

# A 2022. évi aszály regionális tapasztalatai a Mosoni-síkon a térséget általánosan jellemző aszályviszonyok tükrében

Varga Zoltán

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvár Kar,  
Vízgazdálkodási és Természeti Ökoszisztémák Tanszék, Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.;  
e-mail: [varga.zoltan@sze.hu](mailto:varga.zoltan@sze.hu)

**Kivonat.** Az aszály a komplex környezeti rendszerben jelentkező összetett, szélsőséges hatás, amelyre nincs minden igényt kielégítő meghatározás. Ezért az előadás először azt mutatja be, hogy a lehetséges aszályértelmezések közül milyen szempontok figyelembevételével választottuk ki a vizsgálatainkban használatos megközelítést. Ezt követően az aszály nemzetközi, hazai és regionális jelentőségét és az aszályhelyzet időbeli alakulását, s az azt befolyásoló tényezőket mutatjuk be – különös tekintettel az éghajlatváltozás kérdéskörére. Majd az aszály számszerűsítésének különböző lehetőségeit hasonlítjuk össze; végül a kiválasztott aszálymutatók segítségével szemléltetjük be a 2022. évi aszály regionális tapasztalatait, összevetve azokat a korábbi időszakokra vonatkozó eredményekkel.

Összességében az mondható el az elemzéseink alapján, hogy a jelenleg zajló éghajlatváltozási trendek egyértelműen, ugyanakkor számottevő évenkénti bizonytalansággal a mind negatívabbá váló vízmérleg irányába mutatnak térségünkben, s így egyre hangsúlyosabbá teszik az aszály kutatásának, s a vonatkozó információk gyakorlati hasznosításának szükségességét. A tavalyi év klimatikus történései egyelőre még e folyamatok tükrében is extrém anomáliaként értékelhetők, de a legvalószínűbb éghajlatváltozási scenáriók azt sugallják, hogy ilyen vagy ehhez hasonló aszályhelyzetekkel egyre gyakrabban kell szembenéznünk.

**Kulcsszavak:** aszály, éghajlatváltozás, Mosoni-sík, aszálymutató.

## AZ ASZÁLY KÜLÖNBÖZŐ MEGKÖZELÍTÉSI LEHETŐSÉGEI

Az aszály a sztochasztikus környezeti rendszerben jelentkező olyan összetett, szélsőséges hatás, amelyre nincs minden igényt kielégítő meghatározás. Ez részben komplex jellegéből fakad, részben pedig – ettől nem teljesen függetlenül – annak tulajdonítható, hogy az általa okozott problémák vizsgálatában és kezelésében számos különböző tudományos és gyakorlati terület érintett, melyek eltérő nézőpontból közelítik ezt a jelenséget. Tovább árnyalja a helyzetet, hogy a fentiekben ismertetett helyzet kezelésére az ismert definíciók vagy a lehető legtágabb lehatárolással élnek, hogy a kérdés minden vonatkozását felöleljék, s ilyen módon túlon túl általánosak lesznek, vagy egy adott helyzet alapján, operatív jelleggel, ún. munkadefiníció formájában fogalmazzák meg az aszály lényegét, ami miatt ennek alkalmazhatósága más helyzetekre erősen kérdésessé válik.

Az előbbire jó példa a Palmer által kb. 60 éve megalkotott és azóta is az egyik leggyakrabban használatos meghatározás (*Palmer 1965*): az aszály tartós és jelentős vízhiány. Ezen értelmezés egyszerű, világos és rugalmas, s tartalmazza a jelenség esszenciális jegyeit. Az aszály lényegeként – szakterülettől függetlenül - leginkább valamilyen vízhiányos állapot kialakulása azonosítható, aminek egyszerre kellően nagymértékűnek és hosszan tartónak kell lennie ahhoz, hogy olyan intenzív hatást váltson ki, ami miatt rászolgál erre az elnevezésre. Ha csak rövid ideig lép fel jelentős vízhiány vagy hosszú ideig hiányzik egy kevés

víz a környezet egy vizsgált részéből, akkor annak ugyan lehetnek káros hatásai, s ennek következtében a szárazság valamilyen formájaként kezelhetjük, de nem aszályként.

