

Sok víz – kevés víz ?!

Gondolatok a Balaton vízháztartási viszonyainak alakulásáról

*Varga György okl. hidrológus, kiemelt műszaki referens
varga.gyorgy@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.*

Kivonat

A Balaton mintegy 3,5 m átlagmélységű sekély tó. A sekély tavak fontos jellemzője, hogy mind mennyiségi, mind minőségi vonatkozásban rendkívül érzékenyek a környezeti változásokra.

A Balaton vízháztartását a 2000-2022 időszakban a szélsőséges vízháztartási helyzetek gyakoriságának növekedése, időszakos átlagban a vízháztartás deficitességének erősödése, a vízcseré-aktivitás romlás jellemezte.

A vízháztartás alakulását érzékenyen és plasztikusan leíró természetes vízkészlet-változás (a tóra hulló csapadék, a hozzáfolyás és a párolgás előjelhelyes összege) évi összege 2000-2022 között 9 évben volt negatív előjelű, azaz ezekben az években a vízmérlegben kevesebb volt az alapvetően természeti tényezők által meghatározott bevétel (csapadék+hozzáfolyás), mint a természeti tényezők által meghatározott kiadás (párolgás). A 2000 előtti időszakban (1921-től, amióta a tóra vízmérlegek rendelkezésre állnak) ilyen szélsőséges vízháztartási helyzet nem fordult el.

Ennek a ténynek – mint erősen figyelmeztető jelnek - a hangsúlyozása a dolgozat fő mondanivalója és üzenete.

Bevezetés

A Balaton vízháztartása nyomon követésének és értékelésének alapvető feltétele a vízforgalmat meghatározó vízháztartási tényezők átfogó, megbízható ismerete. 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	vízfelhasználás a tóból
ΔK	a tó vízkészlet-változása

ΔK_T	a tó természetes vízkészlet-változása	$\Delta K_T = (C+H) - P$
--------------	---------------------------------------	--------------------------

A Balaton vízháztartásának elemzéséhez 1921 óta állnak rendelkezésre ellenőrzött, megbízhatónak tekinthető havi és évi bontású vízháztartási mérlegek. Ez azt jelenti, hogy vízháztartási tényezőnként jelenleg 102 éves (1921-2022) idősorokkal rendelkezünk.

Az alábbi 1. táblázatban összefoglaltuk a tó vízforgalmát meghatározó vízháztartási tényezők átlag- és szélsőértékeit (az 1921-2022 közötti időszak adatai alapján).

Vízháztartási tényező	Minimum	Átlag	Maximum
	tómm/év*		
A tófelületre hulló csapadék (C)	309	615	929
Hozzáfolyás a tóhoz (H)	236	835	1974
Párolgás a tó felületéről (P)	723	896	1073
A tó természetes vízkészlet-változása (ΔK_T)	-281	554	2031
Lefolyás a tóból (L)	0	537	1791
Vízfelhasználás a tóból (V_h)**	11	26	51

* 1 tómm ~ 600 000 m³ vízmennyiség; ** a közölt értékek az 1971-2022. időszakra vonatkoznak

1. táblázat: A Balaton vízháztartási tényezői átlag- és szélsőértékei

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

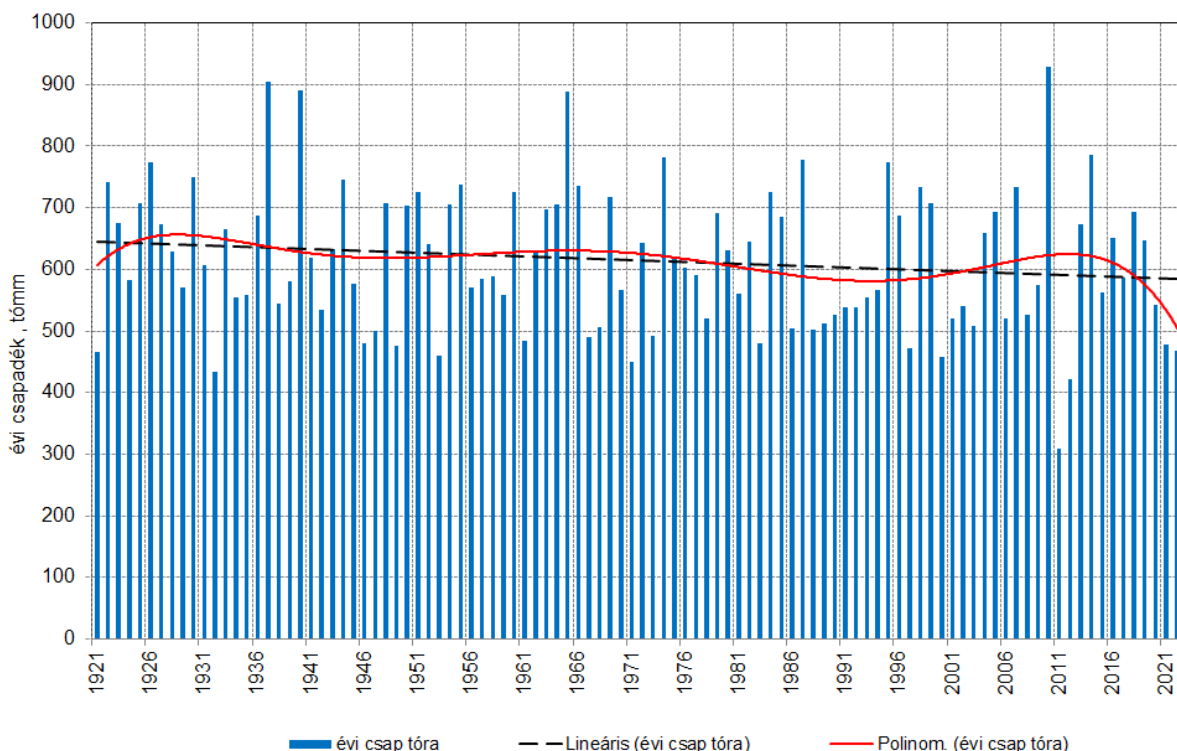
A Balaton – sokévi (1921-2022) átlagban – lefolyásos tó, az átlagos évi lefolyás megközelíti a tó felületére érkező átlagos évi csapadékmennyiséget (annak mintegy 87%-a) . A tó lefolyása a Sió-csatornán keresztül 1863 óta szabályozott. A tóból történő vízlevezetés mértékét és időtartamát a mindenkori vízgazdálkodási igények és a vízszint-szabályozási rend határozzák meg.

1. A vízmérleg bevételi oldala

A Balaton vízháztartási mérlegének bevételi oldalán a tófelületre hulló csapadékmennyiség és a tóhoz történő hozzáfolyás szerepel.

1.1. A tó felületére hulló csapadék mennyisége

A Balaton felületére hulló csapadék mennyiségének meghatározása mintegy 10 tóparti csapadékmérő állomás mérési adataiból képzett területi átlag alapján történik. Az 1.1. ábrán szemléltetjük a Balaton felületére érkező csapadék évi összegeit.



