

A közelmúltban előfordult hidrometeorológiai szélsőségek hatása a Balaton vízjárására

Varga György okl. hidrológus, monitoring referens
varga.gyorgy@ovf.hu
Országos Vízügyi Főigazgatóság, 1012. Budapest, Márvány u. 1/D

Jakus Ádám okl. környezetkutató, okl. hidrológus, kiemelt műszaki referens
jakus.adam2@ovf.hu
Országos Vízügyi Főigazgatóság, 1012. Budapest, Márvány u. 1/D

Kravinszkaja Gabriella okl. hidrológus, osztályvezető
kravinszkaja@kdtvizig.hu
Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, 8000. Székesfehérvár, Balatoni út 6.

Bevezetés

A Balaton vízháztartásának nyomon követése és értékelése alapvető feltétele a vízforgalmat meghatározó vízháztartási tényezők átfogó, megbízható ismeretének. A tó egy adott időtartamra vonatkozó vízforgalma az alábbi vízháztartási egyenlettel írható le:

$$\Delta K = (C+H) - (P+L+V_h)$$

ahol,

C a tó felületére hulló csapadék
H hozzáfolyás a tóhoz
P párolgás a tó felületéről
L lefolyás a tóból (szabályozott vízeresztés a Sió-zsilipen át)
V_h vízelhasználás a tóból
ΔK a tó vízkészlet-változása

ΔK_T a tó természetes vízkészlet-változása ΔK_T = (C+H) – P

A Balaton vízháztartásának elemzéséhez 1921 óta állnak rendelkezésre ellenőrzött, megbízhatónak tekinthető havi és évi bontású vízháztartási mérlegek. Ez azt jelenti, hogy vízháztartási tényezőnként jelenleg 97 éves (1921-2017) idősorokkal rendelkezünk.

Az alábbi 1. táblázatban összefoglaltuk a tó vízforgalmát meghatározó vízháztartási tényezők átlag- és szélsőértékeit.

Vízháztartási tényező	Minimum	Átlag	Maximum
	tómm/év*		
A tófelületre hulló csapadék (C)	309	617	929
Hozzáfolyás a tóhoz (H)	236	851	1974
Párolgás a tó felületéről (P)	723	896	1073
A tó természetes vízkészlet-változása (ΔK_T)	-281	572	2031
Lefolyás a tóból (L)	0	553	2031
Vízfelhasználás a tóból (V_h)**	11	28	51

* 1 tómm ~ 600 000 m³ vízmennyiség; ** a közölt értékek az 1971-2017. időszakra vonatkoznak

1. táblázat: A Balaton vízháztartási tényezőinek sokévi (1921-2017) átlag- és szélsőértékei

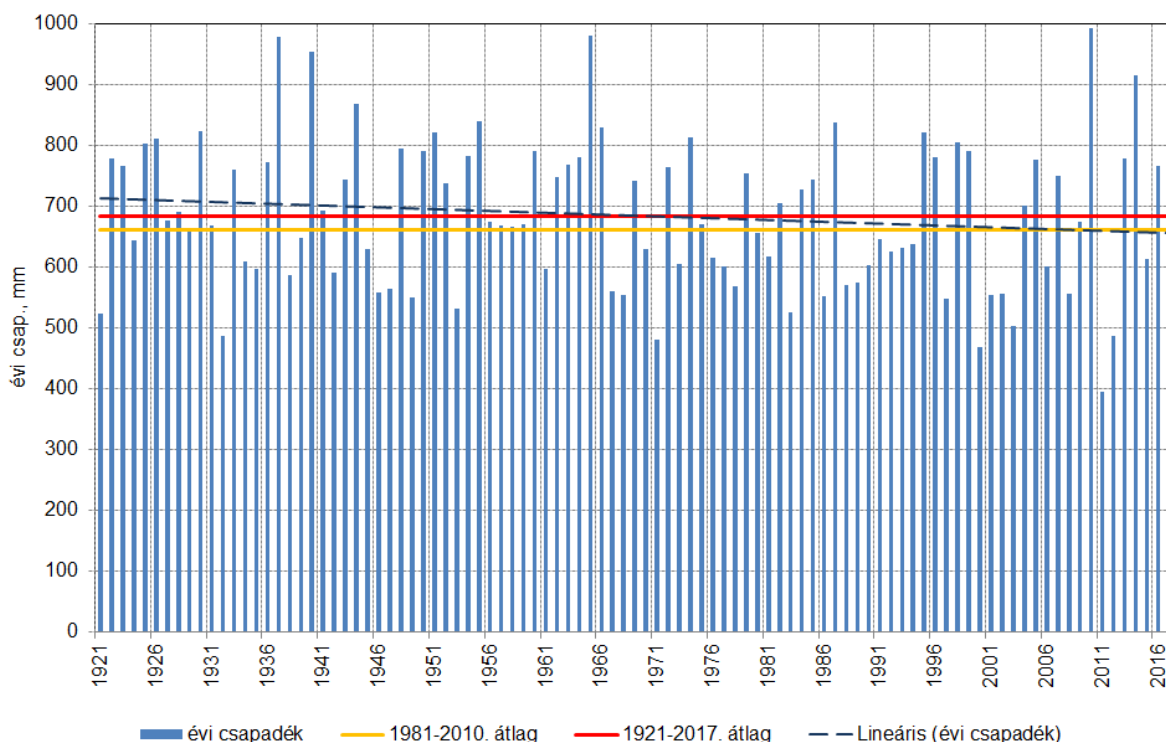
Megállapítható, hogy a természeti tényezők által meghatározott vízháztartási tényezők közül a legkisebb változékonyságot – a maximum és a minimum hányadosa alapján – a párolgás (P), a legnagyobbat a hozzáfolyás (H) mutatja.

A Balaton – sokévi átlagban – lefolyásos tó, az átlagos évi lefolyás mintegy 90%-a a tóra hulló évi átlagos csapadékmennyiségnek. A tó lefolyása a Sió-csatornán keresztül 1863 óta szabályozott. A tóból történő vízlevezetés mértékét és időtartamát a mindenkori vízgazdálkodási igények és a vízszint-szabályozási rend együttesen határozzák meg.

1. A Balaton-vízgyűjtő és a Balaton egyes hidrológiai és hidrometeorológiai paramétereinek hosszú idejű alakulásának jellemzése

1.1. A Balaton-vízgyűjtőre hulló csapadék

A Balaton-vízgyűjtőre hulló évi csapadék mennyiségének meghatározása 25 csapadékmérő állomás mérési adataiból képzett területi átlag alapján történik. Az 1.1. ábrán szemléltetjük a Balaton-vízgyűjtőre érkező csapadék évi összegeit.



1.1. ábra: A Balaton-vízgyűjtőre hulló csapadék évi összegei (1921-2017)
(adatforrás: OMSZ)

A teljes időszakra (1921-2017) vonatkozó átlag 684 mm/év, a szélsőértékeket – két egymást követő évben (!) –, a minimumot (395 mm) 2011-ben, a maximumot (992 mm) 2010-ben jegyezték fel.

A Balaton vízgyűjtő területére érkező csapadékmennyiség jellemzéséhez alkalmaztuk a WMO ajánlását (WMO, 1983), ami a meteorológiai paraméterek – évtizedenként továbbléptetett – 30 éves átlagértékeinek alakulása alapján javasolja a hosszú távú változások bemutatását és értékelését. Ennek szemléltetésére állítottuk össze az alábbi 1.1. táblázatot.

Időszak	Átlagos évi csapadékmennyiség (mm/év)
1921-1950	700
1931-1960	701
1941-1970	705
1951-1980	697
1961-1990	672
1971-2000	658
1981-2010	662

1.1. táblázat: A Balaton vízgyűjtő területére hulló évi csapadék 30 éves átlagértékei

Az 1.1. ábra szerint az 1960 évek közepétől – a korábbi időszakokhoz képest – nagyobb számban fordultak elő az átlagosnál szárazabb évek.

