőre számolt fajlagos védettség érték > 2 m/bar. Ezek tehát azok a területek, ahol a fedő agyagtartalmának függvényében lehet veszélyeztetettnek nevezni egy adott területet.

A lokális modellek eredményei alapján kapott pontosabb vízszintek szerint a lokális modellterületek határain belül a veszélyeztetett területrészek lehatárolása – szükség szerint – felülvizsgálatra és módosításra kerültek. Így tehát a középhegység azon területein, ahol készült lokális modell, annak – a jellemzően részletesebb – eredményeit vettük figyelembe a veszélyeztetettségi feldolgozás során, míg az egyéb területeken a lehatárolás a regionális numerikus modell alapján készült. A tatai modellterület esetén nem csak az általános módszertan, de egy alternatív számítási módszert is figyelembe vettünk (lásd ***3.1 fejezet***).

Ezek után a potenciálisan veszélyeztetett területeket kisebb részterületekre osztottuk, az egyes „foltok" nevét, a környezetükben található települések alapján neveztük el. Az alábbiakban ezeknek a kisebb részterületeknek tárgyaljuk a földtani adottságait. A földtani értékeléshez a területekre eső fúrásokból azokat vettük figyelembe, amelyekben megjelenik a karsztvíztárolóló valamely képződménye, de a fedő vastagsága nem haladja meg az 50 métert. A fúrások adatai az MBFSZ adattárából származnak. Fontos azonban megjegyeznünk, hogy ezek a fúrások csak pontszerű információt adnak, és nem következtethetünk belőlük az adott terület egészére vonatkozóan. Az adott területre figyelembe vettük a jellemző formációk leírását (*Gyalog L. 1996*) [13], valamint Magyarország 1:100 000 fedett földtani térképét is [23].

3.2 A veszélyeztetett területek részletes bemutatása

A veszélyeztetett területek kisebb foltokban jelentkeznek, mint ahogy az a ***2. térképmellékleten*** látható. Az átláthatóság kedvéért az eredményeket 1:10 000-es méretarányú topográfiai térképeken is ábrázoltuk (***Digitális függelék***). Azonban, mint azt a fejezet elején bemutattuk, a veszélyeztetett területek lehatárolása részben az 1:100 000-es méretarányú regionális numerikus modellezés eredményei alapján készült. Az eredmény ugyan bemutatható 1:10 000-es méretarányú topográfiai térképen, de a számítás részletessége nem 1:10 000-es méretarányú. **Az eredmények ezért tájékoztató jellegűek, a tervezések előtti részletes, konkrét műszaki, geotechnikai felmérést nem helyettesítik**.

Azokon a területeken, ahol lokális modellezéseket is végeztünk, a pontosabb eredményt adó lokális modellezés eredményeit beépítettük az értékelés során a területek részletes leírásába, illetve összevetettük a terepi tapasztalatainkat a lokális modellezés eredményeivel.

3.2.1 Karmacs – Hévíz – Cserszegtomaj – Rezi terület

Közvetlenül a potenciálisan veszélyeztetettként kijelölt területen 2 db olyan fúrás található, amely a késő-triász aljzatot is elérte. A jelzett terület Ny-i szélén Hévíztől É-ra található a Hév-3 fúrás, a másik a terület D-i harmadában mélyült Hév-5 jelű fúrás. Ezekben a fúrásokban a késő-triász karsztvíztározó Fődolomit 27-30 m-es felszín alatti mélységben jelentkezett, fölöttük kb. 25 m vastagságban a Somlói Tagozat aleuritos, homokos rétegei települtek vékony kvarter fedő alatt. A jelölt terület körül több a késő-triászt is elért fúrás mélyült. Északnyugatra a Karmacs K-1 jelű fúrás a Fődolomitot 105 m mélységben érte el, fedőjében a Kállai Kaviccsal és a Somlói Tagozat rétegeivel. A területtől DNy-ra Hévíz területén található a Hév-2 és B-26 jelű fúrás, amelyek szintén elérték a triász Fődolomitot. Ezekben a fúrásokban a Fődolomit 71,3 illetve 58 m-es felszín alatti mélységben jelentkezett, fedőjükben 50 m-nél vastagabb Somlói Tagozattal. A Cserszegtomaj I. jelű fúrás a területtől K-re mélyült, a Fődolomitot 69,8 m-es mélységben írták le a fúrásból, és a fúrás egy vetőzónán is áthalad. A Somlói Tagozat aleuritos, agyagmárgás rétegei rossz vízvezetők.

A területtől nyugatra a nagyarányban finomszemcsés frakciót tartalmazó Somlói Tagozat jelenik meg a felszínen, míg K-ÉK-i irányban a felszínen már a Fődolomit Formáció is megtalálható.

A Karmacs – Hévíz – Cserszegtomaj – Rezi terület jellemzően 50 m-nél vékonyabb fedővel fedett. Ebben a térrészben nem ismerünk a korábbiakból olyan helyszínt, ahol probléma jelentkezett volna. Ugyanakkor a területtől kicsivel délebbre levő pozitív vízműkút esete jelzi, hogy a veszély potenciálisan fennáll a területen.

3.2.2 Keszthely – Gyenesdiás – Vonyarcvashegy – Balatongyörök terület

A Keszthelytől Balatongyörökig húzódó területen a három nagyobb egybefüggő potenciálisan veszélyeztetettnek jelzett terület délről, ívelt félkörív alakban öleli körbe a Keszthelyi-fennsíkot. Ezen térségben a kijelölt veszélyeztetett területeken és azok környezetében a felszínen kvarter képződmények találhatók meg, jellemzően tavi-mocsári, deluviális és proluviális üledékek formájában. Erre a térrészre, vagy közvetlen közelébe eső fúrások mindegyike 50 méternél sekélyebb (jellemzően ≤15 m) és a fúrások egyike sem éri el a karsztvíztárolót. Ezekben a fúrásokban a felszínhez közel az agyagmárgás, aleuritos Somlói Tagozat jelenik meg. A veszélyeztetett területekről É-ra a Keszthelyi-fennsík felszínét a Fődolomit Formáció alkotja.

A három területen az 50 m-nél vékonyabb fedőrétegű területen belül vannak kisebb-nagyobb kiterjedésű 2 m/bar értéket el nem érő fedőrétegű területek, amelyek nagyrészt nem esnek a települések (Gyenesdiás, Vonyarcvashegy, Balatongyörök) belterületeire, de egy-két területen azonban Balatongyörökön (a Szépkilátó parkolójától D-re) és Vonyarcvashegyen (Petőfi S. utca környéke) érintik azokat. Ezeken a területeken a felmérések idején valójában egy olyan problémával találkoztunk, amelyet folyamatosan szemmel kell tartani. Ez pedig a Balatongyörök 048/1 hrsz-ú valamikori kőbánya területe. Itt a karsztvíz az egész valamikori bányaudvar fenékszintjében fakad és elönti a bányaudvart, onnan K-i irányban egy vízelvezető árokba folyik, amely átvezet a 71-es számú műút alatt a Balaton irányába. E mellett a Római-forrás környékén (amely a 2 m/bar értéket el nem érő területek közé tartozik) a víz nem csak a forrásból, hanem a forrás környékén több helyen is a felszínre tör.