1.1. ábra: A Balaton felületére hulló csapadék évi összegei (1921-2022)

Megállapítható, hogy a tóra hulló csapadék évi összegében szignifikáns időbeli változás nem fedezhető fel. Az idősorban 1960-as évek közepétől az 1990-es évek közepéig lassú csökkenő

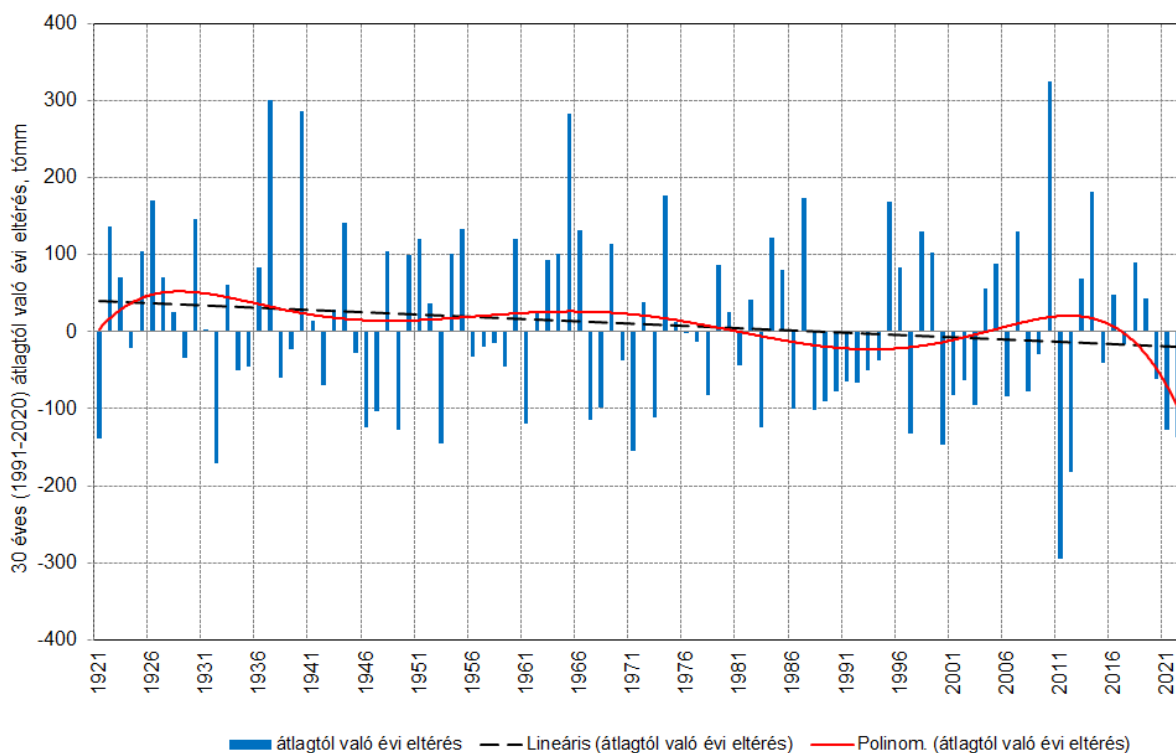
irányultság mutatkozik. Feltűnő, hogy a 2000 és 2022 közötti 23 éves időszakban 14 olyan év volt, amikor a tóra hulló csapadék összege elmaradt a sokévi (1921-2020) átlagtól, valamint az a tény, hogy 1921 óta a legalacsonyabb és a legmagasabb csapadékösszeg két egymást követő évben (2010, 2011) fordult elő. Ezt szemlélteti az 1.1. és az 1.2. ábra.

A Balaton felületére érkező csapadékmennyiség jellemzéséhez figyelembe vettük a WMO ajánlását (WMO, 1983), amely a meteorológiai paraméterek – évtizedenként továbbléptetett – 30 éves átlagértékeinek alakulása alapján javasolja a hosszú távú változások bemutatását és értékelését. Ennek figyelembe vételével állítottuk össze az 1.1. táblázatot és az 1.2. ábrát.

Időszak	Átlagos évi csapadékmennyiség (mm/év)
1921-1950	632
1931-1960	623
1941-1970	623
1951-1980	624
1961-1990	612
1971-2000	599
1981-2010	605
1991-2020	604

1.1. táblázat: A Balaton felületére érkező évi csapadék 30 éves átlagértékei

Az 1.1. táblázatban közölt adatok szerint az 1921-2022 időszakban, áttekintve a 30 éves átlagokat megállapítható, hogy 1960-as évektől lassú csökkenő irányultság mutatkozik. Ez a folyamat a legutóbbi két 30 éves időszak (1981-2010 és 1991-2020) átlagértékei alapján megtorpanni látszik.



1.2. ábra: A Balaton felületére érkező évi csapadékmennyiség eltérése a legutóbbi 30 éves (1991-2020) átlagtól

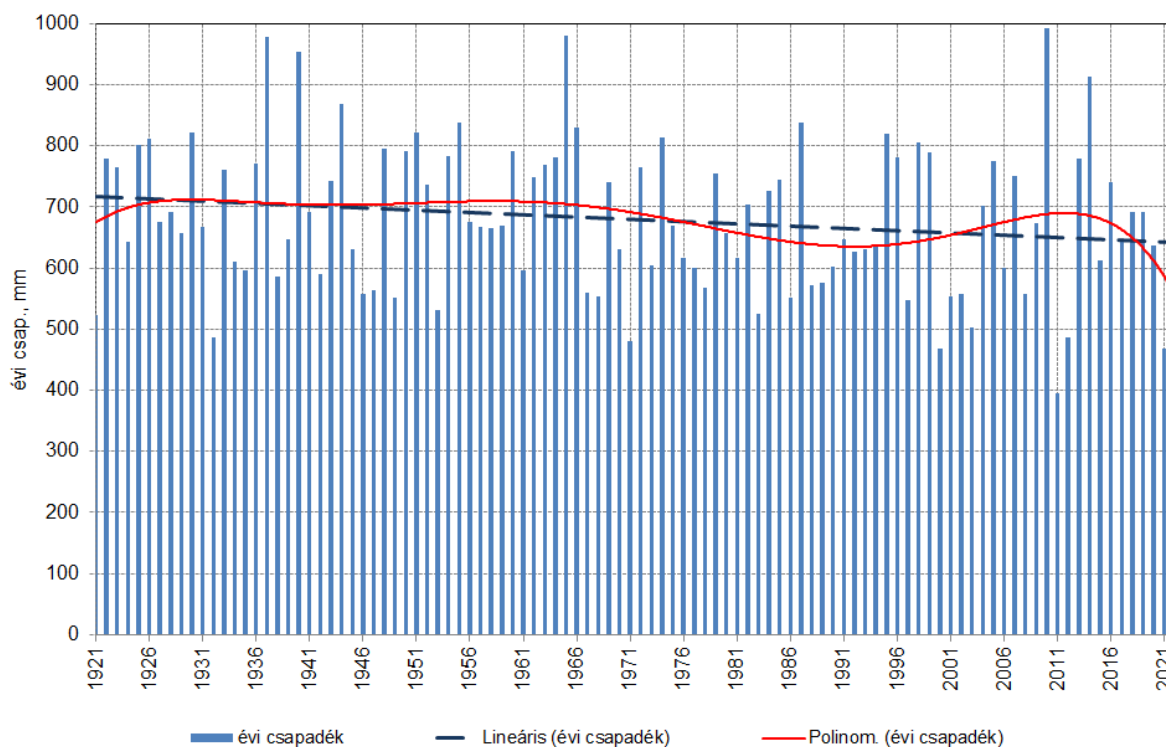
Az 1.2. ábra szerint az 1960 évek közepétől – a korábbi időszakokhoz képest – nagyobb számmal fordultak elő az átlagosnál szárazabb évek. Ugyanebben az időszakban külön figyelmet érdemel az átlagosnál szárazabb évek évcsoportokban (4, 7 egymást követő év) történő jelentkezése. Ez a jelenség halmozódó vízhiányt eredményez, amely kedvezőtlenül érinti a tó vízforgalmát, számottevő és tartós vízkészlet- és vízszintcsökkenést okoz. Külön kiemelését érdemel a 2010. év szélsőséges csapadékosága (325 mm-es, mintegy 54%-os csapadéktöbblet) és a 2011. és a 2012. év összegzett 478 tómm-es csapadékhiánya, ami mintegy 23%-kal haladta meg a 2000-2003 közötti 4 év együttes 388 mm-es csapadékhiányát.

1.2. A Balaton vízgyűjtő területre hulló csapadék és a tóhoz történő hozzáfolyás

A Balaton hozzáfolyásának jellemzéséhez kiindulásként célszerű – a tó vízgyűjtő területének oldaláról tekintve – a lefolyást kiváltó csapadék alakulását vizsgálni.