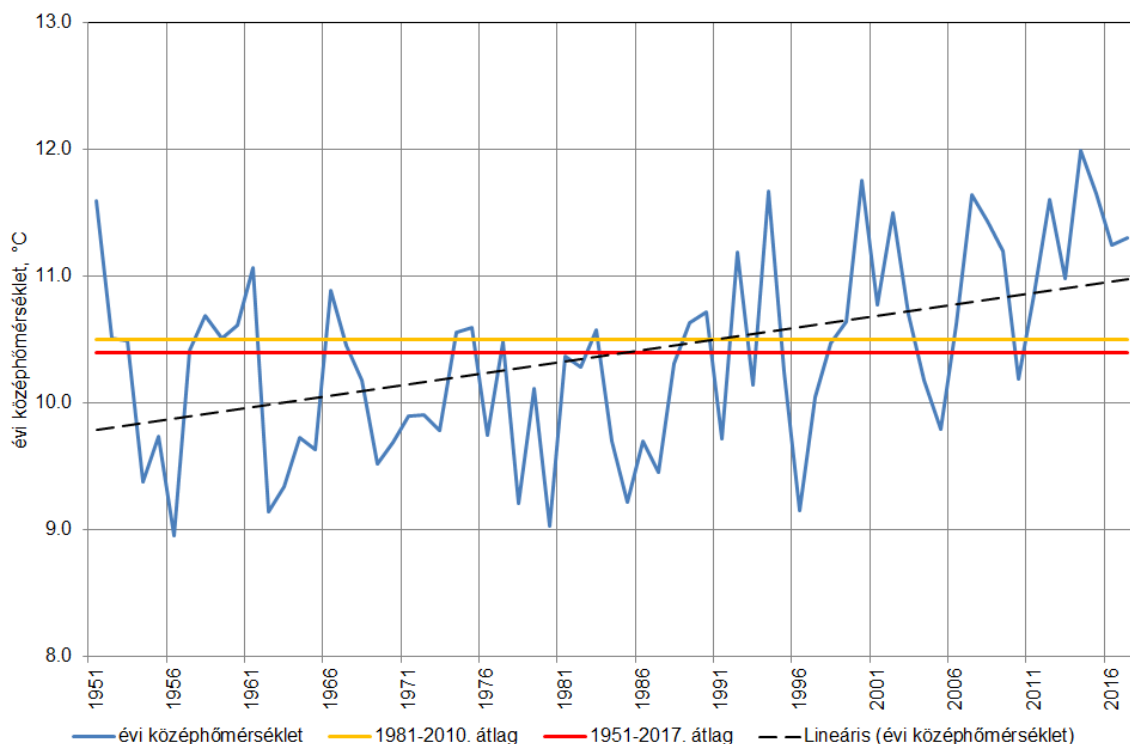
Ez a jelenség halmozódó vízhiányt eredményez a vízgyűjtőn, ami – a hozzáfolyás tartós csökkenése miatt – kedvezőtlenül érinti a tó vízforgalmát, tartós vízkészlet- és vízszintcsökkenést okoz.

Külön kiemelésre érdemes a 2000 és 2003 közötti 4 éves időszak. Ekkor a négy év alatt felhalmozódott, a sokévi átlaghoz viszonyított összegzett csapadékhiány (653 mm) megközelítette az egyéves átlagos csapadékmennyiségnek megfelelő értéket és 4 egymást követő éven keresztül csaknem 80 év után az addig észlelt legszélsőségesebb deficit vízhiányt okozta.

1.2. A léghőmérséklet alakulása a Balaton vízgyűjtő területén

A Balaton-vízgyűjtő évi középhőmérsékletének – területi átlagban – alakulását 4 állomás adatainak felhasználásával határoztuk meg az 1951-2017 időszakra. A vízgyűjtő sokévi (1951-2017) átlaghőmérséklete: 10,4 °C.

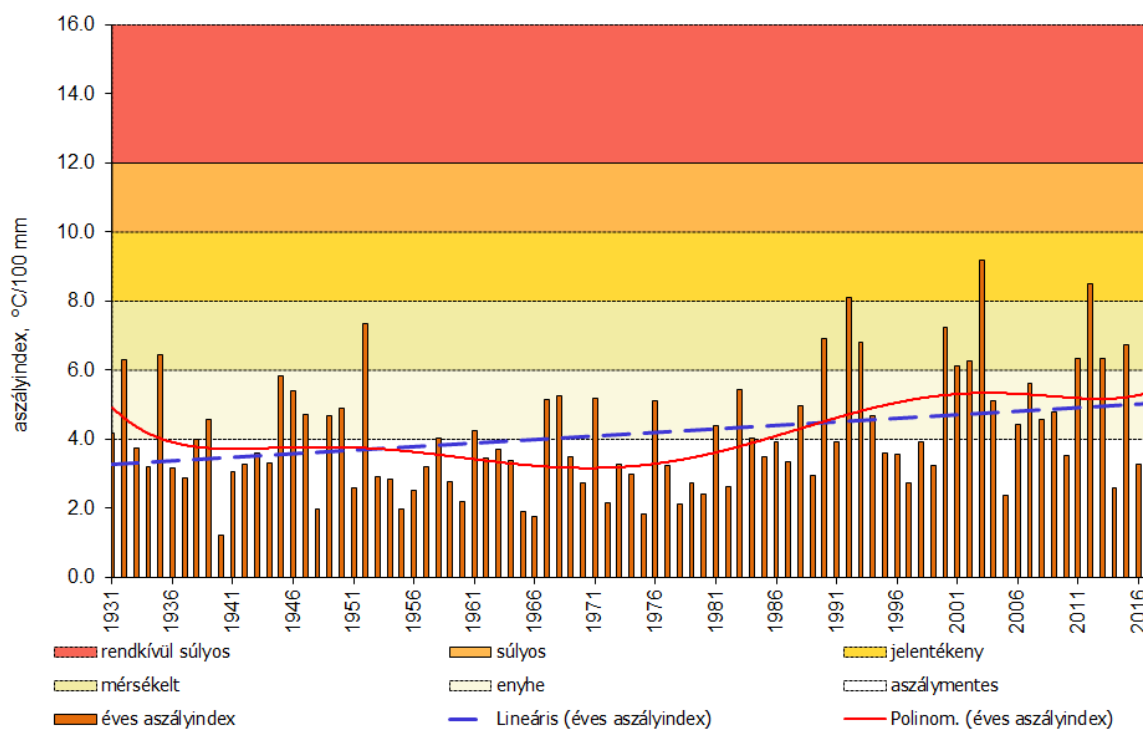
A vízgyűjtő évi középhőmérsékleteinek idősorát és trendjét az 1.2. ábra mutatja. A trend 99%-os szinten statisztikailag szignifikáns. Az 1.2. ábrát áttekintve megállapítható, hogy az erőteljes melegedés az 1980-as évek közepétől kezdődött el a tó vízgyűjtő területén.



1.2 ábra. A Balaton-vízgyűjtő éves átlagos léghőmérsékleteinek idősora (1951-2017)
(Forrás: OMSZ, VITUKI, OVF)

1.3. A Pálfai-féle aszályindex alakulása a Balaton vízgyűjtő területén

A Pálfai-féle évi aszályindex Balaton-vízgyűjtőre vonatkozó területi átlagait 6 állomás adatainak felhasználásával határoztuk meg. Az 1931-2017 időszakra vonatkozó idősort a 1.3. ábrán szemléltetjük.

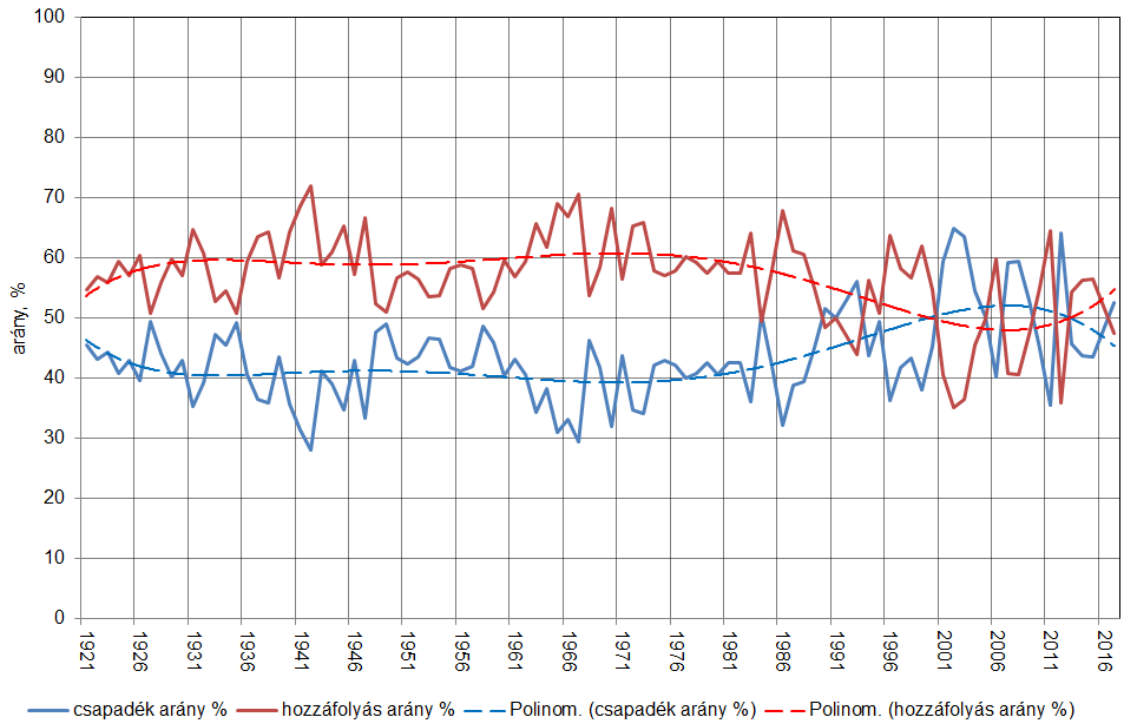


1.3. ábra: A Pálfai-féle évi aszályindex területi átlagának alakulása a Balaton vízgyűjtő területén, 1931-2017 (adatforrás: ATIVÍZIG, Szeged)

