

A felszín alatti vízkészletek változása a klíma-reziliencia tükrében

Kovács Balázs

Miskolci Egyetem, Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar (e-mail: balazs.kovacs@uni-miskolc.hu)

DOI: 10.59258/hk.23780



Kivonat

A felszín alatti vízkészletek elmúlt évtizedben bekövetkezett csökkenésére számos jel utal. Annak érdekében, hogy megvizsgálhassuk a felszín alatti vízkészleteink változásának okait, a folyamatok hajtóerőit, azaz a vízmérleg bevételi és kiadási oldalainak változásait szükséges áttekintenünk. Mindezek alapján lehetséges előrejelzést adni a közeli és távoli jövőben várható változásokra és megoldási lehetőségeket keresni a kedvezőtlen folyamatok hatásainak csökkentésére, valamint a kedvező folyamatok erősítésére. Elemezni szükséges a felszín alatti vízkészletek mennyiségének és minőségének alakulását, át kell gondolni a prioritásokat és ennek megfelelően egy új stratégiát kell kidolgozni, hogy az éghajlati változások kedvezőtlen hatásait sikerüljön kiküszöbölni. A folyamatok elemzésének eredményei arra engednek következtetni, hogy a vízkészletcsökkenés legfontosabb mozgatóereje a hőmérséklet-emelkedés okozta párolgásnövekedés, illetve a szilárd halmazállapotú csapadékhiány okozta beszivárgáscsökkenés. A jelenlegi vízgazdálkodási szemléletmód mellett az ország felszín alatti vízkészlet-gazdálkodása fenntarthatatlanná válik, a vízkészlethiány fokozódása egyre komolyabb lakossági és ipari vízellátási nehézségekhez, ökológiai problémákhoz fog vezetni.

Kulcsszavak

Felszín alatti vízmérleg, vízmérleghiány, talajvízszint-csökkenés, felszíni vizekből történő utánpótlódás csökkenése, klímareziliencia.

Changes in groundwater resources with focus on climate resilience

Abstract

There are numerous signs pointing to a decline in groundwater resources over the past decade. In order to examine the reasons for the changes in our groundwater resources and the driving forces behind these processes, we need to review the changes in the inflow and outflow sides of the water budget. Based on all this, it is possible to make predictions about changes expected in the near and distant future and to seek solutions to reduce the effects of unfavorable processes and reinforce favorable ones. It is necessary to analyze changes in the quantity and quality of groundwater resources, rethink priorities, and develop a new strategy accordingly in order to eliminate the adverse effects of climate change. The results of the analysis of these processes suggest that the most important driving forces of water resource depletion are increased evaporation caused by rising temperatures and reduced infiltration due to a lack of solid precipitation. With the current approach to water management, the country's groundwater resources will become unsustainable in the future, and the increasing shortage of water resources will lead to increasingly serious water supply difficulties for the population and industry, as well as ecological problems.

Keywords

Groundwater balance, water balance deficit, groundwater level decline, decrease in surface water recharge, climate resilience.

BEVEZETÉS

Az Európai Unió Víz Keretirányelve (VKI) – hivatalos nevén a 2000/60/EK irányelv (EU 2000) – határozza meg a felszín alatti vizeinkkel kapcsolatos társadalmi szintű célkitűzéseinket, melyek esetében a cél nem csupán a víztestek elszennyeződésének elkerülése, hanem a teljes ökoszisztéma tartós fenntarthatóságának biztosítása is. A VKI alapvetése volt, hogy 2015-re, illetve legkésőbb 2027-re minden víztestnek el kell érnie az úgynevezett „jó állapotot”.

A „jó állapot” mennyiségi oldalról a tartósan fenntartható vízkivételeket jelenti, azaz nem vehetünk ki több vizet a felszín alatti víztestekből, mint amennyi természetes úton (csapadékból, beszivárgásból és a felszíni víztestek felől) utánpótlódik. Éppen itt mutatkozik meg a hidrometeorológiai viszonyok időbeliségének hatása, ugyanis a klímaváltozás mindenképpen befolyásolja a csapadékmennyiséget, a csapadék éven belüli eloszlását, a beszivárgás mértékét, de a felszíni víztestek állapotát és ezen keresztül azoknak a felszín alatti víztesteket pótló mértékét is. Mindezek miatt evidens, hogy a „jó mennyiségi állapot”

fenntarthatósága érdekében csak időben változó mértékű vízkivételek engedhetők meg. Ugyanis, ha a felszín alatti víztestjeink vízmérlegének bevételi oldala (vízbetáplálás) csökken, akkor a jó állapot megtartásához a kiadási oldalon (vízmegcsapolás) is csökkentést kell(ene) véghez vinnünk, mivel az ún. vízmérleg-elv kimondja, hogy a hosszú távú éves átlagos kitermelés nem haladhatja meg a rendelkezésre álló dinamikus, azaz utánpótlódó felszín alatti vízkészleteket. Ebben a helyzetben jelenik meg a vízkészlet-gazdálkodás paradoxona: éppen, amikor lecsökken a dinamikus vízkészletek nagysága, azaz csökken a felszín alatti víztestek megtáplálása, akkor emelkednek a társadalmi vízigények, azaz a rendszer nem az egyensúly felé, hanem egyre erősebben a „kilengés felé” mozdul el. Mindez azt is jelenti, hogy az éghajlati vízhiány egyre erősödő vízkivételeket generál, ami a felszín alatti vízrendszerek egyre nagyobb igénybevételét okozza, és nemcsak a beszivárgás csökkenése miatt, hanem a víztermelés okán is egyre erősebben csökkennek a talaj-, réteg- és karsztvízszintek.

Ebben a helyzetben kerül konfliktusba a társadalom a VKI másik, mennyiségi állapotra vonatkozó alappillérevel

az ökoszisztéma-védelemmel, aminek értelmében a vízszint nem süllyedhet olyan mértékben, ami károsítaná a kapcsolódó felszíni vizeket (folyókat, tavakat) vagy a tőlük függő szárazföldi ökoszisztémákat (pl. lápok, mocsarakat). Az ökológiai vízigényekbe ugyanakkor nemcsak a vizes élőhelyek, hanem tágabb értelemben a teljes felszíni növényborítottság, az erdők, a sztyeppjellegű növényzetek, füves puszták ökológiai vízigénye is beletartozik és a süllyedő felszín alatti vízszintek az egyre mélyebb gyökérrzel rendelkező növénytársulások létét is veszélyeztetik.

Ezen túlmenően a felszín alatti víztestek csökkenő potenciálszintjei megváltoztatják egyes térségek hidrogeológiai rezsimjellegét: a korábban lokálisan vagy szubregionálisan kiáramlási jellegű térségek területe lecsökken, majd kisebb-nagyobb térségben beszivárgási jellegűvé válik vagy válhat, ami ezeken a helyeken nemcsak a vízkivételi lehetőségek romlását, hanem ezen területek felszín felől történő elszennyeződésének lehetőségét is megalapozza vagy megalapozhatja. Ez utóbbi a víztestek minőségi, azaz kémiai állapotának veszélyeztetését és romlását is előidézheti.

Az itt említettek tehát jól szemléltetik, hogy a felszíni és felszín alatti vizek a légköri vizekkel együtt egy összefüggő, komplex rendszert képeznek, amelynek elemei egymással erős kölcsönhatásban állnak. Bármilyen természetes vagy mesterséges beavatkozás egy ilyen komplex, egymásra épülő és egymással sok ponton kapcsolatban álló rendszerbe, a rendszer számtalan pontján idéz elő újabb változásokat, melyek újabb alakulásokat indukálnak. Mindez történik egy – az imént említettek miatt – önszabályozásra képtelen rendszerben, ahol esetenként a káros hatások alapvetően nem kioltják egymást, hanem erősítik. Nem véletlen, hogy a VKI nemcsak a negatív változásokat, hanem az egyébként pozitív alakulások trendjeinek megváltozását is monitorozza annak érdekében, hogy a rendszerben káros, öngerjesztő folyamatok minél kisebb eséllyel indulhassanak el.

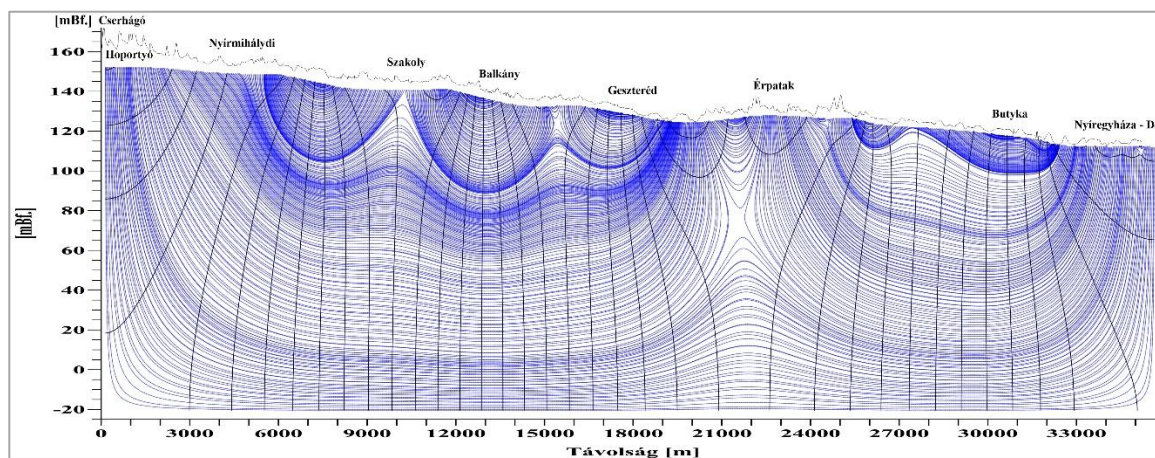
A legnagyobb probléma, hogy az elmúlt 5-10 évben számos jele mutatkozott annak, hogy a felszíni és felszín alatti vízrendszerek eddigi egyensúlyközeli helyzete az el-

múlt időszak időjárás-változási trendjei (az átlaghőmérséklet erős emelkedése, az extrém időjárási helyzetek gyakoriságának emelkedése stb.) miatt megromlott, és egyre távolabb kerülünk a korábbi fenntartható vízkészlet-gazdálkodási helyzettől.

A FELSZÍN ALATTI VÍZFORGALOM JELLEGZETESSÉGEI

A felszín alatti vizek vízforgalmának számos jellegzetessége van, aminek a kérdéskör szempontjából releváns elemeit a legegyszerűbben a szelvénymenti Tóth-féle egységmedence (Tóth 1963, 2009) modelljének segítségével lehet bemutatni. Az egységmedence egy olyan egyszerűsített hidrodinamikai rendszer, aminek felvízi és alvízi határoló oldala és a fektűje is vízzáró, kizárólag a felső oldala nyitott. A kezdeti feltétele vagy egyenletesen csökkenő vagy trigonometrikus függvény szerinti, de emellett is trendszerűen csökkenő talajvízdomborzat.

A medencében kialakuló szivárgás jellegzetességeit a vonatkozó szakirodalom (Tóth 1963, 2009) részletesen bemutatja; jelen vizsgálat szempontjából a leginkább fontos az, hogy a folytonos gravitációs szivárgási rendszerekben a szivárgó vizek hozama a mélységgel exponenciálisan lecsökken, illetve, hogy a kialakuló, ún. fészkes áramlási rendszerekben (1. ábra) a lokális kiáramlási térségek megjelenéséhez a környezetükhöz képest alacsonyabb, a lokális beszivárgási térségek kialakulásához pedig a környezetüknél kismértékben magasabb potenciálszintek szükségesek. Ha ez a relatív potenciálkülönbség bármilyen oknál fogva a rendszerben megszűnik, akkor ez az árampályák nagymértékű átrendeződését vonja maga után, ami jelentős területrészek hidrodinamikai viszonyait változtatja meg. Tehát egyfelől pl. a talajvízadó vízkészletének mennyiségi vagy minőségi szempontú gyengülésének, a vízkivételek mélység felé történő kiterjesztésének akadálya a rendelkezésre álló, dinamikus utánpótlódó vízkészletek mennyiségének erős csökkenése. Másfelől bármilyen, akár csak lokális vízszintváltozások a szivárgási potenciálmezőben, nagy térségek korábban tartósan fennmaradó hidrodinamikai rezsimjét tudja megváltoztatni.