A Balaton vízgyűjtő területére érkező csapadék mennyiségének meghatározása mintegy 25 csapadékmérő állomás adataiból számított területi csapadékátlag alapján történik.

Az 1.3. ábrán szemléltetjük az évi csapadékösszegekből összeállított idősort. A teljes időszakra (1921-2022) vonatkozó átlag 680 mm/év, a szélsőértékeket – két egymást követő évben (!) – a minimumot (395 mm) 2011-ben, a maximumot (992 mm) 2010-ben jegyezték fel.



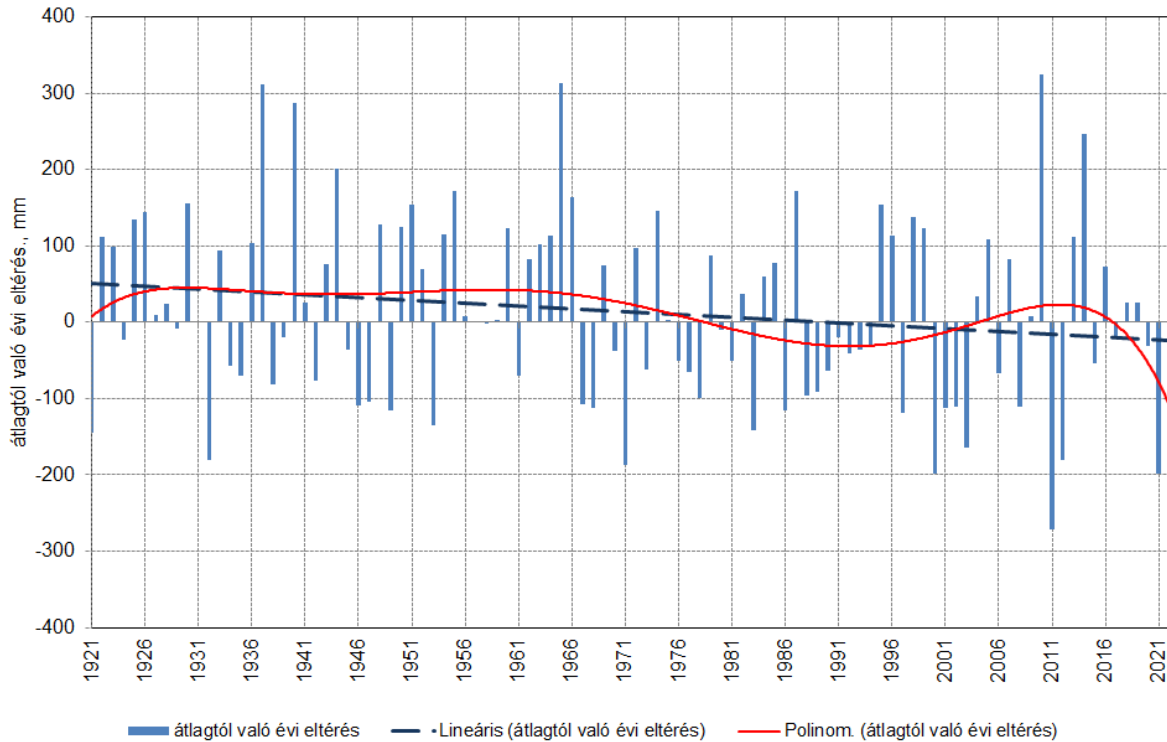
1.3. ábra: A Balaton vízgyűjtő területére érkező csapadék évi összegei (1921-2022)

Megállapítható, hogy a vízgyűjtőre hulló csapadék évi összegében megfigyelhető időbeli változások – azok irányultságát tekintve – nagymértékben megegyeznek a tóra hulló csapadék jellemzőivel, ugyanakkor különbségek is felfedezhetők. Általában elmondható, hogy a vízgyűjtő csapadék-idősorában a változások erőteljesebbek, pl. az 1960-as évek közepétől az 1990-es évek közepéig tartó időszakban a csapadékcsökkenés mértéke – eltérően a tófelületre hulló évi csapadék idősorától – itt szignifikáns volt.

A Balaton vízgyűjtő területére érkező csapadékmennyiség jellemzéséhez itt is alkalmaztuk a WMO ajánlását (WMO, 1983), amely a meteorológiai paraméterek – évtizedenként továbbléptetett – 30 éves átlagértékeinek alakulása alapján javasolja a hosszú távú változások bemutatását és értékelést. Ennek figyelembe vételével állítottuk össze az 1.2. táblázatot és az 1.4. ábrát.

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
1991-2020	667

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



1.4. ábra: A Balaton vízgyűjtő területére hulló évi csapadékmennyiség eltérése a 30 éves (1991-2020) átlagtól

Az 1.4. ábra szerint az 1960 évek közepétől – a korábbi időszakokhoz képest – nagyobb számban fordultak elő az átlagosnál szárazabb évek. A 1.1. fejezetben foglaltakkal megegyezően külön figyelmet érdemel az átlagosnál szárazabb évek (3, 4, 7 egymást követő év) évcsoportokban történő jelentkezése.

Ez a jelenség halmozódó vízhiányt eredményez a vízgyűjtőn, ami – a hozzáfolyás tartós csökkenése miatt – kedvezőtlenül befolyásolja 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 csapadékhiány (586 mm) megközelítette az egyéves átlagos csapadékmennyiségnek megfelelő értéket és 4 egymást követő éven keresztül csaknem 80 év után az addig észlelt legszélsőségesebb deficit vízháztartási helyzetet okozta.

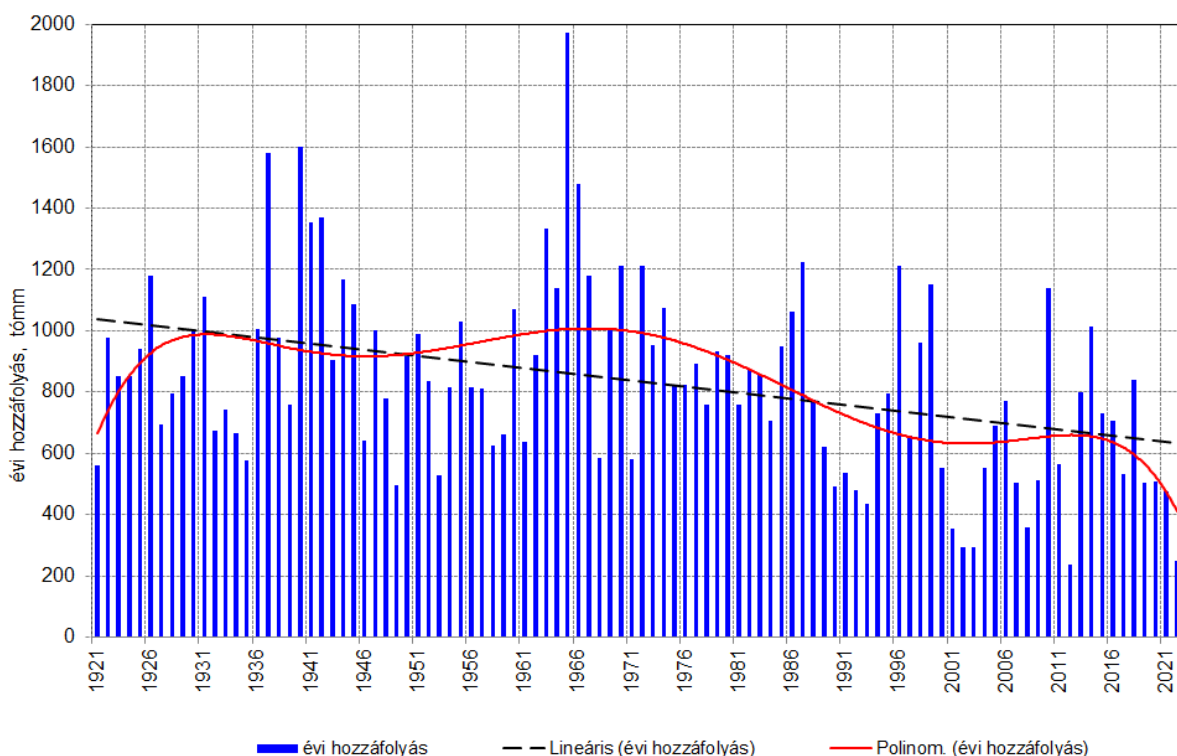
A 2010. év 1921 óta a legnedvesebb volt a tó vízgyűjtő területén. Az évi csapadékösszeg mintegy 49%-kal haladta meg a sokévi (1991-2020) átlagot. Éles váltással a 2011. évet a szélsőséges csapadékhiány jellemezte. A sokévi átlagtól mintegy 41%-kal kevesebb csapadék érkezett a Balaton-vízgyűjtőre,