3.2.3 Sümeg-Dél terület

A potenciálisan veszélyeztetettnek jelölt területek a Sümeget Sümegprágával összekötő út mellett található. A térségben a felszínen jellemzően kvarter üledékeket (pl.: folyóvízi üledék, lejtőtörmelék) találunk, de a területtől ÉK-re a felszínen megjelennek a karsztvíztároló fiatalabb képződményei is (Ugodi Mészkő, Tatai Mészkő) a jura mészkövek és a késő-triász Dachsteini Mészkő mellett.

A veszélyeztetettnek jelölt három kis terület közül egyen sem mélyült fúrás. A legközelebbi fúrások sorrendben a D-re található Süt-1 jelű fúrás, a K-re mélyült Sümeg RS-1 jelű fúrás és az É-ra található Sümeg S(G)-3 jelű fúrás. D-re és K-re a fúrások talpán a késő-jura, kora-kréta Mogyorósdombi Mészkő található. Ugyanakkor É felé a Tatai Mészkő. Az RS-1 jelű fúrásban a Mogyorósdombi Mészkő fölött Sümegi Márga, majd a felszínig a karsztvíztároló Ugodi Mészkő települt. A Süt-1 jelű fúrásban a Mogyorósdombi Mészkő fedőjében az Ajkai Kőszén található, mely felett a vékony Pusztamiskei Formáció képződményeire 24,4 m vastagságban Lajtai Mészkő, végül Száki Agyagmárga települt. Az S(G)-3 fúrásnál viszont a Tatai Mészkő fedőjében megjelenő Ajkai Kőszén fölött Ugodi Mészkőcsíkokkal tagolt Jákói Márga települt. A Jákói Márga fölött a Polányi Márga rétegeit írták le.

Meg kell emlékeznünk még az Uzsától D-re, a Büdös-mocsola forrástól É-ra található két kisebb területről. Ezek térségében a felszínen uralkodó fiatal negyedkori folyóvízi, proluviális üledékek mellett a Kállai Kavics, valamint K-i irányban a késő-triász Fődolomit jelenik meg a felszínen.

Ezekről a területekről különösebb veszélyeztetettségi problémák nem ismertek.

3.2.4 Csabrendek – Gyepükaján terület

Ez a terület É-D irányban elnyúlt íves alakban helyezkedik el a két megnevezett településtől É-ÉNy-ra nyugatra. A felszínen kvarter üledékeket (pl.: folyóvízi üledék, lejtőtörmelék) találunk, de a terület mellett, attól keletre a felszínen megjelennek a karsztvíztároló fiatalabb képződményei is (Ugodi Mészkő, Tati Mészkő, Szőci Mészkő Formációk).

A csabrendeki területrészen található az S-5/4 (FRS:137232) fúrás, melyben a karsztvíztároló fiatalabb, eocén tagja jelenik meg. A pleisztocén-holocén képződményeket és rossz vízvezető Száki Agyagmárga Formációt tartalmazó több mint 23 méteres fedő alatt kis vastagságban (1,6 m) jelennek meg a Szőci Mészkő Formáció miliolinás rétegei (volt Tüskésmajori tagozat), mely alatt a fúrás a kréta Polányi Márgával folytatódik.

A terület északi részén, Gyepükaján vonzáskörzetébe, de éppen már nem a veszélyeztetett területre esik a Gkt-1 (FRS:50576) fúrás. Ebben a fúrásban már a felszíntől nagyon közel kezdődően (1 m) a Szőci Mészkő Formáció különböző tagozatai lettek leírva, amelyek között – feltehetően vető jelenlétének köszönhetően – kréta Ajkai Kőszén Formáció tárul fel.

Gyepükaján környékén a felszínhez közel található meg a karsztvíztároló. Az itt megjelenő veszélyeztetett területfolton több olyan fúrás is található, amiben a karsztvíztároló képződménye már a fúrás (Gy-62, FRS:50634; Gy-59/a, FRS: 50631; Gy-44, FRS:50615; Gy-26, FRS:50597) felső 5 métere után megjelenik. Ezekben a fúrásokban legfelső vízadóként Szőci Mészkő Formációt találhatunk, melyet jellemzően vékony kvarter fedő képződmény határol el a felszíntől

A területen található többi fúrásban nem jelenik meg a karsztvíztárolót alkotó képződmény. E fúrásokban változatos litológiájú, fiatalabb üledékek találhatók. Délen többek között Pusztamiskei, Lajtai Mészkő, Kisbéri Kavics és Száki Agyagmárga Formációk. Ezek közül a Száki Agyagmárga finomszemcsés összetételéből következően védőrétegnek tekinthető. A Pusztamiskei Formáció rendkívül változatos litológiával (kavics homokkő néhol aleurolit és márga betelepülésekkel) jelenhet meg, míg a Lajta Mészkő és a Kisbéri Kavics feltehetően jó vízadó képeséggel rendelkező karsztos, illetve sziliciklasztos képződmények.

A terület északi részén, Csabrendek és Zalagyömörő között található két fúrás (Crt-3, FRS:27702; S-5/3, FRS:137231) viszonylag sekély (12,8/27 m), csak a fedőt tárják fel, a bennük megjelenő legidősebb képződmény a kréta Polányi Márga Formáció.

3.2.5 Gyulakeszi – Tapolca – Monostorapáti – Kapolcs terület

Ez a térrész Káptalantótitól majdnem Kapolcsig, a Csobáncot körül ölelve és attól északra húzódik. A veszélyeztetett terület Gyulakeszi-Tapolca körül található részén a teljes fedőre számolt fajlagos védettség jellemzően 2 m/bar feletti, így ezen a területen a fedő anyagi minősége és állapota döntő lehet az esetlegesen megjelenő karsztvíz szempontjától. Az északi területen ellenben a fedővastagság és relatív víznyomás értékek hányadosa jellemzően 2 m/bar alatti értéket ad, így ez a terület mindenképpen veszélyeztetettnek tekinthető.

A területen a felszínen elsősorban kvarter képződmények (pl.: folyóvízi üledék, lejtőtörmelék) jelenik meg, de a térség környezetében a késő-triász Sédvölgyi Dolomit Formáció, illetve a középső-késő triász Budaörsi Dolomit Formáció is a felszínre bukkan.

Olyan fúrás, amely kellően mély és eléri a triászt, az egész területrészen csak 1 db található és az is északon, Monostorapátitól nyugatra. A Mat-5 (FRS:92581) legfelső 4,3 métere holocén és pleisztocén üledékeket tartalmaz. Ez alatt 21 méter mélységig miocén korú Tinnyei és Kozárdi Formáció található meg. Ez előbbi jellemzően mészkő, mészhomokkő vagy meszes homok, így viszonylag jó vízvezetőnek tekinthető. Az utóbbi általában finomabb szemcsés agyag-agyagmárgás képződmény néhol homokos kifejlődéssel. Mindezek alatt a triász Buchensteini Formáció jelenik meg a fúrásban.

3.2.6 Kékkút – Mindszentkálla – Köveskál terület

Ezen a területrészen, a felszínen különböző kvarter üledékek (pl.: lejtőtörmelék, mocsári üledék, deluviális üledék stb.) találhatók. A terület határán, de már azon kívül ezek alól bukkannak ki az idősebb, alsó triász Csopaki Márga Formáció, Hidegkúti Formáció és Köveskáli Dolomit Formáció képződményei. A terület északi részének határán a valamivel fiatalabb középső triász Aszófői Dolomit és Iszkahegyi Mészkő Formációk is megtalálhatók.