1. ábra. A Tóth-féle szivárgási rezsimjelleg alakulása egy nyírségi, a Hoportyótól Nyíregyházáig tartó szelvény mentén (az áramvonalak sűrűsége arányos a fluxusokkal) (saját szerkesztés)

Figure 1. Development of the Tothian hydraulic regime characteristics along a profile in the Nyírség region, stretching from Hoportyó to Nyíregyháza (pathline frequency is proportional to the fluxes) (own editing)

Az, hogy mekkora térségben változnak meg a szivárgási viszonyok egy gravitációs rendszerben, részben az adott helyen bekövetkezett potenciálszint-változás mértékétől, részben a változással érintett pont rendszerbeli helyétől függ, azaz egy kedvezőtlen helyen bekövetkezett kis változás is okozhat nagytérű hatásokat. Az említettek miatt a gravitációs áramlási rendszerek viselkedését a talajvízszintek helyzete, illetve mintázata (térbeli eloszlása, azaz a talajvízdomborzat) határozza meg.

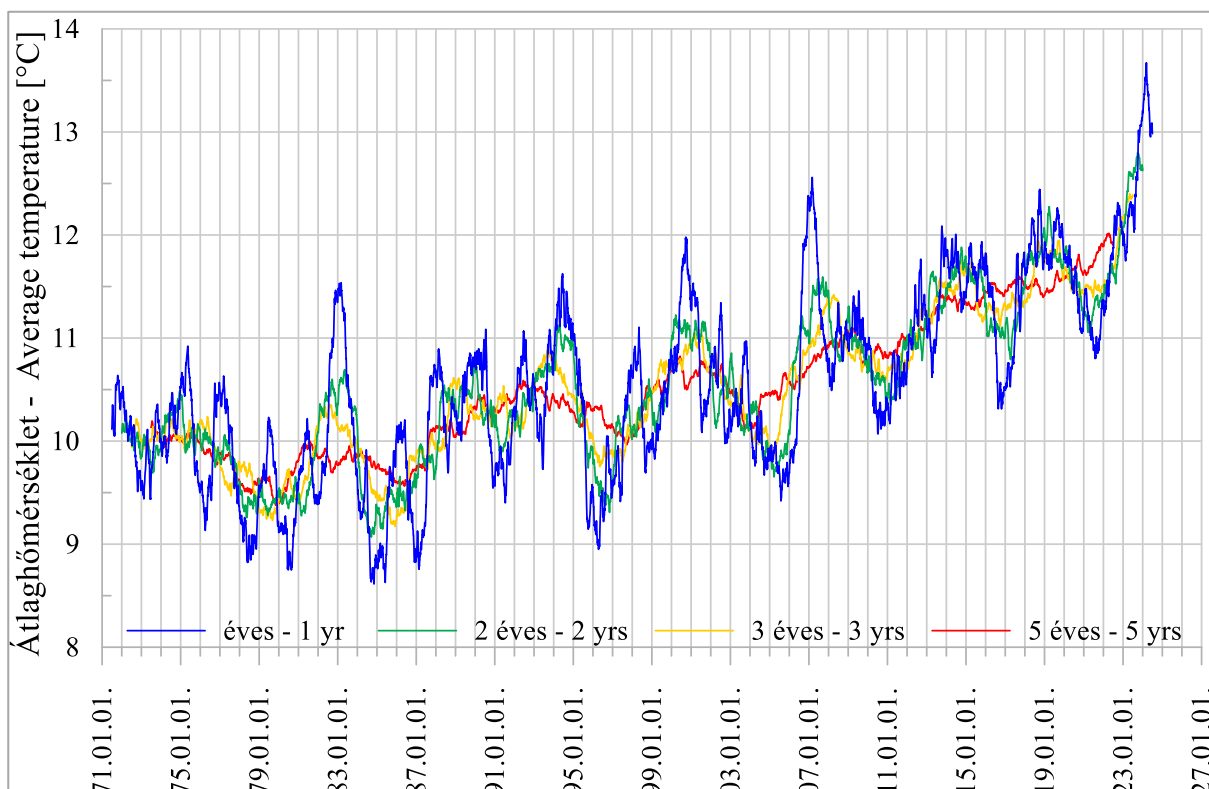
Az Alföld és a Kisalföld medenceüledékei egy-egy, a kapcsolódó határon túli területek üledékeivel egybefüggő, hidrodinamikai kontinuumként működő gravitációs áramlási rendszert képeznek, melyekben a vizek utánpótlódási viszonyait a csapadékeredetű beszívargás, a határoló föld-

tani képződmények és a medenceüledékek között átadódó vízkészletek, illetve a felszíni és felszín alatti vizek kommunikációja következtében fellépő hozamok – valójában a felszín alatti vízháztartás bevételi és kiadási oldalának elemei – határozzák meg.

A FELSZÍN ALATTI VÍZHÁZTARTÁS BEVÉTELI ÉS KIADÁSI OLDALÁNAK ALAKULÁSA

A meteorológiai folyamatok felszín alatti vízkészletekre gyakorolt hatásai Magyarországon

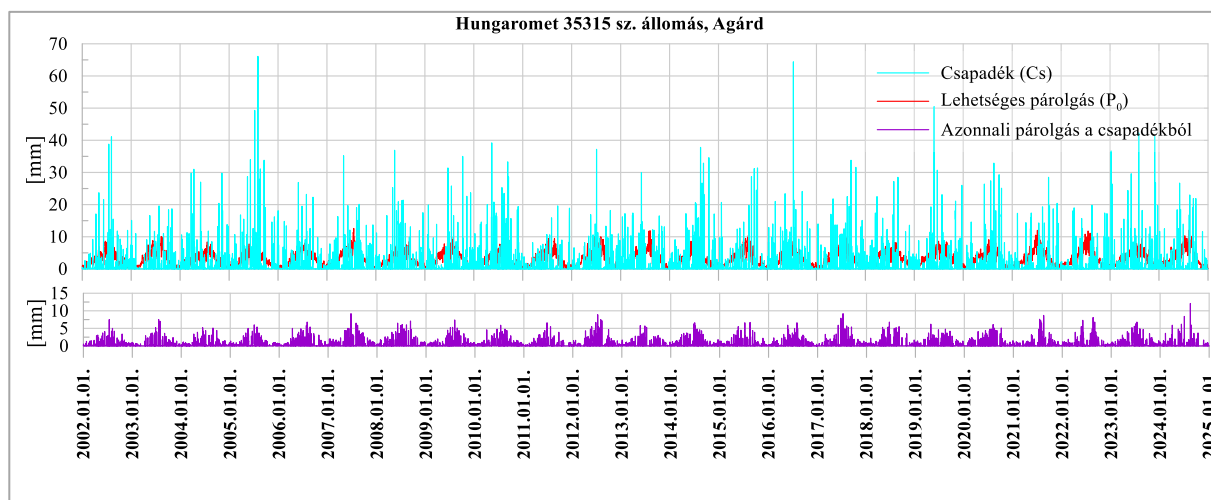
Az éghajlatváltozás talán legfontosabb és legkevésbé megkérdőjelezett ismérve a hőmérséklet emelkedése. Amennyiben megvizsgáljuk Magyarország napi átlaghőmérsékleteinek alakulását, illetve ebből képezzük az éves és többéves csúszóátlagokat, egyre nyilvánvalóbbá válik a hőmérséklet emelkedése (2. ábra).



2. ábra. Magyarország napi átlaghőmérsékletei éves és többéves csúszóátlagainak alakulása az 1971-2024 időszakban (URL1)
Figure 2. Annual and multiannual moving average of average daily temperature values in Hungary during the period 1971-2024 (URL1)

A hőmérséklet emelkedése ugyanakkor közvetlenül nem gyakorol hatást a felszín alatti vízkészletekre, hanem közvetve, a párolgáson, illetve a szilárd állapotú csapadékban (hóban és jégben) tározott vízkészletek mennyiségének alakulásán keresztül befolyásolja a felszín alatti vízháztartást. Ha ábrázoljuk a HungaroMet automatikus mérőállomásával mért időjárási jellemzők közül a csapadék és a lehetséges párolgás alakulását (3. ábra), akkor észrevehető, hogy a napi lehetséges párolgás egyre többször haladja meg a napi csapadék mennyiségét. Ez azt jelenti, hogy ezeken a napokon szinte biztosan nem fog bekövetkezni a felszín alatti vízkészletek gyarapodása, mivel a csapadék vagy az intercepció (növényi felületekről történő párolgás), vagy a talajfelszín párolgása (evaporáció) miatt gyakorlatilag be sem tud szívárogni a felszínközeli képződményekbe. Az is látható, hogy a csapadék egy jelentős hányada szinte azonnal elpárolog.

Amennyiben a napi csapadék több, mint a lehetséges párolgás, akkor sem biztosított a talajvíz csapadékból történő utánpótlódása. Ugyanis a beszívargó csapadékvíz a csapadékeseményt követő napokon a felszín közeléből, vagyis a talajból is képes elpárologni. Egyrészt a háromfázisú zónában lévő víz a talajlevegőbe párolog, ahonnan gőzdiffúzióval a légkörbe távozik. Másrészt pedig szemcsemérettől és szemcseméreteloszlástól függően a vizek a felszínre tudnak jutni kapilláris emeléssel, és onnan megfelelő meteorológiai körülmények esetén el képesek párologni. Mindezek miatt, minél kisebb a lehetséges párolgás értéke, annál nagyobb lehet a mélyebbre szivárgó csapadékok részaránya a csapadékhhoz képest. A hőmérséklet-emelkedés következtében tehát a csapadékból történő talajvíz-utánpótlódás a nyári hidrológiai félév jelentős részében ellehetetlenül, miközben a téli hidrológiai félévben is lecsökken a lehetősége, és leginkább a november-februári időszakra korlátozódik.

