A Víz Keretirányelv hazai megvalósítása

VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERV

Felszín alatti vizek mennyiségi állapotának meghatározása

6-5-5 háttéranyag

A Dunántúli-középhegység karsztos víztestjei

Projektvezető: Gondárné Sőregi Katalin (SMARAGD-GSH Kft.)
Készítették: Csepregi András, Izápy Gábor, Ágotai Györgyné (Hydrosys Kft.)

Tartalomjegyzék

1.1 A Dunánúli középhegység vízháztatási mérlege és állapota 2
1.1.1 A Dunánúli középhegység vízmérlege 2
1.1.2 A Dunántúli-közép-hegység állapota 10
1.2 A visszatöltődés állapota 11
1.2.1 A források állapota 14
1.2.2 A karsztos víztestek állapota 17

Ábrajegyzék

1. ábra: A DKH területén 47 csapadékmérő állomás 1951 – 2013 közötti időszakra vonatkozó évi összes csapadékának évenkénti és 10 évenkénti átlag értékei 2
2. ábra: A vízkivételek, forráshozamok idősora a teljes karsztvíztárolóra 3
3. ábra: Összes vízkivétel és forráshozam az 1950-es években 4
4. ábra: Balaton-felvidéki észlelőkutak vízszint idősor szimulációja 5
5. ábra: Modellel számított karsztos beszivárgás értékek a DKH területén 5
6. ábra: Számított vízcsere a főkarsztvíztároló és a fedőrétegek, valamint a felszíni vizek között ... 6
7. ábra: A tárolóból kilépő összes vízmennyiség 1951-2013 között valós, 2014-2030 között számított adatok alapján 7
8. ábra: A vízkivételi idősor és a számított beszivárgás összevonásával kapott vízmérlegegyenleg 8
9. ábra: A Dunántúli-középhegységi karsztvíztároló áttekintő térképe 10
10. ábra: A 2014. január 1-i karsztvízszint térkép 12
11. ábra: Az elmúlt 11 év karsztvízszint differencia térképe 13
12. ábra: Sekélyhegyvidéki víztestek a DKH területén 17
13. ábra: Karsztvízszint idősorok a kt.4.1. víztesten 19
14. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.4.1. víztesten 21
15. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.4.2. víztesten 23
16. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.1.1. víztesten 25
17. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.1.2. víztesten 28
18. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.1.4. víztesten 29
19. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.1.3. víztesten 30
20. ábra: Karsztvízszint idősorok a kt.1.3. víztesten 31
21. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.1.5. és a kt.1.5. víztesten 32

Táblázatjegyzék

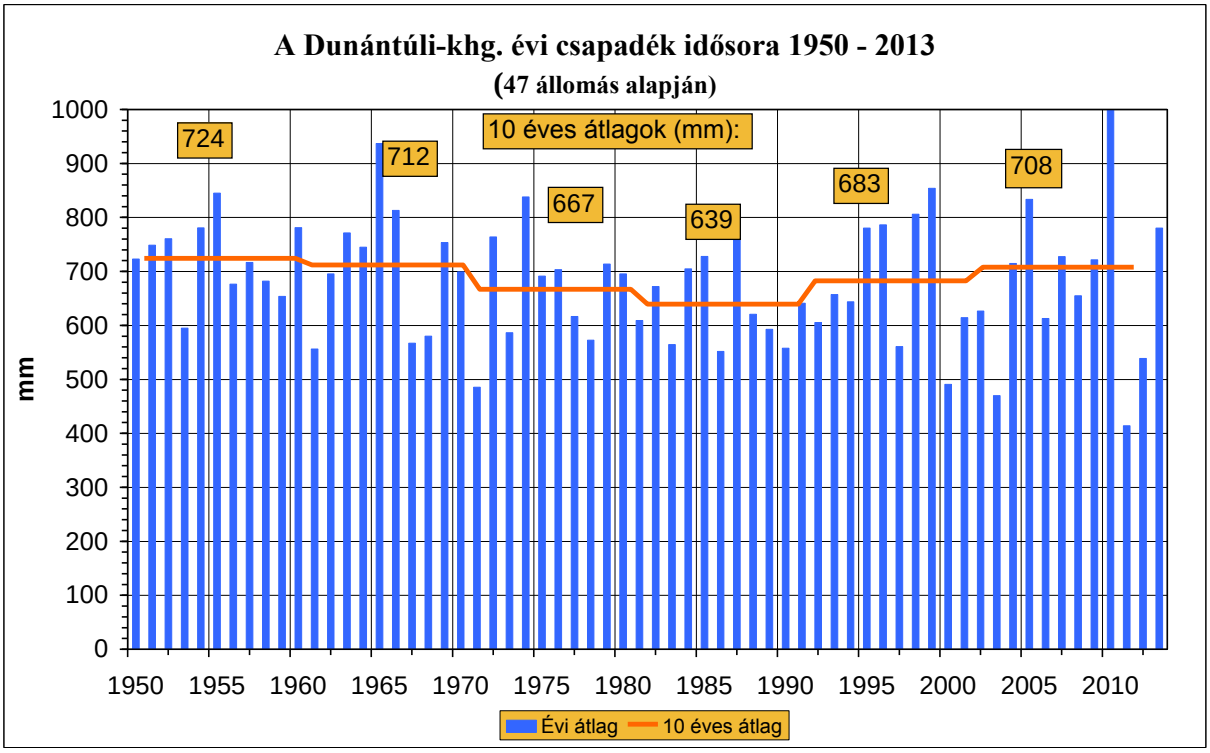
1. táblázat: A DKH főkarsztvíztároló vízmérlegelemeinek alakulása 8
5. táblázat: Jellemző karsztvízszintek és vízszintemelkedések a főkarsztvíztároló területén 13
3. táblázat: Mért főkarsztos forráshozamok víztestenként 15

1.1 A Dunánúli középhegység vízháztatási mérlege és állapota

1.1.1 A Dunánúli középhegység vízmérlege

A karsztos utánpótlódás szempontjából meghatározó a csapadék alakulása. A DKH területén 47 csapadékmérő állomás 1951 – 2013 közötti időszakra vonatkozó évi összes csapadékának évenkénti és 10 évenkénti átlag értékeit az 1. ábra szemlélteti. A tároló területén az 1950-es évektől (695 mm) az 1980-as évekig (626 mm) az éves csapadék 10 éves átlaga mintegy 10%-ot csökkent. A 90-es és 2000-es években a csapadék átlagok újra emelkedtek, először 6%-ot, majd további 2,5 %-ot. Az évi összes csapadék átlagértéke a térségben a 2010-zel záruló 20 évben mintegy 6.5 %-kal volt több az 1971 – 1990 évi időszakhoz képest.

1. ábra: A DKH területén 47 csapadékmérő állomás 1951 – 2013 közötti időszakra vonatkozó évi összes csapadékának évenkénti és 10 évenkénti átlag értékei



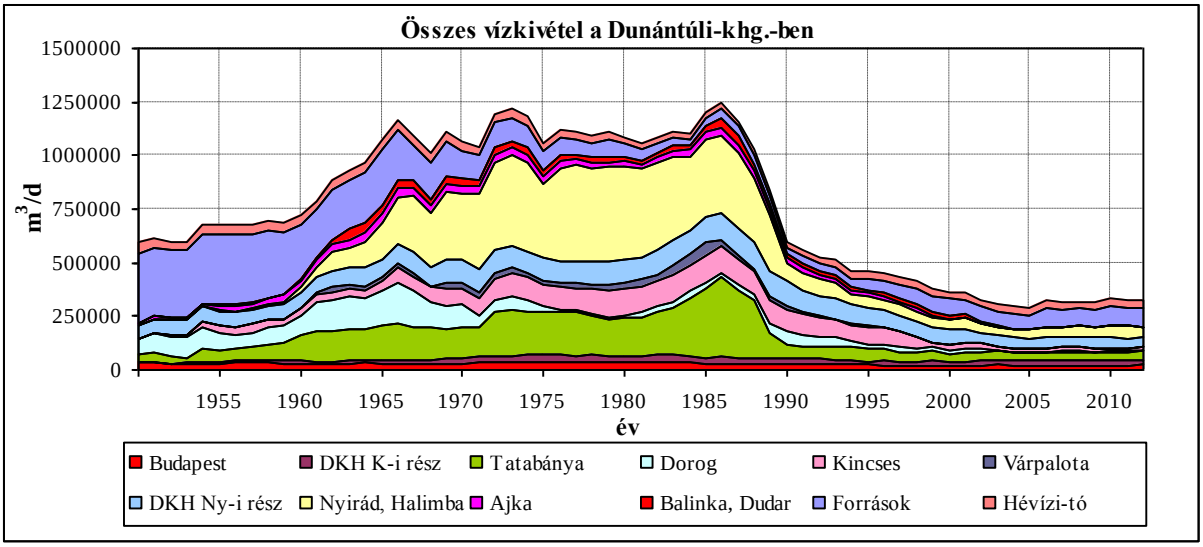
A Dunántúli-középhegységi főkarsztvíztároló nagyszerkezeti egységét horizontálisan vízzáró képződmények határolják. Vízmérlegének bevételi oldalán tehát a nyílt karsztos területek csapadék eredetű beszivárgása, a fedő rétegek és a felszíni vizek felőli átszivárgás, a kiadási oldalon a forráshozamok, a kutak és vízaknák vízkivételei, és a fedőrétegek, felszíni vizek megcsapolásai állnak.

Az 1960-as évek végére kiépített karsztvízszint észlelőhálózatnak köszönhetően a főkarsztvíztárolóban az elmúlt közel 50 évben lejátszódott nyomásváltozásokat ismerjük. A tárolóban kiépített kutak, vízaknák víztermelésére vonatkozóan is havi, vagy évi vízkivételi adatsorok állnak rendelkezése. Az egykori források hozamát is többé-kevésbé rendszeresen mérték. Leegyszerűsítve a főkarsztvíztároló egy olyan óriási tartálynak tekinthető, ahol ismerjük a

kivett vízmennyiséget (kutak, vízaknák, források hozamát), az észlelőkutak mért vízszintje alapján pedig a tartály szintjét. *A bányavízemelések leállításával, a főkarsztvíztárolóban 1990 óta tartó visszatöltődés eredményeképpen a karsztvízszintek elérték vagy meghaladták az 1960-as évek közepén mért szinteket. Ebben az időszakban, tehát az elmúlt közel 50 évben a kutakból, vízaknákból kitermelt és forrásokon kilépett vízmennyiség megegyezik az utánpótlódással.* 1966 – 2013 között a bányavíz adatszolgáltatás, a kutak üzemi (OSAP) adatszolgáltatása, a források hozammérési adatai alapján mintegy 13,36 km^3 karsztvíz távozott a főkarsztvíztárolóból. A vízkivételek, forráshozamok idősorát a teljes tárolóra a **2. ábra** mutatja be.

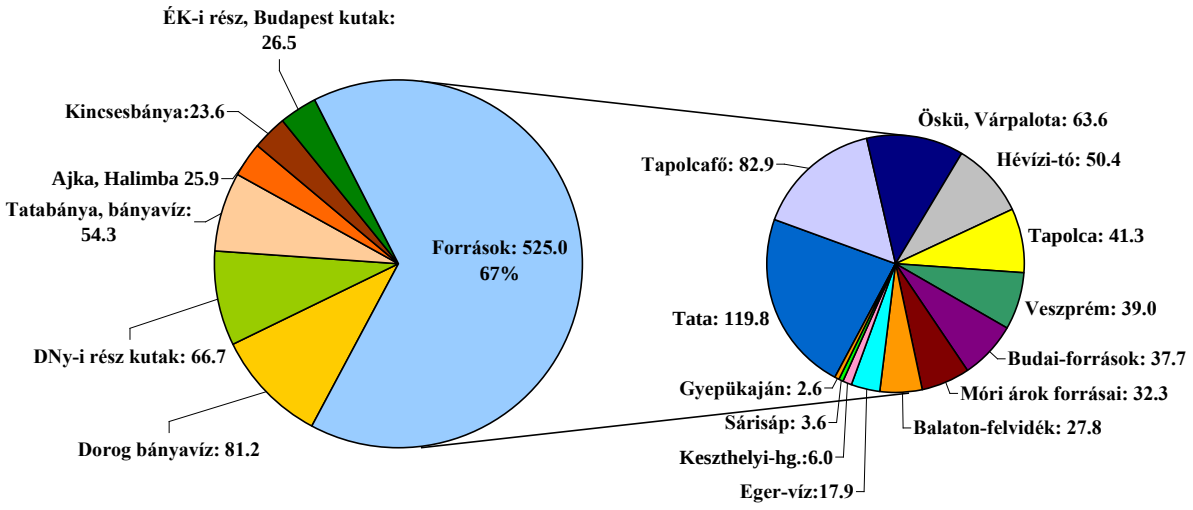
Figyelembevéve, hogy a tároló egész területén a karsztvízszintek jellemzően elérik az 1960-as évek közepének vízszintjeit, akkor az erre az időszakra számított átlagos utánpótlódás nagyjából megegyezik a kivett vízmennyiséggel. *Ez alapján a számított átlagos utánpótlódás 48 évre (1966 – 2013- időszakára) vonatkoztatva 761 760 m^3/nap.*

2. ábra: A vízkivételek, forráshozamok idősora a teljes karsztvíztárolóra



A tároló utánpótlása becsülhető az 1950-es évek forráshozamai, vízkivételei alapján is. Ebben az időszakban – ugyan eredeti állapotról már nem beszélhetünk – a bányavízkivételek és a források vízhozamai a tároló utánpótlásával egyensúlyban voltak, tartós karsztvízszint süllyedés nem alakult ki. A vízkivételi adatokra és a forráshozam mérésekre vonatkozó széleskörű adatgyűjtések (Willems T. 1963, BKI) alapján ebben a kvázi egyensúlyi állapotban a tárolóból kilépő vízhozam összesen 803 000 m^3/nap volt. A permanens állapotot figyelembe véve az utánpótlódás is nagyjából a fenti értékhez közeli lehetett (**3. ábra**). Meg kell jegyezni, hogy az egykori forráshozamok átlag értékeire vonatkozó irodalmi adatokban jelentős a szóródás, eléri a 35 %-ot. A forráskataszterben ugyanezekre a forrásokra a múlt század 50-es éveire mintegy 30 %-kal kisebb értékeket találunk.

3. ábra: Összes vízkivétel és forráshozam az 1950-es években



A tároló nyomásváltozását leíró „DKH modell”-ben az

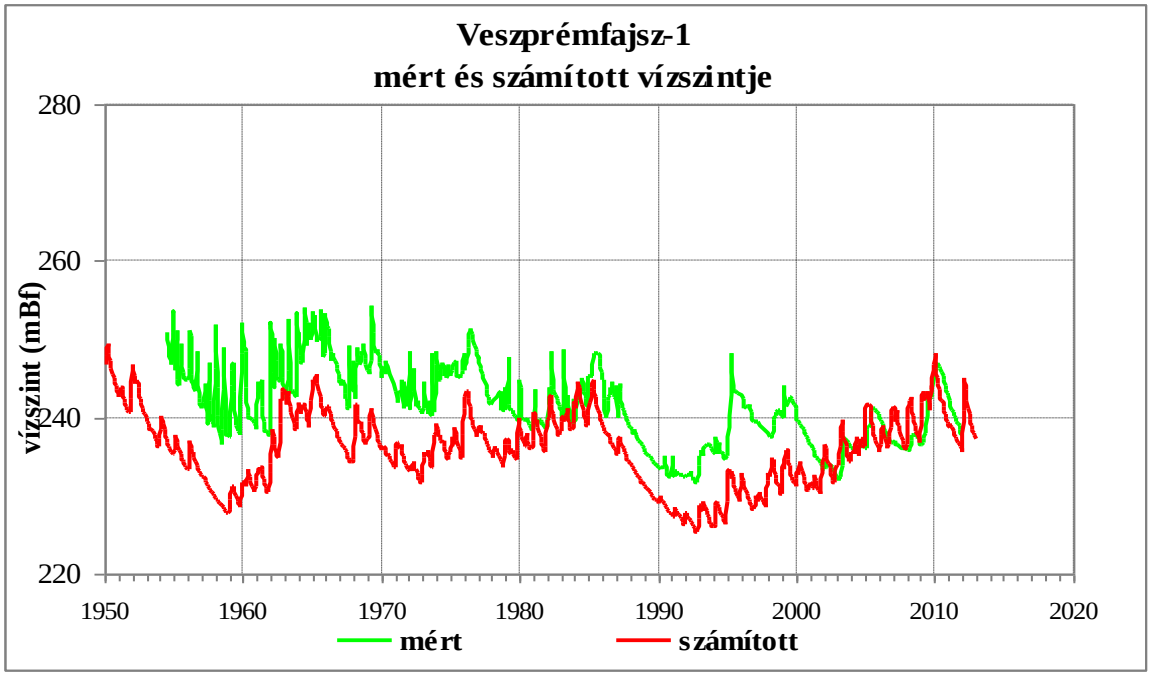
1951 – 2013 évekre 775 000 m^3/nap

1970 – 2013 évekre 732 000 m^3/nap

a nyíltkarsztos területekre számított átlag beszivárgás.