A potenciálisan veszélyeztetettnek tekinthető térrészen, vagy annak környezetében összesen 10 db olyan fúrás is található, amelynek felső 50 méterében megjelenik a karsztvíztároló valamely formációja. Ebből 2 db rajta van a kijelölt területeken, 8 db azon kívül esék. 4 db fúrásban (M-1, FRS:90902; Kk-13, FRS:85109; Kö-22, FRS:84309; Kö-19, FRS:84368) már a fúrás felső 5 méterében elérték a karsztvíztárolót.

A területrész déli peremén található a 267,8 méter mély Br-30 (FRS:6830) fúrás. Ebben a fúrásban 20 méter mélységben, viszonylag kis vastagságban (4 méter) jelenik meg a karsztos Köveskáli Dolomit Formáció. A fúrás mélyebb szakaszain triásznál idősebb Balatonfelvidéki Homokkő és Lovasi Agyagpala Formációk is megjelennek.

A Km-122 (FRS:85315) fúrás a terület nagyjából felső részének nyugati oldalán, Mindszentkállától DK-re található. A fúrásban található legfelső talajréteget követően a miocén Cserszegtomaji Kaolinit Formáció jelenik meg, mely agyagásványos összetételét tekintve rossz vízvezetőnek tekinthető. A fúrásban 8 méter mélyen jelennek meg a triász képződmények, először 4 méter vastag Csopaki Márga Formáció, melyet a sekélytengeri törmelékes és karbonátos képződményekből álló Hidegkúti Formáció megjelenése követ.

A Km-131 (FRS:85324) Mindszentkállától ÉK-re helyezkedik el. A fúrásban a legfelső vékony talajos réteget egy viszonylag vastag (22,6 m) Cserszegtomaji Kaolinit Formáció megjelenés követi, mely összetétele alapján védőrétegnek tekinthető. A karsztvíztárolóhoz tartozó Iszkahegyi Mészkő Formáció ez alatt, 24,3 méterre a felszíntől jelenik meg.

A Köveskáltól D-re további három fúrásban érték el a karsztvíztárolót. A Kk-4 (FRS:85094), Kk-7 (FRS:85097) és Kk-8 (FRS:85098) fúrások alapján ezen a területrészen a karsztos vízadó már a felszínhez viszonylag közel helyezkednek el, kb. 5-10 méter deluviális üledék alatt.

A területen további, elsősorban a déli részén olyan, viszonylag sekély (~10-25 m) fúrások találhatók, amelyekben a karsztvíztárolót még nem érték el. Ezekben a fedőt harántoló fúrásokban szinte minden esetben megjelenik a már fent említett Cserszegtomaji Kaolinit Formáció. A déli területrész fúrásai alapján tehát elmondható, hogy itt a vízadót rossz vízvezető képességű képződmény (is) fedi, mely növeli a térrész karsztvízzel szembeni védettségét.

3.2.7 Balaton parti (Zánka – Felsőörs) terület

A Balaton partján, Zánkától Felsőörsig húzódó Ny-K-i irányú sávban is lehatároltunk egy veszélyeztetettnek tekinthető területet. Ide tartoznak még a Zánkától É-ra, Tagyon, Balatoncsicsó települések környezetében kijelölt területek. A DNy-i területrészen a felszínen a különböző összetételű kvarter üledékek mellett a Tinnyei Formáció képződményei is megtalálhatók. A kijelölt terület mellett, azzal párhuzamos sávos megjelenésben található a felszínen az egymásra települő idősebb triász képződmények: Arácsi Márga Formáció, Hidegkúti Formáció, Csopaki Márga Formáció, Aszófői Dolomit Formáció, Iszkahegyi Mészkő Formáció. Ezen kívül a közeli területeken megjelennek a Diási Kavics Formáció képződményei is.

A területről, vagy közvetlen közeléből 8 db olyan fúrásból rendelkezünk adattal, amelyek a felső 50 méterükön elérték a karsztvíztárolót. Ezekből 5 db fúrásban – a Zánka melletti Z-4-ben (FRS:156816) és 4 db Balatonfüred környéki fúrásban (K-10, FRS_6124; Bf-24, FRS:6026; Bf-39, FRS:6041; Bf-22, FRS:6024) – már a felső 5 méteren belül megjelent a karsztvíztároló. A balatonfüredi Bf-106 (FRS:6106) fúrásban a felszínhez szintén közel, 6 méter mélyen érték el az Iszkahegyi Formációt.

A Balatonakali mellett található Bak-7 (FRS:5594) és K-12 (FRS:5641) fúrásokban vékony talajos réteget és a Tinnyei Formáció képződményeit tartalmazó fedő alatt 12,7 és 28,5 méteres mélységben érték el a triász vizadót. A Tinnyei Formáció jellemzően mészkő, mészhomokkő, illetve meszes homokkő rétegeket tartalmaz, így védőrétegnek nem tekinthető.

3.2.8 Pécsely – Balatonszőlős terület

A részben Pécsely és Balatonszőlős belterületén, részben tőlük északra elhelyezkedő veszélyeztetett területen a felszínen elsősorban kvarter proluviális-deluviális üledékeket, illetve löszt is megtalálhatunk. A területtől ÉNy-ra a felszínen a Sándorhegyi Formáció és Fődolomit Formáció képződményei találhatók meg. D-DK-i irányban a Veszprémi Márga Formáció bukkan nagyobb területen a felszínre.

A területhez legközelebb eső Bfü-1 (FRS:5994) fúrásban a Füredi Mészkő Formáció a karsztvíztárolóhoz tartozó legfelső képződmény, ami megjelenik. Ezt vékony (4 m) holocén üledék és meglehetősen vastag (63 m) Veszprémi Márga fedi, amely finomszemcsés összetétele miatt védőrétegnek tekinthető.

3.2.9 Öcs – Pula – Nagyvázsony – Tótvázsony terület

Ezen a területen két veszélyeztetett térrészt tudtunk kijelölni Öcs és Pula településétől délre, valamint a Nagyvázsony és Tótvázsony települések közötti térrészt. Az előbbit kvarter üledékek (tavi-mocsári üledékek, folyóvízi üledék, lösz, lejtőtörmelék) fedik, de a terület mellett a felszínen édesvízi mésziszap (Kapolcsi Mészkő Formáció) is megtalálható. A keleti területrészen szintén kvarter fedő a jellemző, tőle északra és délre azonban már a felszínen megjelennek a karsztvíztároló triász

képződményei, mint a Fődolomit Formáció, Megyehegyi Dolomit Formáció, Aszófői Dolomit Formáció, Iszkahegyi Mészkő Formáció.

Olyan fúrás, ami eléri a karsztvíztárolót - 1 db - kizárólag az Öcs-Pula településektől délre található területre esik. Az Öcs-14 (FRS:159221) fúrásban a karsztvíztároló Fődolomit Formációjának képződményei a fúrás 50 méterétől kezdődően jelenik meg. E felett a fedő változatos korú és összetételű. A kb. 5 méter kvarter üledéket követően Kapolcsi Formáció (édesvízi mésziszap), Taliándörögdi Márga Tagozat (elsősorban szürke agyagmárgás aleurit), Kállai Kavics Formáció (homok-konglomerátum) és a Vöröstói Formáció (bauxitos agyag) képződményei is megjelennek.