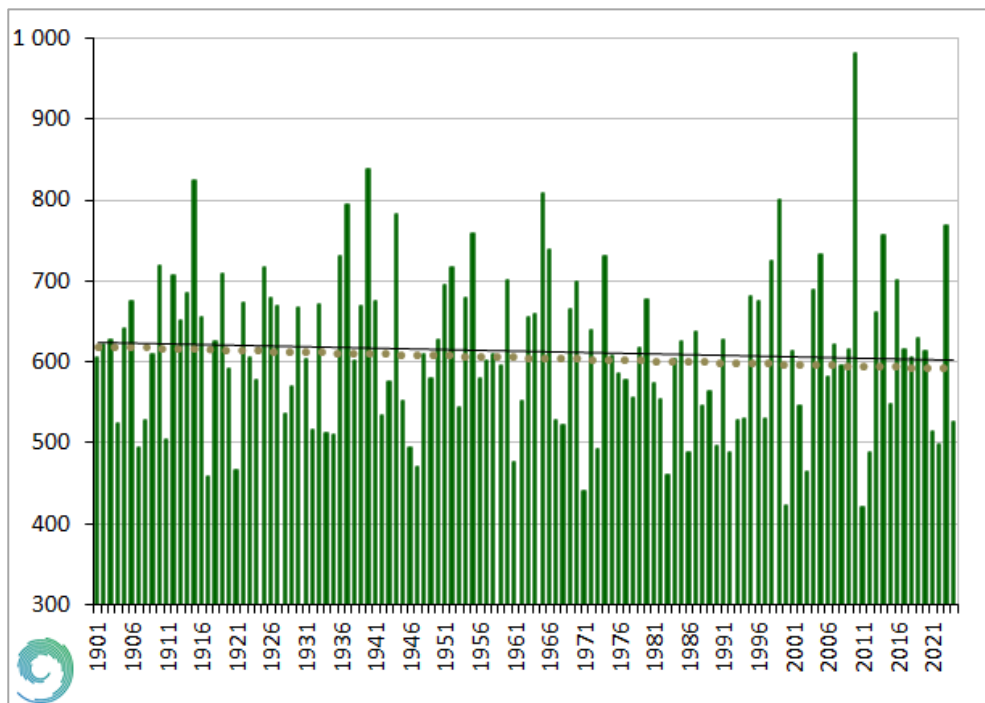


3. ábra. Az agárdi automatikus meteorológiai mérőállomáson mért csapadék, lehetséges párolgás értékek és az azonnal elpárolgó csapadék mennyisége (URL1)

Figure 3. The pattern of daily precipitation (Cs), potential evaporation (P_0) and the amount of immediate evaporation (PCs) recorded at Agard meteorological logging station (URL1)

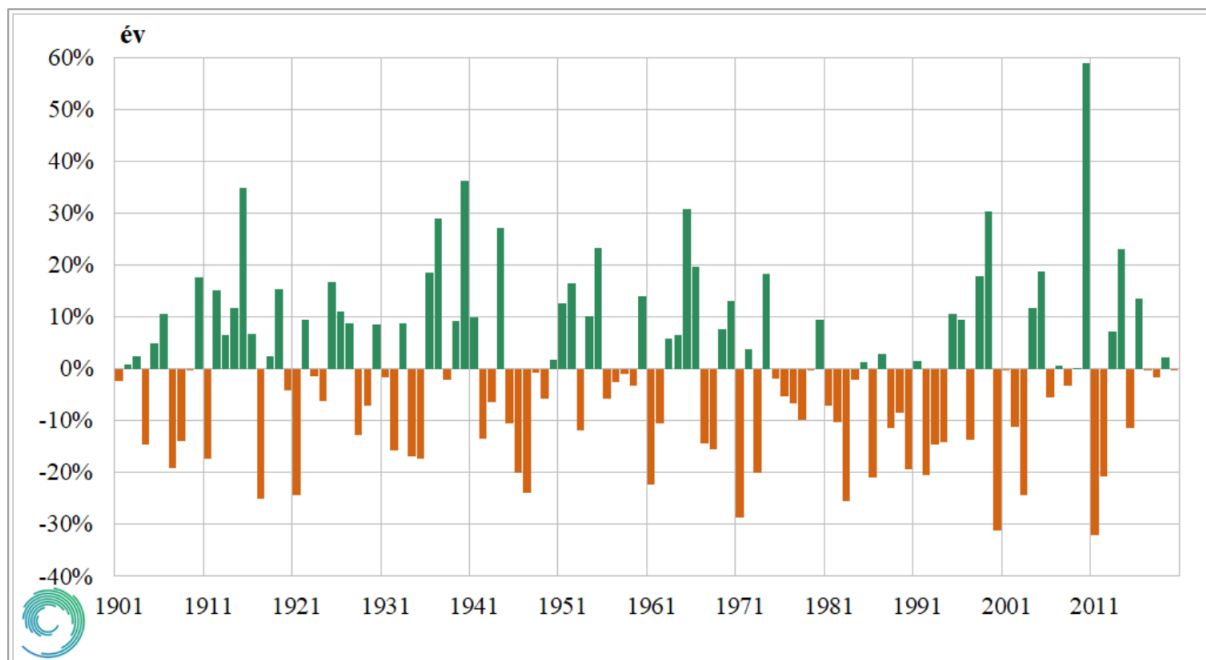
A szilárd halmazállapotú csapadék mennyiségének és a hóborítással rendelkező időszakok a felmelegedés miatti csökkenése pedig annyiban befolyásolja a talajvizek utánpótlódását, hogy a szilárd halmazállapotú csapadék a napi hőmérséklet-ingadozás miatti részleges felolvadása, majd visszafagyása lassan táplálja a felszín közeli rétegeket, míg a folyékony halmazállapotú csapadék, illetve a gyors hóolvadás esetén a felszín közeli zóna telítődésével a vízelnyelő képesség lecsökken, azaz a felszíni lefolyás erősödik. A szilárd halmazállapotú csapadék lassú olvadása – az alacsony hőmérséklet miatti minimális párolgással segítve – a felszín alatti vizek utánpótlódását erősen segíti, ezért a szilárd halmazállapotú csapadék mennyiségének, illetve a hóborítottság előfordulási gyakoriságának csökkenése is redukálja a talajvizek csapadékeredetű utánpótlódását.

Amennyiben a csapadék éves mennyiségének átlagát vizsgáljuk, akkor a HungaroMet Zrt. adatai szerint kismértékű csökkenési trend rajzolódik ki (4. és 5. ábra).



4. ábra. Az évi csapadékösszeg (homogenizált, interpolált országos átlag) 1901 és 2024 között Magyarországon (URL3)

Figure 4. Annual precipitation (homogenized, interpolated national average values) in Hungary between 1901 and 2024 (URL3)



5. ábra. Az éves csapadékösszeg országos átlagának %-os eltérése az 1991–2020 évek átlagához képest (URL4)
 Figure 5. Percentage deviation of the national average annual precipitation from the 1991–2020 average (URL4)

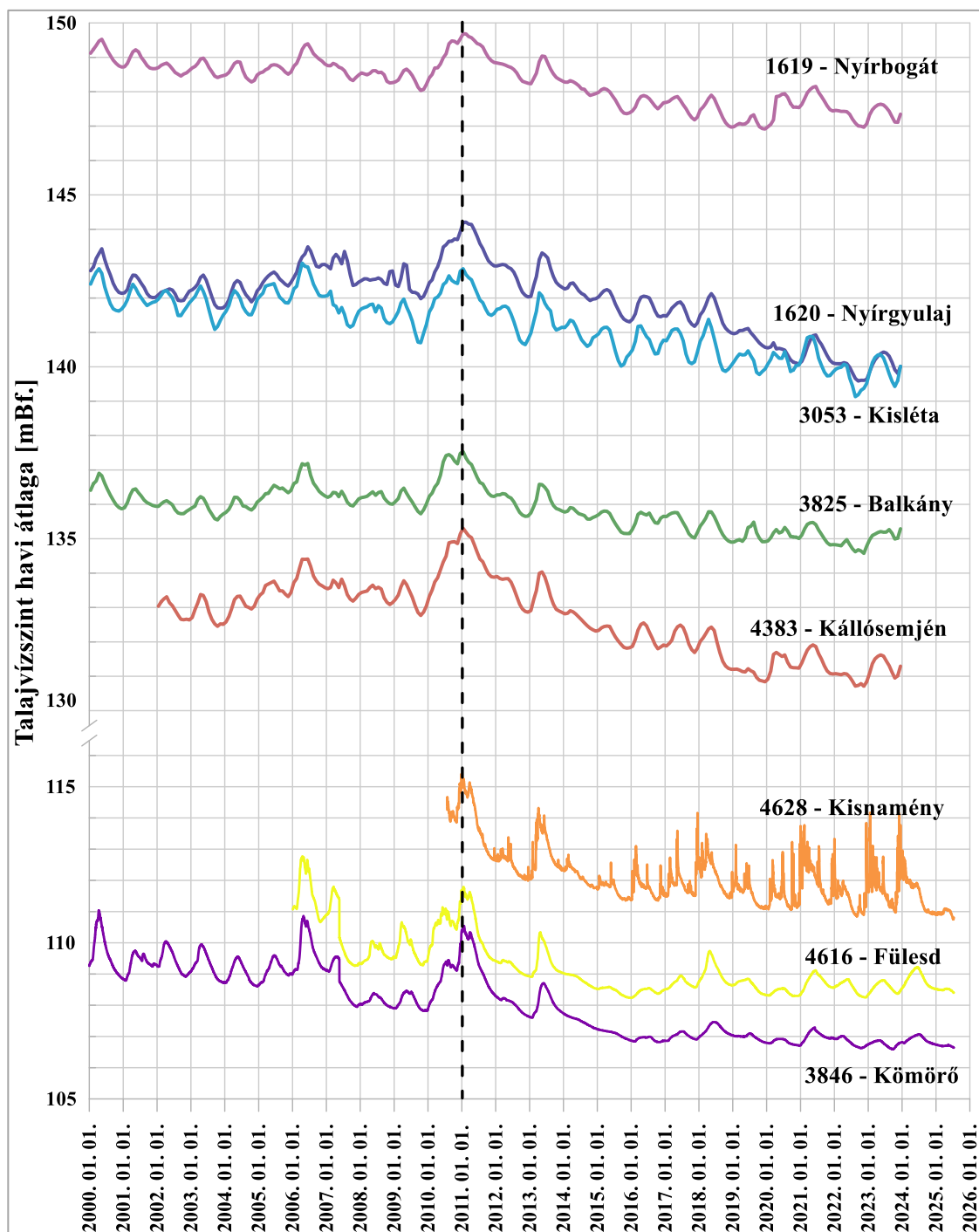
Ha tehát összefoglalóan nézzük a meteorológiai viszonyok változását, akkor megállapítható, hogy a csapadék kismértékű trendszerű csökkenése mellett az átlaghőmérséklet emelkedésére visszavezethető beszivárgási veszteségek (párolgási veszteség, szilárd halmazállapotú csapadékcsökkenés miatti veszteségek) kedvezőtlenebbé tették a beszivárgás lehetőségeit. A hosszú távú adatsorokból jól látszik, hogy a szárazabb években a téli hónapok csapadékmennyisége az átlagos csapadékok felére, kétharmadára csökken, azaz azokban az időszakokban, amikor a párolgási veszteségek alacsonyabbak, és a felszín alatti vízadó rendszerek visszatöltődésére lehetőség adódna, a beszivárgás a szárazság miatt ellehetetlenül. Az elmúlt 10-15 évben a felszín alatti vizek utánpótlódása szempontjából egyértelműen kedvezőtlen meteorológiai változásokat lehet tapasztalni.

A csapadékból történő beszivárgás alakulása

A beszivárgás alakulását a térségünkben kiemeltebb helyzetű területek, jellemzően beáramlási rezsimjellegű hidrogeológiai egységek vízszintjeinek alakulása alapján lehet értelmezni. Az Alföld két jellemző beszivárgási zónája a Duna-Tisza közti Hátság és a Nyírség, ezenkívül az Alföldhöz képest kiemelt helyzetű, középhegységi térségek felől átadódó vízkészletek is táplálják a felszín alatti vízáradatokat. Először vizsgáljuk meg a Nyírség térségében észlelt vízszintváltozásokat, illetve tekintsük át a Bükk vízforgalmát a Sajó völgye, illetve az Alföld felé történő mélységi utánpótlódás okán. A Bükk uralkodóan nyílt karsztos térségi beszivárgásos terület, az Alföldnél hűvösebb klímájú, ezért a párolgás által kevésbé befolyásolt.