Az 1.3. ábra szerint a tó vízgyűjtő területén az aszályhajlam lassú, fokozatos erősödése állapítható meg. Ez különösen az 1980-as évek második felétől mutatkozik határozottan, amit a mérsékelt és jelentékeny aszályjal jellemezhető évek számának és gyakoriságának – a korábbi időszakhoz viszonyítva – feltűnő növekedése jelez.

1.4. A tó vízmérlegének bevételi oldalán a tóra hulló csapadék és a tóhoz történő hozzáfolyás arányának időbeli alakulása

A Balaton vízháztartási mérlegének bevételi oldalát két vízháztartási tényező, a tó felületére hulló csapadék és a tóhoz történő hozzáfolyás összege alkotja. Az 1.4. ábrán a vízmérleg bevételi oldalán ezen két vízháztartási tényező arányának időbeli alakulását mutatjuk be.



1.4. ábra: A csapadék és a hozzáfolyás arányának időbeli alakulása a Balaton-vízmérleg bevételi oldalán, 1921-2017

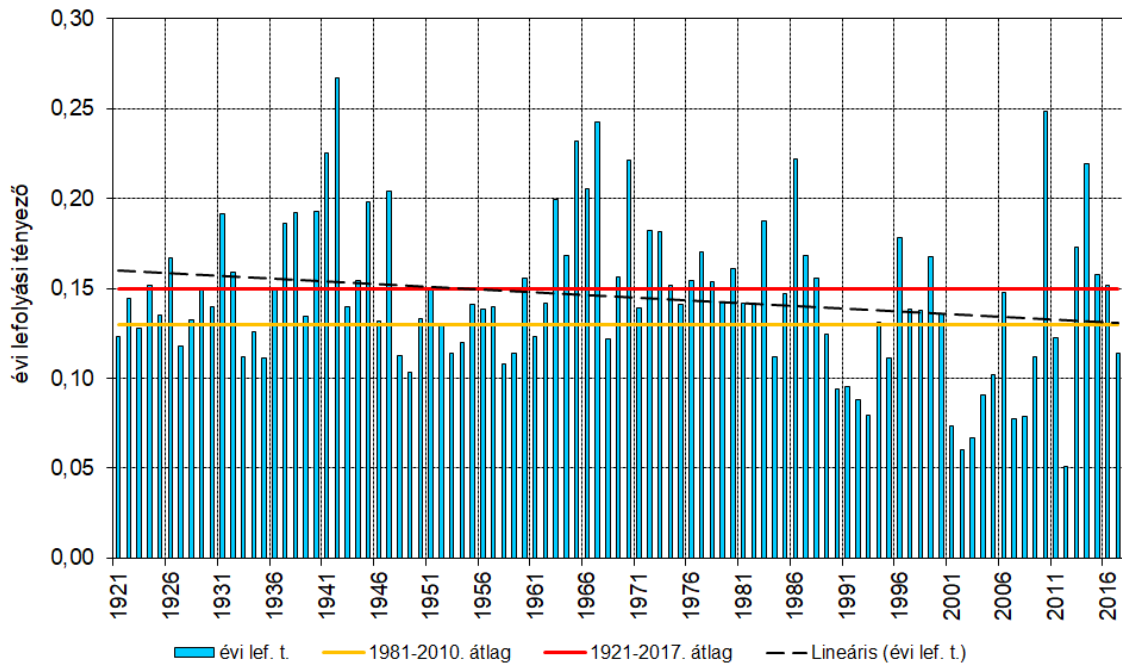
Az 1.4. ábrát áttekintve megállapítható, hogy az 1980-as évek elejéig – viszonylag jelentős szórás mellett – a tóra hulló csapadék, az évi változékonyságot kiegyenlítve mintegy 40%-os, a tóhoz történő hozzáfolyás az évi változékonyságot kiegyenlítve mintegy 60%-os arányban szerepelt a vízmérleg bevételi oldalán.

Ezt követően ezek az arányok megváltoztak, időként helyet cseréltek, kiegyenlített értékük egymáshoz közelebb került. A jelenség magyarázatára tudományos igényű, okfeltáró vizsgálat ezidáig nem készült.

Valószínűsíthető, hogy a tapasztalt változások lehetséges okai között a csapadékviszonyok változása és az emelkedő hőmérséklet következtében a vízgyűjtőről történő növekvő területi párolgás miatt (is) adódó lefolyás-csökkenés (a Balaton vízforgalma szempontjából hozzáfolyás-csökkenés) szerepet kaphat.

1.5. A lefolyási tényező alakulása a Balaton vízgyűjtő területén

A tó vízgyűjtő területéről történő évi lefolyás és az ugyanerre a területre érkező évi csapadék hányadosaként értelmezett évi lefolyási tényező 97 éves idősorát az 1.5. ábrán szemléltetjük.



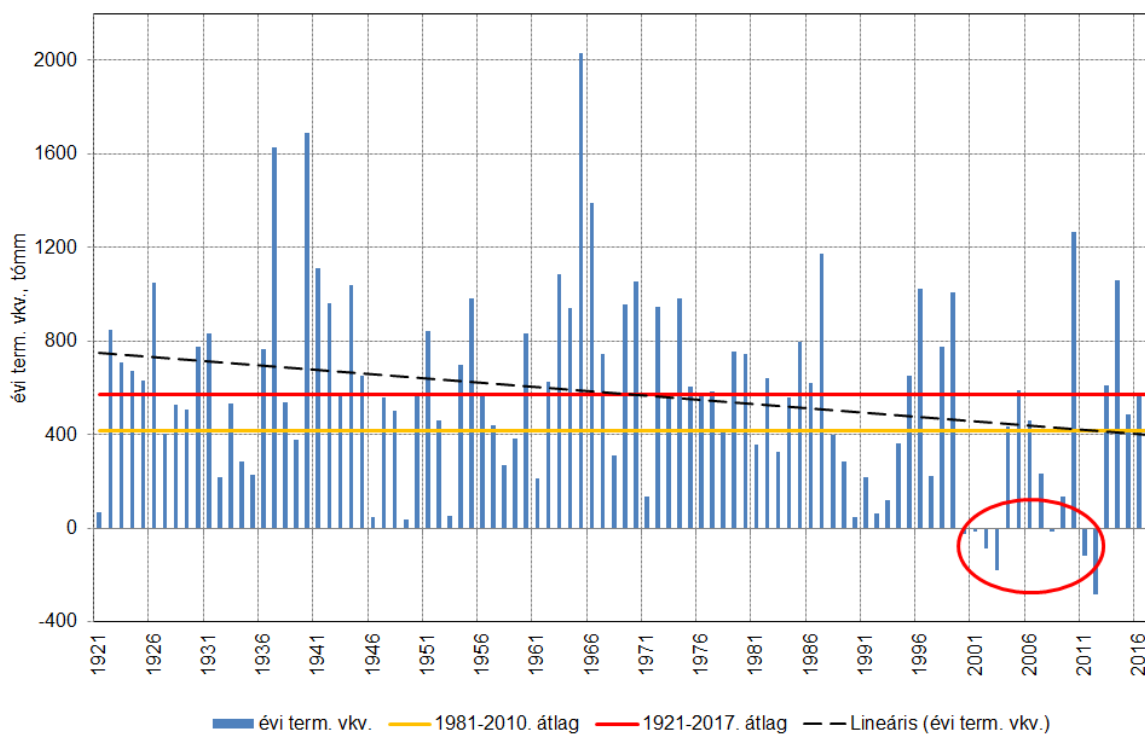
1.5. ábra: Az évi lefolyási tényező alakulása a Balaton vízgyűjtő területén, 1921-2017

Az 1.5. ábrát áttekintve megállapítható, hogy a lefolyási tényező időbeli változását a csökkenő irányultság jellemzi. Ennek az okairól sem készült még részletes, tudományos igényű és részletességű elemzés. Valószínűsíthető, hogy a lefolyás szignifikáns csökkenésének, az 1.4. alfejezetben megjelölt okoknak, és a vízgyűjtőn bekövetkezett területhasználat tér- és időbeli változásainak (pl. az erdősültség változása, újonnan létrehozott szabad vízfelületek növekedése) együttes hatása érvényesülhet.