Ugyanakkor fontos rámutatnunk, hogy e klasszikus Palmer-definíció nem tartalmaz semmiféle megkötést arra vonatkozóan, hogy mit értünk vízhiányon, sem arra vonatkozóan, hogy mikor tekintjük azt jelentősnek és tartósnak. Így egy adott vizsgálat során maga a kutató határozhatja meg a jelentős vízhiányt jelentő küszöbértéket, s azt is, hogy ezt milyen hosszú időszakra vonatkozóan vizsgálja; emiatt tehát az adott meghatározás rugalmasan alkalmazható különböző vizsgálatok esetén. Ez viszont azt is jelenti, hogy a definíció csak egy tág keretként szolgál, amit a konkrét helyzetekben kell tartalommal megtölteni, s így a különböző, egyébként alapvetően ezen a definíción alapuló kutatások eredményei nem feltétlenül lesznek összehasonlíthatók.

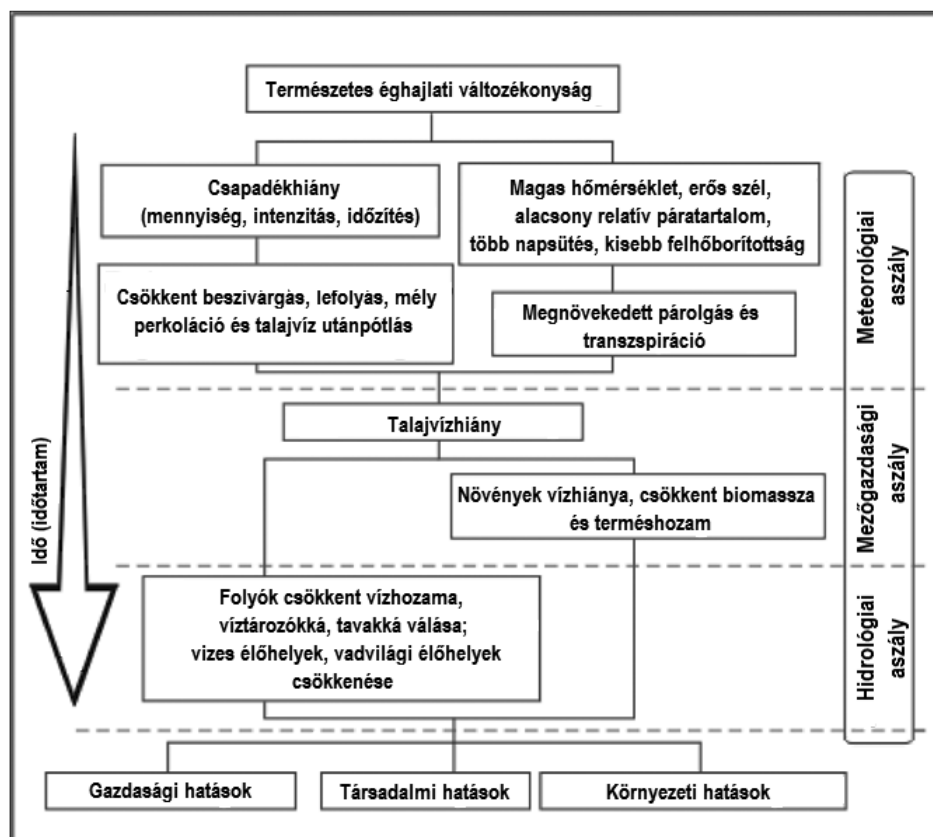
Ráadásul nem is mindenki fogadja el ezt az értelmezést kiindulópontként az aszályvizsgálatokhoz. Szalai (2012) például a következő definíciót alkalmazta a „Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE” projekt során: „Az aszály a hasznosítható vízmennyiség időszakos csökkenése, ami a természet, a gazdaság és a társadalom különböző szektoraiban károkat okozhat.” Ez a közelítés viszont látszólag részletesebb volta ellenére sem küszöböli ki az előző hiányosságait, s időbeli lehatárolását tekintve talán még kevesebbet is mond az aszályról. A Közép- és Kelet-Európai Globális Víz Partnerség, a GWP CEE 2015-ös Útmutató aszálykezelési tervek kidolgozásához összefoglaló kiadványukban pedig ekképpen definiálják az aszályt: „Az aszály természetes jelenség. Olyan átmeneti, kedvezőtlen, súlyos, jelentős ideig tartó és nagy területre kiterjedő, az átlagos csapadéértékektől való eltérés (csapadékhiány), amely súlyosságának és időtartamának függvényében meteorológiai, mezőgazdasági és társadalmi-gazdasági értelemben vett aszályhoz vezethet (a CIS folyamat során a vízigazgatók által elfogadott meghatározás).” Ez a megfogalmazás is csak egy általános keretet biztosít, melyet a konkrét vizsgálatok során értelmezni és kvantifikálni szükséges. Bizonyos vonatkozásaiban túlon túl szűkítő (pl.: „nagy területre kiterjedő”), más tekintetben túlzottan leegyszerűsítő (az aszályt pusztán csapadékhiányként értelmezve), ugyanakkor viszont utat is nyit az aszály különböző formáinak megkülönböztetéséhez.