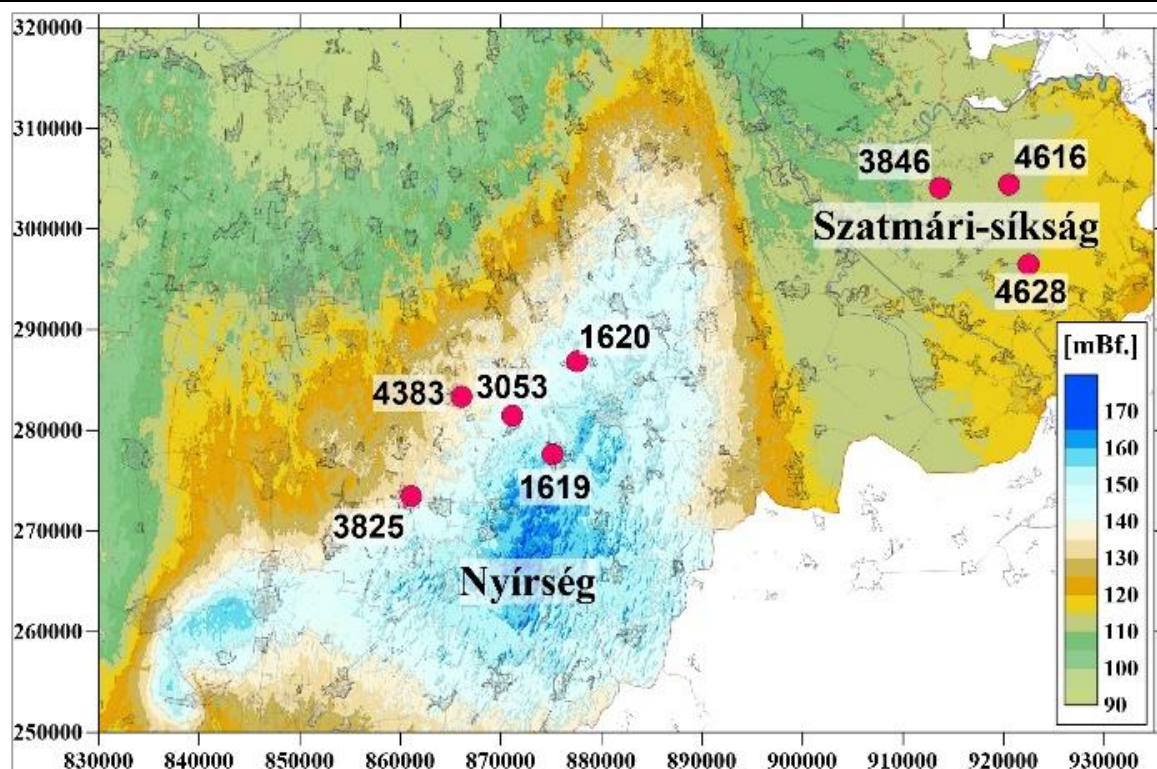
Nyírség

A Nyírség térségében az OVF törzshálózati monitoringkútjaiban a talajvízszintek szinte teljesen azonos trendet követnek. A vízszintek az éves csapadéjárásnak megfelelően egy állandó szint közelében ingadoztak 2011-ig, majd ezt követően az évszakos változási jelleg megmaradt, de egy fokozatosan trendszerűen csökkenő talajvízszint alakult ki (6. ábra). Érdekes, hogy ez a trendszerű csökkenés a Nyírségben gyakorlatilag a tengerszint feletti magasságtól függetlenül jelentkezik, sőt ugyanez elmondható a mélyebben fekvő Szatmári-síkság monitoringkútjaira is (7. ábra). A talajvízszint-csökkenési trendek alakulása tehát regionális jelleggel azonos, azt nem egyes térségek felszín alatti vizeinek termelése, nem a folyók felőli utánpótlódás mérséklődése, hanem a térség meteorológiai viszonyainak megváltozása miatti beszivárgásváltozások okozhatják csak. A vízügyi igazgatóságok adatai alapján a Nyírség térségében észlelt talajvízszint csökkenések alapján a *Vízterv Environ Kft.* (2019) szerint kb. 6 km³ felszín alatti vízkészletcsökkenés, helyesebben víztartótérfogat-leürülés detektálható. *Tran és társai* (2022) a vízkészletcsökkenés alatt egy km²-re vetített (normált) km³-ban meghatározott közettérfogat-leürülést használtak, amiből a tényleges felszín alatti készletcsökkenést 30%-os átlagporozitással számították később ki. A 30%-os átlagporozitás annyiban helytálló, hogy a trendszerűen csökkenő vízszintek miatt nemcsak a gravitációs pórusok, hanem idővel a kötött vízburok, a szegletvizek és végül közel a teljes pórustér leürül, leszárad. A Nyírség esetén tehát a tényleges leürült felszín alatti víztérfogat 1,8 km³.



6. ábra. A talajvízszintek alakulása a Nyírség területén 2000 és 2026 között (URL5)

Figure 6. Groundwater level trends in the Nyírség region from 2000 to 2026 (URL5)



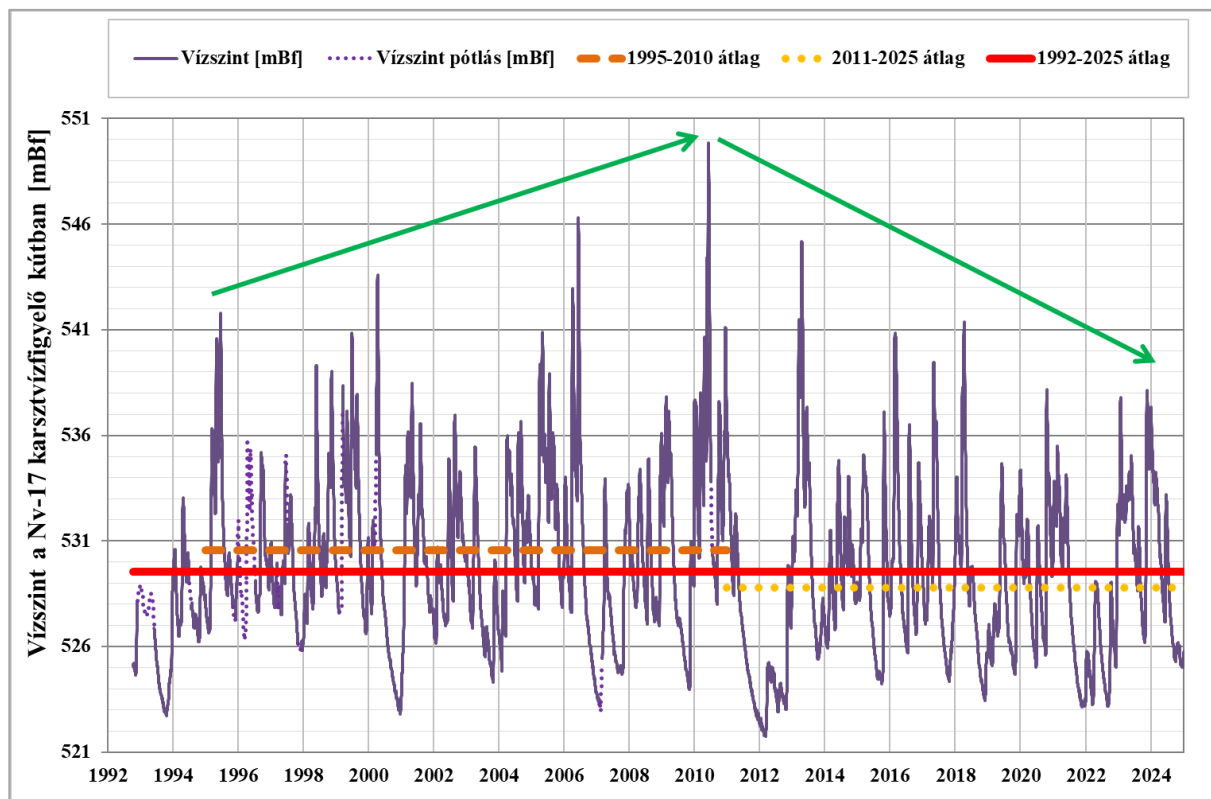
7. ábra. Kiválasztott talajvíz monitoringkutak a Nyírség területén
 Figure 7. Selected groundwater monitoring wells in the Nyírség region

Bükk

A Bükk térségében a karsztvízszintek érzékeny indikátorai a csapadékeredetű beszivárgások megváltozásának. A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) immár több, mint 35 éves távlatban monitorozza a vízszintek időbeli változását. A mérőhelyek közül kiemelkedő jelentőségű a Nagy-fennsíkon található Nagyvisnyó Nv-17 jelű karsztkút, ami a Központi-Bükk alatt betározódó csapadékeredetű karsztvizek szintjét észleli (Lénárt 2022). A vízszintek sokéves alakulásából látszik, hogy a tél végi a rendszer visszatöltődéséhez köthető maximális karsztvízszintek 2011 óta trendszerűen csökkennek, azaz a karsztban eltározódott maximális vízkészlet mennyisége csökken (8. ábra). Amennyiben képezzük a 2011 előtti és utáni észlelések átlagát, az alapján is egy átlagosan 2 m-t meghaladó átlagos karsztvízszint-csökkenés számítható.

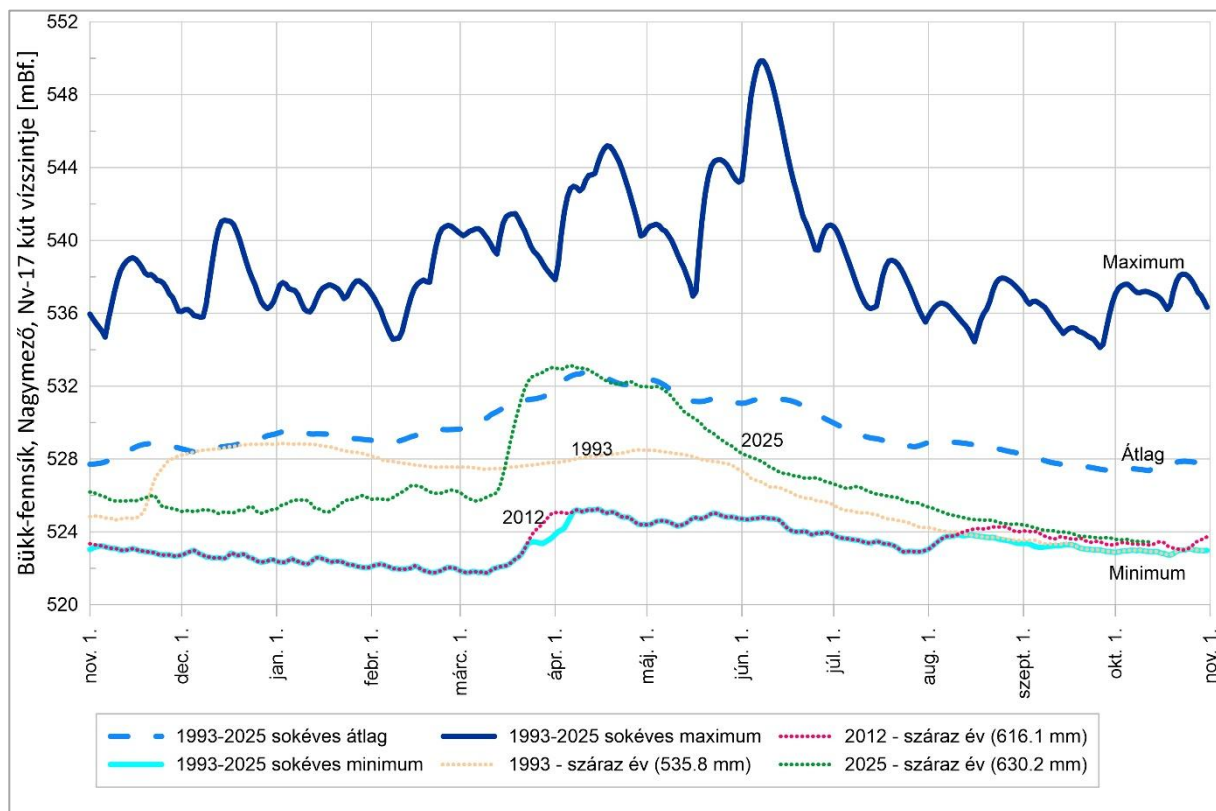
Ha megnézzük a karsztvízszintek éves változásait a szárazabb években (Lénárt 2024), akkor látható, hogy a téli hidrológiai félévben – pl. a 2012-es száraz évben, de 2025-ben is – gyakorlatilag nem történt víztározódás a központi Bükk karsztjában (9. ábra). A tavasz eleji csapadékok okoztak csak kisebb vízszintemelkedést, ami ezután a nyári hidrológiai félévben fokozatosan a minimális észlelt vízszintek közelébe csökkent le. Tekintettel arra, hogy száraz években a karsztvízszintek alacsonyabbak, joggal feltételezhető, hogy a környező üledékes medencék felé átadott vízkészletek is lecsökkennek.