1.6. A Balaton természetes vízkészlet-változása (a csapadék, a hozzáfolyás és a párolgás előjelhelyes összege)

Egy tó vízháztartásában természetes vízkészlet-változásként a természeti tényezők által meghatározott vízháztartási tényezők (a Balaton esetében a tóra hulló csapadék, a tóhoz történő hozzáfolyás, valamint a vízfelületről történő párolgás) algebrai összegét értjük. Ez a számított mutatószám integráltan jellemzi a tó vízháztartásának alakulását.

Az 1.6. ábrán a Balaton évi természetes vízkészlet-változásának idősorát mutatjuk be.



1.6. ábra: A Balaton évi természetes vízkészlet-változása, 1921-2017

Az 1.6. ábrán szembevetendő az 1970-es évek közepétől jellemző erőteljes csökkenő irányultság, amely feltűnő hasonlóságot mutat a hozzáfolyás ugyanezen időszakban bekövetkezett változásával. További kiemelésre méltó tény az, hogy az 1921 és az 1999 közötti időszakban a természetes vízkészlet-változás évi összegének minden évben pozitív volt az előjele. Ez azt jelenti, hogy a tó természetes vízbevétele (csapadék+hozzáfolyás) több volt, mint a természetes vízleadás (párolgás) értéke. Ezt követően a 2000 és 2017 közötti 18 éves időszakban 7 olyan év fordult elő, amikor a természetes bevétel kisebb volt, mint a természetes kiadás! Ezek a tények figyelmeztető jelekként értékelhetők a tó vízforgalmában, arra utalva, hogy elsősorban a természeti tényezők kedvezőtlen irányú változásai (melegedés, szárazodás) meghatározóan hozzájárulhatnak a tó vízháztartásának a deficitességre irányuló fokozatos eltolódásához.

A Balaton természetes vízkészlet-változásának jellemzéséhez is figyelembe vettük a WMO ajánlását (WMO, 1983), amely a meteorológiai (és hidrológiai) paraméterek – évtizedenként továbbléptetett – 30 éves átlagértékeinek alakulása alapján javasolja a hosszú távú változások bemutatását és értékelést (1.3. táblázat).

Időszak	Átlagos évi természetes vízkészlet-változás (tómm/év)
1921-1950	645
1931-1960	623
1941-1970	698
1951-1980	707
1961-1990	696
1971-2000	532
1981-2010	416

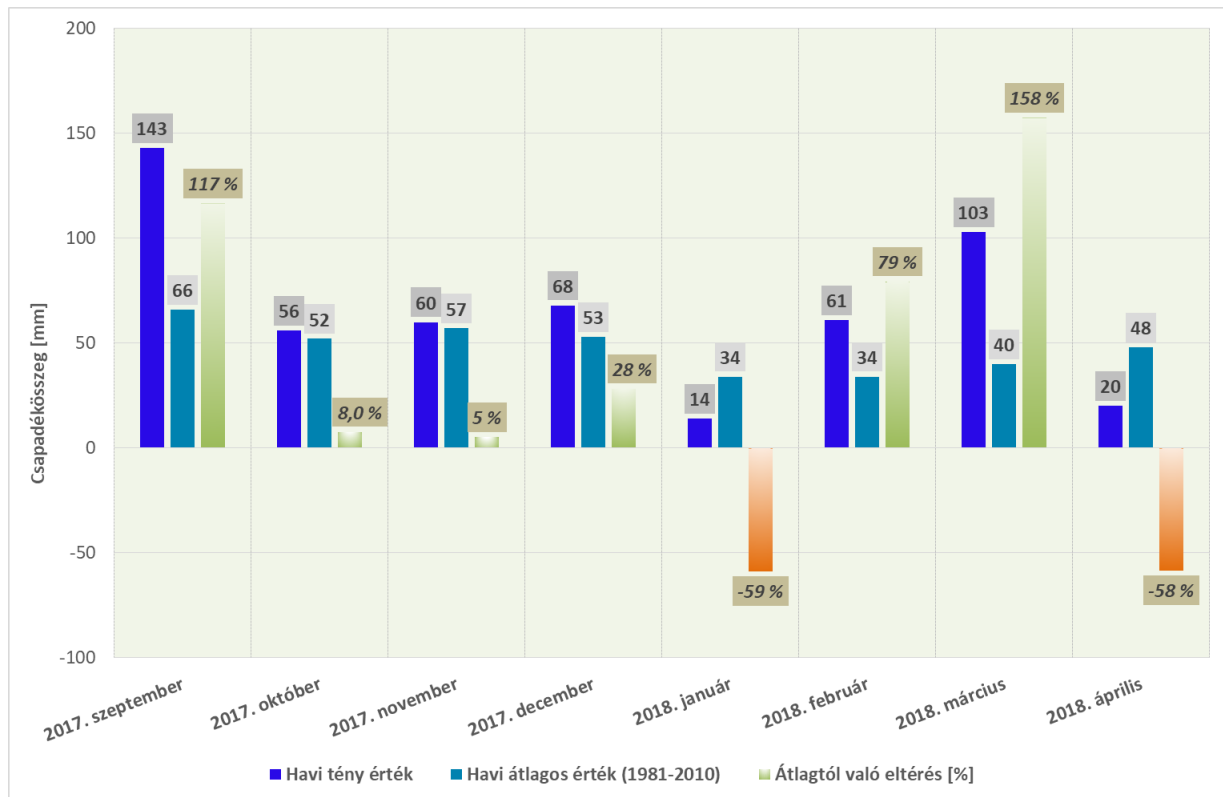
1.3. táblázat: A Balaton évi természetes vízkészlet-változásának 30 éves átlagértékei

2. Szélsőségek vonzásában - a Balaton 2018 tavaszi magas vízállásának okfeltáró hidrológiai értékelése

A szélsőséges meteorológiai és hidrológiai tényezők hatására a Balaton átlagvízállása 2018 februárjában (2018. február 3.: 122 cm) átlépte a jelenleg érvényben lévő vízszint-szabályozási határozatban rögzített, az adott időszakra meghatározott maximális szabályozási szintet (a téli hidrológiai félévben (november-április): 115 cm +5% = 121 cm; a hidrológiai nyári félévben (május-október): 120 cm + 5% = 126 cm). A vizsgált időszakban előforduló maximális vízállás (2018. április 1.:133 cm) kialakulásához vezető tényezők elemzéséhez 2017 szeptemberéig tekintünk vissza. Tesszük ezt azért, hogy figyelembe vegyük a Balaton-vízgyűjtő „emlékező képességét”, a megelőző időszak hidrológiai állapotát.