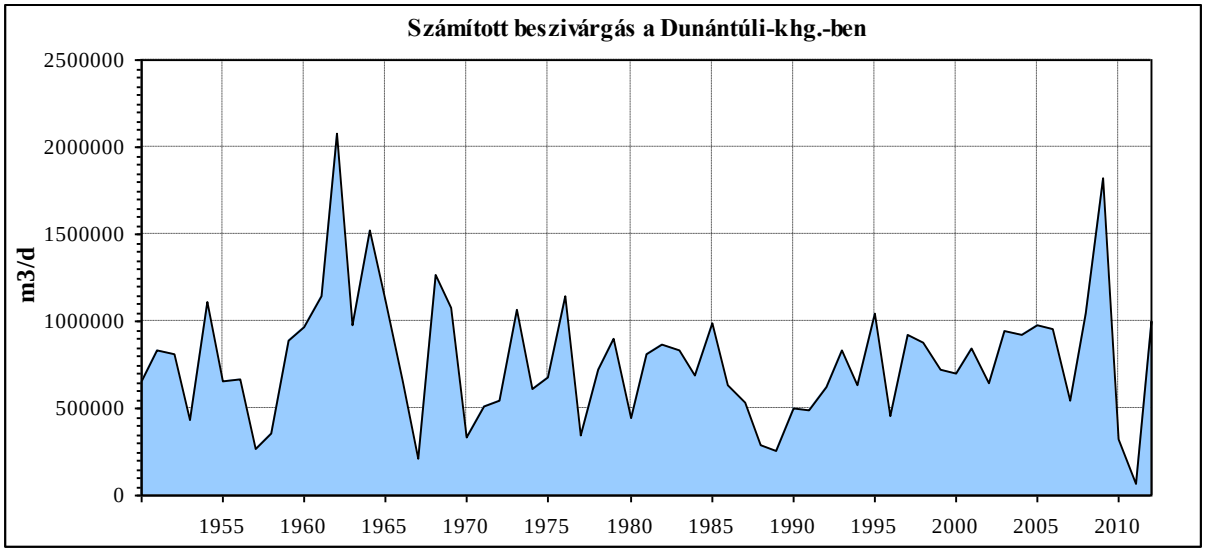
A beszivárgás számítása F.I. Morton területi evapotranszpirációs módszerén alapszik (Morton F.I. 1983) A CRAE (Kiegészítő Kapcsolat a Területi Evapotranszspiráció Meghatározásához) modell a földfelszín sugárzási mérlegének meghatározása mellett, arra az elvre épül, hogy egy adott területen a rendelkezésre álló nedvesség (csapadék) növekedésével, a területi evapotranszspiráció növekedik, a potenciális evapotranszspiráció csökken, de a két érték összege állandó. A kapcsolat tehát fordított vagy „kiegészítő”. Vízzel telített nedves felszínen a tényleges és potenciális evapotranszspiráció értéke egyenlő. Az evapotranszspiráció meghatározásához az adott időszak átlagos hőmérséklet, átlagos páranyomás, és összes napfénytartam adataira van szükség. A módszer karsztos területen való alkalmazhatóságát a DKH modellel néhány Balaton-felvidéki észlelőkút vízszint idősorának szimulációjával mutatjuk be (**4. ábra**).

4. ábra: Balaton-felvidéki észlelőkutak vízszint idősor szimulációja



Az **5. ábra** 1951-től a főkarsztvíztárolóra a DKH modellel számított karsztos beszivárgás értékeket mutatja be évi bontásban. Az utánpótlódást a felszíni földtani térképek alapján lehatárolt 1 540 km^2-es karsztos beszivárgási terület, és a beszivárgási foltokhoz közeli 47 csapadékmérő- és 5 klíma állomás adataiból számított havi beszivárgás intenzitások szorzatából kaptuk.

5. ábra: Modellel számított karsztos beszivárgás értékek a DKH területén



Az évi beszivárgási idősort áttekintve az elmúlt 25 évet 3-4 év hosszúságú szárazabb és nedvesebb periódusok váltakozása jellemzi. Például az 1990-es évek, ill. a 2000-es évek fordulóján, vagy 2011-2012-ben mutatkozó száraz éveket az 1996-1999-es, 2004-2007-es, vagy

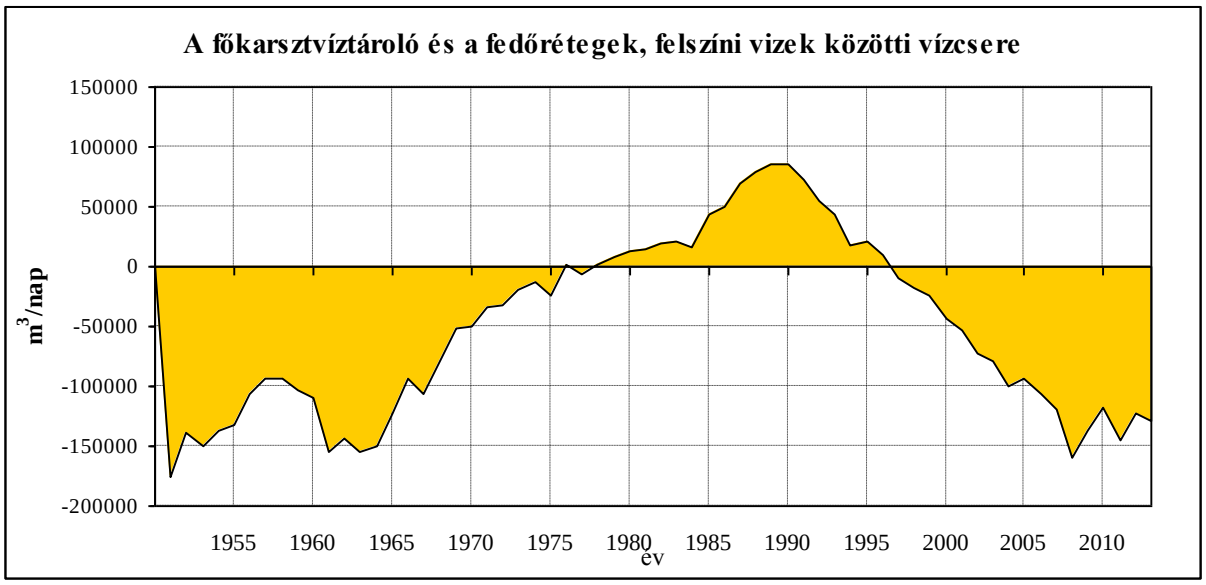
az elmúlt 2 év nedvesebb periódusa követte. A számított beszivárgás adatok alapján a Dunántúli-középhegység főkarsztvíztárolójában az utánpótlódás nem csökkent az elmúlt két évtizedben.

Hidraulikus kapcsolat és készletcsere valószínűsíthető azokon a medence területeken, ahol az alaphegységet alkotó főkarsztvíztárolót fiatalabb víztartó rétegek fedik, pl. a Keszthelyi-hg. környezetében húzódó felső-pannon rétegeknél, a Bakony délnyugati, és a Vértes délkeleti előterében. Az átszivárgás iránya és mértéke a karsztvíztároló és a fedő réteg vízszintjének, a félig áteresztő rétegek vertikális szivárgási tényezőjének, vastagságának, valamint az átszivárgási felületnek a függvénye.

A főkarsztvíztárolót csapolják a vele hidraulikai kapcsolatban lévő felszíni vizek is, de a vízcsere iránya a karszt nyomásszintjének függvényében változhat. Vannak olyan területek is, ahol a főkarsztvíztárolóval kölcsönhatásban lévő felszíni vizek táplálása, a tároló nyomásszintjeinek süllyedésével fokozatosan megszűnt, majd a felszíni vizek felől a karsztos tárolóba irányuló rátáplálás alakult ki. A főkarsztvíztárolóval hidraulikai kapcsolatban lévő patakok a középhegység délnyugati részén a Veszprémi-Séd, vagy az Eger-víz, míg Balatonakalinál és a Keszthelyi-hg. déli előterében Vonyarcvashegynél a Balaton is megcsapolója a karsztvíztárolónak. Meghatározó szerepe van a Dunának is Esztergom és Budapest térségében, ahol a folyó a főkarsztvíztároló erózióbázisát alkotja.

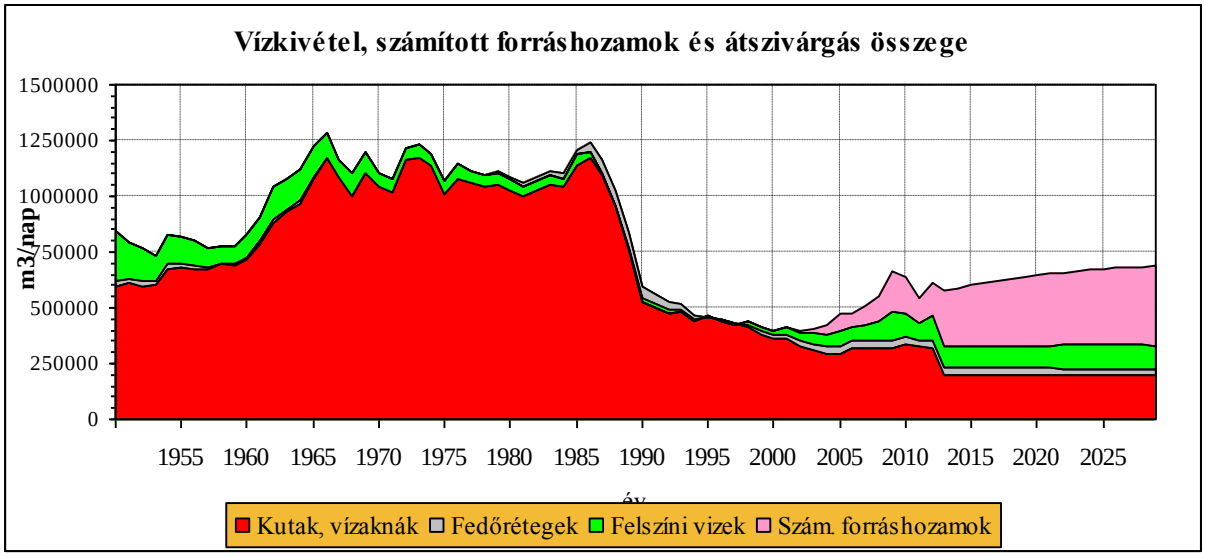
A **6. ábra** a főkarsztvíztároló és a fedőrétegek, valamint felszíni vizek közötti vízcsere hidraulikai modellel számított alakulását szemlélteti. Eredeti állapotban a karszt-tároló és a fedőrétegek, valamint a felszíni vizek közötti vízcsere a karsztból a fedőrétegek, és a felszíni vizek felé irányult. Az ábrán a pozitív tartomány a karsztvíztárolóba történő vízátadást, a negatív értékek a tároló megcsapolását jelölik. A fedő rétegekből, felszíni vizekből való vízátadódás a túltermelés idején, a tároló depresszionált időszakát jellemezte. A tároló regenerálódásának következtében ez a beáramlás folyamatosan csökkent, az 1990-es évek második felében fokozatosan megszűnt. A modell számítások alapján a jelenlegi állapotban a tárolót megcsapoló elszivárgás megközelíti a 100 m^3/perc-et.

6. ábra: Számított vízcsere a főkarsztvíztároló és a fedőrétegek, valamint a felszíni vizek között



A karsztvíztároló mérlegének kivételi oldalán tehát a kutak, vízaknák hozamidősora mellett, figyelembe kell venni a fedőrétegek és a felszíni vizek felé való átadódást, (depresszionált időszakban a rátáplálást), valamint a forrásokon eltávozó vízhozamokat is. A **7. ábra** által bemutatott kummulatív görbe a tárolóból ily módon kilépő összes vízmennyiség idősorát mutatja, az 1951-2013 közötti tény, és a 2014-2030 közötti előrejelzési időszakra. A fentiekben felsorolt nem mérhető (felszíni víz- és fedőirányú átadódás), valamint nem mért forráshozamokat a DKH modell számította. Az ábra természetesen magában foglalja a vízügyi adatszolgáltatásokban szereplő ívóvíz- és egykori bányavízkivételeket, valamint mért források hozamidősorait is. A tároló vízforgalmában ma már a – jelentős részében nem mért – forráshozamok, és a nem mérhető átszivárgások hozamának összege mintegy kétszerese, a kutak és vízaknák adatszolgáltatásokban szereplő vízkivételének.

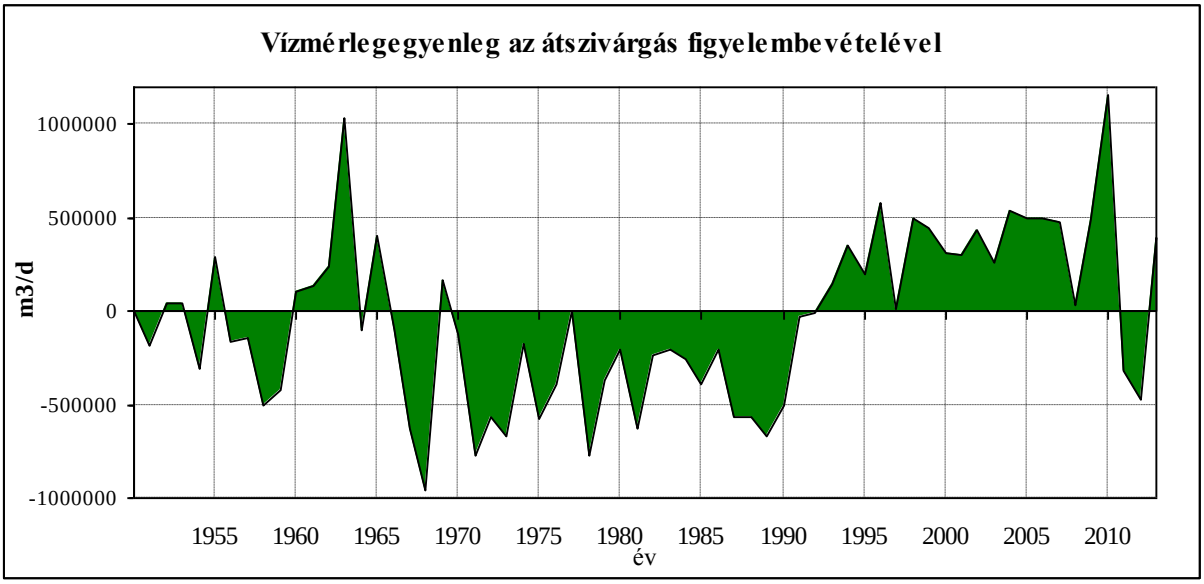
7. ábra: A tárolóból kilépő összes vízmennyiség 1951-2013 között valós, 2014-2030 között számított adatok alapján



Az így kapott vízkivételi idősor és a számított beszivárgás összevonásával kapott egyenleget mutatja be a **8. ábra**. Átlagos utánpótlódás és a jelenlegi vízkivételek befagyasztása mellett, a tároló vízmérlege – a források és a megcsapolások hozamának növekedésével együtt – fokozatosan csökkenő mértékben, de továbbra is pozitív marad. Valójában a pozitív mérleg hosszabb idő átlagában várhatóan továbbra is érvényesülő emelkedő tendenciát vetít előre, amit a száraz évek – ahogy pl. 2011-2012-ben is történt – kisebb-nagyobb süllyedései megtörnek.