A bemutatottak alapján az Alföld üledékes vízáadó összeleteinek mind a belső beszivárgási területek felől, mind a peremi utánpótlódási térségek felől érkező vízutánpótlása trendszerűen csökken. A Dunántúli-középhegység karsztvízszintjeinek regisztrátumai alapján hasonló folyamatokat látunk, ami a Kisalföld üledékes medencéjének utánpótlási viszonyait hasonlóképpen negatívan befolyásolja.



8. ábra. A karsztvízszintek alakulása 1992 és 2025 között a Nv-17 jelű kútban a bükki Nagy-fennsík alatt (Lénárt 2024 nyomán, adatforrás: BKÉR 2025)

Figure 8. Fluctuation of karstic water levels during the 1992-2025 period in the Nv-17 well located at the Great plateau of the Bükk mountains (based on Lénárt 2024, datasource: BKÉR 2025)



9. ábra. A karsztvízszintek alakulása száraz években a Nv-17 kútban az 1993-2025 közötti maximális, átlagos és minimális vízszintek feltüntetésével (BKÉR 2025)

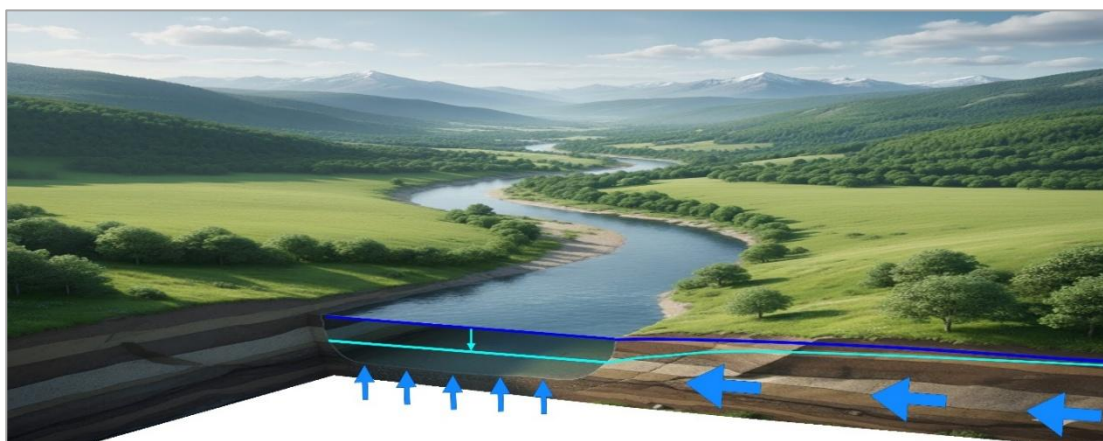
Figure 9. Karstic water levels during dry years in the Nv-17 well compared to the maximal, average and minimal karstic water levels logged during 1993-2025 period (datasource: BKÉR 2025)

A felszíni vízfolyások és felszín alatti vízadók egymásra hatása

A felszíni vizeink esetében is egyértelműen megállapítható, hogy az alacsonyabb vízhozamok tartóssága nő, a kisvízi hozamok abszolút értéke csökken. A hozamcsökkenés értelemszerűen a vízállásokban is jelentkezni fog, azaz a kisvízi vízállások (KV) csökkenésével kell számolni a hozamcsökkenés következményeként. De nemcsak a hozamcsökkenés, hanem a meder üledékes képződményekbe történő berágódása miatti medermélyüléssel is számolni kell. A folyók hordalékviszatarató képességének csökkenése, a vízlépcsőzés miatt a felvízi szakaszokon megfogott hordalékok miatt a folyóink medre folyamatosan mélyül, a Tisza mentén a folyószabályozás előtti időkhöz képest a mélyülés akár a 10 métert is elérheti. A medermélyülés és a meteorológiai viszonyok változása miatti

felszíni lefolyáscsökkenés okozta vízszintcsökkenések ugyanakkor oda vezetnek, hogy a folyóink egyre hosszabb időszakokban és egyre nagyobb horizontális hidraulikus gradienseket okozva csapolják meg közvetlenül a parti szűrős vízadóinkat, közvetve pedig az azokkal hidrodinamikai kapcsolatban álló sekély porózus víztesteinket (10. ábra). A vízszintcsökkenés ugyanakkor emeli a kiáramlási rezsimjelleg erősségét, ami a folyómeder alatti üledékek erősebb megcsapolásához is vezet.

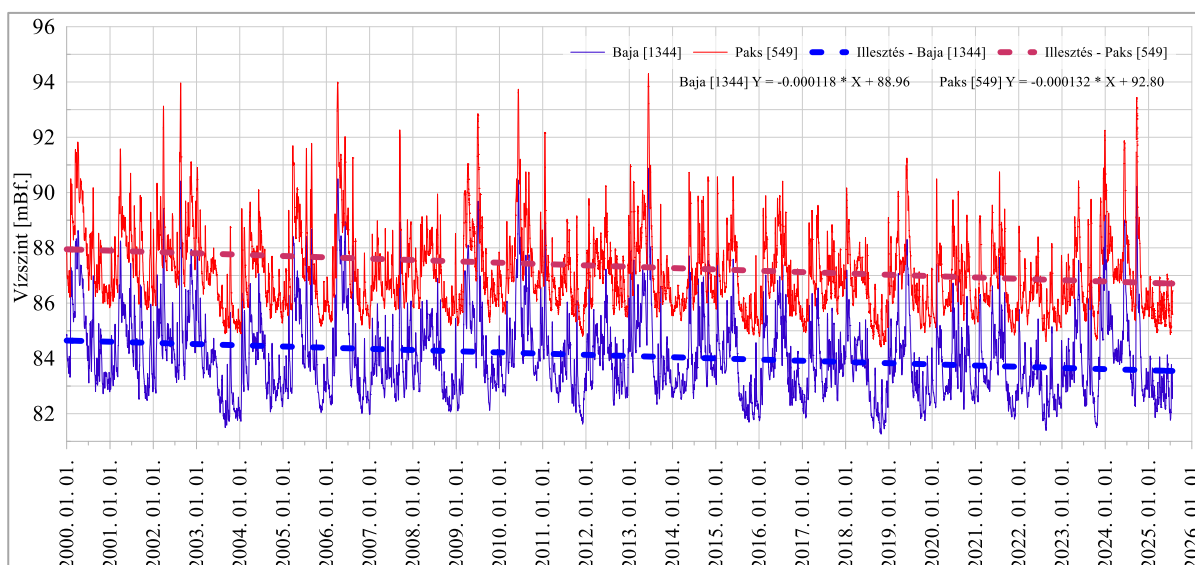
Folyóink medrének mélyülése egyben azzal is jár, hogy egyre ritkábbak és rövidebbek azok az árvízi időszakok, amikor az ártereket a folyók elöntik, illetve amikor a felszíni vizeket gravitációs úton a környező csatornába lehetne vezetni, amivel részben az öntözést, részben a felszín alatti vízkészletek utánpótlását lehetne segíteni (Kozák 2025).



10. ábra. A folyók vízszintcsökkenésének hatása a parti szűrős rendszerekre
Figure 10. Impact of river water level decline on bank filtration systems

A Duna esetében a magyarországi alvízi szakaszon (Paks-Baja térsége) végzett vizsgálatok azt mutatják, hogy az átlagos vízszintek 25 év alatt az 1 m-t meghaladó mértékben csökkentek (11. ábra). Az átlagos Duna vízállás-csökkenés üteme Bajánál 43, Paksnál 48 mm/év. Feltételezve, hogy a Duna kb. 417 km-es magyarországi szakaszán az 1,05 m-es vízszintváltozás hatástávolsága mindkét

oldalon átlagosan 300 m, és a teraszrétegek effektív porózitását 28%-nak véve, ezalatt a 25 év alatt a felszín alatti betározott vízmennyiség – csak ebben a keskeny part menti sávban – Rajkától Hercegszántóig mintegy 30 millió m³-rel csökkent. A folyók vízállásának csökkenése nagy területeken a kis szintváltozások ellenére nagy statikus felszín alatti vízkészleteket csapol le.



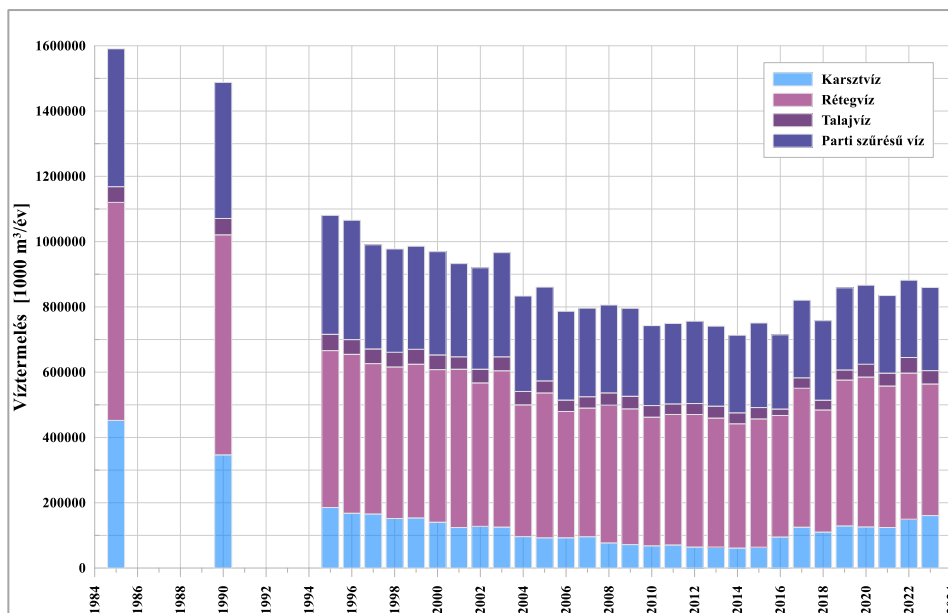
11. ábra. A Duna átlagos vízállásának változása Paks és Baja térségében (URL5)
Figure 11. Changes in the average water level of the Danube in the Paks and Baja regions (URL5)

A felszín alatti víztermelés alakulása

A felszín alatti vízkészleteket azonban nemcsak a természetes éghajlatváltozás miatt, a felszíni és felszín alatti vizek kommunikációjából eredő hatások, hanem az emberi tevékenység is közvetlenül érinti. A felszín alatti víztermelés az országban az adatszolgáltatások szerint 2006-ig fokozatosan csökkent, majd kb. 800 millió m³/év szinten stabilizálódott, az elmúlt néhány évben viszont kissé emelkedett, de nem érte el a 870 millió m³/év mértéket (12. ábra). Az öntözővízigényeket korábban döntő mértékben felszíni vizekből elégítették ki, az elmúlt évtizedben ugyanakkor erősen megnőtt a fűrt kutas öntözőtelepek száma. Az öntözött területeken átlagosan 120-140 mm csapadéknak megfelelő mennyiségű – részben felszín alatti víz eredetű –

vizet juttatnak ki (13. ábra), amiből a talajvízig semmi nem jut el, ezért az öntözés nem vehető figyelembe utánpótlásként a talajvízkészletek szempontjából.

Az SZTE vizsgálatai (Szanyi és társai 2026) a Nyírség térségében azt mutatták ki, hogy a numerikus szimulációk szerint az 52 millió m³/év legális víztermelés mellett további 58 millió m³/év illegális víztermelés történik, azaz a teljes termelés 110 millió m³/év. Ennek az aránynak megfelelően, de figyelembe véve azt is, hogy nem mindenhol kedvezőek a földtani-vízföldtani körülmények kutak létesítéséhez, a KSH által nyilvántartott 850-870 millió m³ vízkivételnek országos szinten akár több mint másfélszerese, 1 200-1 400 millió m³/év lehet a tényleges országos felszín alatti víztermelés.