Az európai aszálymonitoring hálózat, az *European Drought Observatory* egy szintén általános közelítést tükröző, de az aszály komplex voltát részletesebben bemutató és annak a szárazság egyéb formáival való kapcsolatára is hivatkozó definíciója szerint: „Az éghajlat visszatérő jellemzője az aszály, amely a huzamosabb ideig tartó csapadékhiányból, annak a növénytakaró szükségleteihez képest nem megfelelő időzítéséből vagy a magas hőmérsékletek hatására megnövekedett potenciális párolgásból származó negatív vízmérlegből adódik. Ezeket a feltételeket súlyosbíthatják például az erős szél, a légköri blokkoló hatások és a talajnedvesség, a tározók és a víztartó rétegek korábbi állapotai. Ha ez a helyzet szokatlan és átmeneti vízhiányhoz vezet, azt aszálynak nevezzük. Az aszályokat meg kell különböztetni a szárazságtól, az állandó éghajlati jellemzőtől, valamint a vízhiánytól, azaz egy olyan helyzettől, amikor az éghajlatilag rendelkezésre álló vízkészletek nem elegendőek a hosszú távú átlagos vízigény kielégítésére.”

A következőkben röviden áttekintjük a már említett, különböző, fontosabb aszály típusokat, jellemzőiket és kapcsolatukat egymással.

## Az aszály fajtái

Mint említettük, az aszály kutatása során általában munkadefiníciókat alkalmaznak, korlátozottan az adott vizsgálatokra érvényesen. Ezekhez kiindulásként szolgálhatnak az eddigiekben bemutatott közelítések, de ahhoz, hogy ezeket operatív módon használni lehessen, szükséges valamilyen jellegű szűkítésük. Ennek egyik lépése lehet, amikor a kutatás célkitűzéseinek függvényében lehatároljuk, hogy az aszály folyamatát jellemző kiterjedt környezeti változások melyik részterületére koncentrálunk, azaz milyen jellegű aszályal kívánunk foglalkozni. Hangsúlyozni kell, hogy ezzel az egyébként szükségszerű mozzanattal mesterségesen leszűkítjük és kiemeljük környezetükből a vizsgálni kívánt változásokat. Általában az érintett területek szerint a következő fontosabb aszálytípusokat szokás megkülönböztetni: meteorológiai vagy légköri aszály, mezőgazdasági vagy fiziológiai aszály, hidrológiai aszály és talajaszály; továbbá egyre gyakrabban a természeti rendszerben bekövetkező változásokon túlmutató következményekkel is foglalkoznak társadalmi-gazdasági aszályként. Az 1. ábra tömören és sematikusán mutatja be az aszály néhány fontosabb fajtájának egymáshoz való kapcsolódásait.