A következő években a karsztvízszint alakulásában a beszivárgás szerepe egyre meghatározóbb lesz, a további karsztvízszint emelkedések az átlagos, vagy az átlagot meghaladó beszivárgású időszakokra korlátozódnak.

8. ábra: A vízkivételi idősor és a számított beszivárgás összevonásával kapott vízmérlegegyenleg



A modell adatbázisának és számított vízmérleg elemeinek alakulását a 1. táblázat foglalja össze m^3/nap-ban.

Az **1. táblázat** bemutatja a 2014-es és 2030-as évekre a DKH hidraulikai modellel „előrejelzett" vízmérleg értékeket. (Az adatbázis a vízkivételeket és az utánpótlódás számításához szükséges csapadék és klíma adatokat 2013 végéig tartalmazta.) Az előrejelzési időszakban a számított beszivárgás 1970-2013. évi időszaki átlagával számoltunk (728 310 m^3/nap). Átlagos utánpótlódás és a jelenlegi vízkivételek befagyasztása mellett, a tároló vízmérlege – a források és a megcsapolások hozamának növekedésével együtt – fokozatosan csökkenő mértékben, de továbbra is pozitív marad.

1. táblázat: A DKH főkarsztvíztároló vízmérlegelemeinek alakulása

		Fedő-rétegek	Felszíni vízfolyások	Források	Kutak	Beszivárgás	Egyenleg
1951-2013 Átlag	Be	39 260	21 322		112	782 811	843 505
	Ki	29 498	86 286	147 158	619 316		882 259
	Egyenleg	9 762	-64 964	-147 158	-619 204	782 811	-38 754
1970-2013 Átlag	Be	43 391	24 511		161	734 041	802 104
	Ki	24 196	65 332	111 051	624 261		824 840
	Egyenleg	19 195	-40 821	-111 051	-624 100	734 041	-22 736
2013	Be	14 656	13 298		1 679	996 779	1 026 412
	Ki	49 380	120 084	270 634	203 389		643 487
	Egyenleg	-34 724	-106 786	-270 634	-201 710	996 779	382 925

		Fedő-rétegek	Felszíni vízfolyások	Források	Kutak	Beszivárgás	Egyenleg
2014	Be	14 920	14 581		1 671	728 310	759 482
	Ki	46 486	106 660	251 252	203 410		607 808
	Egyenleg	-31 566	-92 079	-251 252	-201 739	728 310	151 674
2030	Be	18 701	13 205		1 671	728 310	761 887
	Ki	40 457	121 494	356 555	203 410		721 916
	Egyenleg	-21 756	-108 289	-356 555	-201 739	728 310	39 971

A tároló vízmérlegében bekövetkező változásokat a karsztvízszint változása is követi. A mérlegtöbblet a vízszintek emelkedését, a mérleghiány pedig csökkenését idézi elő. A fentiekben bemutatott számított vízmérleg idősorokat az észlelőkutak számított vízszint idősorai alátámasztják. Az 1960 előtt létesült kevés észlelőkúton nagyjából a természetes vízjárásnak megfelelő vízszinteket mértek. Ezt követően először a vízkivételek „depressziós” központjaiban, majd távolabb is megindult a vízszintek süllyedése és a források elapadása. A hatvanas évek végén kiépült mintegy 200 karsztkútból álló észlelőhálózattal már nagyrészt ezek a fokozatosan csökkenő karsztvízszintek voltak regisztrálhatók. Ez a folyamat változó intenzitással tartott 1990-ig. Ekkor kezdődött meg a tároló visszatöltődése, mely egy-két év alatt csaknem a teljes területen éreztette hatását. A vízmérleg-egyenlegben mutatkozó többlet teljes egészében a tároló regenerálódására, a vízszintek emelkedésére fordítódik.

Az állapotértékelés lényeges eleme volt a főkarsztvíztároló újraindult forrásai hozamainak felmérése. A források felmérésére 2014. november-december hónapban került sor, a forrás bejárások dokumentációját, az eredményeket összefoglalóan a 4.2 fejezet tartalmazza. A karsztforrások hozamának felmérése, a kutak, vízaknák 2013. évi termelési adatai, és a hidraulikai modellel számított fedő és felszíni vizekbe átadódó vízkészletet is figyelembe véve, a tároló teljes területén az alábbi kilépő hozammal számolhatunk:

Kutak, vízaknák vízkivétele:	201 600 m^3/nap
Forráshozamok:	335 520 m^3/nap
Átadódás a fedőbe és felszíni vizekbe:	123 840 m^3/nap
Összesen:	660 960 m^3/nap

Az így kapott 660 960 m^3/nap értéket azonban több bizonytalansági tényező terheli: a fedő és felszíni vizekbe való átadódás hidraulikai modellel számított értékén túl, néhány forrás nem volt mérhető, ezeknél becslésekre hagyatkoztunk, illetve régebbi mérések átlagértékeit használtuk (pl. Balaton-felvidéki források). Lényeges körülmény, hogy a forrásmérésekre 2014 őszén, egy csapadékos időszakot követően került sor, így a mért hozamadatok növekedése sok esetben átmeneti is lehet. Összességében azonban megállapítható, hogy a 2014. évi forrásmérések, a számított átszivárgásokat is figyelembe véve a tároló feltöltöttsége a 90 %-ot közelíti.

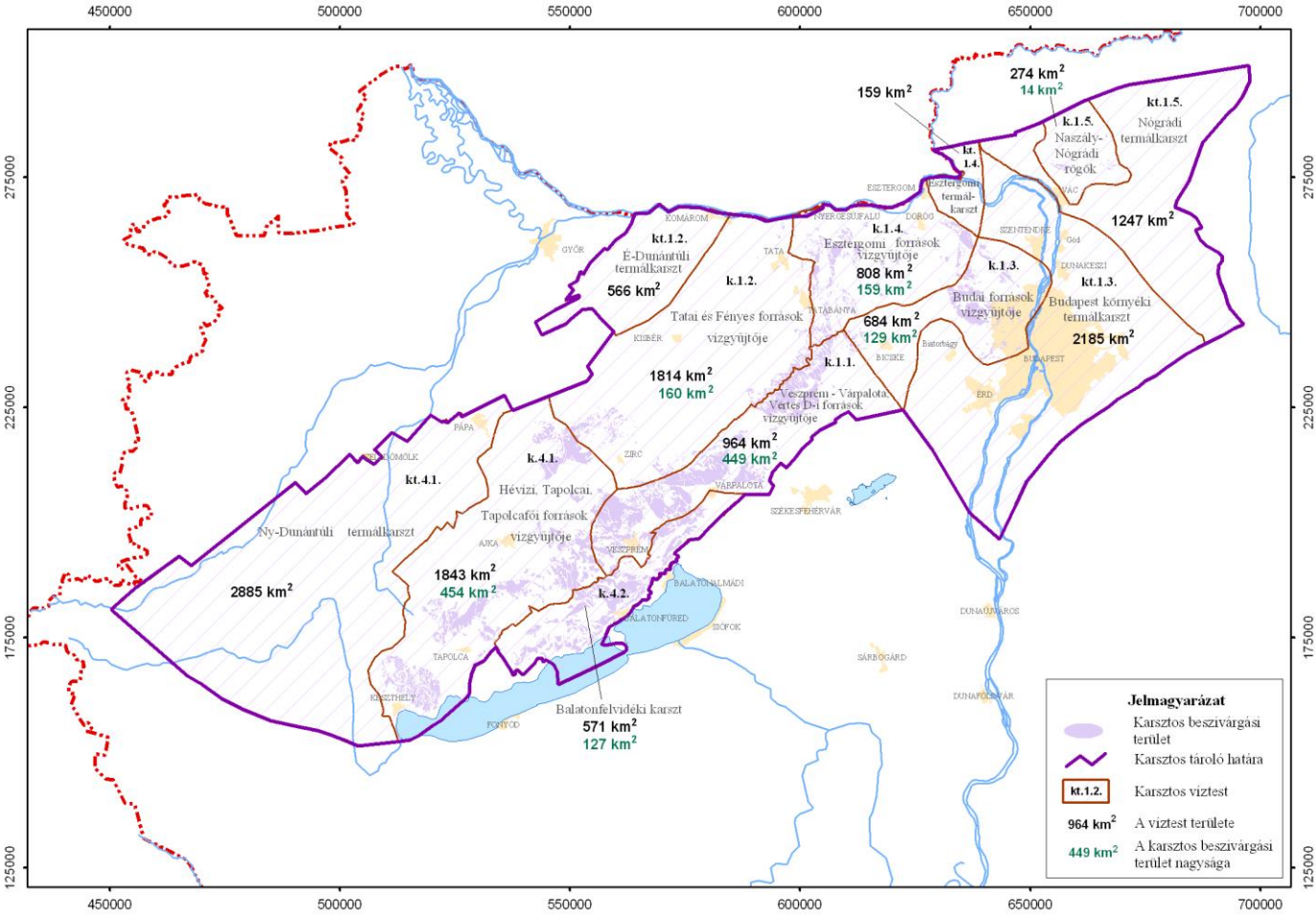
Lényeges hogy a visszatöltődés eredményeként ma már a karsztvíztároló teljes vízforgalmának mintegy 2/3 része csak számolható: a források hozamát néhány kivételtől eltekintve nem mérik, a felszíni vizekbe vagy szomszédos víztestekbe átadódó vízmennyiségek pedig nem mérhetők.

1.1.2 A Dunántúli-közép-hegység állapota

A Dunántúli-középhegység főkarsztvíztárolóját az 1990-ig tartó mintegy 3 évtizedben a nyomás- és vízszintcsökkenés, azóta – a bauxit és szénbányák bezárása, a bányavízemelések leállítását követően – a tároló regenerálódása jellemzi.

A Dunántúli-középhegységi karsztvíztároló áttekintő térképét, a víztest határok feltüntetésével a **9. ábra** mutatja be.

9. ábra: A Dunántúli-középhegységi karsztvíztároló áttekintő térképe



A karsztvízszintek a tároló nagy részén emelkednek, az egykor elapadt források úja indulnak. Ez a szakasz – a csapadék-beszivárgás függvényében változó intenzitással – még mindig nem zárult le. Az elmúlt 25 évben nemcsak a karsztvízszintek emelkedtek nagy területeken több 10 m-rel, de ennek következtében számos, egykor nagy hozamú karsztforrás, többek között a tatai-, tapolcafői-, bodajki-, Eger-víz-völgyi forrás is újra megindult.

1.2 A visszatöltődés állapota

A Közép-dunántúli VIZIG beruházásában 2014-ben újra elkészült a főkarsztvíztároló karsztvízszint térképe (**10. ábra**). Expedíciószerű felmérés keretében megmérték a visszatöltődés következtében újraindult források vízhozamát. Hidraulikai modellvizsgálatokkal előrejelezték a még várható karsztvízszint- és forráshozam emelkedéseket.

A 2014. jan. 1-i karsztvízszint térkép szerkesztéséhez rendelkezésre állt az érintett vízügyi igazgatóságok karsztvízszint észlelőkútjainak 2013. évi adatsora. Az utóbbi években költségvetési korlátok miatt, az észlelőműszerrel felszerelt kutak száma csökkent, számos kútnál csak havi egyszeri mérésre van lehetőség, de a hálózat továbbra is működik, sőt az észlelőkutak száma tovább nőtt. Figyelembe véve, a már megszűnt bauxit- és szénbányáktól átvett, eredetileg a bányaüzemek által létesített észlelőkutakat, a sérülékeny vízbázisok diagnosztikai munkájának keretében az elmúlt 20 évben létesült, és a vízművek által működtetett monitoring kutakat, az észlelőhálózat valamelyest bővült is.

A térképi adatbázisban szereplő karsztvízszint észlelőkutak megoszlása vízügyi igazgatóságonként:

Észak-dunántúli VIZIG (1.):	35 db
Közép-Dunavölgyi VIZIG (2.):	33 db
Közép-dunántúli VIZIG (4.):	154 db
Nyugat-dunántúli VIZIG (6.):	29 db
Összesen:	251 db

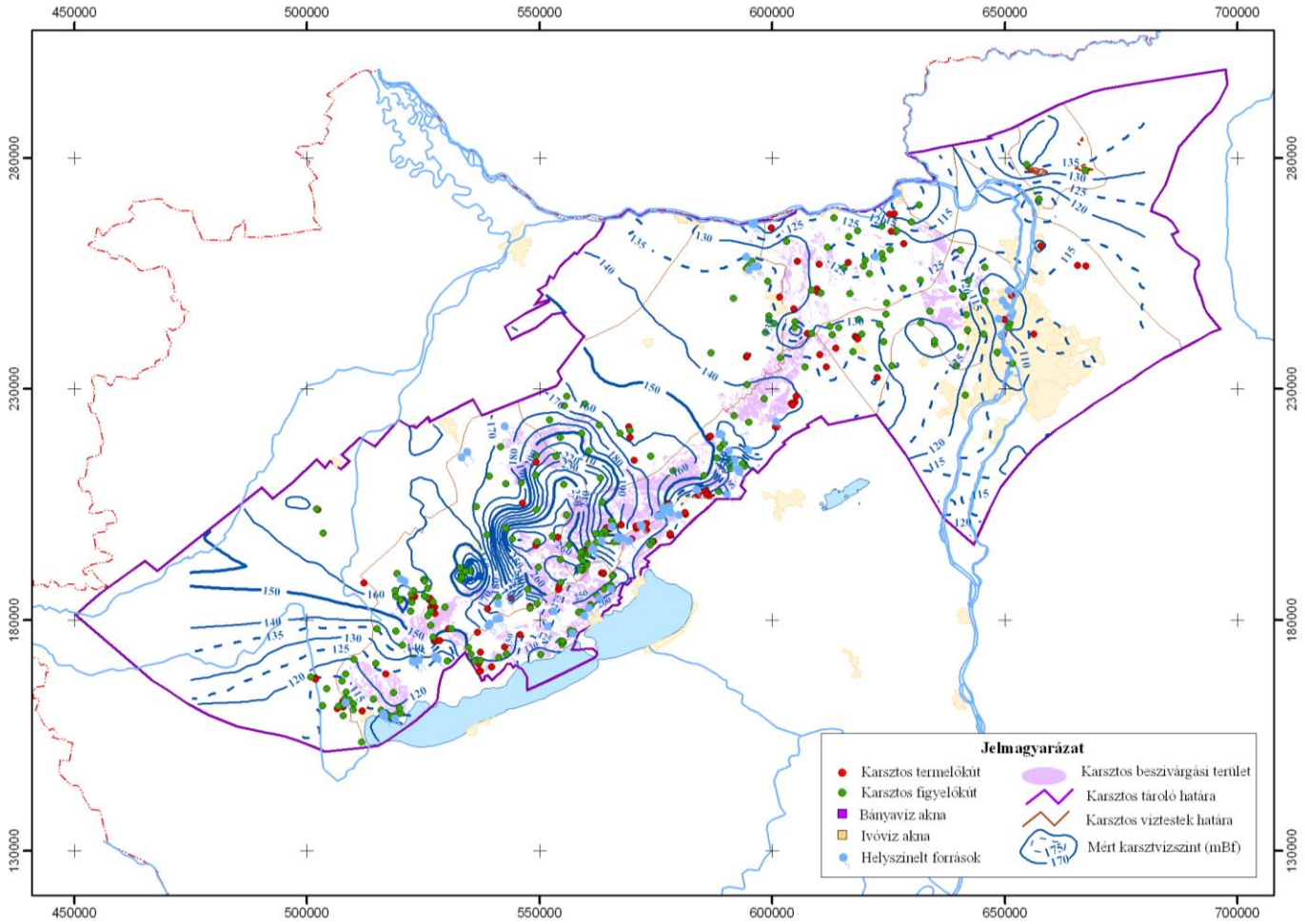
A másik fontos adatforrás, a termelőkutak OSAP (üzemi) adatszolgáltatása, ami a karsztkutak mért nyugalmi vízszint adatait tartalmazza havi bontásban. A 2014-es karsztvízszint térképen 162 db termelőkútból származó nyugalmi karsztvízszint adat is szerepel.