12. ábra. A felszín alatti víztermelés Magyarországon (URL6)

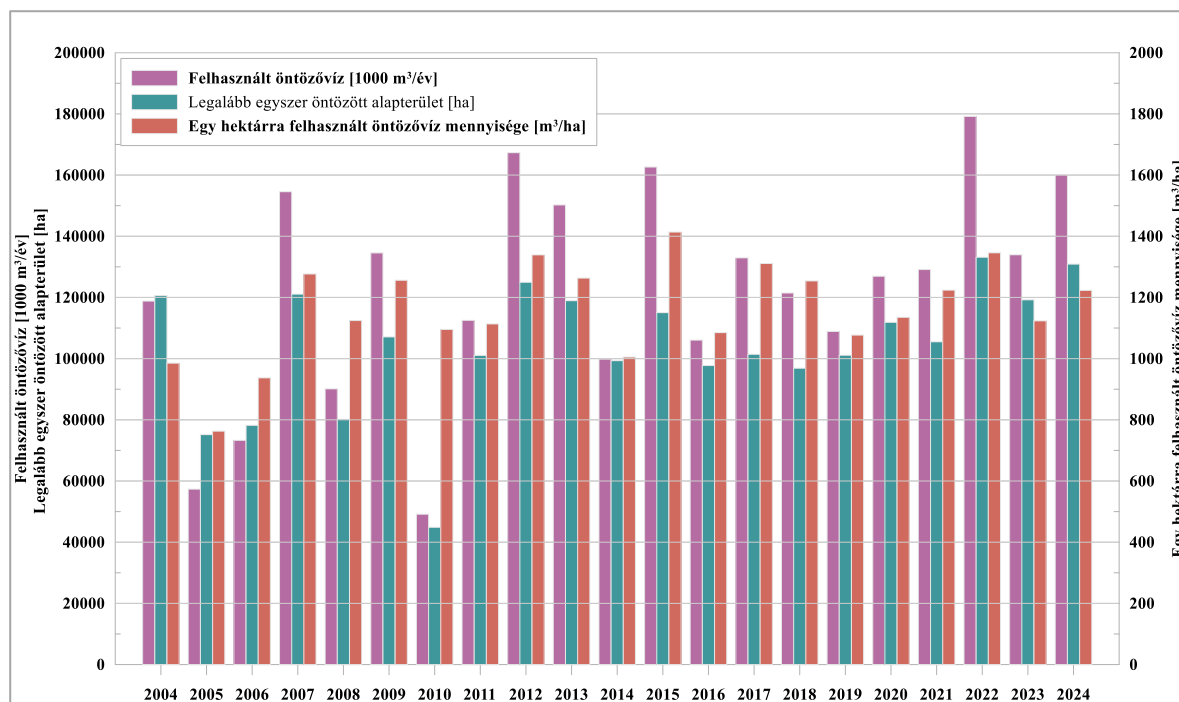
Figure 12. Groundwater production in Hungary (URL6)

A VÍZMÉRLEG EGYENLEGE

A vízmérleg egyenlegének alakulása tekintetében a korábban bemutatottak szerint a bevételi oldalon kismértékűek a változások a felszín alatti vizek szempontjából. Az éves csapadékmennyiség csak kismértékben csökkent, bár egyes klíma modellek érdemi változásokat vetítenek előre a jövőre vonatkozóan. A jövőre vonatkozó információkat a Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS-2) (ITM 2018) közli, ahol két, a HungaroMet által alkalmazott regionális éghajlati modell eredményeit foglalják össze. Az ALADIN-Climate modell a 2021-2050 közötti időszakra mind télen, mind nyáron országosan átlagosan legalább 10%-os csapadékmennyiség-csökkenést jelez előre, és éves átlagban is 3-5% körüli csökkenést vizionál. A REMO modell ugyanezen a 30 éves időszakra éves átlagban először az Alföldre vár 5-10%-os csapadékmennyiség-csökkenést, ezen belül viszont inkább tavaszi nyári, kisebb mértékben őszi csapadékmennyiség-csökkenéssel számol, míg a téli csapadék enyhe emelkedését számítja. Hosszabb távon (2070-2100 közötti időszakban) mindkét előrejelzés a nyári csapadékok erős csökkenését, az ALADIN-Climate emellett téli csapadékcsökkenést is jelez előre, éves szinten az ALADIN-Climate modell országosan 5-10%-os csökkenést, a REMO országosan gyakorlatilag azonos csapadékmennyiséget számol olyan mó-

don, hogy az Alföldön kismértékű csökkenést, a többi térségben kismértékű emelkedést jelez előre. Az éves csapadék mennyisége tehát összességében a jövőben várhatóan csökkenni fog, annak mértéke várhatóan legfeljebb 5-10% között lehet, az viszont kétséges, hogy ez a csökkenés országos vagy inkább csak az alföldi térséget érintő lesz-e.

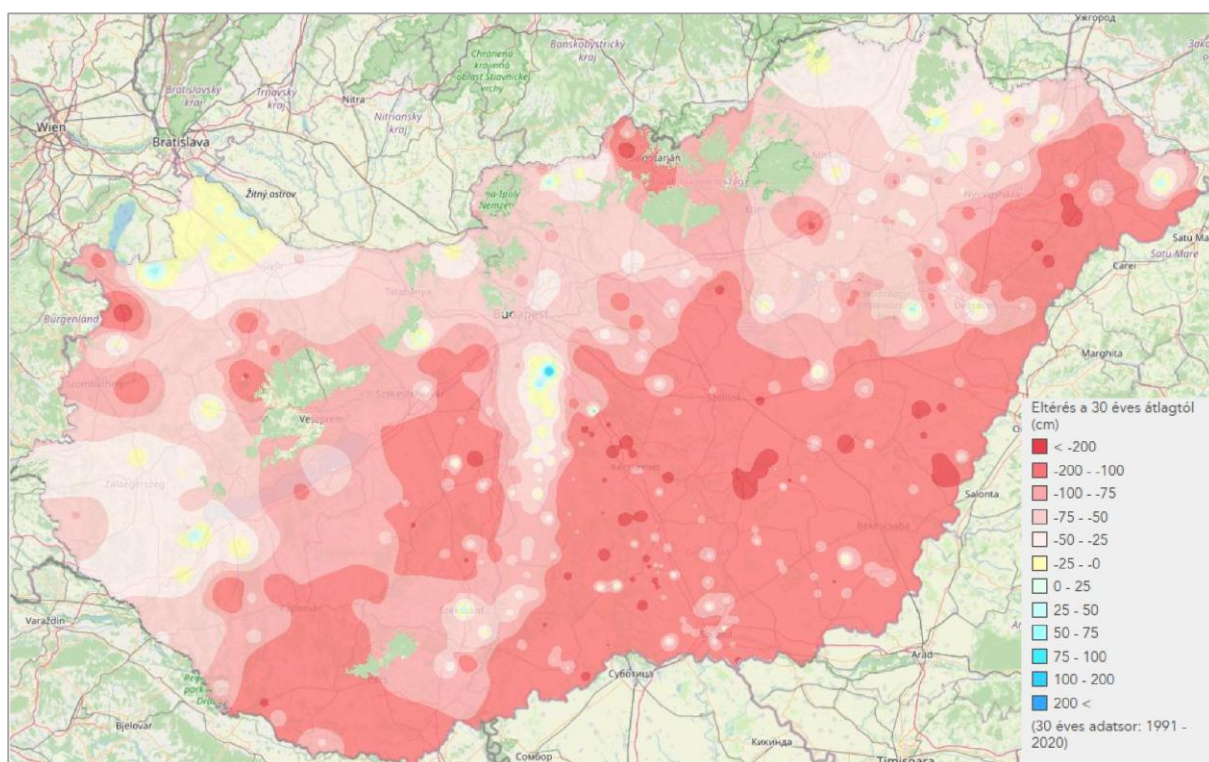
A vízmérleg kiadási oldala ugyanakkor mindenképpen emelkedni fog, ugyanis a hőmérséklet-változás emelkedő trendje megmarad, ami további párolgásnövekedést fog okozni, ami mindenképpen a talajvízszintet elérő maradó beszívargás csökkenéséhez vezet. Problémás, hogy a talajvízszintek országosan csökkennek (14. ábra), ami miatt a talajvízszintet elérő csapadék mennyisége tovább csökken. Ugyancsak a talajvízkészlet csökkenését okozza folyóink medrének mélyülése, ami a talajvízadók intenzívebb megcsapolását okozza. A kiadási oldalon a felszín alatti víztermelés mértékének rendszerváltozást követő erős csökkenési trendje előbb megállt, majd a víztermelés elkezdett emelkedni. Racionálisan gondolkodva részben a jelentős vízigénnyel jellemezhető ipari üzemek terjedése, részben a mezőgazdaságban jelentkező fokozott vízhiány, de önmagában a hőmérséklet-emelkedéssel együtt járó fokozott vízfogyasztás azt vetíti előre, hogy a felszín alatti vízkészletek termelése emelkedni fog.



13. ábra. Öntözővíz felhasználás Magyarországon (URL6)

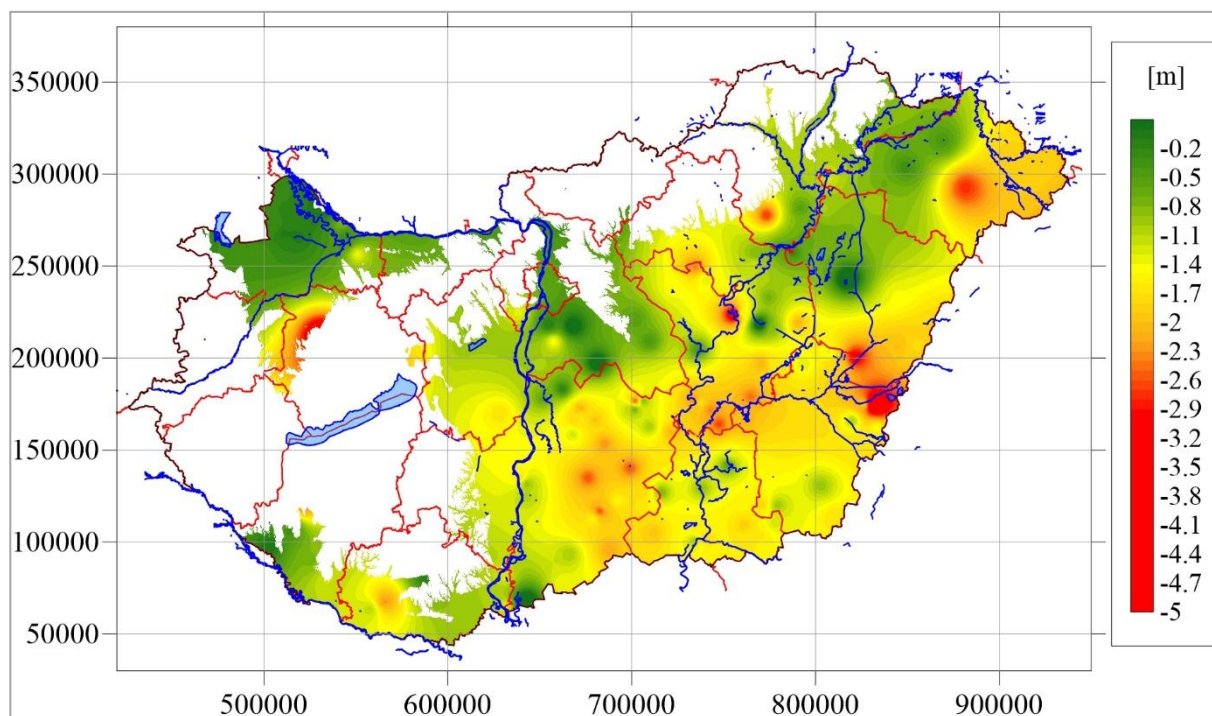
Figure 13. Irrigation water use in Hungary (URL6)

Amennyiben összevetjük az ország talajvízszintjeinek jelenlegi (2026 februári) helyzetét az 1991-2020 közötti 30 éves februári átlaggal (15. ábra), akkor egyértelmű a regionális talajvízszint-csökkenés, ami az egész alföldi jellegű térséget jellemzi. Mindezek alapján egyértelmű, hogy az ország felszín alatti vízmérlegét jelentős és egyértelmű deficit jellemzi, ami a talajvízszintek általános csökkenését okozza.