A 2012. év is szélsőségesen száraz volt a vízgyűjtőn. Az évi csapadékösszeg mintegy 27%-kal maradt el a sokévi (1991-2020) átlagtól.

A hozzáfolyás a vízháztartási mérleg bevételi oldalának átlagosan legnagyobb, egyúttal legváltozékonyabb tagja. A Balaton vízgyűjtő területén a tófelület és a tófelület nélküli vízgyűjtő terület aránya 1:8,6.

A hozzáfolyás értékének meghatározását szolgáló módszertan a vízrajzi észlelőhálózat kiépülésével, fokozatos fejlődésével a vízrajzi mérésekhez használt eszközök és alkalmazott módszerek műszaki színvonalának növekedésével az elmúlt évtizedekben sokat változott. A változás egyik eredménye az volt, hogy fokozatosan csökkent azon területek részaránya a vízgyűjtőn, ahol a lefolyás (a Balaton szempontjából a hozzáfolyás) meghatározása becsléssel (általában a hidrológiai analógia módszerével) történt. A folyamatos vízállás- és vízhozamméréssel ellenőrzött terület aránya a tó vízgyűjtő területén napjainkra meghaladja a 90%-ot.

Az 1.5. ábrán szemléltetjük a Balatonhoz történő hozzáfolyás évi összegeit.



1.5. ábra: A Balatonhoz történő hozzáfolyás évi összegei

A Balatonhoz történő hozzáfolyás időbeli alakulásában karakteres és tartós változások állapíthatók meg. Ezek közül a legszembetűnőbb az 1960-as évek második felében kezdődött és a 2000-es évek közepéig tartó szignifikáns csökkenés az 1980-as évek közepétől már jelentősen a sokévi átlagtól elmaradó évi hozzáfolyás értékeket eredményezett. A csökkenés valószínűleg több, a lefolyás alakulását meghatározó tényező együttes jelentkezésének hatására következett be. Elsőként említhető a tó vízgyűjtő területén végbement csapadékmennyiség-csökkenés és az ennek következtében fellépő halmozódó csapadékhány. A hozzáfolyás csökkenésében bizonyosan szerepe van azoknak a tényezőknek (a léghőmérséklet emelkedése, a területhasználat változása, a szabad vízfelületek méretének és arányának növekedése), a hatása, amik befolyásolják (deficitesebbé teszik) a vízgyűjtő terület vízmérlegét, ami a vízmérleg „maradék” tagjának (lefolyás, a Balaton felől hozzáfolyás) csökkenésében mutatkozik meg.

A halmozódó csapadékhiány következtében, annak mértékét azonban lényegesen meghaladó arányban következett be a vízgyűjtő területen a lefolyás csökkenése. Az átlagosnál szárazabb és melegebb, egymást követő évekből álló évcsoportok gyakoribb és tartósabb jelentkezése nemcsak a felszíni, hanem a felszín alatti vízkészletek csökkenését is okozta. Ez utóbbi jelenség következtében egyes felszíni vízfolyások egyébként viszonylag stabilnak tekinthető – felszín alatti táplálásból származó – alapvízhozama (baseflow) csökkent, egyes vízfolyások időszakosan kiszáradtak.

Ezen kívül megemlítendő a Dunántúli-középhegységben az 1950-es évektől az 1990-es évek elejéig végzett – a biztonságos bauxitbányászatot szolgáló – karsztvíz-kiemelés hatása. A kitermelt karsztvíz (bányavíz) jelentős részét a Tapolcai-medence kisvízfolyásain a Balatonba vezették. A bevezetett vízmennyiség az 1970-es évek közepén érte el a maximumát (a Balaton felületére vetítve 100-110 tómm/év értékeket).

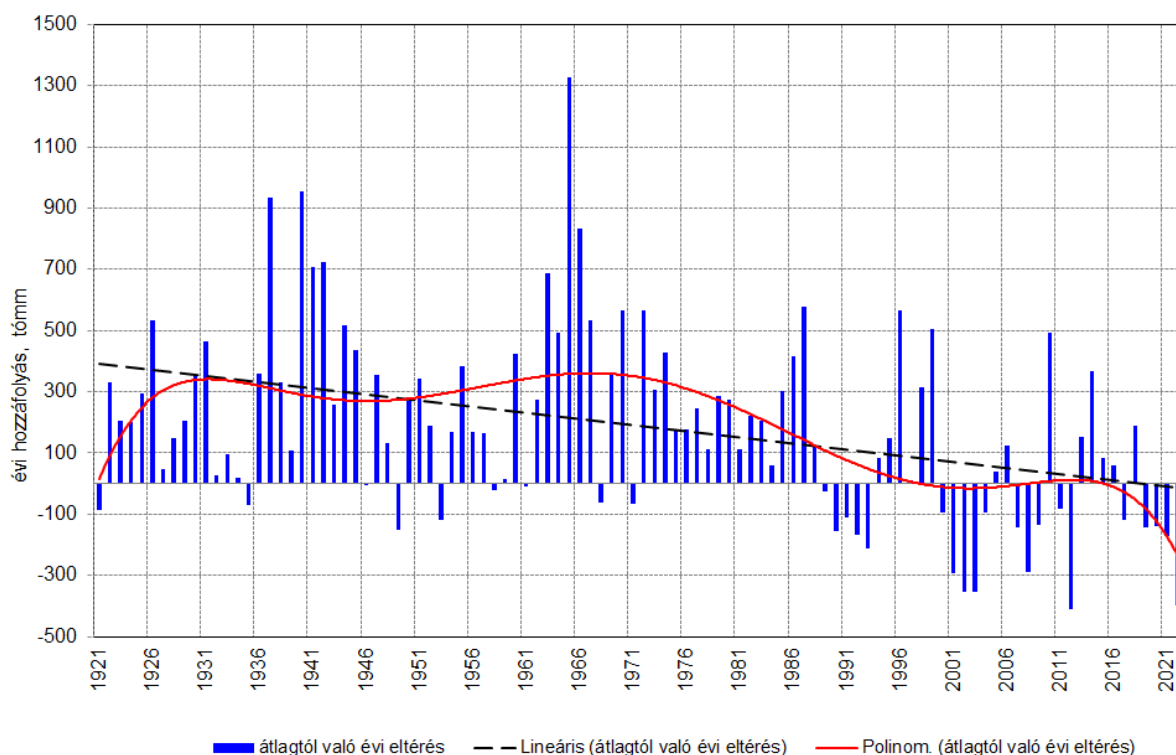
Valójában a felszíni vízfolyásokon keresztül történt karsztvíz-bevezetések nem jelentettek teljes mértékű hozzáfolyás-többletet, mert a karsztvízszint jelentős csökkentése következtében számos forrás hozama visszaesett, sőt egyesek vízszállítása időlegesen teljesen megszűnt. Hidrogeológus szakértői becslés szerint a bányavíz-bevezetéseknek csak mintegy 60-80%-a volt tekinthető a tó szempontjából többletvíz-bevételnek. A bányaművelés leépülésével a tóba bevezetett vízmennyiség fokozatosan csökkent, és 1992-ben szűnt meg véglegesen. A felszín alatti karsztvízszint regenerálódása a Dunántúli-középhegység területén túlnyomórészt napjainkra megtörtént..