Az elmúlt években folytatódó karsztvízszint emelkedések következtében egyre több főkarsztos forrás indult újra. A fakadási szint is jellemező lehet a környező karsztvízszintre, azonban csak megközelítőleg. A források környezetében a tároló nyomásszintje magasabb a forrás fakadási szintjénél, ez teszi lehetővé a karsztvíz felszínre bukkanását. Ez a „nyomómagasság” pl. Tatán a Fényes-forrásoknál jelenleg eléri a 15 m-t, de a Hévízi-tónál is 3-4 m körül van. A fenti bizonytalanság miatt, a karsztvízszint térkép szerkesztésénél a forrás fakadási szintek nem, csak a kutakban mért karsztvízszintek vannak figyelembevéve. Összesen 413 db észlelő- és termelőkút 2013. decemberi karsztvízszint adata biztosította a térkép megfelelő pontosságát. Meg kell jegyezni, hogy a kutak túlnyomórésze az 1960-as évek után létesült, tehát a múlt század 60-as éveitől van általános viszonyítási alapunk a karsztvíztárolóra vonatkozóan, azonban ekkor a tároló már nem volt az eredeti, természetes állapotában. A 2014. január 1-i karsztvízszint térképet a **10. ábra** mutatja be.

A karsztvízszint térképen szaggatott vonallal jelöltük a Balaton-felvidéki karszt víztest határát. Szerkezetföldtani szempontból a Balaton-felvidék a középhegységi szinklinális D-i szárnya, nem része a főkarsztvíztárolónak.

A tároló elmúlt 11 évben is folytatódó regenerálódása, a vízszintek emelkedése mellett, összességében egy kiegyenlítettebb karsztvízszint eloszlást eredményezett, ami fokozatosan közelít a tároló eredeti karsztvízszint képéhez. Az egykori bányászati depressziók kiterjedése,

mélysége csökkent, vagy teljesen eltűnt. A 2003-as térképen még jól látható nyirádi, kincsesbányai egykori nagy depressziók 2014-re, a megmaradt koncentrált ivóvízkivételek működése mellett, már csaknem feltöltődtek.



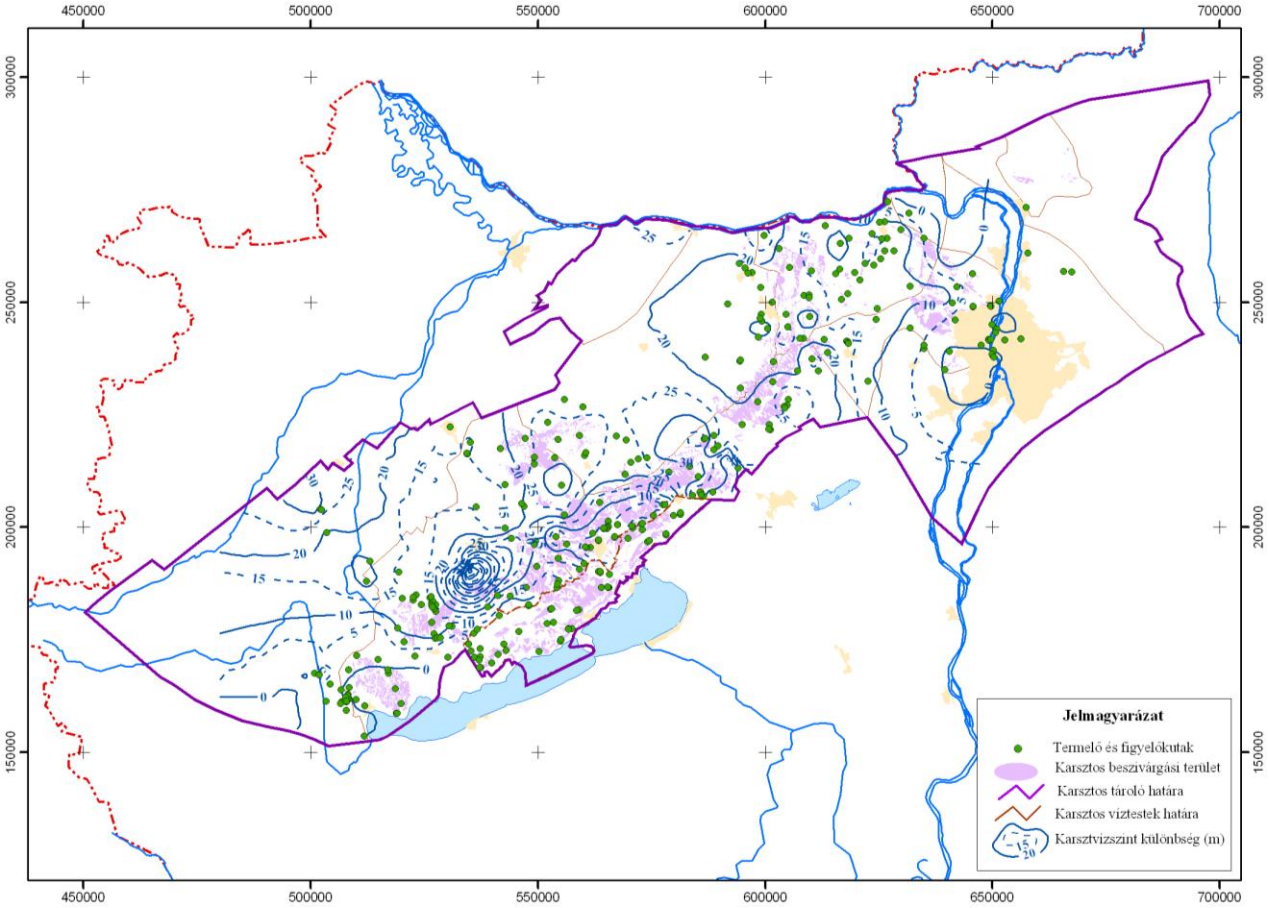
10. ábra: A 2014. január 1-i karsztvízszint térkép

A tatabányai vízaknák depressziója is szűkült, és csak a XIV/A vízakna környezetére terjed ki. Az elmúlt évtizedben gyakorlatilag valamennyi, 2002-ben még működő vízveszélyes bánya − Bakonyoszlop, Fenyőfő, Balinka, Mány, Lencsehegy bezárt, legutoljára, 2013-ban a halimbai bauxitbánya is. Ez utóbbi vízkivételének maradék depressziója a 2014-es térképen még jól látszik. A DKH területén ma már egyedül az úrkúti mangánérc bányában folyik karsztvízemelés, átlagosan mintegy 2 m^3/perc.

A jelenlegi, és az ezt megelőző 2003. évi karsztvízszint térkép, tehát az elmúlt 11 év differencia térképét a **11. ábra** szemlélteti. A különbség térkép alapján a tároló DNy-i részén 2003-tól a karsztvízszint emelkedése átlagosan mintegy 20 m, az ÉK-i részen pedig kb. 15 m volt. A peremi erózióbázisok övezetében a vízszintemelkedés az 1-2 m-t általában nem haladta meg. Néhány térségi jellemző karsztvízszintet, valamint az elmúlt 11 évben mért vízszintemelkedést az 2. táblázat foglalja össze:

2. táblázat: Jellemző karsztvízszintek és vízszintemelkedések a főkarsztvíztároló területén

Víztest (Tárolórész)	2014.jan. karsztvsz. (mBf)	Vszízszint emelkedés 2003-2014 (m)
Ny-Dunántúli termálkarszt (Bakony Ny-i előtere)	160 – 170	15
Hévízi, Tapolcai, Tapolcafői f-ok (Keszthelyi-hg.)	118 – 128	-2 –+1
Hévízi, Tapolcai, Tapolcafői f-ok (D-i Bakony)	260 – 270	15 – 20
Hévízi, Tapolcai, Tapolcafői f-ok (Magas-Bakony)	200 – 220	20 – 30
Veszprém, Várpalota, Vértes D-i f-ok (K-i Bakony)	150 – 170	25 – 30
Tatai és Fényes források (Tata térsége)	135	20
Esztergomi források (Dorog-Esztergom)	110 – 125	5 – 15
Budapest környéki termálkarszt (Budai term. vonal)	110	3 – 5



11. ábra: Az elmúlt 11 év karsztvízszint differencia térképe

1.2.1 A források állapota

A DKH nagyhozamú főkarsztos forrásai közül rendszeresen jelenleg csak a Hévízi-tó, a tapolcai Malom-tó és az Öskü-Bántapusztai források hozamát mérik. Korábbi rendszeres mérések hiányában nincs megbízható adatunk a források eredeti – a bányászati karsztvízszint süllyesztés időszakát – megelőző hozamairól, ezért csak az ötvenes években mért adatokkal lehet összehasonlítani a mai hozamokat. A rendszeres mérések többnyire az ötvenes évektől indultak és néhány forrástól eltekintve a hatvanas-hetvenes években, részben az elapadással kapcsolatosan megszűntek. Néhány, törzshálózatba bevont forrás mérése a nyolcvanas évek elejétől újra indult, ezek közül azonban kevés a főkarsztos forrás. A főkarsztvíztároló területén hosszú idősorral egy-egy öskü, hajmáskéri, tapolcai, kádártai, kapolcsi, vászolyi, balatonfüredi, pulai, bakonynánai, városlődi forrás rendelkezik, azonban az utóbbi években az egyébként havi rendszerességű mérések megritkultak, az adatsorok hiányossá váltak.

A DKH karsztforrásai a hidraulikailag összefüggő, nagy kiterjedésű főkarsztvíztárolót csapolják meg. A főkarsztos források jórészt az ún mélykarsztból fakadnak, a nagy kőzetvastagság, nagy tárolt készlet, és a viszonylag kis szivárgási sebesség miatt, hozamukat elsősorban a sokévi átlagos beszivárgás határozza meg. A forráshozamok az utánpótlódás változására lassan reagálnak, a vízhozamuk ingadozása kicsi.

Vízföldtani értelemben nem tartozik a Dunántúli-középhegységhez a Balaton-felvidék, mivel rétegtani, szerkezeti, kőzettani, vízföldtani szempontból is jelentősen különbözik tőle, területén sekély karsztos források a jellemzőek. A sekélykarsztos források esetében a forráskiürülés általában egy-két év a viszonylag kis kőzetvastagság, kis tárolt készlet miatt, a források hozama, az aktuális évi beszivárgással korrelációt mutat. A DKH sekélyhegyvidéki területein fakadó nem karsztos források a sekélykarsztos forrásokhoz hasonló hidrológiai tulajdonságokkal rendelkeznek.

A DKH mélyművelésű bányászata, 1950-90 közötti években a Hévízi-tó, a Keszthelyi-hegységi, Veszprém-Hajmáskér térségi források és néhány Dél-budapesti forrás kivételével valamennyi főkarsztos forrást elapasztotta. (ld. forráshozam ábrák) A balaton-felvidéki források hozama elsősorban a forrásokra települt vízművek termelése és az aktuális beszivárgás függvénye. A kilencvenes évek elején, a forrásvízművek táplálta vízfolyások csaknem mindegyike kiszáradt.

Az 1990-2000 közötti időszakban a legnagyobb vízemelésű leállásával megindulhatott a helyi- és a regionális visszatöltődés a DKH Ny-i és ÉK-i egységében is. A legnagyobb források – a tapolcai, tatai, tapolcafői, források – újraindulásáról a 2000-es évek elején a közvélemény is tudomást szerzett, azonban több újraindult forrásról nem volt megbízható mennyiségi adat. A DKH 2013. évi állapotértékelési munkái keretében a Hydrosys Kft. több, korábban elapadt karsztforrás hozamának meghatározását végezte el, hogy a DKH karsztos víztesteinek állapotáról megbízható értékelést tudjunk adni. Összességében 53 főkarsztos és 7 Balaton-felvidéki karsztforrás figyelembevételével készült a források hozamának felmérése. A terepbejárások tapasztalata az volt, hogy a meghatározott vízhozam a valóságosnál kisebb, hiszen nem minden forrást mértünk. A két legnagyobb hozamú víztest a k.4.1. jelű (Dunántúli-középhegység - Hévízi-, Tapolcai-, Tapolcafői-források vízgyűjtője) víztest 110 000 m^3/nap hozammal, és a k.1.1. jelű (Dunántúli-középhegység -Veszprém, Várpalota, Vértes déli források vízgyűjtője) víztest 97 000 m^3/nap hozammal. A most vizsgált források hozamát az 1950-60 közötti időszakban mért hozamokkal is összehasonlítottuk, a meghatározott vízhozam kb. 91 %-a az ötvenes években mért átlagos vízhozamnak. Ezek alapján az ún. eredeti állapot közelében vagyunk, hiszen a régi nagy hozamú,

de elapadt források közül szinte valamennyi működik. A jelenleg még nem működő forrásoknak vagy viszonylag magas a fakadási szintjük, vagy vízkivétel működik a közelükben. A mért hozamokat az alábbi 3. táblázat tartalmazza, ahol a forráshozamokat – a jelenlegi víztest besorolás alapján – víztestenként összegeztük. A Budai-források – látszólagos – hozamnövekedésének az a magyarázata, hogy a források közelében korábban olyan vízkivételek működtek, amelyek részben a forrás vizét hasznosították, viszont mostanra elhanyagolható mértékűek lettek.