14. ábra. A 2025 októberi talajvízszintek eltérése az 1991-2020 éves átlaghoz képest (URL2)

Figure 14. Deviation of groundwater levels in October 2025 from the 1991–2020 annual average (URL2)



15. ábra. A 2026 februári talajvízszintek eltérése az 1991–2020 éves átlaghoz képest az Alföld és a Kisalföld térségében (OVF adatszolgáltatás)

Figure 15. Deviation of groundwater levels in February 2026 from the 1991–2020 annual average (data from General Directorate of Water Management)

Az OVF 2026 februári adatai alapján az Alföldön átlagosan mintegy 1,3 m-rel, a Kisalföldön 0,7 m-rel, a Nyírségben 1,2 m-rel, a Duna-Tisza közti hátság 1,45 m-rel, az ország 200 mBf alatti terepszintű, tehát alföldi jellegű térségein pedig átlagosan 1,20 m-rel mélyebben volt a talajvízszint a 30 éves átlaghoz képest (1. táblázat). Ha feltételez-

zük, hogy a leürült pórustérfogat a teljes térfogat 30%-a, akkor az országra durván becsülhető talajvízkészlet-vesztés 27–28 km³, aminek legnagyobb része az Alföld területén (21,5 km³) jelentkezik. A bemutatott adatokban a közép-hegységeink (Dunántúli- és Északi-középhegység, Mecsek stb.) vízkészleteinek csökkenése nem szerepel.

1. táblázat. A 2026 februári talajvízszinteknek az 1991–2020 éves átlaghoz képesti eltérése alapján számított közettér-fogat leürülés, becsült talajvízkészlet-csökkenés és a számított átlagos vízszintcsökkenés az ország egyes térségeiben (OVF adatszolgáltatás alapján számított értékek)

Table 1. Deviation of groundwater levels in February 2026 from the 1991–2020 annual average (data from General Directorate of Water Management)

Tájegység	Vízszintcsökkenéssel érintett közettér-fogat (km ³)	Becsült vízkészlet-hiány (km ³)	Vízszintcsökkenéssel érintett terület (km ²)	Átlagos vízszint-csökkenés (m)
Duna-Tisza közti Hátság	13,79	4,14	9 533	1,45
Nyírség	6,58	1,97	5 538	1,19
(Nagy-)Alföld	71,78	21,53	53 680	1,34
Kisalföld	3,84	1,15	5 278	0,73
Magyarország 200 mBf alatti területei	91,96	27,64	76 911	1,20

Amennyiben kiindulunk az SZTE (Szanyi és társai 2026) hidrodinamikai modellezés útján meghatározott termelési adataiból (110 millió m³/év) és a Vízterv Environ Kft. (2019) és Tran és társai (2022) számításai alapján a Nyírségre a VGT3-hoz háttéranyagként megadott vízkészlethiányból (6 km³ közettér-fogat leürülés, 1,8 km³ valós vízkészlethiány), akkor egyértelművé válik, hogy a felszín alatti vízkészlethiányt csak egy kisebb részben okozhatja a felszín alatti vizek kitermelése, mert 10–15 év alatt nem alakulhat ki 17 évnél termelésnek megfelelő vízkészletcsökkenés még a korábban említettek miatt lecsökkent maradó beszivárgások esetén sem. Valamint az sem lehetséges, hogy az illegális vízkivételekkel megnövelt víztermeléseket érdemben alulbecsültük volna.

Ebből következik tehát, hogy a felszín alatti vízkészletek csökkenését – a víztermelés gyenge emelkedésén túlmenően – az utánpótlódási viszonyok kedvezőtlen változása, annak erős csökkenése okozza, amit nem elsősorban a csapadékmennyiség lecsökkenése, hanem inkább annak évszakos eloszlása, a párolgás növekedése miatti beszivárgáscsökkenés, a szilárd halmazállapotú csapadékok előfordulásának és a hóborítottságnak az erős csökkenése határoz meg.

A klímamodellek szerint az eddigi trendek kedvező változásával a XXI. században biztosan nem számolhatunk.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Megoldási lehetőségek – elvi megfontolások

Magyarországon a felszín alatti vízkészletek vízmérlege a jelenlegi és a jövőben várható időjárási viszonyok mellett erősen deficit, amit jól mutat a talajvízszintek regionális és egyértelmű süllyedési tendenciája. Még jobban mutatja a probléma súlyát, hogy a Tóth-féle egységmedence-szemlélet (Tóth 1963, 2009) alapján kialakuló hidrodinamikai rezsimben, azaz az alföldi jellegű gravitációs áramlási rendszerekben a vízforgalom döntő része a felszín közelében zajlik le, azaz a dinamikus vízutánpótlódás lehetősége a talaj és a sekély rétegvízadók szintjén a legmagasabb (1. ábra). Ha ezekben a vízforgalom szempontjából legkevésbé érzékeny rendszerekben ekkora vízmérleghiány alakul ki, az a felszín alatti vízforgalom jelentős torzulását, sőt sérülését mutatja!

Éppen ezért mindenképpen mihamarabbi cselekvésre, szakmai szemléletváltásra és lakossági szemléletformálásra van szükség, és annak tudatosítására, hogy ha nem teszünk semmit, akkor pár évtizeden belül nem lesz elegendő ivó- és ipari vízünk. Azt a köztudatban máig élő hitet, miszerint a felszín alatti vízkészleteink korlátlan mértékben rendelkezésre állnak, el kell oszlatni, mint ahogyan azt a képzetet is, hogy ha csökkennek a vízszintek, akkor mélyebb kutakat kell a víztermelés szolgálatába állítani. Ismételten hivatkoznunk kell a gravitációs rendszerek azon hidraulikai alapon bizonyítható sajátosságára, hogy a mélységgel az elérhető dinamikus vízkészlet mennyisége exponenciálisan csökken, azaz ugyanakkora hozamokat csak exponenciálisan növekvő depressziókkal lehet tartósan kitermelni, ami a vízszintek további csökkenését okozza, ami egy egyre gyorsuló és trendjeiben fenntarthatatlan környezeti állapotot idéz elő. Mindezek miatt csak a legindokoltabb célokra és módokon szabad a felszín alatti vízkészleteket hasznosítani!

Felmerülhet a jogos kérdés, hogy hogyan juthattunk el ideig, és hogy hogyan lehet előbb a kedvezőtlen hatásokat mérsékelni, később pedig a trendeket megfordítani. Mindezek megértéséhez érdemes talán felhívni a figyelmet arra, hogy a korábbi vízgazdálkodási döntéseket egy alapvetően más helyzetben hozták, mivel az éghajlatváltozás felgyorsulását megelőző időben a felszín alatti vízkészletek mennyiségi védelme alacsony prioritású volt, tekintettel az utánpótlódási viszonyok kedvező voltára. Ebben a helyzetben természetesen a felszín alatti vízkészletek minőségi védelme volt a legfontosabb, és a döntések ilyen prioritási tengelyek mentén születtek meg. A bemutatottak talán jól jelzik, hogy ma már – bizonyos esetekben – a „mennyiségi” vízgazdálkodás érdeke azonos súlyú vagy esetleg még magasabb prioritású is kell, hogy legyen a „minőségi” vízgazdálkodás érdekénél (vízminőség-védelemnél), ugyanis például egy nagymértékű mennyiségi javulás (talajvízpótlás) prioritást élvezhet kismértékű vízminőség-romlás kockázatával szemben. Nem véletlen, hogy a VKI párhuzamosan kezeli a mennyiségi és minőségi jó állapot fenntartását, de előfordulhat, hogy azzal kell szembesülni, hogy a kétfajta állapot legkedvezőbb kombinációja egy gyenge minőségi állapot kockázatát előre vetítő, de a gyengébből jó mennyiségi állapotúvá tett víztest lesz.

Azt is egyértelműen látni kell, hogy a felszín alatti víztermelés csökkentése nem fogja megfordítani a romló mennyiségi állapotot, viszont ellehetetleníthet bizonyos szükségszerűen végzendő emberi (ipari és mezőgazdasági) tevékenységeket, azaz a víztermelés mértéke emelésének taxatív tiltása nem oldja meg a problémát!

Azt is ki kell jelenteni, hogy az imént említettek alapján egy korábban elvetett megfontolás vagy megoldás alkalmazható/alkalmazandó lehet, ha egy a korábbtól eltérő, új prioritási sorrendet alkalmazunk. Éppen ezért egy új fontossági sorrend (prioritási lista) kidolgozása szükséges, amiben szerepet kap a felszíni és felszín alatti vizek áramlási/szivárgási sebességének csökkentése, a vizek felszíni vagy felszín alatti tározásának növelése és természetesen a vízhasználatok új szemlélete mentén történő racionalizálása is.

Gyakorlati megoldások

Mivel a felszín alatti vízmérleg deficit, ezért részben a bevételi oldal növelésével, részben a kiadási oldal csökkentésével lehet eredményt elérni. Vannak vagy lehetnek olyan intézkedések is, melyek egyszerre növelik a vízkészleteket és csökkentik a víztermelést is.

Ha kiindulunk abból, hogy a vízkészletek a felszín alatt, a felszínen és a légkörben fordulnak elő, akkor általánosságban fontos lenne, hogy a felszín alatti vízkészleteinket minél kisebb mértékben alakítsuk át felszíni, illetve közvetlenül légköri vízzé (vízpára). Hasonlóképpen fontos lenne, hogy a felszíni vizeink vízpárává alakulását is – a lehetőségekhez képest – korlátozzuk. Emellett arra is szükség van, hogy a légkör víztartalmát, amikor az csapadék formájában felszíni vízzé válik, minél nagyobb mértékben visszatartsuk, s ha lehet, akár talajvízdúsítással közvetve felszín alatti vízzé konvertáljuk. Valójában a felsoroltak mindegyikére – különböző mértékben ugyan, de – van lehetőség, amiket a következőkben sorolunk fel.

Lakossági oldalról fontos lenne a minél nagyobb takarékoság, a szürkevízrendszerek megvalósításának támogatása lakossági szinten, pl. nagyobb társasházoknál, lakótelepi környezetben a szürkevízrendszer kiépítésére való kötelezés új építésű építményeknél. Ugyancsak elő kellene írni vagy a csapadékvizek kötelező gyűjtését a szürkevízrendszerekben történő hasznosítás vagy locsolás miatti vízfelhasználás csökkentése, vagy – ahol ez lehetséges – lokális elszikkasztás engedélyezését a párolgási veszteségek csökkentése érdekében.

Összességében nem szennyezett csapadékvizek szikkasztásának vagy szürkevízként történő hasznosításának támogatása vagy előírása, illetve a szennyezett csapadékvizek tisztításának és a tisztított csapadékvizek nyelésének támogatása mindenképpen szükséges lenne.

Kismértékű vízfelhasználás-csökkenést okozhat a víztakarékos csapok és tartályok használatára vonatkozó kötelezés.

Olyan térségekben, ahol erre kedvezőek az adottságok, ott meg kell fontolni egy előtisztítás után a burkolt felületekről, utakról történő csapadék-vízgyűjtés megoldását, ezeknek a tározótereknek a létesítésének anyagi támogatását, és az ott tározott vizek szabályozott körülmények közötti hasznosításának engedélyezését. A tározott vizek fel-

használása a felszín alatti víztermelések csökkenését kell, hogy eredményezze.