A hozzáfolyás időbeli változásához valószínűleg hozzájárult a Kis-Balaton Vízügyi Rendszer 1985 óta folyamatos és bővülő működése azáltal, hogy az új szabad vízfelületek következtében fellépő többletpárolgás a Balaton szempontjából vízelvonó hatást jelent. Ez a hatás különösen az átlagosnál szárazabb és melegebb években lehet számottevő (éves összegben 50-100 tómm).

A Balaton hozzáfolyás-változásának jellemzéséhez is figyelembe vettük a WMO ajánlását (WMO, 1983), amely a meteorológiai paraméterek – évtizedenként továbbléptetett – 30 éves átlagértékeinek alakulása alapján javasolja a hosszú távú változások bemutatását és értékelést. Ennek figyelembe vételével állítottuk össze az 1.3. táblázatot és az 1.8. ábrát.

Időszak	Átlagos évi hozzáfolyás (tómm/év)
1921-1950	937
1931-1960	919
1941-1970	979
1951-1980	954
1961-1990	959
1971-2000	827
1981-2010	710
1991-2020	647

1.3. táblázat: A Balatonhoz történő évi hozzáfolyás 30 éves átlagértékei



1.6. ábra: A Balatonhoz történő évi hozzáfolyás eltérése a 30 éves (1991-2020) átlagtól

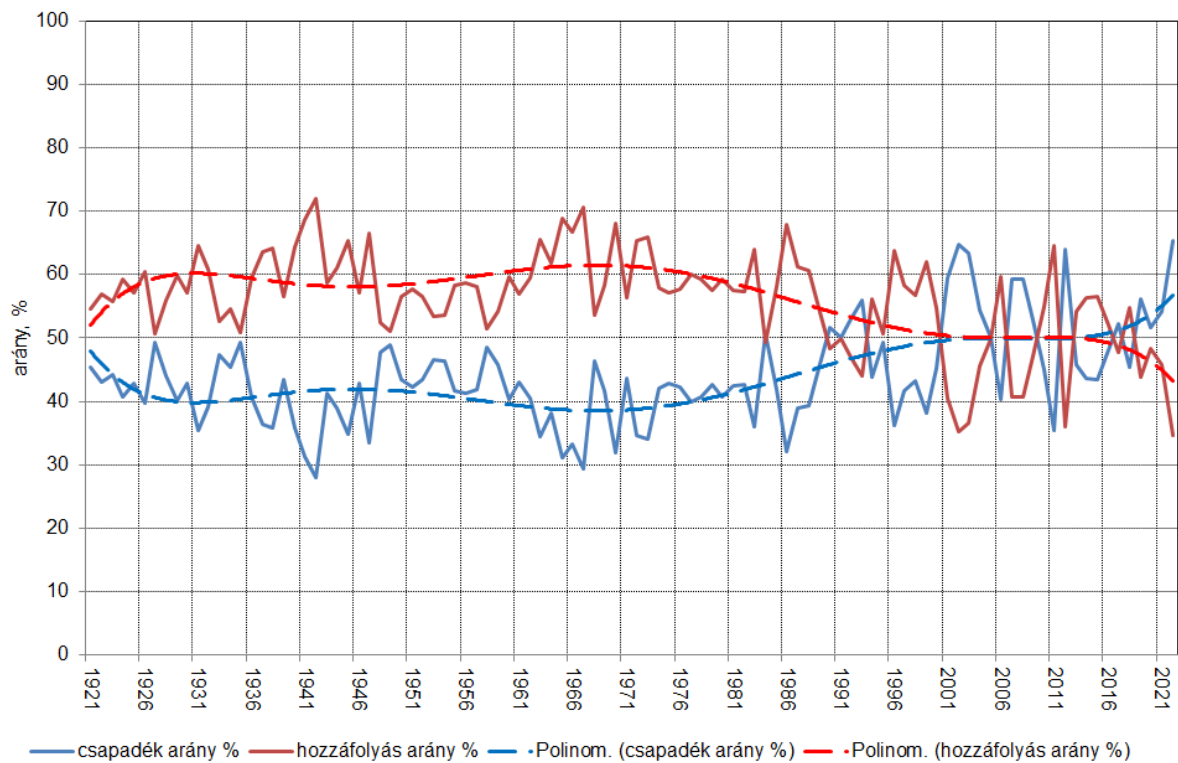
Az 1.6. ábrán kirajzolódik, hogy az évi hozzáfolyás átlagtól való negatív előjelű eltéréseinek száma és időtartama, különösen az 1980-as évek második felétől napjainkig számottevően növekedett. Korábban nem tapasztalt hozzáfolyás-hiány alakult ki először 5 egymást követő évben (1989-1993), majd a 2000-2004, a 2007-2009, a 2011-2012 és a 2019-2022 időszakban a tó vízmérlegének bevételi oldalán.

A vízmérleg bevételi oldalának elemzését abból a szempontból is elvégeztük, hogyan alakult időben az egyes vízháztartási tényezők aránya a bevételen belül. Az elvégzett számítások eredményét az 1.7. ábra szemlélteti.

Megállapítható, hogy az 1980-as évek közepéig (több mint 60 éven keresztül) a hozzáfolyás átlagosan mintegy 60%-os, a csapadék átlagosan mintegy 40%-os arányt képviselt a vízmérleg bevételi oldalán. Időben ezt követően – elsősorban a hozzáfolyás szignifikáns csökkenése miatt – az arányokban változás történt. Fokozatosan csökkent a hozzáfolyás aránya és ennek a csökkenésnek az arányában relatíve nőtt a csapadék hányada. A 2000-es évek első felében a hozzáfolyás aránya 50% alá csökkent, a csapadék aránya 50% fölé emelkedett, azaz a korábban jellemző helyzet megfordult.

Ezt követően – a csapadékosabb, nagyobb hozzáfolyású évek jelentkezésével a csapadék és a hozzáfolyás aránya ismét az átlagosnak tekinthető vízháztartási helyzetet jellemző értékek felé mozdult el, azonban ez az állapot ne állandósult és napjainkig is az arányok folyamatos és jelentős változása a jellemző. Ez a jelenség arra hívja fel figyelmet, hogy a tartós és egyirányú meteorológiai és ebből fakadó hidrológiai szélsőségek időlegesen jelentősen

megváltoztatják a vízmérleg bevételei oldalán a mérlegelemek jellemzőinek elfogadott korábbi arányait.