3. táblázat: Mért főkarsztos forráshozamok víztestenként

Víztest	Víztest neve	Mért, becsült hozam 2013-2014 m3/nap	Mért átlagos hozam 1951-1960 m3/nap
K.1.1 víztest	DKH-Veszprém-Várpalota, Vértes D-i vgy.-je	97 494	104 026
K.1.2. víztest	DKH-Tatai és Fényes-f.-ok vgy.-je	29 521	33 313
K.1.3 víztest	DKH-Budai források vgy.-je	36 490	23 059
K.1.4. víztest	DKH-Esztergomi források vgy.-je	2 880	5 417
K.4.1. víztest	DKH Hévízi-, Tapolcai-, Tapolcafői-források vgy.-je	109 773	143 571
Kt.4.1. víztest	Ny.-Dunántúli termálkarszt	35 568	41 085
K.4.2. víztest	Balaton-felvidéki karszt	19 022	13 814
Összesen		330 748	364 284

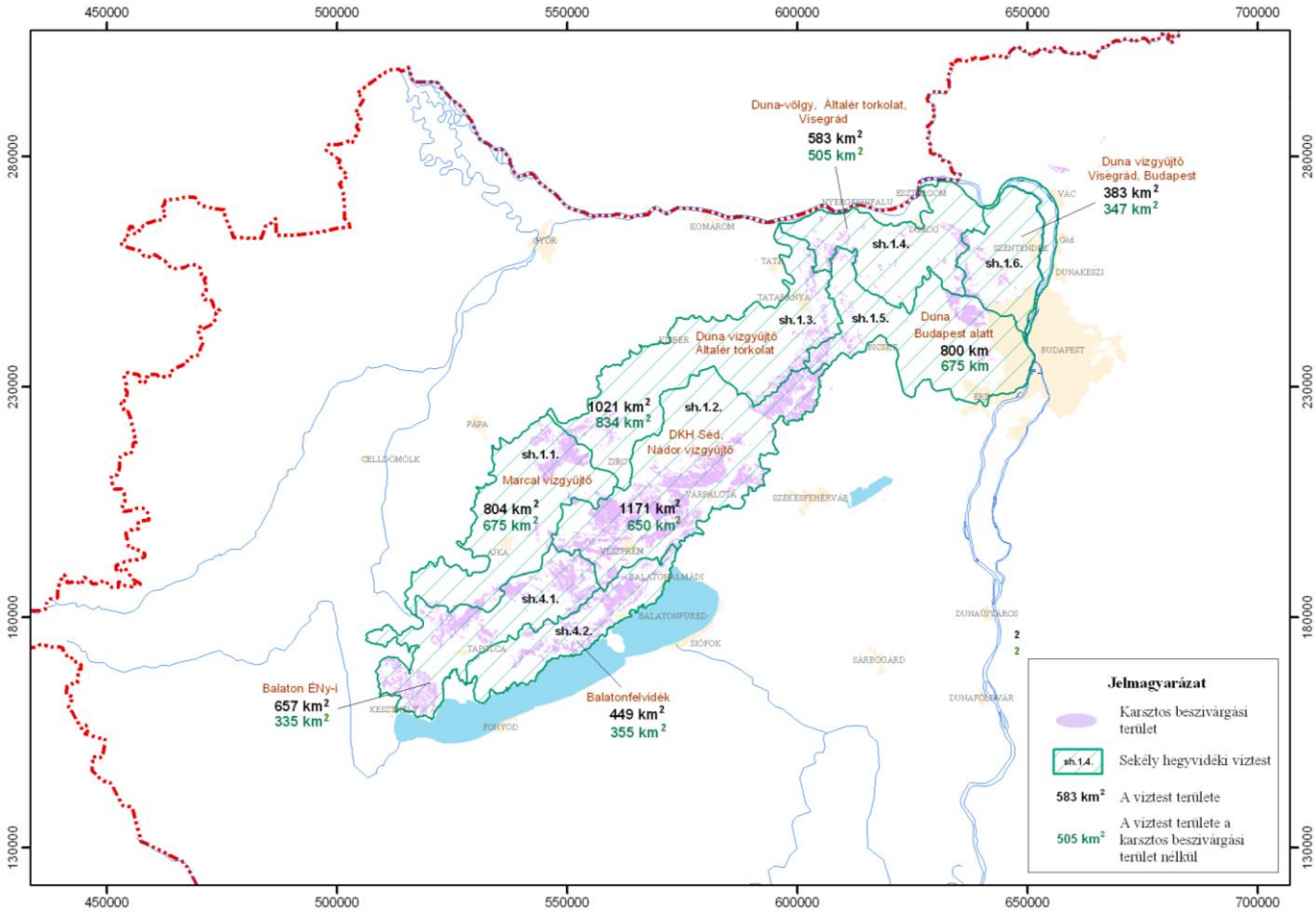
Mivel a visszatöltődés még mindig nem tekinthető befejezettnek, a karsztvízszint – egyre lassuló – emelkedésével a hozamok növekedése várható a DKH legnagyobb részén, egy olyan egyensúlyi helyzet beálltáig, amit a forráshozamok és a vízkivételek határoznak meg.

A DKH egységes karsztvíztároló rendszeréhez nem sorolható Balaton-felvidék sekély karsztos forrásainak esetében a források hozamát nem befolyásolta a középhegységi bányászati víztelenítés. Emiatt a hegységi források hozama a természetes állapotoknak megfelelően változott. Mivel az 1960-as évektől a nagyobb hozamú karsztforrásokat sok helyen vízműbe foglalták, és hasznosították, ezek a források aszályos időszakban látszólag elapadtak. Ilyen időszakok az 1970-es évek végén, a kilencvenes évek, ill. a kétezres évek elején voltak megfigyelhetők. Mivel a vízműforrásokon vízhozammérés nem folyik, megbízható mennyiségi információnk nincs a térségi forrásokról. Ezért a 3. táblázatban a jelenlegi hozamokat a korábbi rendszeres mérések, 1952-72 közötti mért időszak 75 %-os tartóssági értékeivel vettük figyelembe.

A sekélyhegyvidéki területek forrásairól lényegesen kevesebb a rendelkezésünkre álló mérési adat. Bár a forrásmérések az ötvenes években megkezdődtek, ezeken a forrásokon rendszeres mérések nem nagyon történtek. Ennek feltehetően az a magyarázata, hogy a forrásokat

elsősorban azokon a területeken vizsgálták, ahol a helyi vízellátás nem volt megoldható talajvizekből, ill. a jelentkező vízigény nagyobb volt. Hosszabb forráshozam idősorok gyakorlatilag a Balaton-felvidékről állnak rendelkezésre, gyakorlatilag az ötvenes évektől a hetvenes évek közepéig. Ezeknek a forrásoknak a zöme is sekély karsztos forrás, amelyeket többnyire vízműbe foglaltak. Közel fél évszázados idősorral csak hét-nyolc forrás rendelkezik, de ezek közül csak a szentendrei Sztara voda-forrás, a bakonybéli Borostyán-kút (Szent-kút) és a városlődi Ruder-forrás (Vámosmajori-f.) amelyik nem karsztos eredetű. A források idősorát vizsgálva megállapítható, hogy a sekélykarsztos és porózus források viselkedése, vízjárása nagyon hasonló, jelentős mértékű, gyors lefutású szezonális, egy-két nagyságrendű ingadozások jellemzik mindkét csoportot, de a nem karsztos források általában kiegyenlítettebb hozamúak, a nagyobb vízgyűjtő kiegyenlítettebb vízjárást és nagyobb alaphozamot ad a forrásnak.

A sekélyhegyvidéki víztestek (**12. ábra**) nem rendelkeznek jelentős tárolt készlettel. A területek jellegzetessége az általában változatos kőzetösszetétel miatti kis forrás-vízgyűjtő és a karsztos területeknél lényegesen nagyobb forrássűrűség, ennek az a következménye, hogy sok a kisebb-nagyobb vízfolyás. Mivel a forrásnyilvántartás csak kevés számú forrásról tartalmaz információt, ezeknek a területeknek a vízforgalmáról, vízkészletének változásáról a vízfolyások adatai alapján tájékozódhatunk. Amíg karsztterületeken a felszíni lefolyás és a visszapárolgás elhanyagolható mértékű a beszivárgáshoz képest, addig a sekélyhegyvidéken a víztároló összlet kis rétegvastagsága, a kőzetnek a karsztnál rosszabb áteresztőképessége, nagyobb felszíni lefolyás miatt a számítható beszivárgás és a tárolható vízkészlet mennyisége is kisebb. A források táplálta vízfolyások hozama változékonyabb, főleg a felső szakaszokon, ahol a források fakadnak. A sekélyhegyvidéki területek beszivárgási viszonyai nagyon függnek a vízgyűjtő fedőjének az anyagától, ill. a domborzati viszonyoktól.



12. ábra: Sekélyhegyvidéki víztestek a DKH területén

1.2.2 A karsztos víztestek állapota

A Dunántúli középhegységi karsztvíztárolót az EU Vízkeret Irányelve alkalmazása során 12 víztestre osztották (9. ábra). A lehatárolásban meghatározó elv, a tároló eredeti nyomásállapotára jellemző áramlási tér alapján, az egykori nagyhozamú karsztos forráscsoportok vízgyűjtő területének követése volt. A víztestek határvonalai nem alkotnak vízzáró határokat, az egyetlen Balaton-felvidék víztest kivételével, ahol a Veszprémi feltolódás szerkezeti vonalát D-ről határoló alsó-középső triász rétegek vízzáró határt képeznek. A víztestek közötti, időben változó átszivárgások a víztestek vízmérlegének nem elhanyagolható elemét alkotják. A 12 víztestből 7 hidegkarsztos, 5 pedig az ezekhez csatlakozó harmadkori rétegekkel fedett termálkarsztos tárolórész, amelyek önálló felszíni utánpótlódási területtel nem rendelkeznek. A hidegkarsztos víztestek nevüket általában arról a meghatározó forráscsoportról kapták, aminek a vízgyűjtőjét alkotják:

Víztest jele	Víztest neve
kt.4.1.	Nyugat-Dunántúli termálkarszt
k.4.1.	Hévíz-, Tapolca-, Tapolcafői-források vízgyűjtője

k.4.2.	Balaton-felvidéki karszt
k.1.1.	Veszprém-Várpalota, Vértes D-i források vízgyűjtője
k.1.2.	Tatai és Fényes-források vízgyűjtője
kt.1.2.	Észak-dunántúli termálkarszt
k.1.4.	Esztergomi források vízgyűjtője
kt.1.4.	Esztergomi termálkarszt
k.1.3.	Budai források vízgyűjtője
kt.1.3.	Budapest környéki termálkarszt
k.1.5.	Naszály-Nógrádi rögök
kt.1.5.	Nógrádi termálkarszt

A Naszály-Nógrádi rögök (k.1.5.) és a Nógrádi termálkarszt (kt.1.5.) víztestekhez pl. a többi víztesttől eltérően nem tartozik a víztesthez megcsapolási terület, valójában a Budai-források karéjos áramlási terének Duna-balparti részét alkotják.

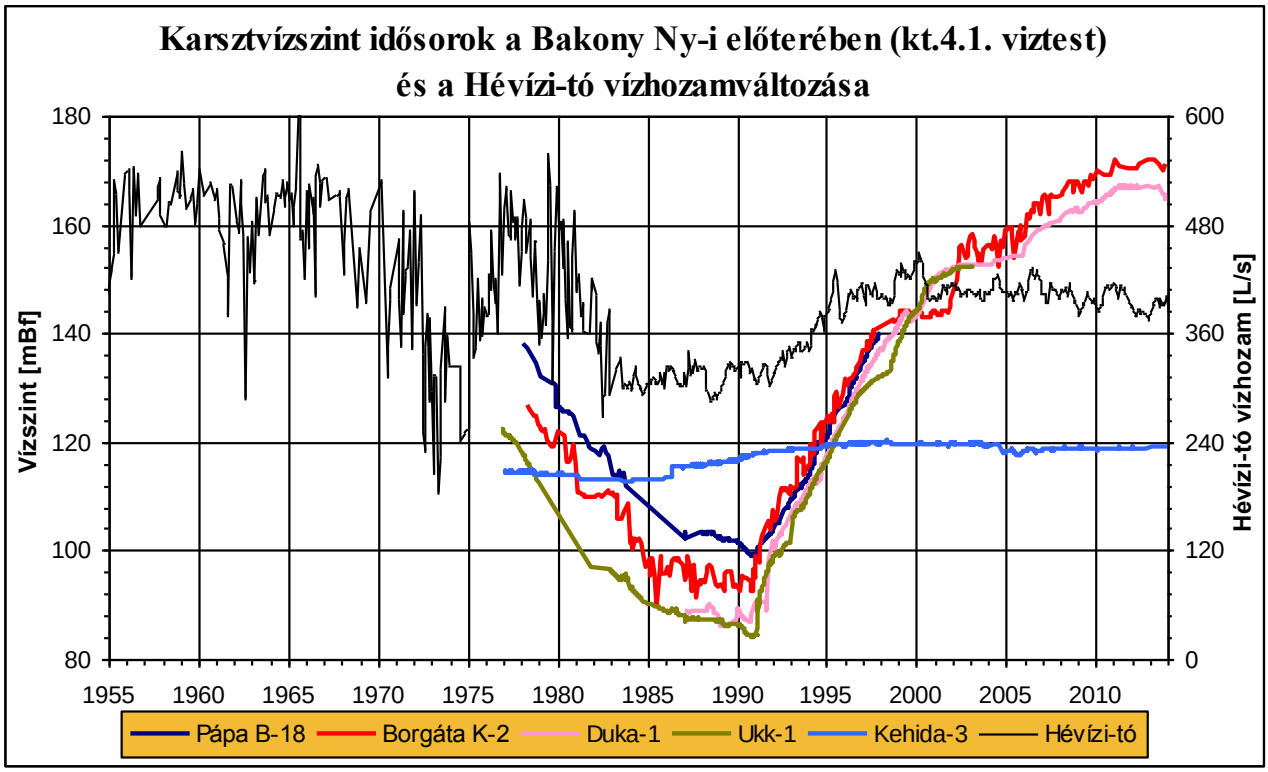
A főkarsztvíztároló forrásvízgyűjtőként kijelölt hat hideg vízteste közül négyben a meghatározó, erózióbázist alkotó források a víztest peremén helyezkednek el. Hévíz a k.4.1 víztest DNy-i szélén, a tatai-, esztergomi források a megfelelő víztest ÉK-i peremén, a budai- források a víztest K-i határán, a Duna vonalában. Ettől eltérő a Veszprém-Várpalota, Vértes D-i források vízgyűjtőjének ÉK-i határa, ami a Váli-víz szerkezeti vonalát követi, mintegy 25 km-re a Móri árok két oldalán részben újra indult, részben még mindig száraz forrásoktól. További vizsgálatok szükségesek, hogy az említett víztest határ indokolt-e a jelenlegi helyén: a Vértes környéki egyidejű karsztvízszint adatok arra utalnak, hogy a Vértes D-i szélétől ÉK-felé a karsztvízszintek tovább süllyednek, és ez az ÉK-i áramlás jellemző a jelenlegi víztest határ, Vérteskozma, Óbarok környezetében is.

Az alábbiakban víztestenként értékeljük a tároló állapotát. A vízszintek jellemzésére felhasznált észlelőkutakkal kapcsolatban meg kell jegyezni, olyan kutak idősorát használtuk fel az állapotértékeléshez, amelyek hosszú és többé-kevésbé folyamatos idősorral rendelkeznek. A főkarsztos források közül folyamatos idősorral csak a Hévízi-tó rendelkezik. Sajnálatos, hogy az újra indult nagy források rendszeres mérése sem kezdődött meg.

1.2.2.1 A Nyugat-dunántúli termálkarszt - kt.4.1. víztest

A víztest Ny-ÉNy-i részén, (hasonlóan a k.4.1. Hévízi-, Tapolcai-, Tapolcafői-források vízgyűjtője víztesthez) a nyirádi bányavízemelés hatására a hatvanas évek elejétől a vízszintek monoton süllyedése volt a jellemző 1990-ig. Ez a hatás a víztestek D-i, DNy-i részén, a Hévízi-tó – mint erózióbázis – közvetlen környezetében lényegesen kisebb mértékű volt. A **13. ábra** bemutatja a Hévízi-tó vízhozamváltozásait is, hogy a vízszintváltozás és a tó hozamának kapcsolatát szemléltessük. Látható, hogy Ukk, Borgáta, Duka Pápa térségében több mint 100 méteres volt a vízszintsüllyedés mértéke, a depresszióhoz közelebbi kutak – Kehida-3 – esetében ez az érték néhány méterrel nagyobb volt, a minimum szintek 1991-ben jelentkeztek. A vízemelés radikális csökkenését követően megindult a nyomás növekedése. Ezekben a kutakban a vízszint az 1990-től tartó regenerálódás hatására napjainkra már meghaladta az 1970-es évek második felében mért értékeket, és 2003 óta is 10-15 m-t emelkedett a vízszint, ill. a nyomás. 2014 év elejére a vízszintek stabilizálódni látszanak 170 mBf érték közelében, ami nagyjából megfelel a Ny-bakonyi térség fő megcsapolójának, a tapolcafői források túlfolyó szintjének.

13. ábra: Karsztvízszint idősorok a kt.4.1. víztesten



Hévíz térségében a rendszeres vízszintmérés csak a hetvenes évek végétől indult meg az észlelő kutakban. Azóta a vízszintek 0,5-1 métert emelkedtek, a Kehida-3 fúrásban kb. 5 m-t. A hévízi kutakban a minimumokat 1986-87-ben, Kehidán 1983-ban mérték, a kutak többségében a vízszintek emelkedése a nyolcvanas évek végén kezdődött. 2003-2014 között a vízszintek ingadozva mindössze 0,1-0,5 m-t emelkedtek, Kehidán kb. 0,5 m-t csökkent.