3.2.10 Balatonalmádi – Balatonfűzfő terület

A két Balaton parti településtől északra elhelyezkedő veszélyeztetett területen a felszínen proluviális és deluviális üledékek jelennek meg. A terület peremén felszínre kerültek még a karsztvíztárolóhoz tartozó alsó és középső triász vízadók. Továbbá a fiatalabb képződmények közül megjelenik a jellemzően finomszemcsés Tihanyi Tagozat és az abráziós parti környezetben keletkezett Diási Kavics Formáció is. A területről nem rendelkezünk olyan fúrásból információval, amely elérte volna a karsztvíztárolót. Az itt található fúrások jellemzően kis mélységűek (~15m), így csak a fedőképződményeket tárják fel. A fedőben a jellemzően kis vastagságú kvarter képződmények alatt általában a Tihanyi Tagozat és a Kállai Formáció képződményei tárulnak fel, de Balatonfűzfőn a Csopaki Márga is megjelenik.

3.2.11 Litér – Királyszentistván terület

A Litér és Királyszentistván mellett elhelyezkedő veszélyeztetett területen a felszínen különböző kvarter üledékeket találhatunk (lösz, proluviális-deluviális üledék). A területtől keletre a felső-triász Kádártai Dolomit Tagozat képződményei kerültek a felszínre, míg tőle nyugatra, a Litéri-feltolódási vonal túloldalán ennél idősebb - alsó-triász, perm - képződmények (Balatonfelvidéki Homokkő F., Arácsi Márga F.) jelennek meg, melyek rétegtanilag a főkarsztvíztároló alatt helyezkednek el. A területrészre nem esik olyan fúrás, ami feltárja a karsztvíztárolót. A területtől nyugatra található néhány fúrásban elsősorban a fent említett idősebb képződmények tárulnak fel.

3.2.12 Bánd – Márkó – Veszprém – Hajmáskér terület

A felsorolt települések mentén egy sávban jelenik meg a veszélyeztetett terület, amely legnagyobb kiterjedésben Veszprémtől északra található. A felszínen elsősorban kvarter folyóvízi üledéket és löszt találunk, illetve a terület peremén a változó szemcsenagyságú Gyulafirátóti Formáció is megjelenik.

Fúrás a területen nem található, de a terület keleti részének határán helyezkedik el a K-7 (FRS:58012) fúrás, amelyben nagyon vékony talajos fedőt (0,2 m) követően már a felső-triász Sédvölgyi Dolomit Formáció jelenik meg, ezen a területen tehát valószínűleg a felszínhez igen közel helyezkedik el a karsztvíztároló.

Bánd-Márkó között, de már nem veszélyeztetett területen található a Bát-1 (FRS:18792) fúrás, amelyben a változatos összetételű fedőképződmények kerültek feltárásra. Itt a kb. fél méter kvartert követően az alsó szakaszán jellemzően kavicsos, felfelé inkább homokos (meszes aleurolit és márga betelepülésekkel) Pusztamiskei Formáció található meg, melyet 24 méteres mélységben a Hidasi Barnakőszén Formáció követ, majd a fúrás 35-60 métere között az igen változatos összetételű, folyóvízi kifejlődésű Csatkai Formáció is megjelenik.

3.2.13 Berhida – Pétfürdő – Öskü terület

A felsorolt településeket összekötő veszélyeztetett terület a felszínen megjelenő középső (-felső) triász képződményeket (Budaörsi Dolomit F., Iszkahegyi Mészkő F., Megyehegyi Dolomit F., Buchensteini F.) íves alakban veszi körül. A veszélyeztetett térrész elsősorban kvarterrel fedett területre esik, amely változatos összetételben jelentkezik (pl.: folyóvízi homok és kavics, deluviális üledék).

Kis területen a változó szemcsenagyságú (jellemzően agyag-homok) Gyulafirátóti Formáció is a felszínre került. A területen, vagy közvetlen környezetében 7 db olyan fúrás található, amelynek felső 50 méterében megjelenik a karsztvíztároló valamely képződménye. Ezek közül 4 db fúrásban (K-7, FRS:8796; K-6, 8795; K-13, FRS:8787; Öt-2, FRS: 159560) a felszínhez már nagyon közel, 5 méteren belül megtalálhatók a karsztvíztároló triász képződményei (Aszófői Dolomit, Megyehegyi Dolomit, Iszkahegyi Mészkő Formációk)..

Szintén a déli területrészen, de valamivel északabbra található Bet-1 (FRS:8825) fúrásban a középső-triász Iszkahegyi Mészkő Formáció már 50 méter mélységben található meg, melyet kis vastagságban kvarter (3,5 m) és nagy vastagságban Ősi Tarkaagyag Formáció fed, amely nagy agyagtartalma miatt jellemzően rossz vízvezető, így védőrétegnek tekinthető.

Öskütől északra, de már éppen nem a veszélyeztetett területre esik a K-1 (FRS:159549) fúrás, amelyben 15 méter vastag, Gyulafirátóti Formációt tartalmazó fedőt követően jelenik meg a triász vízadó Budaörsi és Sédvölgyi Formáció.

A Pétfürdőtől délre található Vpk-400 (FRS:154469) fúrásban a karsztvíztárolót (Sédvölgyi Dolomit formáció) 47 méter mélyen érték el, melyet vékony pleisztocén-holocén üledék és nagy vastagságú (46 m) Ősi Tarkaagyag Formáció fed.

3.2.14 Várpalota - Inota terület

Inota térségében az uralkodó kvarter üledékek (proluviális, deluviális és tavi-mocsári képződmények) mellett a Gyulafirátóti Formáció, Hidasi Barnakőszén Formáció és a Nagyvázsonyi Mészkő Formáció képződményei jelennek meg a felszínen, de ÉK-re az eocén Szőci Mészkő is a felszínre bukkan.

A lokális modellezés alapján kijelölt két nagyobb veszélyeztett terület között a felszínre bukkannak a triász alaphegységi képződmények (Buchensteini Formáció, Budaörsi Dolomit és a Sédvölgyi Dolomit). A veszélyeztetett térrészre nem esik olyan fúrás, amelynek felső 50 méterében a karsztvíztároló valamely képződménye feltárulna, ilyet csak Inotától K-re találunk.

Az Inotától K-re található Csór-16 fúrásban a karsztvíztárolóhoz tartozó Megyehegyi Dolomit Formáció képződményei 14 méter mélységben tárulnak fel, melyet vékony talaj (1 m) és 13 méter vastag Csákvári Agyagmárga Formációba sorolható fedő takar, amely finomszemcsés összetétele (elsősorban aleurit, márga) miatt rossz vízvezetőnek tekinthető. A tőle mindössze 400 m-re található Csór-14 fúrásban a triász képződmények felszíne már195,7 m mélyen van a felszín alatt, fedőjében aleuritos, agyagmárgás képződményeket (Ősi Tarkaagyag, Csákvári Agyagmárga, Csóri Aleurit) találunk.

A Csór-14 fúrástól újabb 640 m-re K-re mélyült a Várpalota K-47 jelű fúrás, amelyben triász képződmények már közvetlenül a 27 m vastag kvarter üledékek alatt megjelennek. E fúrás környékét is veszélyeztetettnek tekintjük a területi modellezés eredményeinek értékelésekor.