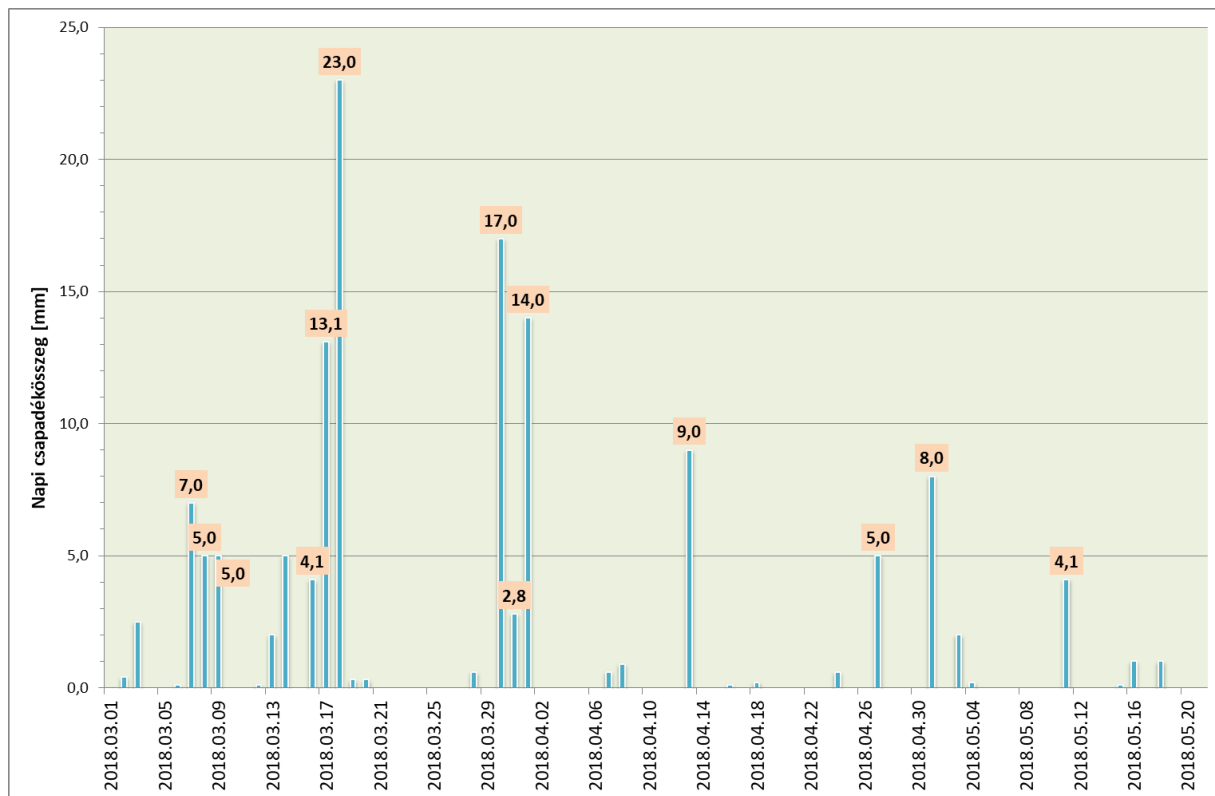
2.1. A Balaton vízgyűjtőre hulló csapadék alakulása (2017. szeptember – 2018. április)

A Balaton-vízgyűjtőre hulló csapadék havi összegeinek (2.1. ábra) vizsgálata alapján megállapítható, hogy a 2017. szeptember – 2018. április közötti időszakban két hónap kivételével (2018. január és április) a 30 éves (1981-2010) havi éghajlati átlagértéknél több csapadék érkezett a vízgyűjtőre. Ebből a sorból kiemelkedik 2017 szeptembere, amikor az éghajlati átlagértéknél 117 %-kal több csapadék hullott a területre, ellensúlyozva ezzel 2017 nyarának vízhiányát. Továbbá 2018 februárjában (79 %-os csapadéktöbblet) és márciusában még nagyobb pozitív anomáliát (158 %) tapasztalhattunk az éghajlati átlagértékekhez képest. A hosszú távú, 1921 óta rendelkezésre álló adatsorok alapján a február-március a második legcsapadékosabb időszaknak bizonyult.



2.1. ábra: A Balaton-vízgyűjtőre hulló csapadék tényleges havi (2017. 09. - 2018. 04..) és átlagos (1981-2010) értékei

Az éghajlati átlaghoz képest jelentős pozitív anomáliával rendelkező időszakok hónapon belüli csapadékeseményei időben nagy variabilitást mutatnak, jelezve ezzel a szélsőségek jelenlétét. 2018 márciusában három egymást követő nap során hullott le eső formájában a siófoki március havi átlagérték 134 %-a (2.2.ábra). Ezen időszakra jellemző, hogy több esetben egymást követő 2-3 nap alatt érkezett a vízgyűjtőre jelentős csapadékmennyiség. A talaj telítettségének növekedésével a vízgyűjtőn a beszivárgás intenzitása fokozatosan csökkent, megnövelve ezáltal a vízgyűjtőről történő felszíni lefolyást, ami a tó szempontjából hozzáfolyásként jelentkezik.



2.2. ábra: Siófokon mért napi csapadékösszegek – 2018. március 1. – május 22.

2.2. A Balaton-vízgyűjtő hidrológiai állapotértékelése

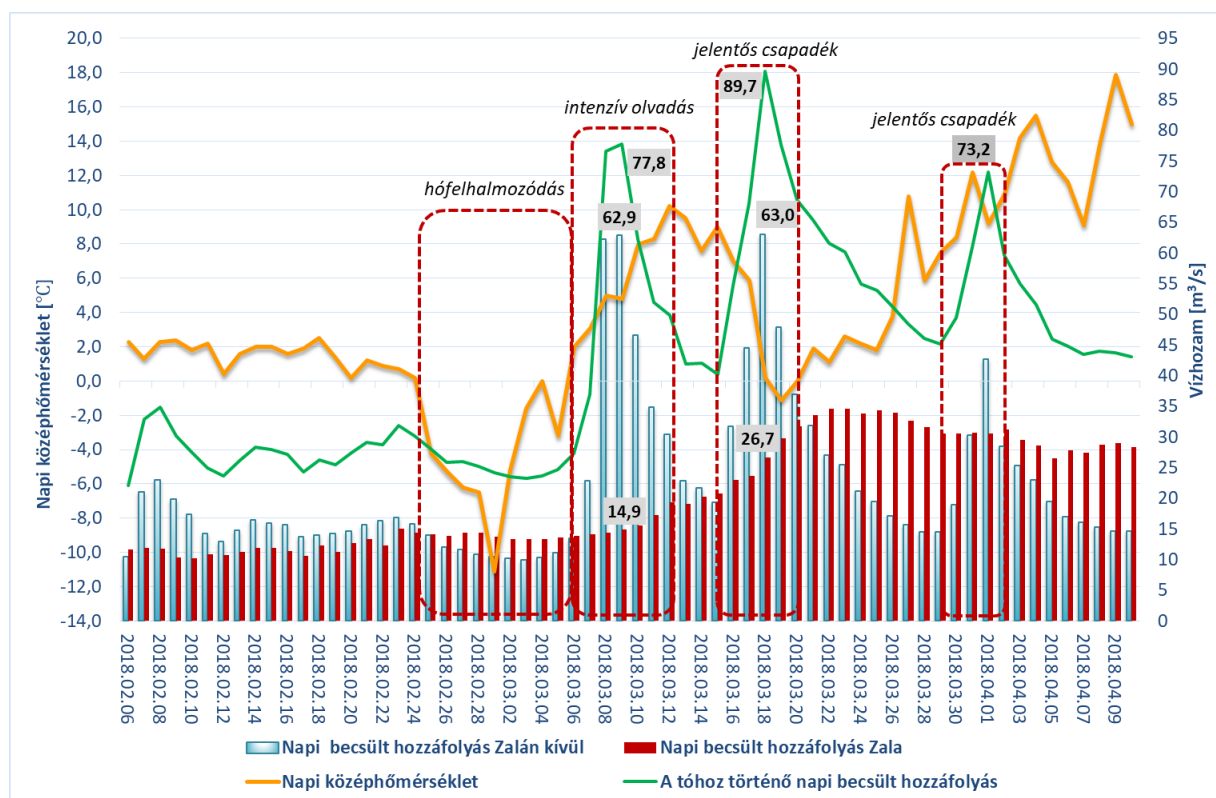
Az állapotértékelés során a napi középhőmérséklet meghatározásához felhasználtuk a vízgyűjtőn található meteorológiai (OMSZ) állomások által mért hőmérséklet adatokat.

A Zalából a Balatonba érkező vízhozam napi átlagai a fenékpusztai ultrahangos vízhozam mérő adatait tükrözik. A tó vízgyűjtő területének többi részéről érkező hozzáfolyás becslésénél ultrahangos vízhozam mérők adatait és a mérőszelvények vízállás adataiból képzett vízhozam értékeket használtuk fel. A 2018. február 7. és 2018. május 1. közötti időszakban napi rendszerességgel elkészített vízállás-előrejelzések relatív és abszolút hibáinak elemzése alapján elmondható, hogy a vízmérleg-egyenletben a hozzáfolyás becslése nem terhelt jelentős hibával. A vízállás előrejelzésben időnként jelentkező számottevő eltéréseket a csapadék-előrejelzések bizonytalanságai okozták.