1. ábra. Különböző aszálytípusok közötti kapcsolat ([www.drought.unl.edu](http://www.drought.unl.edu); Szalai 2012/

Az egyébként nemcsak egymást követően, hanem részben párhuzamosan lejátszódó folyamatok a következőképpen foglalhatók össze azzal a céllal, hogy bemutassuk a különböző aszálytípusok kapcsolódását egymáshoz és a teljes környezeti rendszerhez. Az aszály kialakulásához általában az első lépés az, hogy egy ideig nem esik az eső. Ekkor azonban még senki sem gondol aszályra, csak akkor, amikor az egymás utáni csapadékmentes napok száma egyre növekszik. Ennek alapján tehát azt mondhatjuk, hogy az aszály jelenségében fontos szerepet játszik a hosszan tartó csapadékhiány. Ez viszont még messze nem azonosítható az aszály lényegével. A csapadékhiány ugyanis - különösen a meleg időszakban - a párolgás növekedésével, majd ennek a talajnedvesség korlátozott volta miatt óhatatlanul bekövetkező lassulása miatt a légnedvesség csökkenésével jár együtt. Ezt már nevezhetjük légköri aszálynak. A megnövekedett párolgás következtében csökken a folyók, tavak, víztározók vízszintje is: érzékelhetővé válik a hidrológiai aszály. Ugyanakkor ezzel egyidőben csökken a talaj felső rétegének nedvességtartalma is (ezzel akár talajaszályt okozva), s mivel így a növények nehezen jutnak a szükséges vízhez és tápanyaghoz, kialakul a mezőgazdasági aszály.

A következőkben röviden áttekintjük a különböző fontosabb aszálytípusok eltérő értelmezési lehetőségeit. Fontos viszont előrebocsátani azt, hogy az ezzel kapcsolatos nehézségek olyan szinten jelentkeznek, hogy az aszály különböző formái néha összemosódnak a szakirodalomban. Egyfelől hasonlóképpen (sőt, esetleg teljesen azonosan!) kerülnek definiálásra a különböző aszályok (például egyaránt csapadékhiányként értelmezik mind a mezőgazdasági, mind a meteorológiai aszályt). Másfelől az elnevezéseket nem mindig használják konzekvensen (például a meteorológiai aszály és a légköri aszály némely szerzőnél ugyanaz a típus, másoknál ezek megkülönböztetésre kerülnek; a fiziológiai aszály is értelmezéstől függően jelentheti általában a mezőgazdasági aszályt, vagy annak speciális, máskor téli aszályként is emlegetett formáját).

Említést érdemel még az is, hogy olyan az elmúlt években elfogadott, alapvető fontosságú dokumentumok, mint a *Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia* (2018) és a *Kvassay Jenő Terv* (2017), miközben az aszálykérdés számos vonatkozásával és összefüggésével foglalkoznak, lényegében semmilyen formában nem definiálják azt.

### **Légköri vagy meteorológiai aszály**

Erre vonatkozóan a *Közép- és Kelet-Európai Globális Víz Partnerség* (GWP CEE, 2015), mely az EU Víz Keretirányelvével harmonizáló aszálykezelési tervek kidolgozását szorgalmazza térségünkben, ezt a definíciót használja: a csapadékmennyiségnek a normál állapottól való eltérése bizonyos időn keresztül. Ennek oka feltehetőleg abban keresendő, hogy a csapadék adatok állnak leginkább (nagy területi sűrűséggel és viszonylag részletes időbeli bontásban) rendelkezésre. Ilyen megfontolásból a nemzetközi meteorológiai szervezet, a *World Meteorological Organization* (WMO, 1989) is relatív csapadékhiányként – például: az évi csapadékösszeg két éven keresztül a normál értéknek maximum a 60 %-a -

hivatkozik erre az aszálytípusra. Továbbá az *Országos Meteorológiai Szolgálat* honlapja is közöl olyan információt, mely szerint meteorológiai értelemben akkor beszélünk aszályról, amikor egy területen tartós vízhiány áll fenn, vagyis a szokásos mennyiségnél kevesebb csapadék hullik. Ugyanakkor az aszálynak a kizárólag csapadék adatokkal történő számszerűsítését, s ilyen módon bármely aszálytípus csapadékviszonyokkal való definiálását is általában túlzottan egyszerűsítő szemléletűnek, sőt, helyenként egyenesen félrevezetőnek tartják. Ez egyébként a légköri aszály esetén amúgy is ritkábban alkalmazott közelítés, gyakoribb megoldásként inkább a levegő párafogadó képességét és vízgőz-tartalmát veszik alapul ilyenkor. Jellemzően 30 % alatti relatív légnedvességet szokás olyan alacsonynak tekinteni, ami aszálykockázatot okoz.