A veszélyeztetettnek jelölt területektől É-ra található I-20 jelű fúrásban 82,7 m-es felszín alatti mélységben jelenik meg a triász Fődolomit. Fedőjében a felszínig a Tihanyi Tagozat és a

Nagyvázsonyi Mészkő Formáció képződményeit találjuk. A Tihanyi Tagozat agyagos, aleuritos képződményei rossz vízvezetőnek tekinthetők.

Inota környékén a lokális modellezés nagyobb területen jelzett potenciálisan veszélyeztetett területet, mint a korábbi ismeretek, illetve a projekt során elvégzett állapotfelmérés mutatott. Ugyanakkor a modellezés jelezte területek lefedik azokat a területeket, amiket korábban is ismertünk, mint például az Inotától É-ra megszólaló és növekvő hozamú források környezete, a források növekvő vízhozamának átvezetése a településen, illetve a településen mutatkozó vizesedések. A modell eredményei alapján a karsztvízszint nyomásszintjének emelkedése azonban az eddigieknél nagyobb településrészt érinthet. Ezek mellett a volt erőműtől É-ra levő területeken (a Készenléti lakóteleptől Ny-ra) is jelentkezett veszélyeztetett terület, de ez egyelőre lakott településekre nem jelent veszélyt.

3.2.15 Csór terület

A Csór környéki területeken két területre korlátozódott a veszélyeztetett terület nagysága. Az egyik a településtől D-re, a másik már kissé távolabb K-re a 8-as számú úttól D-re található.

Csórtól, illetve a veszélyeztetett területektől D-re mindenhol kvarter tavi-mocsári képződmény (tőzeg) van a felszínen. Az északra eső területeken a kvarter képződmények közül lösz, lejtőtörmelék és proluviális-deluviális üledékek az uralkodóak, de a K-i veszélyeztetett területrész körül folyóvízi kavicsos üledékek is megjelennek. A triásznál fiatalabb felszíni képződmények a Tihanyi és Somlói Tagozat jellemzően finomszemcsés (aleurit, finomszemű homok, agyag betelepülésekkel) képződményei, valamint az édesvízi mészkő (Nagyvázsonyi Mészkő) foltjai.

A veszélyeztetett területektől északra egy kis foltban megjelenő legidősebb triász képződmény a kora-triász Csopaki Márga. A középső-triász, már a karsztvíztározóhoz tartozó képződmények közül az Aszófői Dolomit, az Iszkahegyi Mészkő és a Megyehegyi Dolomit, kissé északabbra a középső-, késő-triász Budaörsi Dolomit is nagyobb területen a felszínre bukkan. A veszélyeztetett területrészekre nem esik olyan fúrás, amelynek felső 50 méterében a karsztvíztároló valamely képződménye feltárul. A keleti veszélyeztetett területrész területén mélyült Csr-7 jelű fúrásban 50 m-es felszín alatti mélységben jelenik meg a kora-triász Arácsi Márga, fedőjében a Kállai Kaviccsal, valamint a Somlói és Tihanyi Tagozat rétegeivel.

A Csórtól Ny-ra mélyült Csór-15 jelű fúrásban a Budaörsi Dolomit Formációt 25,5 méter mélyen érték el, melyet majdnem 10 méter vastag Somlói Tagozat és 16 méter vastagságban változatos összetételű kvarter üledék fed. A Somlói Tagozat aleurit és finom-aprószemű homok váltakozásából épül fel, mely alapján rossz vízvezető képességgel rendelkezhet, így védettség szempontjából kedvező.

Csórtól délre mélyült Csór-18 jelű fúrásban 56 méteres felszín alatti mélységben érték el a középső-triász képződményeket, melyet változatos, de elsősorban finomszemcsés képződményeket tartalmazó képződmények (Somlói Tagozat, Csóri Aleurit Formáció, Csákvári Agyagmárga Formáció) fednek.

A Csór környéki területeken két kisebb (egyik a településtől D-re, a másik már kissé távolabb K-re a 8-as számú úttól D-re) terület mutatkozott veszélyeztetettnek.

A csóri településrész veszélyeztetettsége a felméréskori nyomásszintek és a karsztakna jelenlegi víztermelése esetén megfelelően kezelhető, különösen úgy, hogy a karsztakna körüli vízelvezetést megnyugtatóan megoldott. Abban az esetben azonban, ha a karsztvíz nyomásszintje emelkedik, újra megjelenhetnek fakadások a kertekben, vizesedhetnek az épületek. Éppen ezért a karsztvízszint monitoringozása fontos feladat.

Csór környékén a korábbiakban ismert veszélyeztetett területen kívül (a karsztakna környék: Magyar utca, Alsótabán utca és Felsőtabán utca, Rákóczi utca) a lokális modellezés a településtől K-re, nagyrészt a 8-as számú út D-i oldalán is jelzett veszélyeztetett területet. Ennek a területnek nagyobb része a Sárréti tájvédelmi körzet része, már a múltban is vizenyős, nádas, mocsaras terület volt, így azt az esetleges plusz vízfakadás nem veszélyezteti. Ugyanakkor az érintett terület áthúzódik a 8-as számú főút É-i oldalára is, és emiatt egy jelentősebb fakadás, vizesedés magát a főutat veszélyeztetheti.

3.2.16 Bodajk - Fehérvárcsurgó terület

Az egész térségben uralkodóan holocén folyóvízi üledékek (és jellemzően Fehérvárcsurgótól D-re) a pleisztocén lösz az uralkodó felszíni képződmény. Mivel a térségben jelentős bányászati tevékenység zajlott, nagy területeken találunk feltöltést. Ezek mellett a kvartert kisebb foltokban tavi-mocsári, illetve deluviális üledékek alkotják. A kvarter üledékek alól kisebb foltokban a Kállai Kavics és a Tihanyi Tagozat képződményei is előbukkannak. Ezek mellett Fehérvárcsurgó környékén több kisebb foltban a miocén Gyulafirátóti Formáció és nagyobb területi elterjedésben a Szőci Mészkő is a felszínre bukkan. Bodajk környékén több kisebb foltban is megjelenik a felszínen az É felé vastagodó kifejlődésű Csatkai Formáció. Bodajktól Ny-ra a triász Fődolomit közé ékelődve az Óbaroki Bauxit Formáció is megjelenik a felszínen. A triász alaphegység képződményei közül a felszínen a késő-triász Fődolomit található meg, de nagyobb egybefüggő felszíni kiterjedésben csak Bodajktól Ny-ra.

A Fehérvárcsurgótól D-re levő két veszélyeztett terület mellett (D-re illetve Ny-ra) egy nagyobb területen a földtani térképek triász képződményeket jelölnek, a területen mélyült bauxitkutató fúrások (R-48, R-79) fúrási adatai azonban ezt nem igazolják, itt a vékony kvarter üledékek alatt a Szőci Mészkő települt.

Bodajktól-Fehérvárcsurgóig

A Bodajk területét is érintő veszélyeztetettnek jelzett terület mellett mélyült a B-14 kataszteri számú kút. A kút fúrásakor már 18 m-es mélységben elérték a triász Fődolomitot, fedőjében kvarter homokos, kavicsos képződményekkel. A területtől Ny-i irányban található B-11 kataszteri számú kút rétegsorában a Fődolomit felszíne csak 52 m mélységben jelenik meg, mintegy 400 m-rel északabbra a Ba-101 fúrásban pedig már 92,5 m mélységben. Itt a Fődolomit felett a Csatkai Formáció agyagos, kavicsos üledékei települtek. Bodajktól K és ÉK felé távolodva a triász felszíne mélyre kerül, 250-300 m-es mélységben jelenik meg, fedőjében itt is a Csatkai Formáció települt nagy vastagságban.