A hidrológiai események megértéséhez alapvetően négy fontos időszak vizsgálata válik szükségessé, melyet a 2.3. ábrán szaggatott lehatárolással jeleztünk.

Az első időszakban - 2018. február végén - egy erős, sarkvidéki eredetű hidegbetörés érte el hazánkat, aminek hatására a léghőmérséklet jelentősen visszaesett. A február 25. – március 5. közötti időszakban a Balaton-vízgyűjtő napi középhőmérséklete tartósan negatív tartományban maradt. Ezen időszak alatt a csapadék hó formájában hullott, megnövelve a vízgyűjtő hóban tárolt vízkészletét. A hideg időjárásban a mélypont 2018. március 1-én következett be (napi középhőmérséklet: -11,1 °C), amit igen intenzív felmelegedés és olvadás követett. Fontos megjegyezni, hogy a hidegbetöréssel nem járt egyidejűleg a csapadék érkezése, így a talaj felsőbb rétegei átfagytak, megszüntetve ezzel a talajba történő további beszivárgás lehetőségét. Az intenzív olvadás kezdetén az Országos Vízeljáró Szolgálat (OVSZ) adatai alapján 30-40 mm hóvízgyenyértékben kifejezhető vízkészlet volt a vízgyűjtőn.

A második időszakot a hirtelen és jelentős melegedés jellemezte (az intenzív olvadási időszak napi középhőmérsékleti maximuma 2018. március 12-én: 10,2 °C), aminek következtében intenzív olvadás indult meg. A léghőmérséklet az éjszakai órákban is pozitív tartományban alakult, ami az olvadást nem tudta számottevően csökkenteni. A hóolvadás szempontjából kívánatos nappali olvadás-éjszakai visszafagyás állapota nem állt elő. A vízgyűjtőn felhalmozódott hó mennyiség 3-4 nap alatt teljes mértékben elolvadt. Az olvadákvíz a fagyott felső talajréteg miatt kezdetben teljes mértékben, majd az idő előrehaladtával fokozatosan csökkenő mértékben felszíni lefolyással érte el a Balaton medrét és növelte vízkészletét.



2.3. ábra: A Balaton-vízgyűjtő napi középhőmérséklete és a Zala valamint a Zala kívül érkező hozzáfolyás napi becsült értéke (2018.02.07. - 2018.04.10.)

Az intenzív olvadás következtében a Zala, valamint a vízgyűjtő többi részéről érkező hozzáfolyás napi becsült értéke drasztikusan megemelkedett. A hirtelen meginduló nagymennyiségű víz hatására a déli parti vízfolyások közül a Sári-csatorna Marcali-Bize mérőszelvényén LNV-t meghaladó vízállás (2018.03.08.: 106 cm) alakult ki. Az intenzív felmelegedéssel és olvadással járó időszak becsült csúcs vízhozama 2018.03.09-én 77,8 m³/s-

nak adódott. Ekkor a Zalából érkező becsült hozzáfolyás $14,9 \text{ m}^3/\text{s}$, míg a vízgyűjtő terület többi részéről érkező hozzáfolyás $62,9 \text{ m}^3/\text{s}$ volt.

A hozzáfolyás értékek vizsgálata alapján megállapítható, hogy a Zala vízgyűjtője és a Zalán kívüli vízgyűjtő egészen más karakterisztikával rendelkezik. A Zalán elinduló árhullám a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer hatására ellapul és jelentős késleltetési idővel éri el a fenékpusztai torkolatot. Mindezek következtében a fenékpusztai hozzáfolyás értékek lassú, de tartós növekedést mutatnak. Ezzel ellentétben a Zalán kívüli hozzáfolyás mértékét az intenzív olvadás idején, (már az esemény bekövetkeztekor, néhány órán belül) határozott növekedés majd rövid idő alatt gyors csökkenés jellemzi.

Az ismertett tényezők hatására a vízgyűjtőt már magas talajtelítettségi értékek jellemezték a harmadik időszak kezdetére, a március 16-18. között érkező nagycsapadékokat megelőzően. Emiatt az ezen időszakban lehullott csapadék döntő hányada szintén felszíni lefolyás útján hagyta el a vízgyűjtőt. Az intenzív olvadásnál nagyobb, mintegy $90 \text{ m}^3/\text{s}$ -os (március 18.) becsült csúcs vízhozammal jellemezhető a március 16-21. közötti időszak. A Zalán kívül érkező becsült hozzáfolyás hasonlóan alakult, mint az intenzív olvadás során. A Zalán ekkora már magasabb vízhozam értékek voltak jellemzők, mert a korábban kialakult árhullám elérte a fenékpusztai torkolatot, így jelentősen megnövelte a hozzáfolyást (március 18.: $26,7 \text{ m}^3/\text{s}$).

A következő jelentős csapadék március végén, április elején érkezett a vízgyűjtőre. A betorkolló vízfolyásokon levonuló árhullámok következtében átmenetileg újra jelentősen megnőtt a Balatonhoz történő becsült hozzáfolyás. A március 21-30. közötti időszakban a Balaton-vízgyűjtőn a léghőmérséklet jelentősen emelkedett, a hidrometeorológiai tényezők ideálisak voltak, elősegítve a talaj nedvességtartalmának csökkenését. Ezen hatás mérsékelte a hónap végén lehullott nagycsapadék felszíni lefolyását, a becsült csúcs vízhozam mégis $70 \text{ m}^3/\text{s}$ fölött alakult. Ennek okát a Zala vízrendszerében lezajló hidrológiai folyamatok lomhaságával magyarázhatjuk. A megelőző hidrometeorológiai események következtében létrejövő árhullámok a vízrendszeren való lassú áthaladás során szuperponálódtak és tartósan magas, $30 \text{ m}^3/\text{s}$ közeli vízhozamokat eredményeztek az utolsó időszakra a fenékpusztai torkolatnál.

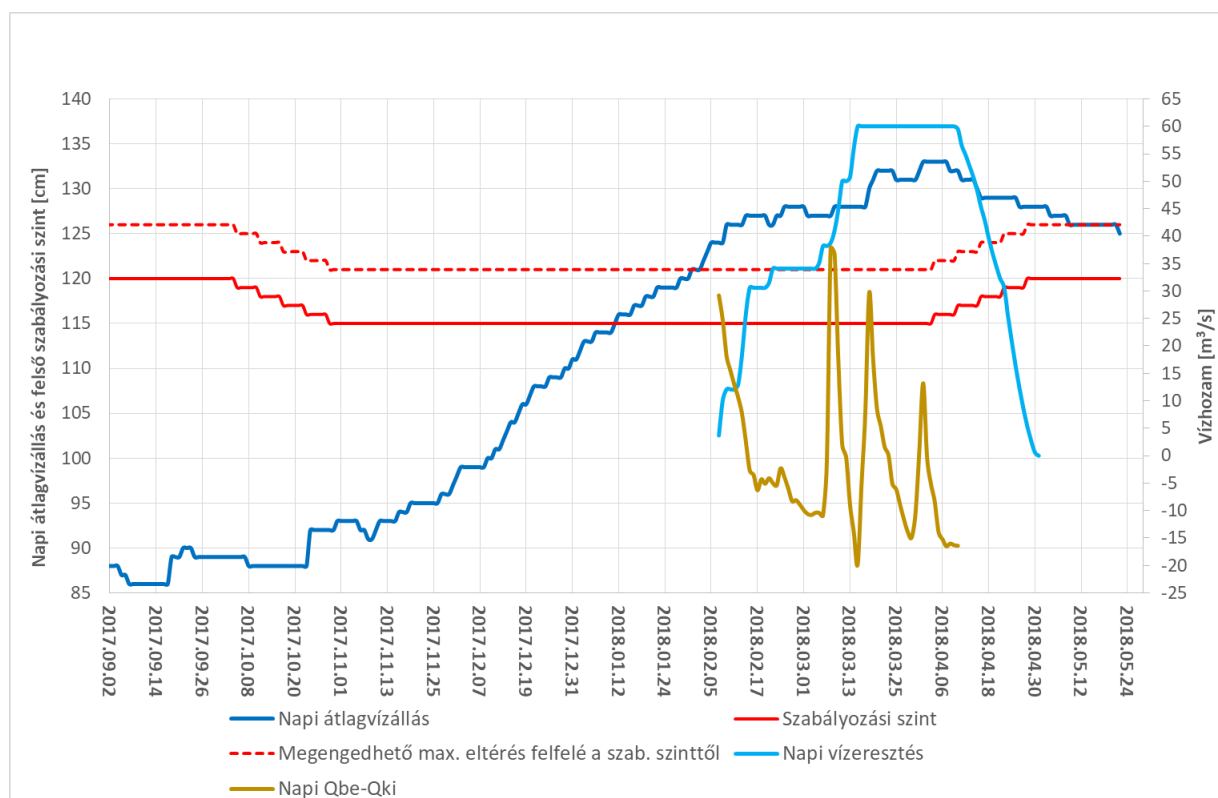
2.3. A Balaton vízszint-szabályozása, az átlagvízállás alakulása

A Balaton átlagvízállásán Tihany-rév és Balatonakali vízmércéken a reggel 7 órát megelőző 24 óra, órás gyakoriságú méréseinek az átlagát értjük. Az alkalmazott átlagvízállás számítási módszer kiküszöböli a szél hatására fellépő jelentős vízmozgások (hossz- és keresztirányú kilendülés, hullámzás) vízállásra gyakorolt hatását.