A termálvíztesten található néhány észlelőkút vízszintváltozásainak összevetéséből látszik, hogy a termálvíztest É-i fele utánpótlását a k.4.1. víztest bakonyi térségéből kapja, a hévízi termálvizes terület és a víztest É-i térrésze között gyenge a hidraulikai kapcsolat.

A víztesten egyetlen forrás, a Hévízi-tó található. Hozama 2014-ben kb. 36 000 m^3/nap (25 m^3/perc), a szokásos léptékben kb. 412 L/s volt. A forrásban langyos karsztvíz is a felszínre lép kb. 5-10 % hozamarányos mennyiségben. A forrás folyamatosan mért hozama 1983-tól tekinthető megbízhatónak. Ekkortól kezdődtek a köbözéses, ill. a Danfoss műszeres mérések. A mérési módszer változtatásakor a hozam ugrásszerűen csökkent, kb. 2 600 m^3/nap-pal (30 L/s-al). A Hévízi-tó esetében meg kell, említeni, hogy a tó hozamában a hévízi, cserszegtomaji karsztvízkivételek kimutatható hozamcsökkenést okoznak. Jelenleg a helyi víztermelés értéke 2600-3500 m^3/nap (30-40 L/s) lehet. A tó különleges viselkedésére jellemző, hogy a hozama 1995-től érdemben alig változott, az ingadozás az átlaghoz képest 10 %-nál kisebb, mért hozama 34-36 000 m^3/nap (400-420 L/s) közelében van, a termeléssel együtt vízhozama valójában kb. 10 %-al nagyobb lehet, 39-40 000 m^3/nap. A vízszintek és a Hévízi-tó hozama alapján a víztest állapota jó.

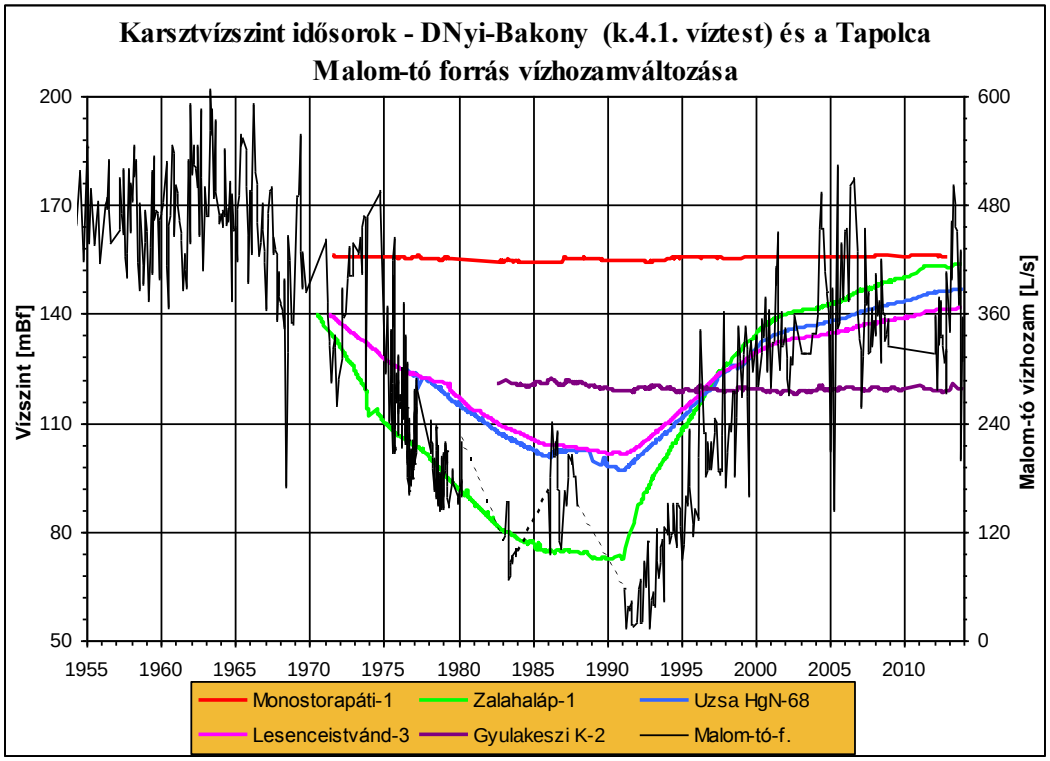
1.2.2.2 A Hévízi-, Tapolcai-, Tapolcafői-források vízgyűjtője - k.4.1. víztest

A Hévízi-, Tapolcai-, Tapolcafői-források vízgyűjtője a Keszthelyi-hegység és a Bakony Ny-i területét foglalja magában, jelentős kiterjedésű nyílt karsztos beszivárgási területekkel. A víztestet a nevének megfelelően három közel azonos nagyságú forrásrendszer csapolja meg, a víztest D-i peremén további kisebb jelentőségű, szerkezeti vonal menti források fakadnak.

A víztest területén – a szomszédos termálkarsztos területhez hasonlóan – a kutak vízszintváltozásaiban kettősség figyelhető meg. A D-i térrészben, amely a Keszthelyi-hegységet foglalja magába. 1970-hez, a vízszintészlelések kezdetéhez képest, a vízszintek nem emelkedtek, nagyobb beszivárgású időszakban kisebb emelkedések, majd süllyedések váltakoznak. A 2013. évi vízszintek 1-3 m-rel alacsonyabbak a negyven évvel ezelőttieknél, 110-130 mBf között változnak, egy-egy kútban 2-10 m közötti változás volt mérhető az észlelési időszakban. A Keszthelyi-hegység területén a 105-110 mBf szintek között fakadt karsztforrások nem apadtak el, csak hozamcsökkenést lehetett megfigyelni.

A Keszthelyi-hegységet az ún. Uzsai-árok választja el a Ny-i Bakonytól. Az ároktól a Bakony beszivárgási területei felé haladva a karsztvízszintek kb. 125 mBf szintről 250-300 mBf-ig emelkednek, nagyjából ÉNy-i irányban a Nemesvámos-Szentgál-Városlőd vonalában húzódó felszínalatti vízválasztóig. A vízválasztótól a vízszintek a fő megcsapolásokat jelentő tapolcai, tapolcafői források, ill. a nyirádi ivóvízkivétel felé lejtenek, illetve a szomszédos k.1.1. és k.1.2. víztestek irányába. A víztestet a tároló határ D-i oldalán a fedetlen területeken az Eger-víz patak völgye forrásokkal megcsapolja. A legalacsonyabb vízszint Tapolcán, a források környezetében mérhető.

14. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.4.1. víztesten



A **14. ábra** a térség néhány karsztkútjának idősorait mutatja be, a tapolcai Malom-tó forrás hozamváltozásaival együtt. Az ábrából látható, hogy az 1990-ig tartó nyirádi víztelenítés milyen hatással volt a karsztvízszintek alakulására, ill. a forrás hozamára. A nyomás alatti területeken a hatás szinte azonnali volt (pl. Uzsa, Lesenceistvánd, Zalahaláp kútjaiban), míg a felszínalatti vízválasztó valamint a magas Bakony felé haladva a szabadtükrű területeken a depressziós hatás egyre kisebb mértékben érvényesült. Míg a nyomás alatti térrészben a kutak szintje már meghaladta az 1970-ben mért depresszionált értéket, a magas bakonyi kutakban a vízszintek általában több méterrel alacsonyabbak a negyven évvel ezelőttinél. A víztest észlelőkútjainak jellegzetes idősoraitól a Monostorapáti-1 és Gyulakeszi K-2 kút határozottan eltér, alacsonyabb vízszintjeiben és vízjárásában is. Mivel ezek a kutak a víztest a k.4.1. és k.4.2. víztest határ közelében találhatók, feltételezhető, hogy a szomszédos Balaton-felvidéki karszt víztesthez tartoznak. Ugyanakkor a k.4.2. víztesten, de a víztest határ közelében lévő Hegyesd-2 kút vízszintváltozásai egyértelműen nyirádi hatást mutatnak, ennek a kútnak a környezete a k.4.1. víztesthez kellene tartozzon.

A területen a langyos és hideg forrásvíz hozama az ötvenes években mérthez képest 76 %, ami 110 000 m^3/nap-ot (76 m^3/perc) jelent. A terület forrásai a 2000-es évek elejétől kezdtek fokozatosan újra működni, ma már csak a legmagasabb helyzetű gyepükajáni és pápakovácsi karsztforrások nem indultak újra, míg az öcsi Kinder-tó kb. 430 m^3/nap (0,3 m^3/perc) hozammal 2014 őszén újra indult. A mélyebben fekvő tapolcai, kapolcsi források hozama már megközelíti az eredeti értékeket. Az egykor legnagyobb hozamú tapolcafői források hozama most is a legnagyobb 36 000 m^3/nap (25 m^3/perc), a tapolcai Malom-tó forrás hozama 34 600 m^3/nap (24 m^3/perc) volt.

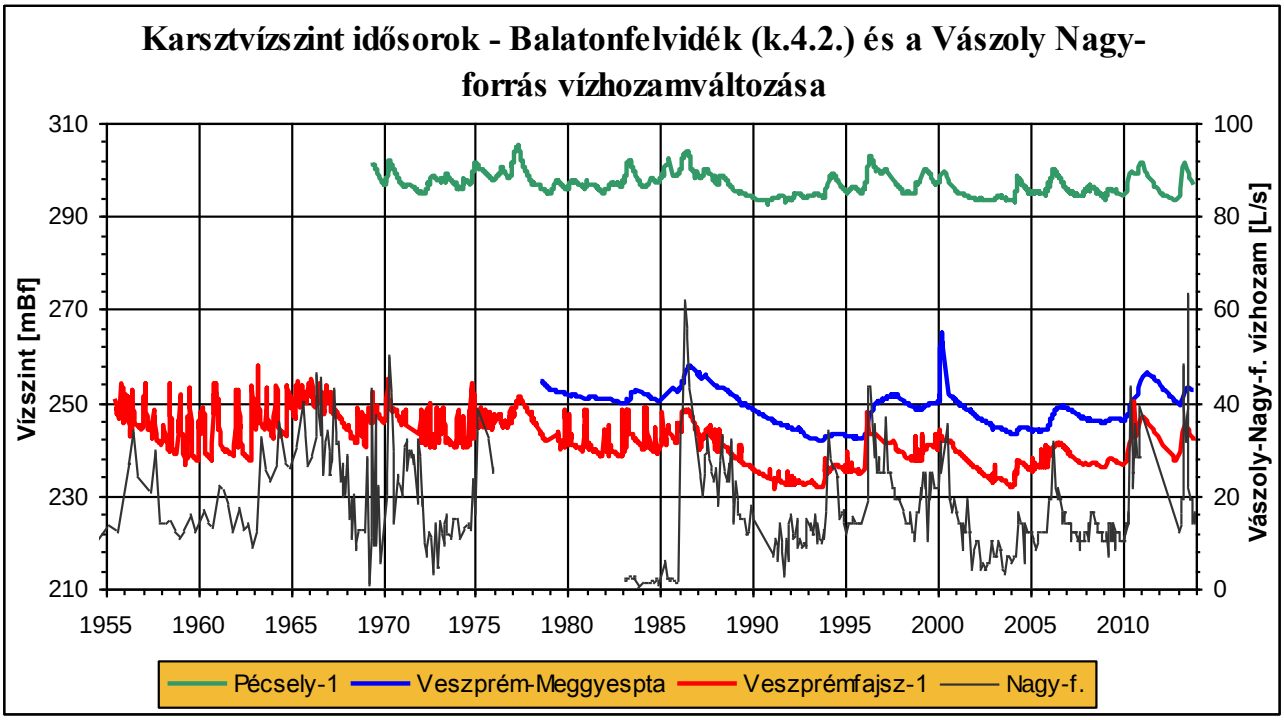
A Keszthelyi-hegység hidegvizű forrásainak hozama jelentősen kisebb az ötvenes években mértnél, annak csak 44 %-a. A három Keszthelyi-hegységi karsztforrás vízgyűjtőjén, és a térségben jelentős karsztvízkivételről nem tudunk, tehát víztermelés nem okozhatta a hozamok ilyen arányú csökkenését. Valószínűsíteni lehet, hogy a foglalások mellett a víz egy része, a környező lápos területeken is fakad, a balatongyöröki Erzsébet-forrás(ok) esetében jelentős mennyiségben. A Keszthelyi-hegység D-i, K-i oldalán mérhető karsztvízszintek 3-4 méterrel alacsonyabbak az 1970-ben mértnél – korábbi adat nincs –, miközben a hegység É-i peremén, az Uzsai-árok túloldalán lévő, a nyirádi depresszió által érintett lesencei kutakban a vízszintek már elérték a hasonló időszakban mért értékeket. 2003-hoz képest a Keszthelyi-hegység központi, magas részén, Vállus térségében a vízszint 2 m-t, DNy-on Keszthelyen 0,6 m-t süllyedt, a Ny-i langyos vizes területen, a Hévízi-tó közelében kb. 0,6 m-t emelkedett. Összességében megállapítható, hogy a víztest jó állapotban van, amit a források működése egyértelműen jelez.

1.2.2.3 A Balaton-felvidéki karszt - k.4.2. víztest

A Balaton-felvidéken nagy részén nem, csak a víztesthez sorolt Pétfürdő környezetében jelentkezett kimutatható mértékben bányászati hatás, a terület döntő részén a beszivárgástól függően alakultak a karsztvízszintek, ill. a források hozamai. A víztest területén jellemző vízszintváltozásokat a **15. ábra** szemlélteti. A vízszintváltozások mellett feltüntettük a leghosszabb idősorral rendelkező vászolyi-Nagy forrás idősorát is, amely jól korrelál akár a távolabbi területek karsztvízszintváltozásaival. A vízszintek a keskeny víztest területén tág határok között változnak, akár kis távolságon belül is, ami a térség nagyon erős szerkezeti tagoltságát jelzi, egyúttal magyarázza, hogy miért nem alakult ki rajta nagyobb összefüggő karsztvíztároló. A legmagasabb vízszint Pécsely térségében 300 mBf körül alakul, a Balaton felé csökkenő karsztvízszintek 110 mBf alá is csökkenek, jelezve a Balaton csapoló hatását is. A fennsíki területek közelében lévő kutak szintje 10-20 m-t ingadozik, akár éven belül is, a megcsapolási területekhez közeli kutak viszont alig mutatnak változást. ÉK-i irányban, Pét felé ugyancsak a vízszintek csökkenése mutatható ki.

A térségi karsztkutak idősorában enyhe vízszintsüllyedés figyelhető meg, a minimum szintek 1990-1994 között mérhetők, azóta emelkedő trend figyelhető meg, a korábbinál alacsonyabb minimumokkal.

15. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.4.2. víztesten



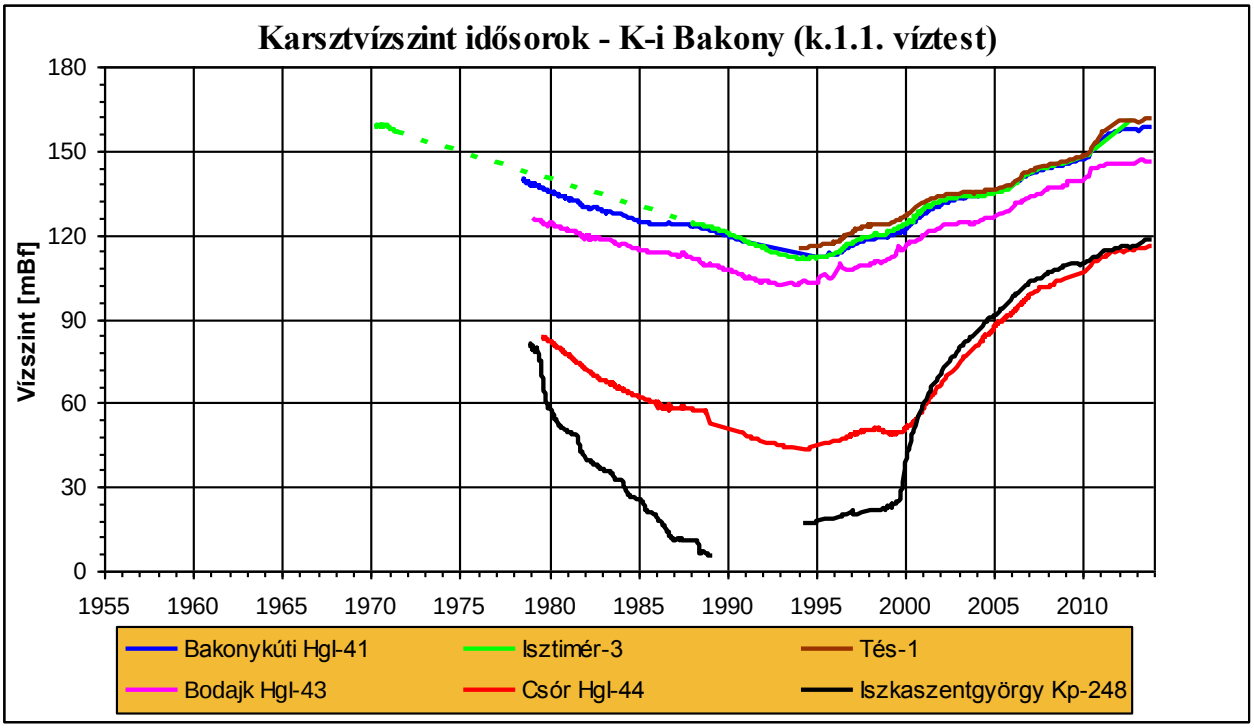
A Balaton-felvidéki forrásvízművek, aknás vagy galériás foglalással, de többnyire gravitációsan működtek, többlet víztermelésre – a Keszthelyi-hegységhez hasonlóan – itt sem volt lehetőség. Az antropogén hatásoktól mentes források hozam-idősora és a karsztvízszint idősorok hasonlósága azt mutatja, hogy a sekélykarsztos tárolókat megcsapoló források hozamváltozásai érzékenyen reagálnak a beszivárgás változásaira. A sekélykarsztos karsztvízszint- és vízhozamváltozások alkalmasak az aktuális készletváltozások tényleges jellemzésére, és analógiaként szolgálhatnak a szomszédos területek beszivárgás változásainak értékeléséhez. Ellentétben a főkarsztos területekkel, ahol a vízszintváltozások ellapultan és akár több hónapos késleltetéssel jelentkeznek, itt a csapadékos időszakokat követően vízszint- és hozamemelkedések néhány héten belül megmutatkoznak. A víztest természetes vízjárásából adódóan a jó- és gyenge állapot a beszivárgás függvényében bármikor előfordulhat, amit a forrásokra telepített vízművek termelése is befolyásolhat.

1.2.2.4 A Veszprém-, Várpalota-, Vértes déli források vízgyűjtője - k.1.1. víztest

A víztest Ny-i határán a főkarsztvíztároló meghatározó É-D-i irányú vízválasztó vonala húzódik. Itt, a k.4.1. víztest határánál mérhetők a víztest legmagasabb, 250-280 mBf főkarsztvízszintjei, Nemesvámos-Márkó térségében. Az itteni kutakra jellemző, hogy jelenlegi vízszintjük néhány méterrel alacsonyabb az 1970-es értéknél, a közeli felszínalatti vízválasztó túloldalán a k.4.1. víztestre eső kutakhoz hasonlóan. A kutak minimum szintjei 1994-1995-ben voltak mérhetők, azóta a vízszintek a beszivárgástól függően ingadozva, emelkedést mutatnak. Veszprém és Hajmáskér között a Séd mindkét oldalán több forrás is fakad 190-220 mBf között, ezek a környező vízszinteket viszonylag stabilizálják, egyúttal határt képeznek a k.4.2. víztesttel. A víztest északi oldalán nincsenek források, ott a vízszintek K felé csökkennek, a Vértes irányába. A víztest É-i oldalán a vízszintek helyenként elérték az 1970-es években mért 160 mBf szintet is.

Hajmáskértől ÉK felé, a víztest D-i oldalán a karsztvízszintek tovább süllyednek a forrásfakadási szintek meghatározta áramlási irányoknak megfelelően. A forrásfakadási szintek Öskü-Bántapuszta-Várpalota között 150-160 mBf között, Bodajk, Fehérvárcsurgó 140-150 mBf között, Zámolyon 150 mBf, Csór térségében 130 mBf körül voltak. A víztest legmélyebb depressziója az iszkaszentgyörgyi-kincsesbányai bauxit bánya környezetében alakult ki (**16. ábra**), egy meredek, de viszonylag szűk területre kiterjedő, elsősorban a Bakony területén DNy felé elnyúlva, Várpalotáig, ahol összeért a várpalotai bányák depressziójával. A Vértes területére áthúzódó kincsesi depressziós hatás mérsékelt volt, ott az eocén bányák depressziós hatása érvényesült elsősorban. 2013-ra mind a K-i Bakony, mind a Vértes területén a vízszintek meghaladták az 1970-es értéket, ami a legtöbb esetben a mérések kezdeti időpontját jelenti. A térségben a visszatöltődés még nem fejeződött be, további vízszint-emelkedés várható.

16. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.1.1. víztesten



A Bakony K-i és középső valamint a Vértes területére eső víztest forrásainak összhozama a második legnagyobb a DKH víztestei között, kb. 97 000 m^3/nap (68 m^3/perc). A regionális hatású – kincsesbányai, tatabányai, eocén bányák – bányászati víztelenítések forráselapadáshoz vezető depressziós hatása elsősorban a K-i Bakony és a Vértes területét érintette. 2014-re Csór, Iszkaszentgyörgy, Magyaralmás, Zámoly forrásainak kivételével az egykor elapadt források újra indultak, összegzett hozamuk kb. 94 %-a az ötvenes években mértnek. A csóri ill. a rákhegyi ivóvíztermelés maradvány depressziója hátráltatja jelenleg a források újraindulását, ebben a térségben a karsztvízszintek néhány méterrel még alacsonyabbak a források fakadási szintjénél.

Veszprém, Gyulafirátót, Öskü, Bántapuszta térségében a források hozama lényegében a korábbiakkal megegyező, itt a karsztvízszintek is gyakorlatilag megegyeznek az ötvenes években mérttel. Hajmáskér, Várpalota, Bodajk forrásai a mért hozamok szerint csak részben regenerálódtak. A bodajki, fehérvárcsurgói karsztforrások megindulása 2010-ben kezdődött, az az évi extra nagy csapadék és beszivárgás hatására. Ebben a térségben még tart a visszatöltődés, a hozamok emelkedése várható. A víztest állapota jó.

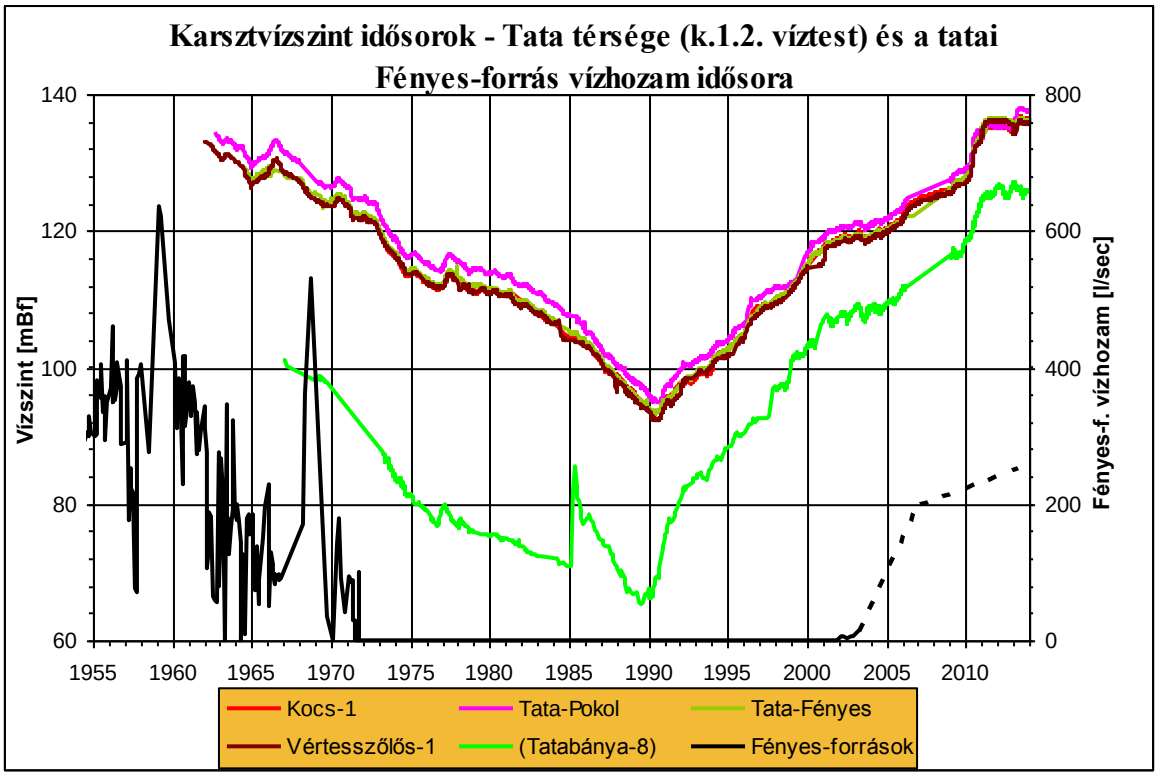
1.2.2.5 A Tatai- és Fényes-források vízgyűjtője - k.1.2., és Észak-dunántúli termálkarszt - kt.1.2. víztest

A k.1.2. víztest az É-i Bakonytól a Gerecse K-i peremén húzódik, egészen a Dunáig. A vízszintek a Bakony 200-240 mBf szintjeiről DNy-ról ÉK-K felé csökkennek kb. 130 mBf-ig, kijelölve a regionális áramlási irányokat, de a vízszintek a szomszédos víztest vértesi részéről is a terület fő megcsapolása a tatabányai vízaknák, a tatai források és a Duna felé lejtenek. A térség legalacsonyabb vízszintjei még mindig a tatabányai vízkivétel környezetében mérhetők, 130 mBf alatt, de a vízkivétel depressziója csak kis területre terjed ki. Ebben a térségben volt a legalacsonyabb a vízszint, de jellemzően, a regionális minimumot nem a saját, hanem a szomszédos k.1.3. víztest eocén bányáinak víztermelése okozta. A víztest DNy-i területén még nyirádi regionális hatások is érvényesültek. A víztest középső és É-i területén a regionális süllyedés 1990-ben máig tartó emelkedésbe fordult, a DNy-i részen az emelkedés csak az 1990-es évek közepétől indult meg, ami arra utal, hogy ebben a térrészben a regionális bányászati hatások kevésbé érvényesültek (**17. ábra**).

A víztest területén az észlelőkutakban a vízszint gyakorlatilag mindenütt meghaladta az 1970-ben mért értékeket, a vízszintek változása elérte az 50-70 m-t is. A víztest főkarsztos, nagy hozamú langyos vizű forrásai Tata térségében, ill. Dunaalmás területén fakadnak. Ezeknek a forrásoknak az elapadását a tatabányai és később az eocén bányák vízemelése okozta. Az 1990-től kezdődött visszatöltődés és vízszintemelkedés eredményeként a 2000-es évektől megkezdődött az elapadt források újraindulása. Először a legalacsonyabban fakadt dunaalmási források indultak meg, majd 2002-től a tatai Fényes-források hozama is növekedni kezdett. 2014-ben a tatai városi források egy része is működött már, azonban a víztest forráshozamai kb. 30 000 m^3/nap összes hozamukkal az ötvenes évek hozamának csak kb. 87 %-t érték el. A vízszintek emelkedési üteme fokozatosan lassul, a további hozamemelkedés mértéke részben a beszivárgás függvénye, de befolyásolhatja a térségi víztermelések változása is. A 17. ábra feltünteti a Fényes-források archív mérési idősorát, és az utóbbi évek szórvány méréseit, amiből látható, hogy az elapadás és megindulás kb. azonos vízszinteknél történt.

A kt.1.2. víztestről az utóbbi évekről az adatszolgáltatásban nem volt értékelhető adat. A térségben néhány üzem, ill. strand használt termálvizet, azonban ezeket a kutakat ma már alig vagy egyáltalán nem üzemeltetik. Mivel a termálkarsztos víztest felszíni utánpótlási területtel nem rendelkezik, észlelőkút nincs a térségben, nyomásviszonyai feltehetően a Tata térségi tárolórészhez hasonlóan alakulhatott. Tata térségében a jelenleg 136 mBf körüli karsztvízszintek elérhetik a 140 mBf-et. A további vízszintemelkedés következtében a tatai városi források hozama emelkedhet és hamarosan megszólalhat az Angol-parki Tükör-forrás is. A víztest jelenlegi állapota jó.

17. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.1.2. víztesten



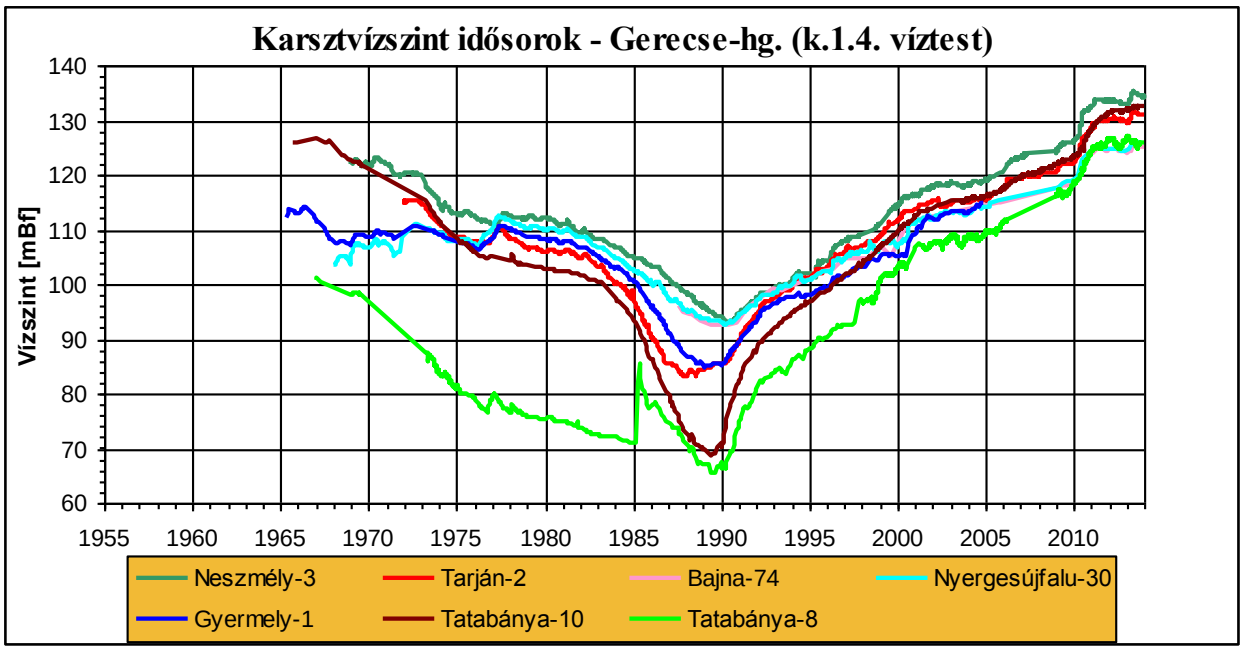
1.2.2.6 Az Esztergomi-források vízgyűjtője - k.1.4. és Esztergomi termálkarszt- kt.1.4.víztest

A viszonylag kis kiterjedésű k.1.4. víztest a Gerecse és Pilis Ny-i területeire és a Vértes É-i végére esik. Eredeti állapotban a vízszintek a Vértes-Gerecse, de a Pilis irányából is Esztergom ill. a Duna felé lejtettek. A víztest DNy-i felén 140 mBf feletti értékekről csökkent a vízszint az esztergomi források felé kb. 110 mBf szintig. Ezt a területet kettős bányászati hatás érte. A Dunához közelebbi területeken a dorogi, a DNy-i területen a tatabányai vízemelések okoztak karsztvízszintsüllyedést. A szomszédos k.1.3. víztesten működött eocén bányák nyolcvanas évekbeli vízemelése viszont az egész térségben csaknem egységesen süllyesztette a vízszintet 90-100 mBf közé, alacsonyabb vízszintek a depresszióhoz közel alakultak ki (**18. ábra**) Az eocén bányák 1990-es leállását követően megindult a visszatöltődés. A DNy-i térségben a vízszintek már meghaladták a 130 mBf, az ÉK-i részen a 120 mBf értéket, és további emelkedés várható. A Duna közelében a vízszintek 10-20 m-el alacsonyabbak, itt már érvényesül a folyó megcsapoló hatása, emiatt a vízszintemelkedés lassulása is várható.