1.7. ábra: A csapadék és a hozzáfolyás arányának alakulása a vízmérleg bevételi oldalán

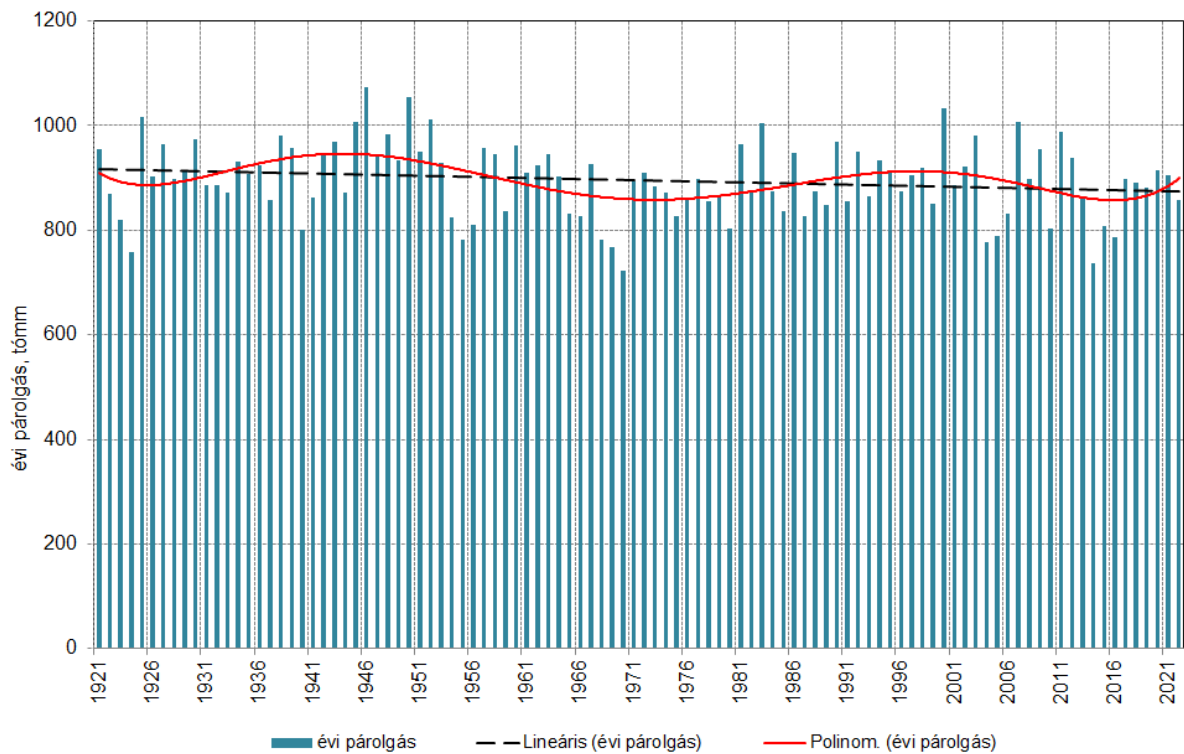
2. A vízmérleg kiadási oldala

A Balaton vízháztartási mérlegének kiadási oldalán három vízháztartási tényező szerepel: a párolgás, a vízelhasználás és a (szabályozott) lefolyás (vízeresztés).

2.1. A Balaton felületéről történő párolgás

A Balaton párolgásának számítására a Meyer-formulából levezetett, a Balatonra adaptált tapasztalati összefüggés szolgál. Az összefüggésben két meteorológiai paraméter szerepel: a levegő telítési hiánya (az aktuális léghőmérséklethez tartozó telítési párányomás és a tényleges párányomás különbsége), valamint a szélesebbesség.

Az 2.1. ábrán szemléltetjük az évi párolgásösszegekből összeállított idősort.

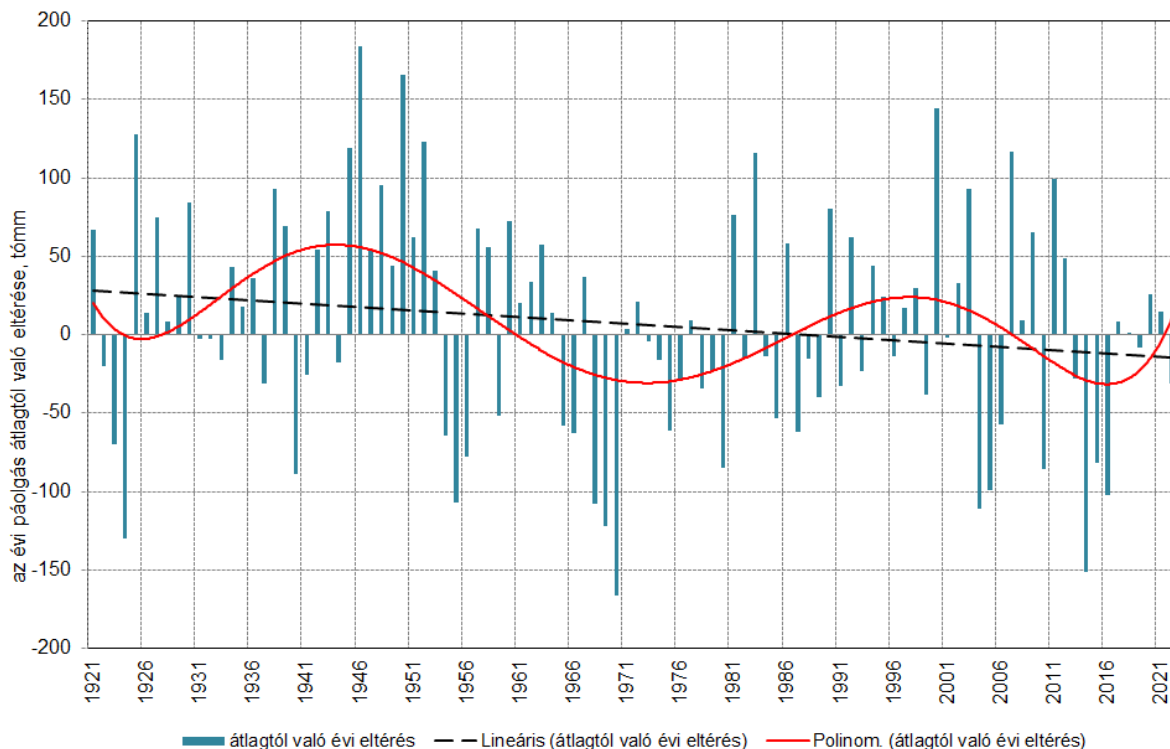


2.1. ábra: A Balaton felületéről történő párolgás évi összegei (1921-2022)

A Balaton felületéről történő párolgás jellemzéséhez is figyelembe vettük a WMO ajánlását (WMO, 1983), amely a meteorológiai paraméterek – évtizedenként továbbléptetett – 30 éves átlagértékeinek alakulása alapján javasolja a hosszú távú változások bemutatását és értékelést. Ennek figyelembe vételével állítottuk össze az 2.1. táblázatot és a 2.2. ábrát.

Időszak	Átlagos évi párolgás (tómm/év)
1921-1950	924
1931-1960	922
1941-1970	906
1951-1980	874
1961-1990	874
1971-2000	893
1981-2010	899
1991-2020	889

2.1. táblázat: A Balaton felületéről történő évi párolgás 30 éves átlagértékei



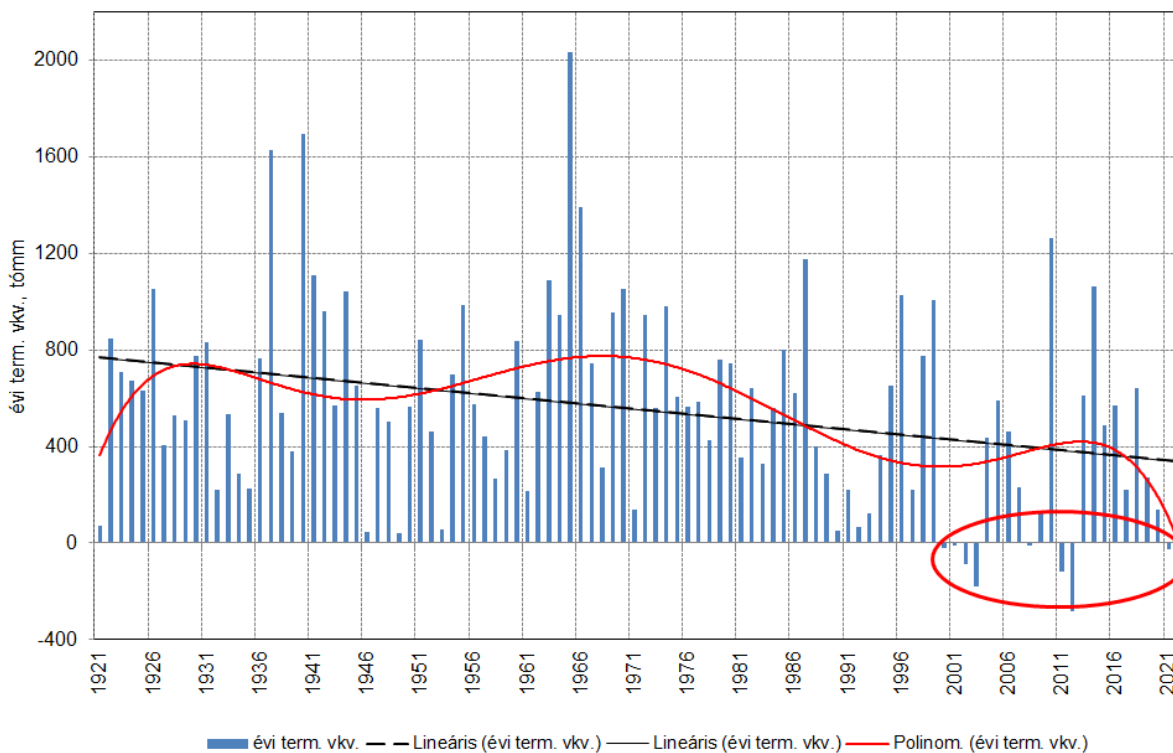
2.2. ábra: A Balaton felületéről történő évi párolgás eltérése a 30 éves (1991-2020) átlagtól