A mezőgazdasági területek öntözését alapvetően felszíni vizekre kell alapozni, a felszín alatti vízbázisú öntözést vissza kell szorítani, illetve feltételekhez kell kötni. Például a felszín alatti vízre telepített öntözőrendszerek esetén öntöződrén-rendszert kellene alkalmazni. A hagyományos lineár rendszerű öntözés támogatását vissza kell szorítani; az ilyen öntözések esetén a kijuttatott víz jelentős része (80%-a) azonnal elpárolog, a maradék nagyobb része pedig a talaj felszínéről, azaz a növényzet számára ennek csak minimális része hasznosul. Ezzel szemben a dréneken keresztül történő öntözés esetén alig van párolgási veszteség, nemcsak a vízfelhasználás csökken, hanem a hatékonyság is nő. Tehát nem az olcsóbb hagyományos öntözési módokat, hanem a drágább, de fenntartható öntözési eljárásokat kellene előnyben részesíteni.

Országos szinten meg kell vizsgálni a MAR (Managed Aquifer Recharge) rendszerek telepítésének lehetőségét, amivel felszíni vizek, egyes helyeken tisztított szennyvizek talajvízpótlási célú nyeletését lehet megvalósítani. Ilyen szennyvízre alapozott rendszerek arid és szemi-arid térségekben (ahol a felszín alatti vízmérleg-deficit évszázadokra nyúlik vissza) sok évtizede működnek, és ezeknek tapasztalatai alapján a kedvező víznyelő képességű, felszínközeli képződmények, például eltemetett síkvidéki folyómedrek, lefűződött kanyarulatok vízpótlása nyeletéssel megvalósíthatóvá válik. Amennyiben például a felszín alatti víztermelés okán képződő tisztított szennyvizek akár csak részben MAR rendszereken keresztül hasznosulnak, az a vízmérleg-deficitet csökkenti. Elősegítheti a szennyvízalapú MAR rendszerek elterjedését a szennyvíztelepek kibocsátási határértékeinek szigorítására irányuló EU-szabályozás várható bevezetése. Hasonlóképpen fontos lenne a tisztított szennyvizek ipari vízként, például hűtővízként történő felhasználásának támogatása olyan helyeken, ahol a tisztított szennyvizek minősége az ipari célú felhasználást nem akadályozza. Ahogyan a geotermikus hőhasznosításnál, úgy a vízhasznosításnál is kaskádrendszereket kell kialakítani, ahol egy adott vízhasználat lefolyó vizeit többszöri hasznosítás után lehetne csak a felszíni vízfolyásokba juttatni. Mindez természetesen többletköltségek mellett, de hatékonyabb vízfelhasználást eredményez. Új ipari létesítmények telepítésénél elsődleges szempontnak kell(ene) lennie a megfelelő mennyiségű és minőségű ipari víz rendelkezésre állása és a fejlesztéseknél előnyben kell részesíteni a kevésbé jó ipari vízminőséget kívánó technológiák alkalmazását az említett kaskádrendszerű vízhasznosítás érdekében.

Át kell gondolni a belvízstratégiát. A belvíz elleni védekezés esetén – ahol lehetséges – a belvizeket nem a területről levezetni, hanem arra alkalmas területen például nagy átmérőjű kavicskutakkal elnyeletni szükséges. A megfelelő talajművelési módok alkalmazásával meg kell teremteni a téli hidrológiai félév csapadékainak minél nagyobb mértékű beszivárgását, el kell kerülni a rossz talajművelés okozta beszivárgáscsökkenés okozta álbelvizek megjelenését. Ahol lehet, ott öntöződrén-rendszereket kell telepíteni, amiket lehetőség szerint, – amikor az rendelkezésre áll – felszíni vizekkel kell megtáplálni.

Át kell tekinteni a felszíni víztározás lehetőségeit, a korábbi terveket felül kell vizsgálni. Az országban számos sík- és dombvidéki tározó terve készült el, melyek anyagi források hiányában nem valósultak meg. Amennyiben a létesítésük feltételei még mindig adóttak, akkor elsősorban öntözési célú, de akár ökológiai célú vízpótlásra is ezeket a tározókat meg kell építeni annak érdekében, hogy a mezőgazdaság vízellátását minél nagyobb részben felszíni vízre lehessen átállítani.

Meg kell említeni, hogy a mezőgazdasági területek időszakos elárasztása, azaz a „*Vízet a tájba!*” program is közvetve segítheti a felszín alatti vízkészlet-gazdálkodást. A mezőgazdasági területek elárasztása a téli, párolgásmentes időszakban hasznos lehet, mivel a mezőgazdasági talajok pórusaiban érdemi mennyiségű vizet raktároz el, ami csökkenti a mezőgazdaság – részben felszín alatti – öntözővízigényét. Általánosságban az elárasztás – néhány kedvező adottságú területtől eltekintve – nem, vagy csak igen kis mértékben hat a talajvízadókra, sokszor érdemi talajvízpótlást nem jelent, hanem a talajvíz feletti háromfázisú zóna vízellátását javítja meg erősen. Mára az általános talajvízszint-csökkenés miatt a talajvíz szintje annyira mélyre került, ezáltal a háromfázisú vagy más néven vadózus vagy telítetlen zóna annyira megvastagodott, hogy az jelentős mennyiségű vizet tud tározni, aminek egy része a felszíni párolgástól védett mélységbe kerül. Ilyen módon a mezőgazdasági területek elárasztása a felszín alatti vízkészletek szempontjából mindenképpen előnyös, de érdemi talajvízszint-emelő hatása nincs. Azokon a területeken, ahol a talajvíz táplálására a földtani-vízföldtani adottságok kedvezőek, MAR-rendszereket lehet szükséges és indokolt a jövőben telepíteni. Sajnos a medrek süllyedése miatt a gravitációs elven történő elárasztásra az alacsony folyóvízszintek miatt egyre ritkábban van mód, de ahol és amikor a gravitációs elöntés megvalósítható, azt érdemes megtenni.

Mesterséges beavatkozásokkal növelni kell a vízádóban tározott vizek mennyiségét, csökkenteni kell a felszín alatti vizek szivárgási sebességét, ezáltal megnövelni a tartózkodási időket a beszivárgási helyektől. Ennek megvalósítása érdekében a felszíni vizek, vízfolyások szintjét mindenképpen emelni kell, amivel megvalósulhat a talajvizek hidraulikai megtámasztása. A felszín alatti vízkészleteink csökkenése miatt tehát szükséges emelt szintű vizek kialakítása, a lehetőségektől függően fenékküszöbök létesítése, esetleg duzzasztások megvalósítása. A felszíni vizek szintjeinek megemelésével megnő a lehetőség az árterek, a csatornák, csatornarendszerek gravitációs módon történő táplálására, ezáltal a felszíni és felszín alatti vizek minél jelentősebb mértékű visszatartására. A potenciál-szintek mesterséges emelésével, akár több kilométer széles zónában többletvizek tárolhatók (a 10. ábrán bemutatott folyamatok ellenkező irányú megvalósításával) elhanyagolható mértékű párolgás mellett, ami lehetővé teszi a betárolt vízkészletek szükség szerinti kitermelését aszályos vagy száraz időszakban, FAVÖKO vízkészletek biztosítását a növényzet számára és emellett kellemesebb mikroklimát is biztosíthat a térség lakosságának is.

A talajvízrendszereknél szóba jöhet a talajvízlépcsőzés is, ahol a talajvíz-szivárgás útjába épített, felszín alá sülly-

lyesztett gátakkal duzzasztjuk vissza a talajvizeket egyben lassítjuk le a szivárgást a szintek emelése érdekében.

A vízkészlethiány miatti prioritások megváltozása anyagi eszközök mihamarabbi rendelkezésre bocsátását is megköveteli, látni kell, hogy a jelenlegi folyamatok mellett egyre nagyobb nehézségekkel fog a vízellátás szembenézni, sőt egyes térségekben a lakossági és ipari vízellátás a jövőben akár teljesen el is lehetetlenülhet és egyre nagyobb és egyre nehezebben visszafordítható folyamatok indulhatnak el a vizes élőhelyek károsodásában, valamint a növényzet pusztulásában.

IRODALOMJEGYZÉK

BKÉR (2025). Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer. Éves jelentések. Miskolci Egyetem.

EU (2000). Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról, Document 32000L0060 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=celex:32000L0060> (Letöltés dátuma: 2025.12.18.)

ITM (2018). A 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia, https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2022/10/VGT3/hatteranyagok/1_6_hatteranyag_NES_Ogy_alta_elfogadott.pdf

Kozák, P (2025). Felszíni vízkészleteink változása a Tisza-völgyben, tapasztalatok, kilátások a klímaváltozás tükrében, „Víz a tájban – Klímaadaptáció konfliktusokkal” konferencia, 2025. november 6. https://www.hidrologia.hu/wp-content/uploads/2025/11/05_Dr.-Kozak-Peter_2025_10_29_VTT_Aszaly_konf_ea_tomortett_short.pdf

Lénárt, L. (2022). 30 éves Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) és a rendszer legfontosabb észlelő kutja, az Nv-17. Hidrológiai Közlöny, 102. évf. 4. sz. pp. 22-30.

Lénárt, L. (2024). A hatékony csapadékcsoportok és a fajlagos vízszint emelkedések kapcsolata a BKÉR néhány figyelőpontja adatai alapján. Felszín Alatti Vizekért Alapítvány, Konferenciakiadvány, XXX. Almássy Endre Konferencia a Felszín Alatti Vizekről ISBN 978-615-02-4331-3. Siófok, 2024. szeptember 18-19.

SZERZŐ



KOVÁCS BALÁZS okleveles bányamérnök (hidrogeológus-mérnökgeológus, Nehézipari Műszaki Egyetem, 1989), 1999-ben szerzett PhD fokozatot a Miskolci Egyetemen a földtudományok területén. 1992 óta főállású oktató-kutató, a Nehézipari Műszaki Egyetemen, a Szegedi Tudományegyetemen, illetve a Miskolci Egyetemen. Jelenleg a Miskolci Egyetem Műszaki Föld- és Környezettudományi Karán egyetemi docens, intézeti tanszékvezető. Főbb kutatási területei a hidrodinamikai, anyag és hőtranszport-modellezés, vízkutatás, vízkészlet-gazdálkodás, alkalmazott hidrogeológia és geotechnika.

Szanyi, J., Abdulhaq, H.A., Hegyi, R., Gál, T., Szabó, É., Lossos, L., Tóth, E. (2026). Assessment of Changes in Groundwater Resources Due to Climate Change for the Purpose of Sustainable Water Management in Hungary. Preprints 2026, 2026012237. <https://doi.org/10.20944/preprints202601.2237.v1>, in press.

Tran, H.Q., Fehér, Zs.Z., Turi, N., Rakonczai, J. (2022). Climate Change as an Environmental Threat on the Central Plains of the Carpathian Basin Based on Regional Water Balances, *Geographica Pannonica*, Volume 26, Issue 3, pp. 184–199 (September 2022), | ISSN 1820-7138 <https://doi.org/10.5937/gp26-37271>

Tóth, J. (1963). A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. – *Journal of Geophysical Research* 68/16, pp. 4795-4812. <https://doi.org/10.1029/JZ068i016p04795>

Tóth, J. (2009). Gravitational systems of groundwater flow – Cambridge University Press, p. 297. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511576546>

Víziterv Environ Kft (2019). Az aszálykockázat kezelése és a klímaalkalmazkodási képesség javítására irányuló intézkedések meghatározása - A víz keretirányelv előírásai szerinti állapotértékelések, elemzések, vizsgálatok, valamint a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek második felülvizsgálata és korszerűsítése, KEHOP-1.1.0-15-2016-00008, szakvélemény, https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2021/04/Aszaly_VGT3_2021.pdf (letöltés: 2026.02.01)

URL1. odp.met.hu

URL2. <https://geoportal.vizugy.hu/talajvizkutak/index.html> (Letöltés dátuma: 2026.02.02.)

URL3. https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_hazai_valtozasok/hom-erseklet_es_csapadektrendek/csapadekosszegek/index.php (Letöltés dátuma: 2025.11.03.)

URL4. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/ (Letöltés dátuma: 2025.11.02.)

URL5. <https://data.vizugy.hu/>

URL6. www.ksh.hu