A víztest legjelentősebb forrása az esztergomi Mala-forrás volt. A 28-29 °C-os forrás vize a csaknem folyamatos kb. 4000 m^3/nap kutas víztermelés ellenére a strand melletti Duna mederben, ill. partfalban több helyen felfakad. A forrásvíz mederszintű felszíni megjelenése a kilencvenes évek második felétől valószínűsíthető, amikor a karsztvízszint kb. 102 mBf fölé emelkedett. A forrás növekvő hozamú működése a víztest jó állapotára utal.

A kt.1.4. Esztergomi termálkarszt víztest területén nincs forrás, két 2006-ban fúrt esztergomi kútban mértek fúrásukkor 30-31 °C-os vizet. A víztest átnyúlik a szomszédos Szlovákia területére.

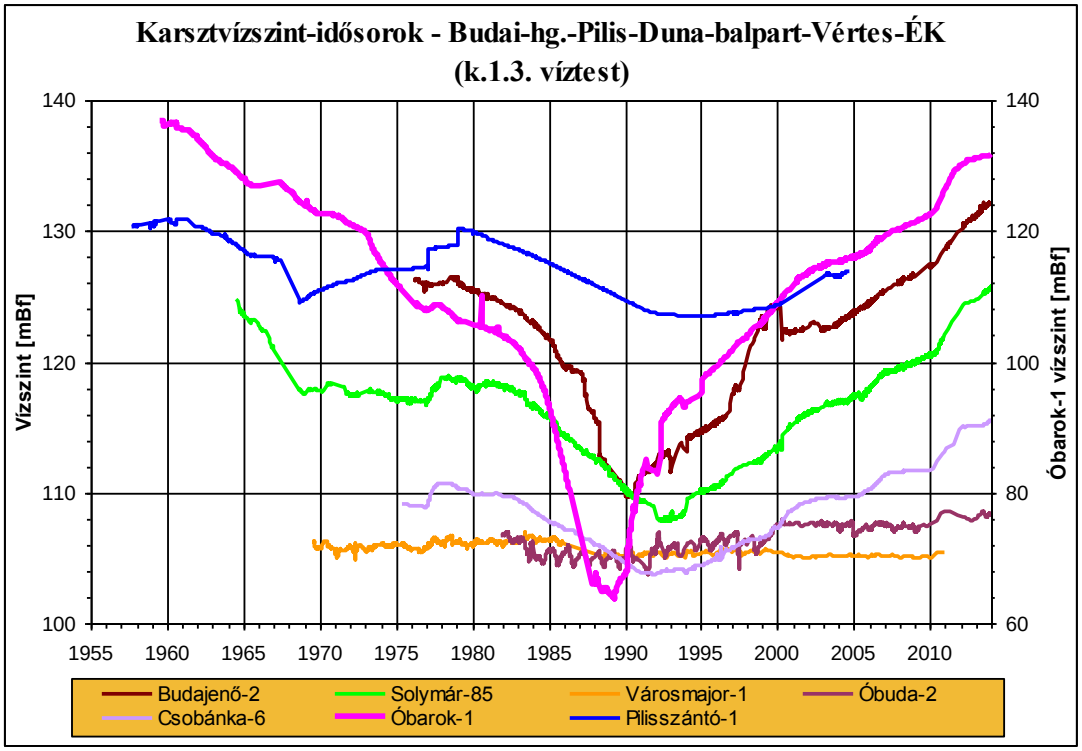
18. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.1.4. víztesten



1.2.2.7 Budai-források vízgyűjtője - k.1.3. víztest

A víztest a Vértes ÉK-i részétől a Pilisig és a Duna budapesti szakaszáig terjed, magában foglalja a Budai-hegység és a Pilis jelentős területeit. A víztesten a karsztvízszintek eredeti állapotban 106-140 mBf között alakulhattak, a vízszintek a legmagasabb vértesi vízszintektől a Duna felé lejtettek a Duna mentén fakadó nagy hozamú langyos források felé. A víztest vértesi területén működtek az 1970-es évek legvégétől az eocén bányák. 200 m^3/percet is meghaladó vízemelésük jelentős vízszintsüllyedést okozott 1990-ig, azonban a teljes víztest területén nagyon különböző mértékben (19. ábra). A víztestnek a Budai-hegység D-i területein – Budakeszi, Budaörs – gyakorlatilag nem volt kimutatható hatása. A depresszió a Budai-hegység Ny-i oldalán elsősorban a Pilis irányába terjedt, de a hegység É-i tárolórészén is jelentős vízszintsüllyedést okozott, itt azonban a nyílt karsztos területek közelében a hatás késleltetve és kisebb mértékben jelentkezett. A bányák leállása óta a vízszintek folyamatos emelkedése tapasztalható, az említett kutakat kivéve, ahol vízszintsüllyedési tendencia tapasztalható a mérések kezdete óta.

19. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.1.3. víztesten



A Budai források vízgyűjtője víztest természetes karsztvíz megcsapolásait eredetileg az É-budai langyos források – Csillaghegy-, Római-fürdő-forrásai, az óbudai Árpád-forrás és a József-hegyi langyos források jelentették. Az É-i források az 1990-es évek közepéig többször elapadtak, a kilencvenes évekre a József-hegyi források közül is csak a Római-forrás működött gravitációsan. Jelenleg valamennyi forrás működik, a forráshozamok rendszeres mérése azonban nem megoldott. A források korábbi elapadásához a dorogi- és eocén szénbányák, a vízgyűjtő helyi túltermelése, valamint a beszivárgási hiány is hozzájárult. 2014-ben a Római-fürdői és a József-hegyi forrásokon 7 200 ill. 24 000 m^3/nap vízhozamot mértünk. A források nagy hozama a víztest jó állapotára utal.

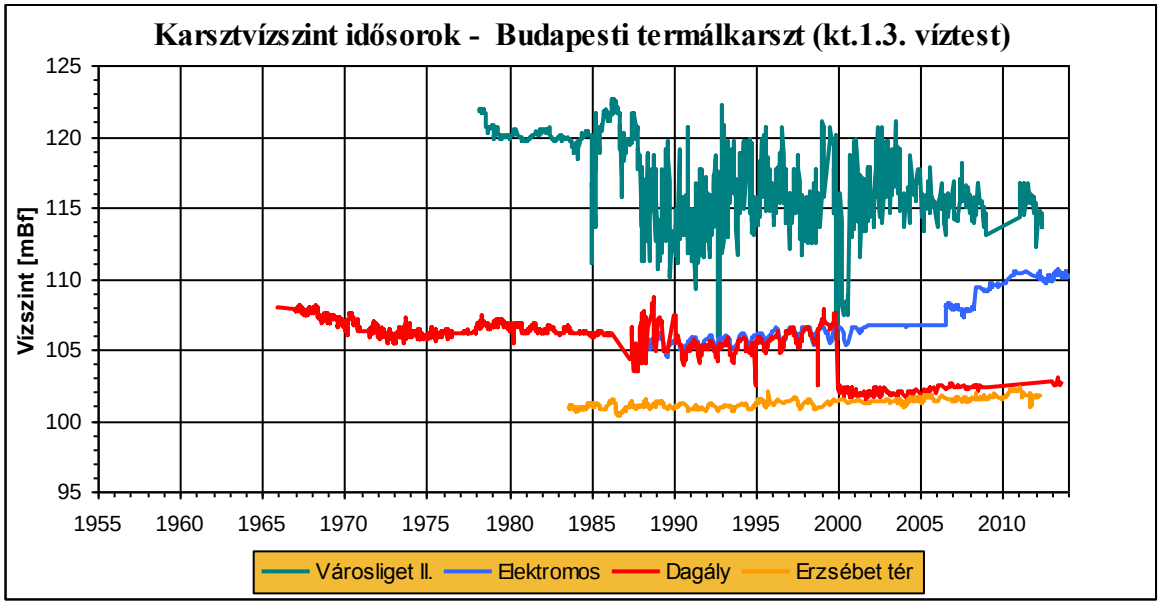
1.2.2.8 Budapest-környéki termálkarszt - kt.1.3. víztest

A termálvíztest lényegében a Csepel-sziget alsó végétől a Szentendrei-sziget felső végéig a Duna két oldalán mintegy 30-40 km széles sávban húzódik. Természetes megcsapolását három eltérő hőmérsékletű és vízkémiai összetételű forráscsoport alkotta, ezeknek utánpótlási területe, áramlási pályái, fakadási szintjei is különböznek. Északon a Margitszigettől É-ra az egykori Fürdősziget területén (Dagály strand közelében), ill. a Margitsziget ÉNy-i oldalán fakadtak 35-40 °C-os vizek. A Lukács-Császár fürdő környezetében a langyos források szomszédságában 40-60 °C-os források voltak, míg a Gellért-hegy Duna menti részén három fürdő területén fakadtak 40-48 °C-os vizek.

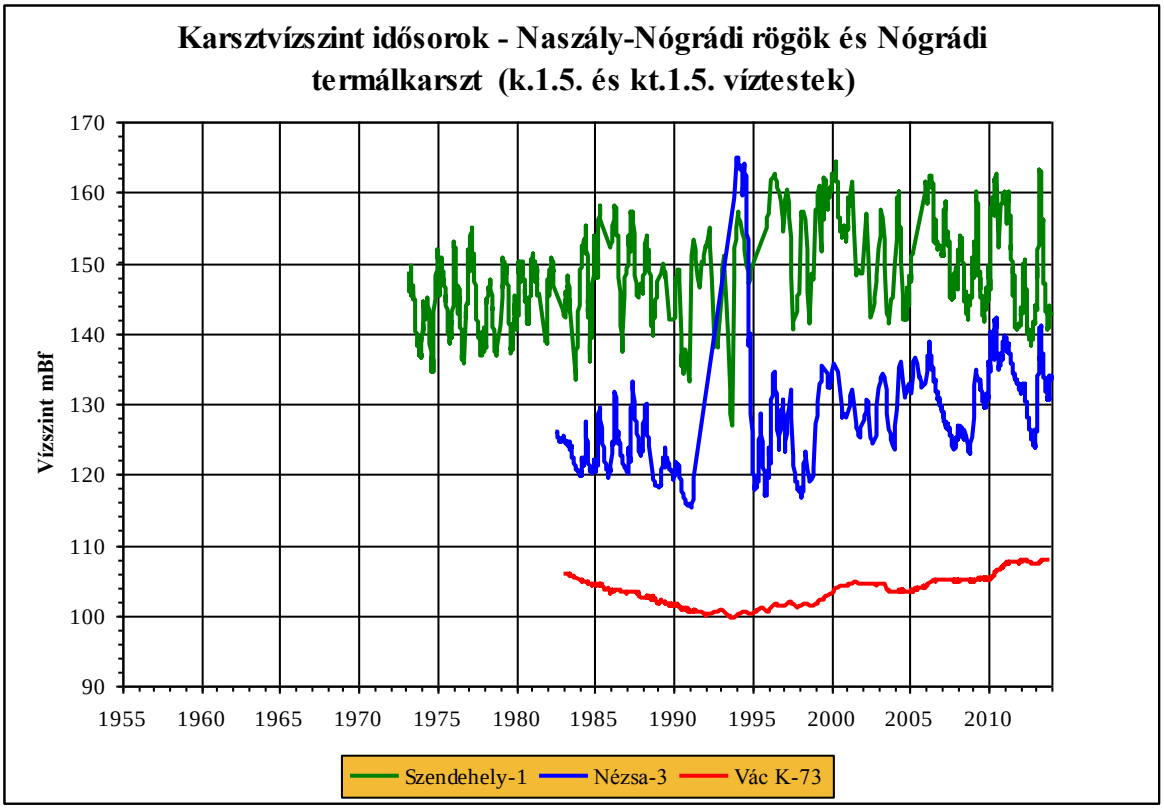
Jelenleg a termálvíztesten a források hozamáról aktuális mérési adatok tudomásunk szerint nincsenek, forrásként a Rudas- és Rác-fürdők forrásai működnek, illetve a Dunában fakadó szökevényforrások. A József-hegy térségében az 50-60 °C-os termálvíz egy része feltehetően a talajvízbe, ill. a Dunába szivárog el, a fürdők területén a melegvíz használat gyakorlatilag kutakból történik.

A víztest területén jelentősége ellenére nagyon kevés az észlelőkút, jószerével Budapest területén a fürdők környezetében, ill. Pátyon vannak észlelőkutak. Ez utóbbi kutak idősorában a bányászati depressziós hatások kimutathatók, a kilencvenes évek közepétől tartó monoton emelkedés ellenére sem érték el az 1970 évi kb. 137 mBf értékű vízszintet. A főváros pesti oldalán található törzshálózati észlelőkutak szintjében az Elektromos, a Dagály és az Erzsébet téri észlelőkút esetében egyértelmű a nyomásnövekedés, ez a Margitsziget É-i termálvízrendszer regenerálódására utal (20. ábra). A víztest Dél-budapesti területein lévő észlelőkutak érdemi változást nem mutatnak, amiből arra lehet következtetni, hogy a termálkarszt D-i részét a regionális bányászati hatások nem vagy csak alig érintették, a térségben egyensúlyi helyzet van, a kutas víztermelés valószínűleg a szökevény források hozamának rovására történik. A Gellért-hegyi térség észlelőkútjainak vízszintingadozásai a forrásoknak a Dunával való hidraulikai kapcsolatát jelzik. A vízszintek emelkedése és a forrásműködés a víztest jó állapotára utal.

20. ábra: Karsztvízszint idősorok a kt.1.3. víztesten



1.2.2.9 Naszály-Nógrádi rögök - k.1.5. víztest, és Nógrádi termálkarszt - kt.1.5. víztest

A k.1.5. víztest kis kiterjedésű felsőtriász karsztos területre terjed ki, a vízgyűjtő viszonylag magas helyzetű, karsztforrások nem csapolják meg. A beszivárgó víz a szomszédos Nógrádi termálkarsztos víztesten keresztül a Budapesti termálkarszt felé áramlik, legközelebbi természetes megcsapolási területe a budapesti termális források lehetnek. A területen található Szendehely-1 és Nézsa-3 észlelőkutak vízjárása függőkarsztos jellegű, vízjárásuk évi periodicitást mutat. A két kút vízjárása éven belül hasonló, tükrözi a beszivárgás változásait, tendenciájában azonban ellentétes jellegű. A kt.1.5 víztest határán lévő Vác K-73 jelű kút nyomás alatti jellegű, a nézsai kút vízjárását tendenciájában követi (21. ábra). Az emelkedő vízszintek a víztest megfelelő állapotát jelzik.

21. ábra: Karsztvízszint idősorok a k.1.5. és a kt.1.5. víztesten