A Balaton napi átlagvízállásának adatsorát (2.4. ábra) vizsgálva láthatjuk, hogy 2017 szeptemberének csapadékos időjárása nem járt együtt a vízállás jelentős növekedésével. Ennek oka, hogy a szeptemberi csapadék a megelőző nyári időszak területi vízhiányát pótolta a vízgyűjtőn, ezáltal csak kis része került felszíni lefolyással a Balatonba. Továbbá szeptember hónapban az éghajlatváltozás következtében, egyre meghatározóbb vízháztartási tényezőnek tekinthető, a vízgyűjtőn végbemenő evapotranszpiráció, valamint a tófelületről történő párolgás.

Az átlagvízállás 2017. október végétől határozottan emelkedni kezdett, ami illeszkedett a hazai viszonyaink között a sekély tavakat jellemző ősz végén és télen tapasztalható átlagos vízjárási menetbe. A hatályos vízszint-szabályozási határozatban rögzített szabályozási szintet ($115 \text{ cm} + 5\% = 121 \text{ cm}$) 2018. február 3-án lépte át a tó átlagvízállása. A Sió-zsilipen történő, vízszint-szabályozási célú vízeresztés február 7-én kezdődött meg, 124 cm -es

átlagvízállás mellett. A Sió-zsilip műszaki állapota és a víz levezetésére szolgáló Sió-meder állapota a vízeresztés mértékének lassú és fokozatos emelésére nyújtott lehetőséget.



2.4. ábra: A Balaton napi átlagvízállása és vízszint-szabályozása a 2017.09.01.- 2018.05.22. közötti időszakban

Az ismertett intenzív hóolvadás előtti időszakban a vízeresztés mértéke $34,1 \text{ m}^3/\text{s}$ volt. Ez az érték átmenetileg egy szinten tartó, igen lassú apadást előidéző állapotot tudott biztosítani. A Sió-zsilipen levezetett vízhozam és a vízgyűjtő területről történő hozzáfolyás közötti különbség $10 \text{ m}^3/\text{s}$ -nak adódott. Az erős felmelegedés hatására a zsilip további nyitása vált szükségessé. Március 9-én a hóolvadás következtében kialakuló csúcs vízhozam idején a tóhoz történő hozzáfolyás $37 \text{ m}^3/\text{s}$ -al haladta meg a vízeresztés mértékét, ami a vízállás szempontjából napi 5,3 tómm-es növekményt okozott.

A Sió-zsilip további nyitásával (2018. március 11.: $50 \text{ m}^3/\text{s}$) szintén egy átmenetileg szinten tartó, igen lassú apadást előidéző állapot állt fent. Az előrejelzett jelentős csapadéokra való felkészülés érdekében a vízeresztés mértéke 2018. március 15-én elérte a $60 \text{ m}^3/\text{s}$ -os értéket.

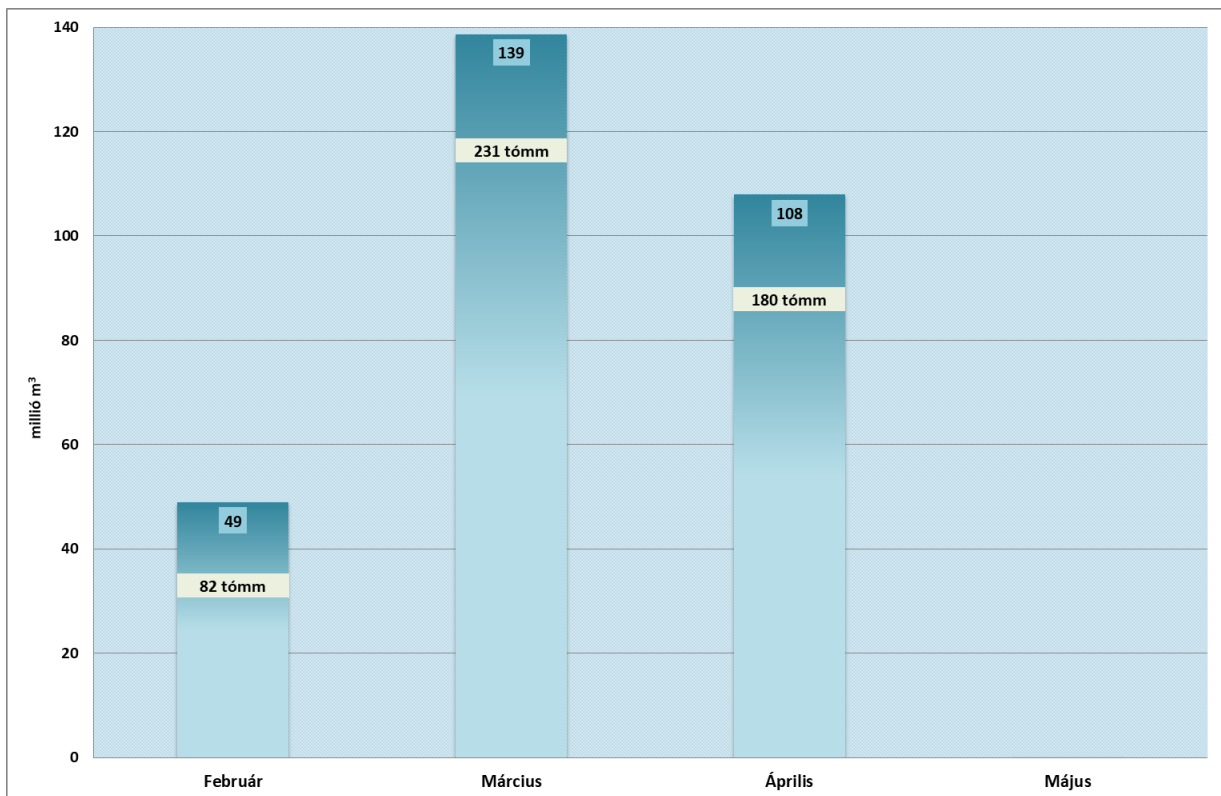
A Sió-meder állapotát figyelembe véve a Sió-zsilip március 15. – április 9. közötti időszakban maximális, $60 \text{ m}^3/\text{s}$ -os vízeresztés mellett üzemelt. Mindezek ellenére a több hullámban érkező nagycsapadékok hatására – 2018. február és március időszak 1921 óta a második legcsapadékosabb időszaknak adódott – a hozzáfolyás március 17-23. és március 30. – április 1. között megszakítás nélkül meghaladta a vízeresztés mértékét. A 2018 tavaszán tapasztalt becsült csúcs vízhozam ($89,7 \text{ m}^3/\text{s}$) idején közel $30 \text{ m}^3/\text{s}$ -os, napi 4,3 tómm-es vízállás növekedés volt tapasztalható.

A március havi természetes-vízkiáramlás változás az elemzések szerint 281 tómm, ami meghaladja az 1981-2010-es adatok statisztikai vizsgálata alapján az 1 %-os meghaladási valószínűséget (100 évente átlagosan egyszer bekövetkező vízháztartási helyzet).

A Sió-zsilip fokozatos zárása 2018. április 10-én kezdődött meg. A Sió medrében a vízeresztés következtében keletkező károk mérséklése érdekében, a vízeresztés intenzitásának csökkentését, a zsilip zárását kizárólag kiemelt figyelem mellett és több órás, akár napos pihentetések alkalmazásával lehet elvégezni. Ennek következtében a 60 m³/s-os vízeresztési intenzitásról közel három hét alatt, május 1-re sikerült a zsilip teljes zárásáig eljutni.