A Nádas-tavi forrásoktól DK-re a vasútállomás közelében mélyült a Ba-142 fúrás, amely környékét szintén veszélyeztetettnek mutatta a modellezés. Itt a Fődolomit felszíne mindössze 28,5 m mélységben van a felszín alatt, felette azonban a vízrekesztőnek tekinthető Gyulafirátóti Formáció települt.

A Bodajk-Fehérvárcsurgó közötti veszélyeztetett területen nincs olyan fúrás, amelynek felső 50 méterében a karsztvíztároló valamely képződménye feltárulna, ilyet a területektől ÉÉNY-ra találunk (Fcs-114 és Fcs-118). Ezekben a fúrásokban a késő-triász Fődolomit 37,5 illetve 42,8 m-es felszín alatti mélységben jelenik meg. A közelben (a terület D-i szélétől Ny-ra kb. 500 m-re) mélyült Fcs-213 fúrásban emelkedik 50 m-nél közelebb a terepszinthez a triász felszíne. Itt mindössze 13,0 m mélységben található a Fődolomit. 50 m-nél kicsivel mélyebb felszín alatti mélységben (54-60 m között) jelenik meg a Fődolomit az Fcs-112, -114, -115 jelű fúrásokban a területtől É-ra. Ha DK illetve K felé távolodunk a területtől, a triász felszíne már egyre mélyebbre kerül (Fcs-121 fúrásban 81 m, Fcs-108 fúrásban 157 m, Fcs-2 fúrásban 164,5 m). Ezen a területen a Ba-142 és Fcs-118 fúrások

alkotta képzeletbeli vonaltól D-i irányban mindenütt a vízrekesztő Gyulafirátóti Formáció települt a késő-triász Fődolomitra.

Bodajkon a település egy része veszélyeztetett. Itt található a Tó-forrás és a Nádastavi-forráscsoport. Erre a területre esik a vízmű jelenleg nem használt, nem megfelelően lezárt pozitív nyomásszintű kútja is.

Ugyan az állandóan vizet adó vízműkút, illetve 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 vasútállomás környékén, illetve Bodajk és Fehérvárcsurgó közötti területen nem tapasztaltunk problémát (és azt korábban sem jelezte senki).

Fehérvárcsurgó

Fehérvárcsurgó településen belül a modellezés alapján a volt Zárda-tó környékén található egy kisebb terület, amelynél a fedővastagság kisebb 50 m-nél, de a fajlagos védettsége > 2 m/bar értéknél. Ezen területen a korábbiakban is voltak vízfakadások, amelyek miatt a területet aládrénezték és a vízelvezetést megoldották. A felmérés során azt tapasztaltuk, hogy a Zárda-tó helyén létesített játszótér oldalfala vizesedik. A tó fölötti dombon volt egy törpevízmű, aminek kútja nem lett lezárva, abból a víz kis hozammal ugyan, de folyt ki. A törpevízmű alatti telken pedig kis területen vízfakadás jelentkezett. A lokális modellezés alapján a karsztvíz nyomásszintje ezen a területen a felszín felé emelkedne.

Fehérvárcsurgótól-Kincsesbányáig

A Fehérvárcsurgó és Kincsesbánya közötti veszélyeztetettnek jelzett területeken nincs olyan fúrás, amelynek felső 50 méterében a karsztvíztároló valamely képződménye feltárulna, ilyet a területektől ÉNY-ra találunk (Rp-399). Ebben a fúrásban a késő-triász Fődolomit 43,4 m-es felszín alatti mélységben jelenik meg. A veszélyeztetett területhez ennél közelebb levő Rp-397 jelű fúrásban a triászt csak 77,0 m-es felszín alatti mélységben írták le, miközben a fúrásnál a terepszint mindössze 6,5 m-rel alacsonyabb, mit az Rp-399-nél. Mindkét fúrásnál a Fődolomitra Szőci Mészkő települt. A területtől Ny-ra mintegy 450 m-re mélyült Rp-395 jelű fúrásban a triász felszíne csak 16,5 m mélységben van, amelyet lösz fed.

A veszélyeztetett területtől K-re az Rp-240 jelű fúrásban a triász Fődolomitot 55,0 m mélységtől írták le. Itt a Fődolomit felett az eocén Fornai Formáció és a Szőci Mészkő települt, melyek fedőjében a miocén Gyulafirátóti Formáció rétegeit találjuk vékony negyedkori fedőréteg alatt.

A veszélyeztetett területhez közeli bauxitkutató fúrások rétegsora alapján a triász uralkodóan 106-140 m-es felszín alatti mélységben jelentkezett (R-45, -48, -49, -54, Rp-28, -48), de a délebbre eső veszélyeztetett terület mellett mélyült Rp-67 jelű fúrásban már 257,2 m-es mélységből írták le. Ezekben a fúrásokban a triász fölött jellemzően kora-eocén agyagos, aleuritos illetve márgás, mészköves képződményeket találunk a fedő negyedkori üledékek alatt.

Fehérvárcsurgó és Kincsesbánya közötti területen az 50 m-nél kisebb fedővel rendelkező területek közül csak a Rákhegy DNy-i oldalán az Ős-Gaja-patak jobb oldalán jelent meg potenciálisan veszélyeztetett terület. Erről a területrészről korábban sem volt információ ilyen jellegű problémáról.

3.2.17 Pápakovácsi – Pápa terület

Veszélyeztetett területrész található Pápa és Pápakovácsi települések közötti területen, melyre nem esik fúrás.

A területtől nem messze egy fúrásban (Pk-1v, FRS: 200060) a karsztvíztároló Ugodi Mészkő Formációja már a felszínen megtalálható, míg a Pk-2 (FRS:119682) fúrásban mindössze 4 méter pleisztocén-holocén üledék fedi. Továbbá tőlük valamivel délebbre, a Pk-8 (FRS:119686) fúrásban is megjelenik a vízadó Ugodi Mészkő Formáció, de itt már valamivel mélyebben, 10 méter pleisztocén-holocén, majd további 10 méter Csatkai Formációt tartalmazó fedőösszlet alatt. A felszínen elsősorban kvarter deluviális üledéket találunk, mely nagyrészt kavicsos-homokos megjelenésű. Ezen kívül fluvioeolikus homok jelenik még meg a felszínen.

3.2.18 Tata terület

A Tatán található karsztvízszint emelkedés által veszélyeztetett terület jellemzően a város belterületén helyezkedik el, de a várostól Ny-ra aVárosi-tó környezetében, valamint az M1 és Kocs felé tartó út találkozása környékén is találunk olyan területet, amelyet a lokális modellezés potenciálisan veszélyeztetettnek jelölt. Ez utóbbi területeken jellemzően a fedővastagság kisebb, mint 50 m.

A város belterületén a felszínen kvarter löszt és folyóvízi üledékeket, valamint mesterségesen feltöltött területeket találunk.