A már említett nebraskai *National Drought Mitigation Center* (Nemzeti Aszálymérés-kló Központ) azt is kiemeli, hogy a meteorológiai aszály meghatározása általában a szárazság mértéke (egyes „normális” vagy átlagos mennyiséghez képest) és a száraz időszak időtartama alapján történik. A meteorológiai aszály definícióit régió-specifikusnak kell tekinteni, mivel a csapadékhiányt eredményező légköri viszonyok régióként nagyon változók.

## **Talajaszály**

Ezt az aszálytípust ugyan sem a GWP CEE, sem a nebraskai aszálymérés-kló központ nem látta szükségesnek definiálni, ám a talajtanos szakemberek leggyakrabban a talaj felső rétegének alacsony nedvességtartalmával hozzák összefüggésbe, s mint ilyen, szoros kapcsolatban áll - a növények számára hozzáférhető vízmennyiségen keresztül – a mezőgazdasági aszályal.

## **Mezőgazdasági vagy fiziológiai aszály**

Ez a *World Meteorological Organization* (1989) szerint „a csapadék mennyisége vagy eloszlása elégtelen, ezért a talaj vízkészleteinek fogyása és a párolgási veszteségek együttes hatása miatt számottevő kiesés mutatkozik a növénytermesztésben”, a GWP CEE által javasolt meghatározás szerint pedig egy adott természetű növény által adott időben igényelt talajnedvesség-szinthez mérten meghatározható vízhiányos állapot. Az észak-amerikai aszálymérés-kló központ alapján még az alábbi jellemzőket érdemes kiemelni ezzel az aszálytípussal kapcsolatban. A mezőgazdasági aszály a meteorológiai és hidrológiai aszálytípusok különböző jellemzőit kapcsolja össze a mezőgazdasági hatásokkal, különös tekintettel például a csapadékhiányra, a tényleges és potenciális párolgás közötti különbségekre, a talajvízhiányra, a talajvíz vagy a tározók szintjének csökkenésére. A növények vízigénye függ az uralkodó időjárási viszonyoktól, az adott növény biológiai jellemzőitől, növekedési állapotától, valamint a talaj fizikai és biológiai tulajdonságaitól is. A mezőgazdasági aszály jó meghatározásának figyelembe kell vennie a növények változó érzékenységét a növénykultúra különböző fejlődési szakaszaiban, a keléstől az érésig. A

kezdeti fejlődés során jelentkező hiányos talajnedvesség akadályozhatja a csírázást, ami alacsony növényesűrűséghez és így termés-csökkenéshez vezethet. Ha azonban a feltalaj nedvességtartalma elegendő a korai növekedési igényekhez, az altalaj nedvességtartalmának ebben a korai szakaszában tapasztalható hiányosságai nem feltétlenül befolyásolják a végső termést, amennyiben az altalaj nedvességtartalmát a tenyészidő előrehaladtával pótolják, vagy ha a csapadék kielégíti a növények vízszükségletét.

Előadásunkban – szakterületünk prioritásait szem előtt tartva – az aszálynak ez a mezőgazdasági jellegű közelítése jelenik meg a leginkább hangsúlyosan.

## **AZ ASZÁLY NEMZETKÖZI, HAZAI ÉS REGIONÁLIS JELENTŐSÉGE A JELENBEN ÉS A JÖVŐBEN**

Az eddig bemutatott bizonytalanságok teljes mértékben megmagyaráznák, hogy miért nem állnak rendelkezésre az aszály nemzetközi, illetve hazai jelentőségét alátámasztó számszerű adatok, ennek ellenére jó néhány egzaktnak ható, ilyen jellegű statisztika található a szakirodalomban. Ezek nem mindig tökéletesen esnek egybe, de ezen numerikus becslések mindegyike azt sugallja, hogy az aszály különösen fontos, jelentős károkat okozó környezeti probléma.