A 2.1. táblázat és a 2.2. ábra áttekintése alapján megállapítható, hogy a természeti tényezők közül a párolgás a legkevésbé változékony elem. Az idősorban trendjellegű, jelentősnek nevezhető változások nem fedezhetők fel, az átlagtól való évi eltéréseket szemléltető ábrán – az 1940-es évek második felének kivételével – számottevő párolgástöbblettel vagy halmozódott párolgáshiánnyal jellemezhető időszakok nem fordultak elő.

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.

A 2.3. ábrán szemléltetjük a Balaton évi természetes vízkészlet-változásának idősorát. Szembetűnő 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 kiadás (párolgás) értéke. Ezt követően a 2000 és 2023 közötti 23 éves időszakban 9 olyan év fordult elő, amikor a természetes bevétel kisebb volt, mint a természetes kiadás!

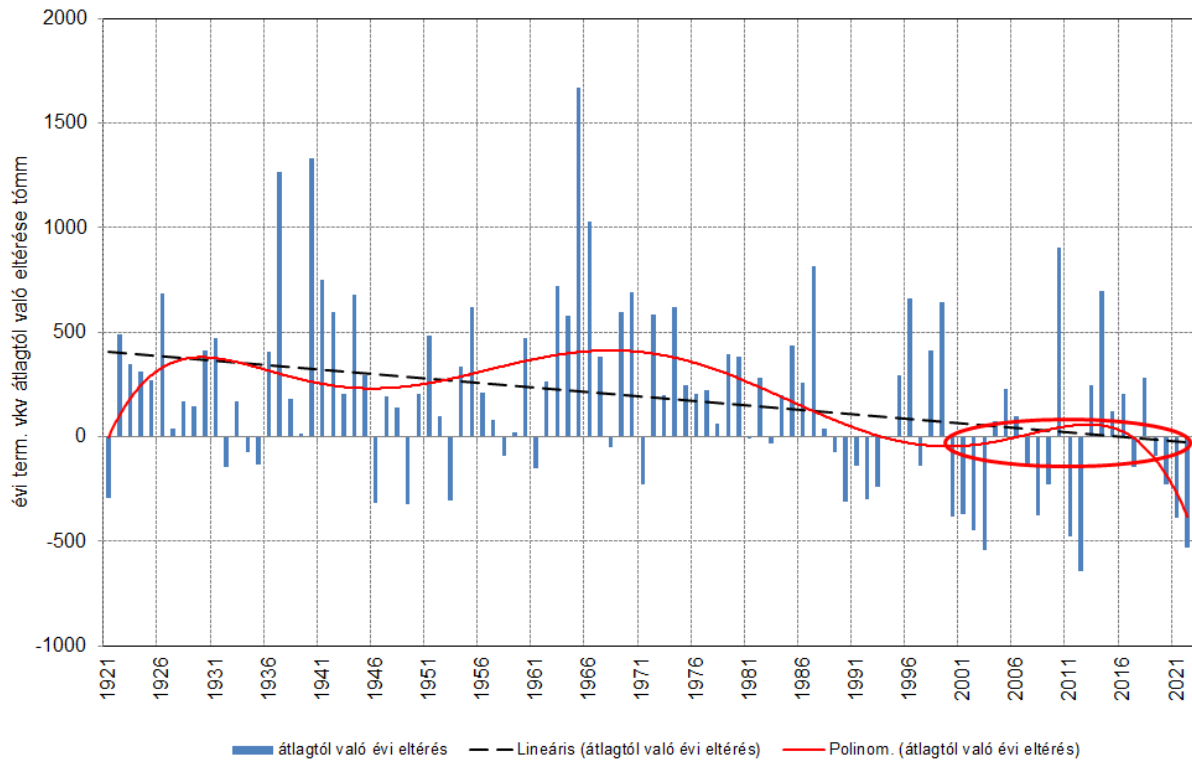


2.3. ábra: A Balaton természetes vízkészlet-változásának évi összegei

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. Ennek figyelembe vételével állítottuk össze a 2.2. táblázatot és a 2.4. ábrát.

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
1991-2020	362

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



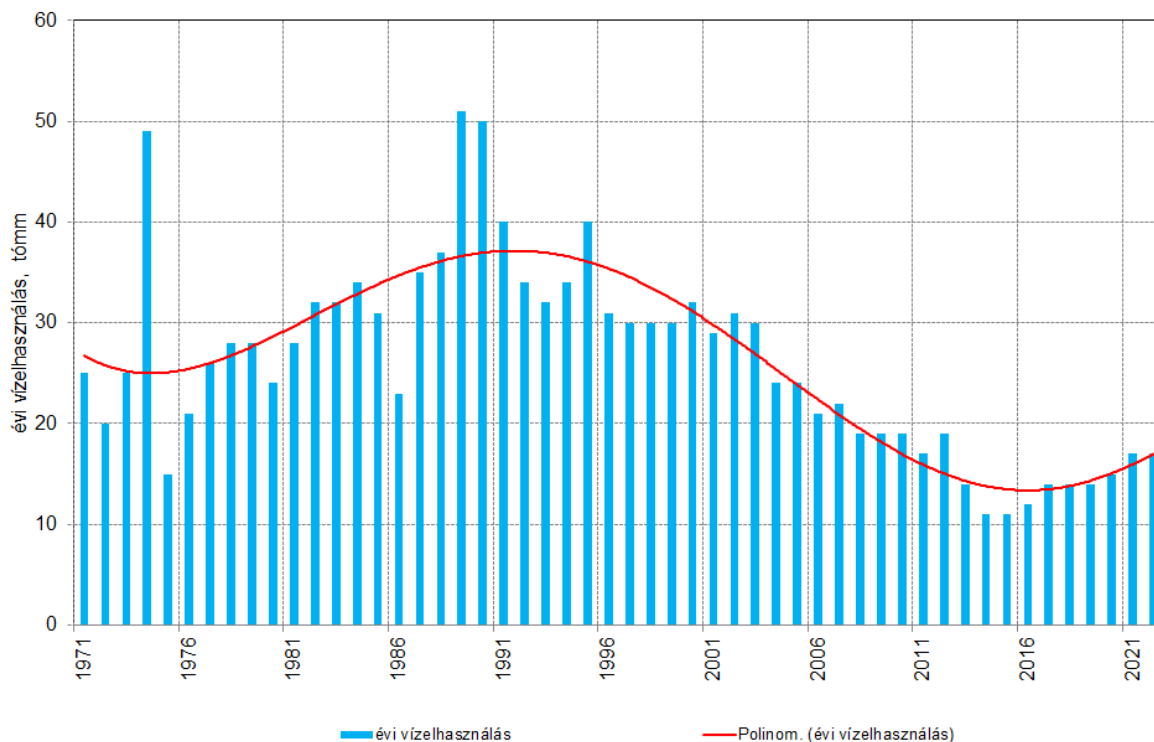
2.4. ábra: A Balaton évi természetes vízkészlet-változásának eltérése a 30 éves (1991-2020) átlagtól

A 2.4. ábrát tanulmányozva feltűnő hasonlóság fedezhető fel a hozzáfolyás jellemzésére összeállított 1.8. ábra tartalmával. Ez a tény azt jelzi, hogy a Balaton esetében a természetes vízkészlet-változás alakulásában a hozzáfolyás időbeli alakulása a meghatározó.