A legnagyobb kiterjedésű potenciálisan veszélyeztetett területrészen (Május 1 út menti terület) található Tt-16 fúrásban már 1,3 méterrel a felszín alatt megjelenik a jura Tűzkövesárki Mészkő Formáció, melyet csak vékony talaj és homok réteg fed. A Tt-8 fúrás szintén a Tűzkövesárki Mészkő Formáció képződményeit tárja fel, több mint 11 méter vastag fedőképződmény alatt, melyből a jellemzően finomszemcsés Száki Agyagmárga Formáció képződményei a legjelentősebbek (kb. 10 méter vastagságban). A 20,2 méter mély Tt-17 fúrás, amely a terület délebbi részén helyezkedik el, csak a fedő egy részét tárja fel: fél méter talajréteget követően kb. 3 méter deluviális agyag, kb. 10 méter Száki Agyagmárga, majd ez alatt a Kisbéri Kavics Formáció képződményei jelennek meg.

A terület É-i részén mélyült Tt-13 jelű fúrásban a fúrás talpától 45,5 m-es felszín alatti mélységig a jura Tűzkövesárki Mészkő található. Fedőjében a Csatkai Formáció, a Kisbéri Kavics és a Száki Agyagmárga rétegeivel.

A Tt-25 fúrásban a kb. 20 méter vastagságú változatos kvarter és neogén képződmények (agyag, homok, Száki Agyagmárga F., Kisbéri Kavics T.) alatt a kréta Vértessomlói Aleurolit Formáció jelenik meg több 10 méteres vastagságban. Ezen terület környezetében további fúrások is elérik a karsztvíztárolót, melyekben különböző vastagságban változatos összetételű, a területre jellemző fedőképződmények (kvarter üledékek, Száki Agyagmárga F., Kisbéri Kavics F., Csatkai F., Vértessomlói Aleurolit F.) jelennek meg.

A Május 1. út É-i oldalán található Tt-38 fúrásban a felszínhez viszonylag közel, már 14,3 méteres mélységben megjelenik a triász Dachsteini Mészkő Formáció. Valamivel délebbre, a Tt-7 fúrásban a karsztvíztároló Tatai Mészkő Formációba sorolható képződményeit tárták fel 60,5 méter mélységben. A potenciálisan veszélyeztetett terület D-i részén található fúrásokban (Tt-18, Tt-21) a felszíntől kicsit több, mint 10 méter mélységben a karsztvíztárolóhoz tartozó különböző jura korú Pisznicei Mészkő jelent meg.

A város belterületén a Cseke-tó környékén, a Vasút utca és az 1-es út közötti területeken, a Fényes-fürdő környékén is találunk potenciálisan veszélyeztetettnek jelölt területeket. A Cseke-tó környékén mélyült K-26 és K-41 fúrásban a Dachsteini Mészkő 40,5 m és 40 m-es felszín alatti mélységben jelent meg, fedőjében vastag Csatkai Formációval és 8,0 m vastag kvarter édesvízi mészkővel. A jelzett területtől D-re mélyült K-24 jelű fúrásban a késő-triász Dachsteini Mészkő felszíne már 70 m-es felszín alatti mélységben van, fölötte 20 m vastag jura , majd 12,1 m vastag kréta üledéksor települt,

fedőjében a miocén Csatkai Formációval és elég vastag (8,0 m-t is meghaladó) kvarter édesvízi mészkővel.

A Vasút utca és az 1-es számú út közötti területen mélyült a B-1 kataszteri számú kút, melynek fúrásakor a Dachsteini Mészkövet már 21,7 m-es mélységben elérték. A triász felett a Kisbéri Kavics és a Száki Agyagmárga rétegeivel.

A város É-i részén a Fényes-fürdő környékén a potenciálisan veszélyeztetett területeken létesült a K-29 és K-34 kataszteri számú kút. A kutak rétegsorában a vékony felszíni negyedkori üledékek alatt a Száki Agyagmárga található a 43,8 illetve 29,4 m-es mélységben megjelenő késő-triász Dachsteini Mészkő fölött.

A Városi-tó környékén a lokális modellezés által potenciálisan veszélyeztetettnek jelzett területtől É-ra mélyült a Tt-39, D-re a Tt-47 jelű fúrás. A Tt-39 fúrásban a fúrás talpától (70,5 m) jura képződményeket találunk (Pisznicei Mészkő, Tűzkövesárki Mészkő, Kisgerecsei Márga, Lókúti Radiolarit, Pálihálási Mészkő) 52,4 m-es mélységig. A jura képződmények fedője a Tatai Mészkő, melyet 30,3 m-es mélységtől majdnem a felszínig Száki Agyagmárga fed le. A területtől D-re mélyült Tt-47 fúrásban azonban már 41,3 m-es felszín alatti mélységben a Dachsteini Mészkő képződményeit harántolták. Fedőjében vékony Csatkai fölött a Száki Agyagmárga jelenik meg vékony kvarter lösz alatt.

Az innen DNy-ra levő kisebb veszélyeztetettnek jelzett területen mélyült Tt-46 fúrásban a triász felszínét 51,3 m mélységben érték el. Fedőjében 16,4 m-ig Csatkai Formáció, felette a Száki Agyagmárga képződményei települtek.

A modellezett veszélyeztetett területek kiterjedése megfelel az elmúlt évtized tapasztalatainak. Azon területrészek és környezete jelentkezik veszélyeztetettnek, ahol a pontosított mészkőfelszín a terepszinthez közel esik, azáltal a fedő képződmények hidraulikai ellenállása nem elegendő a karsztvíz felszínre szivárgásának megakadályozására. Mivel a sasbércektől távolodva a fedőrétegek vastagsága hirtelen megnő, ezért ott a potenciál-emelkedésből eredő vizesedési problémák nem jelentkezhetnek.

A lokális modellezés során olyan területek is potenciálisan veszélyeztetettnek adódtak (Városi-tó térsége, Kocs felé vezető út mente), amelyeken a felszíni vizesedés és forrásfakadások szempontjából probléma nem jelentkezett. Ezek a területek egyelőre nem beépítettek.

A modellezéssel jelzett területeken nem mindenhol van tényleges probléma. Ugyanis a fedő kőzetek jelenleg védelmet nyújthatnak, sok esetben valamilyen emberi beavatkozás eredményezte a veszélyeztetett állapotot. A karsztvíz csak akkor okoz tényleges problémát, ha a fedő sérül. Ilyen beavatkozás lehet a nem szakszerűen kivitelezett vagy le nem zárt pozitív kút, külszíni bányászati tevékenység, rézsűk megbontása, megváltoztatása, épület alapozás, stb.

A modellezés alapján veszélyeztetett a település egy része (a Május 1. út térségére, valamint a Fényes-fürdő környéke), amit a terepi tapasztalataink is megerősítettek.

3.2.19 Vértesszőlős – Tatabánya terület

kvarter folyóvízi agyaggal fedett. Erre a területre nem esik fúrás, azonban környezetében több fúrásban is feltárásra kerültek a karsztvíztároló képződményei. A területhez legközelebb, attól nyugatra elhelyezkedő T-218 (FRS:152470) fúrásban vékony kvarter és viszonylag vastag (~42m) Csatkai Formációba tartozó képződményeket tartalmazó fedő alatt jelenik meg a Dachsteini Mészkő Formáció. A Csatkai Formáció rendkívül változatos litológiával (agyag, homok, kavics is lehet)

rendelkezik, ezért védőrétegként betöltött szerepéhez minden esettben ajánlott az összetételét lokálisan megvizsgálni.