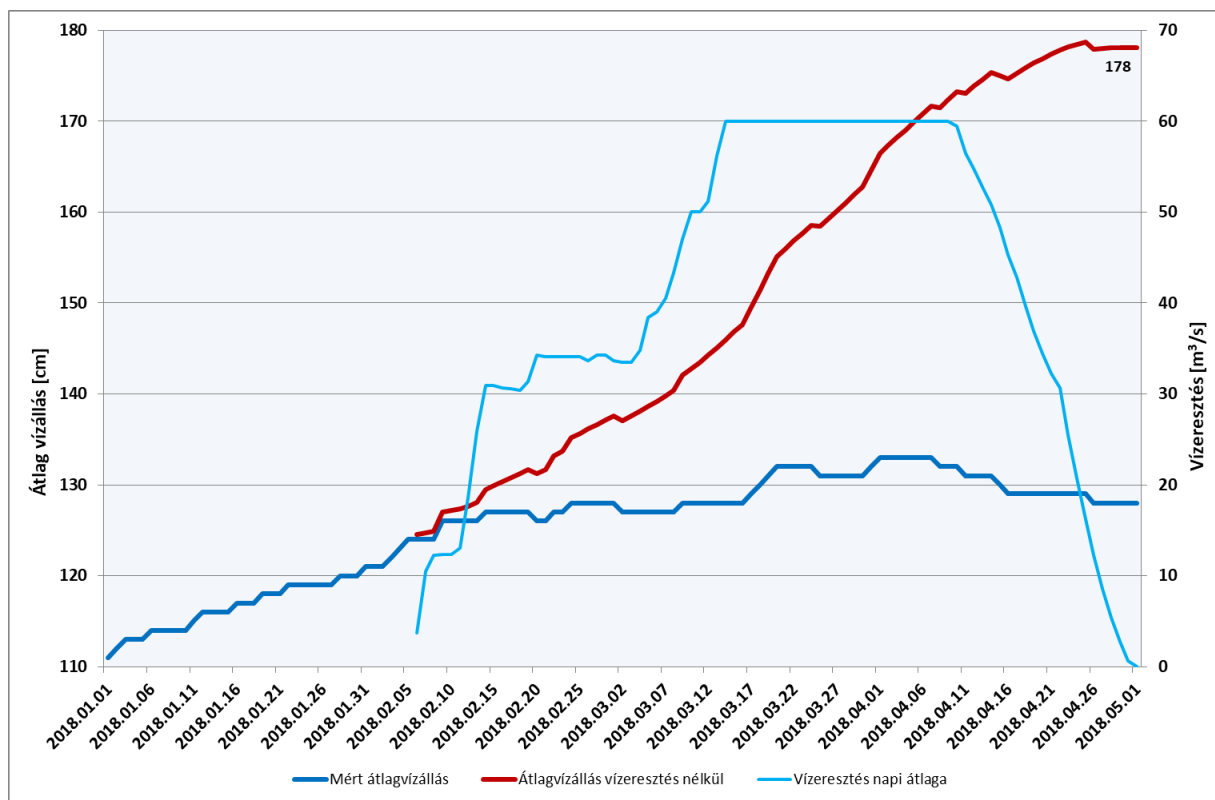
A Sió-zsilipen keresztül a vízeresztés ideje alatt (2018. február 7. – május 1.) a Balatonból mintegy 300 millió m³ (295 579 368 m³) víz levezetésére került sor (2.5. ábra), ami 493 tómm vízoszlopnak felel meg. A 2018-as évben a május 1-ig levezetett vízmennyiség, az 1981-2010-es teljes évi átlagértékhez képest 31%-os többletet mutat.

Vízeresztés nélküli állapotot feltételezve, a szimulált modellfuttatások eredményei alapján a Sió-zsilip zárásakor – 2018. május 1-én – a Balaton átlagvízállása 178 cm-es értéken tetőzött (2.6. ábra) volna.



2.5. ábra - A Sió-zsilipen levezetett vízmennyiség havi alakulása 2018.02.07. - 05.01. között

(1 tómm ~ 600 000 m³ vízmennyiség)



2.6. ábra: A mért és vízeresztés nélküli állapotot szimulált Balaton átlagvízállás alakulása

Összegzés, kitekintés

A mintegy 3,5 m átlagmélységű Balaton jellegzetes sekély tó. Ezek a tavak mind mennyiségi, mind minőségi vonatkozásban rendkívül érzékenyek a környezeti változásokra. A mennyiségi érzékenység a vízforgalmat meghatározó vízháztartási tényezők változékonyságában nyilvánul meg, amelyek – egyéb, a vízháztartást érintő emberi beavatkozások mellett – együttesen határozzák meg a vízállás mindenkori alakulását. Az elmúlt másfél évtized vízháztartási folyamatai számos intő jellel szolgáltak. Elsősorban a szélsőségesebbé váló időjárás hatására gyakrabban és nagyobb mértékben fordultak elő szokatlan, mindenképpen szélsőségesnek nevezhető vízháztartási állapotok.

Tekintettel arra, hogy a Balaton természetes tó, de egyúttal hazai és nemzetközi értelemben is széles körben hasznosított üdülőt, a fenntarthatóság érdekében, valamint a természeti tényezők szélsőségei mérséklésére a megoldási lehetőségek egyik lépése a mederbeli tározás. Ezen célkitűzés eléréséhez szükséges a döntés-előkészítési folyamathoz folytatni, illetve újraindítani azokat a tudományos igényű és megalapozottságú kutatási programokat, amelyek a vízháztartási folyamatok pontosabb és megbízhatóbb értékelését és – tekintettel az éghajlatváltozásra – előrejelzését szolgálják.

Értékelve és összefoglalva a 2017. őszi-téli, valamint a 2018 tavaszán tapasztalt hidrológiai és hidrometeorológiai tényezőket, elmondható, hogy a vízháztartási elemek és a vízforgalom alakulásában tapasztalható anomáliák nem tekinthetők példa nélkül álló kirívó szélsőségeknek. Rugalmas, hidrológiai alapokat alkalmazó és szakértői véleményeket figyelembe vevő vízszint-szabályozással, az ehhez szükséges feltételek átgondolt, teljes körű megteremtésével a szélsőségesnek tekinthető helyzetek kezelési lehetősége jelentősen javítható.

Felhasznált irodalom

- Baranyi, S.:** (1975): A Balaton hidrológiai jellemzői 1921-1970, VITUKI Tanulmányok és kutatási eredmények 45. szám, Budapest
- Baranyi, S.:** (szerk.)(1975): A Balaton kutatási eredményeinek összefoglalása. Vízügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató 112.sz., Budapest
- Bendefy, L.:** A Balaton vízszintjének változásai a neolitikumtól napjainkig
Hidrológiai Közlöny 48. sz.
- KDT VIZIG:** (1993...2017): A Balaton vízháztartási mérlegei. Témajelentés,
Siófok
- KDT VIZIG BVK:** A balatoni vízeresztés vízrajzi tapasztalatai. Témajelentés,
Siófok, 2006. február
- K+F Consulting Kft.:** A Balaton vízgyűjtő területének átfogó hidrológiai vizsgálata, különös tekintettel a lefolyási viszonyok drasztikus változására és a hozzáfolyás csökkenésére; Tervtanulmány, Veszprém, 2015. november
- Magyar Tudománytár 1. kötet;** Föld, víz levegő; Kossuth Kiadó, 2002.
- Nemzeti Éghajlati Stratégia 2008-2025;** www.kvvm.hu
- Országos Meteorológiai Szolgálat (2008):** Klímadinamikai tevékenység, OMSZ kiadvány,
Budapest
- Virág Á.:** A Balaton múltja és jelene; Egri Nyomda Kft., 1997.
- Virág Á.:** A Sió és a Balaton közös története (1055-2005)
Közlekedési és Dokumentációs Kft., Budapest, 2005.
- VITUKI (1980):** A Balaton kutatása és szabályozása, VITUKI Közlemények 27. Budapest,
1980.
- VITUKI (2002):** A Balaton ideiglenes vízszint-szabályozási rendjével kapcsolatos
hatások és tapasztalatok elemzése II. ütem. Témajelentés,
tsz.: 714/1/5371-01, Budapest
- VITUKI (2003):** A Balaton vízpótlásának szükségessége: hidrológiai elemzések végzése.
Témajelentés, tsz.: 721/1/6131-01, témafelelős: Varga György;
Budapest
- Vízügyi Közlemények, A Balaton** című különszám, Budapest, 2005.