2.2. Vízfelhasználás

A vízfelhasználás – a vízmérleg kiadási oldalán – az évi összeget tekintve a teljes vízmérleg legkisebb abszolút értékű tagja. Jelentése: vízhasználat céljából a tóból közvetlenül kivett és használat után oda visszavezetett víz mennyiségének különbsége.

A vízfelhasználás meghatározására csak 1971-től állnak rendelkezésre megbízható adatok, ezért csak erre az időszakra vonatkozó idősort mutatjuk be a 2.5. ábrán.



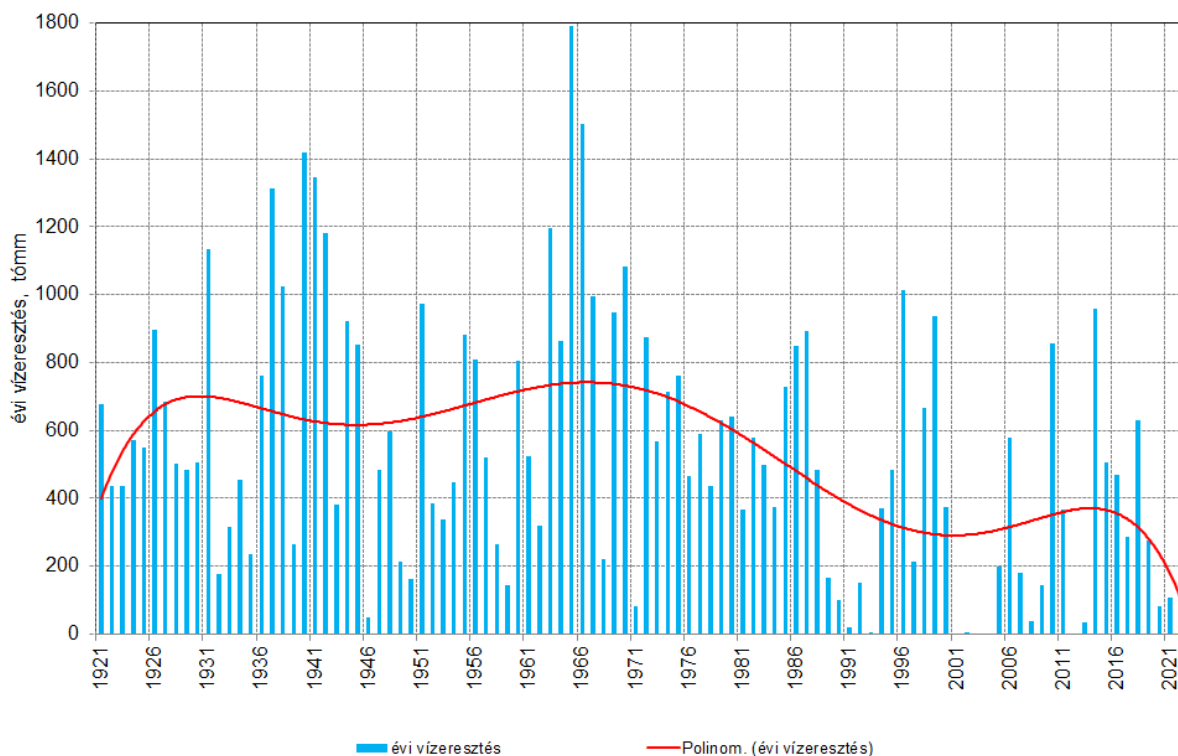
2.5. ábra: A Balaton vízkészletét érintő vízelhasználás évi értékei (1971-2022)

A 2.5. ábra szerint a vízelhasználás teljes időszakra vonatkozó átlagértéke 26 tómm/év. A legkisebb érték (11 mm) 2014-ben, a legnagyobb (51 mm) 1989-ben fordult elő. Az utóbbi egy évtized során a vízelhasználás évi értékei 30-50%-kal elmaradtak a sokévi átlagtól. Ennek valószínűsíthető oka egyrészt az ivóvíz- szolgáltatás felszín alatti készletből történő kiváltása, valamint az ipari és mezőgazdasági vízhasználatok jelentős visszaszorulása volt.

2.1.3. Vízeresztés (a tó szabályozott lefolyása)

A Balaton lefolyása a Sió-zsilip 1863-ban történt átadása óta szabályozható. A zsilipet azóta többször átépítették, aminek következtében az időegység alatt levezethető víz mennyisége növelhetővé vált. A vízeresztések mindenkori mértékét és mennyiségét a mindenkori vízgazdálkodási, tó- és vízszint-szabályozási szempontok és követelmények szabják meg. A 2.6. ábrán a Balatonból a Sión levezetett évi vízmennyiségek idősorát szemléltetjük.

A 2.6. ábrát áttekintve szembetűnő a leeresztés évi értékeinek nagyfokú változékonysága. A szélsőségesen csapadékos években/évcsoportokban (1964-1966) az évi leeresztés értéke megközelítette a sokévi átlag 2-3-szorosát, ugyanakkor az átlagosnál jóval szárazabb években (2001-2004, 2012, 2022)) nem volt leeresztés. A leeresztésre jutó többletvíz-készletek 1970-es évek közepétől mutatkozó csökkenése egyúttal a tó vízcseré-aktivitásának lassulására, csökkenésére is felhívja a figyelmet.



2.6. ábra: A Balatonból történt vízeresztés évi összegei (1921-2022)

Összegzés, előretekintés

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, amik – egyéb, a vízháztartást érintő emberi beavatkozások mellett – együttesen határozzák meg a vízállás mindenkori alakulását. Az elmúlt mintegy két 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 üdülőtó, a fenntarthatóság érdekében, valamint a természeti tényezők szélsőségeinek mérséklésére a megoldási lehetőségek egyik lépése a mederbeli tározás növelése. Ez 2018-2019-ben megvalósult a szabályozási szint 10 cm-rel történt emelésével. A rendelkezésre álló éghajlatváltozási modellek – eltérő mértékben és nagy bizonytalansággal – Európa középső részén a léghőmérséklet emelkedését, a csapadék mennyiségének nem jelentős csökkenését, időbeli eloszlásának markánsabb változását valószínűsítik.

A Balatonnal kapcsolatos tóhasználati igények hosszú távú kielégítéséhez és megőrzéshez nagy bizonyossággal hosszabb (több évtizedes léptékben) távon a vízháztartási szélsőségek mérséklése eléréséhez további intézkedésekre/beavatkozásokra lehet szükség. Ennek egyik módzata a mennyiségi és minőségi szempontból, nagy körültekintéssel, az elővigyázatosság

elvének szem előtt tartásával előkészített, megfelelő, széles szakmai alapokra támaszkodó, a külvízgyűjtőről történő legalább időszakos vízpótlás előkészítése, beleértve a megvalósíthatóság részleteinek feltárását is.

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...2022): A Balaton vízháztartási mérlegei. Témajelentés,
Siófok
- KDT VIZIG BVK:** A balatoni vízeresztés vízrajzi tapasztalatai. Témajelentés,
Siófok, 2006. február
- 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.