A B-1 (FRS:152477) és Vsz-12 (FRS:152466) fúrások valamivel északabbra, Vértesszőlős belterületén találhatók. A rétegsor felépítése a fenti fúrásokhoz hasonlóan kvarter, Csatkai Formáció képződményei és Dachsteini Mészkő, amely ezekben a fúrásokban a felszíntől 20-45 méteres mélységeben jelenik meg.

3.2.20 Süttő – Lábatlan – Nyergesújfalu terület

A közvetlenül a Duna partján, K-Ny elnyújtott irányban elhelyezkedő terület a Duna völgyében. A felszínen előforduló képződmény legnagyobb részt folyóvízi agyag, de nagyon kis részen a terület szélén homok és kavics is megjelenik. A területtől DK-re a felszínen a karsztvíztárolóhoz tartozó eocén Szőci Mészkő, valamivel távolabb pedig a Szépvölgyi Mészkő is megjelenik. A területen nem található olyan fúrás, amely feltárná a karsztvíztároló bármely képződményét.

3.2.21 Esztergom terület

Az esztergomi Várhegyen a főkarsztvíztároló triász Dachsteini Mészkő a felszínen, a környezetében, így a Prímás-szigeti Kis-Duna alatt a felszín közelében van. A Dunának ez a szakasza a karsztvíztároló ezen részének regionális erózióbázisa. Eredeti állapotban a Duna megcsapolja a karsztvíztárolót. Az itt található Mala-forrás langyos vizét, az 1910-ben fúrt B-5. kataszteri számú, 323 m mély Szt. István kút (régebben Zsigmondy kút) is hasznosítja. A kút rétegsora alapján a felszínen található kb. 10 m vastag pleisztocén összlet alatt a Dachsteini Mészkő jelenik meg. Azt is meg kell azonban jegyezni, hogy a Dachsteini Mészkő NY felé mélybe zökkent állapotban van és a Mányi Formáció jelentős vastagságú szenes, aleuritos, homokos rétegei fedik.

4. JAVASLATOK

A modellezés és az állapotfelmérés a veszélyeztetettség megállapítására kétféle megközelítést alkalmaz. Az egyik egy számított érték, a másik a tényleges állapoton alapul. A modellezéssel jelzett területeken nem mindenhol van tényleges probléma. Ugyanis a fedő kőzetek jelenleg védelmet nyújthatnak, sok esetben valamilyen emberi beavatkozás eredményezte a veszélyeztetett állapotot. A karsztvíz csak akkor okoz tényleges problémát, ha a fedő sérül. Ilyen beavatkozás lehet a nem szakszerűen kivitelezett vagy le nem zárt pozitív kút, külszíni bányászati tevékenység, rézsűk megbontása, megváltoztatása, épület alapozás, stb.

A tényleges intézkedések kidolgozásánál elsősorban az állapotfelmérés eredményeit kell figyelembe venni. Ezeket tételesen megadtuk a ***2. fejezetben.***

A modellezéssel meghatározott potenciális veszélyeztetett területeket a helyi építési szabályozásban kell jelölni és egy esetleges új beruházás esetén a potenciálisan megjelenő karsztvízre, vizesedés lehetőségére a figyelmet fel kell hívni.

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.

Már meglévő épületek fenntartása és új létesítmények tervezése esetén e megváltozott körülményeket is figyelembe kell venni.

A PROJEKT ELŐZŐ JELENTÉSEI

[1] Smaragd-GSH Kft. 2019: A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010. Források felmérése, forráskataszter készítése záródokumentáció. Jelentés.

[2] Smaragd-GSH Kft. 2020: A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, 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 hosszú távú alakulása. Jelentés.

[3] Smaragd-GSH Kft. 2020: A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010. Vízháztartási modellezés és állapotértékelés – II. kötet. A regionális numerikus hidrodinamikai modellezés menetének és eredményeinek bemutatása. Jelentés.

[4] Smaragd-GSH Kft. 2020: A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010. Vízháztartási modellezés és állapotértékelés – III. kötet. A karsztvíztároló állapotának összefoglaló értékelése. Jelentés.

[5] Smaragd-GSH Kft. 2020: A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010. Csór lokális modell. Jelentés

[6] Smaragd-GSH Kft. 2020: A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010. Bodajk lokális modell. Jelentés

[7] Smaragd-GSH Kft. 2020: A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010. Fehérvárcsurgó lokális modell. Jelentés

[8] Smaragd-GSH Kft. 2020: A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010. Tata lokális modell. Jelentés

[9] Smaragd-GSH Kft. 2020: A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010. Hévíz-Keszthelyi-hegység lokális modell. Jelentés

FELHASZNÁLT IRODALOM

[10] Dankó Zs. 2012: A tatai források újrafakadásának következtében felmerülő hidrogeológiai és geotechnikai problémák. Az MTA VEAB Vízgazdálkodási Munkabizottságának előadóülése, a a Dunántúli-középhegység karsztvizeinek állapotáról. (Székesfehérvár, 2012. december 11.)

[11] Erdős A. 2000: A Rákhegyi Regionális Vízmű rövid bemutatása. – Jelentés. DRV Zrt.

[12] Freeze, R. A., Cherry, J. A. Groundwater, Prentice Hall, Engwood Cliffs, New Jersey, 1979, 604 p.

[13] Gyalog László szerk. 1996: A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. A Magyar Állami Földtani intézet alkalmi kiadványa

[14] HYDROSYS Kft.- Smaragd-GSH Kft. 2015: A Dunántúli-középhegység karsztos víztestjei. Vízgyűjtő-Gazdálkodási Terv. Felszín alatti vizek mennyiségi állapotának meghatározása. 6-4-5 háttéranyag. Jelentés. OVF adattár

[15] Jordán Gy. 2009: A terület háromdimenziós földtani modellje. In: Szerk: Görög Ágnes: Déli-Bakony-Zala medence regionális hidrogeológiai modell és felszín alatti áramlás szimuláció. – Jelentés. Hantken Miksa Alapítvány. Budapest

[16] Kercsmár Zs. (szerk.), Budai T., Csillag G., Selmeczi I., Sztanó O. 2015: Magyarország felszíni képződményeinek földtana. Magyarázó Magyarország földtani térképéhez (1:500.000) – Magyar Földtani és geofizikai Intézet, Budapest

[17] Maller M: 2012: Tata városközpont forrásainak hidrológiai vizsgálata. Diplomamunka. 55-58 oldal.

[18] Smaragd GSH Kft. 2016: A Nyirád ivóvízbázis biztonságba helyezési tervének felülvizsgálata. Jelentés.

[19] Terzaghi, K. Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer grundlage. Leipzig u. Wien, F. Deuticke, 1925

[20] Tóth, J. Gravitational systems of groundwater flow. Gravitational Systems of Groundwater Flow. 2009, p. 113.

[21] VITUKI Rt. Hidrológiai Intézete-BKMI Kft. 2001: A Tatabánya XV/C vízakna biztonságba helyezési terve

FELHASZNÁLT TÉRKÉPEK

[22] Haas J., Budai T., Csontos L., Fodor L., Konrád Gy. (2010): Magyarország pre-kainozoos1:500 000 méretarányú földtani térképe. Magyar Állami Földtani Intézet 2010.

[23] Budai T., Chikán G., Ivancsics J., Kaiser M., Koroknai B., Kovács S., Maigut V., Pelikán P., Síkhegyi F., Turczi G. 2005: Magyarország fedett földtani térképe 1:100 000 Magyar Állami Földtani Intézet 2005