Az aszály hatását számos tényező befolyásolja, melyek következtében a káros környezeti hatás idő- és térbeli kiterjedése széles határok között mozoghat, ami alapvetően befolyásolja az okozott károk nagyságát. Az enyhébb vízhiány néhány száz négyzetkilométeres méretétől egészen a rendkívül súlyos aszály kontinentális, akár több millió négyzetkilométeres nagyságáig terjedhet. Általánosságban megállapítható, hogy minél súlyosabb az aszály, annál nagyobb területre terjed ki. Egész kontinenst érintő aszály viszonylag ritkának mondható, de például a legszárazabb földrész, Ausztrália felét évtizedenként átlagosan többször is sújtja extrém mértékű szárazság. 2007-ben Ausztrália 65 %-át nyilvánították aszály által sújtottnak.

Az 1980-as évek végén az Egyesült Államok történetének egyik legkölségebb aszályát élte át. A magas hőmérséklet és a kevés csapadék három éve tartó időszaka nagyjából 15 milliárd dollárnyi termést tett tönkre a kukoricaövezetben. A teljes energia-, víz-, ökoszisztéma- és mezőgazdasági veszteséget 39 milliárd dollárra becsülték. Újabb észak-amerikai példaként megemlíthető, hogy Texas 2010 óta szenved aszálytól, 2011 pedig az állam történetének legszárazabb évévé vált. 2013-ra az állam 99 százaléka küzdött a szárazsággal. 1995-ben a USA Szövetségi Vészhelyzet Kezelő Ügynöksége (FEMA) az aszályból származó éves veszteséget 6-8 milliárd dollárra becsülte, ami magasabb, mint bármely más természeti időjárás katasztrófa, beleértve a hurrikánt és az áradást. 1980 óta Európában emelkedik az aszályok száma, és azok egyre súlyosabbak is lettek; az aszályokkal összefüggő költségek Az Európai Bizottság adatai szerint az elmúlt 30 évben szerint eléri a 100 milliárd eurót.

Az aszály által okozott károk Magyarországon elsősorban a mezőgazdaságot érintik, s alapvetően befolyásolják az ágazat jövedelmezőségét. Egy a Központi Statisztikai Hivatal adatain alapuló feldolgozás (Szász 1988) már az 1980-as évek végén is azt találta, hogy a

természkiesést okozó károsító tényezők közül az aszály bizonyult a legjelentősebbnek 36%-os részarányával, míg a jégkártétel 24 %-ot, a vízkár 17%-ot, a fagykár pedig 12 %-ot tett ki. Az összes többi tényező (szélkár, növényi kórokozók, állati kártevők) együttesen csak a károk 11 %-áért felelt. Egy az utóbbi évtizedekre vonatkozó hazai számítás szerint (*Bussay et al. 1999*) a sokéves átlagos aszálykár nagyjából 40 milliárd Ft, s ez több mint kétszerese a 15 milliárd Ft körülire becsült belvízkárnak, ami indokolná, hogy az aszály esetén is a belvízi eseményekre jól kidolgozott prevenciós és kárenyhítő kezelési rendszer épüljön ki. Ráadásul a károk egyértelműen növekvő tendenciát mutatnak. Az 1990-es évek aszály eseményei évente 30-50 milliárd Ft-os veszteségeket okoztak országosan, ami a következő évtizedben 30-150 milliárd Ft-ra nőtt, a 2010-es években pedig már egy aszályos évben 100-400 milliárd Ft veszteséggel lehetett számolni a *Magyar Biztosítók Szövetségének* adatai alapján.

A Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia szerint egyfelől hazánkban a mezőgazdaság a klímaváltozásnak leginkább kiszolgáltatott ágazat, másfelől a mezőgazdaság számára az aszályhajlam erősödése jelentheti a jövőben a legnagyobb kihívást. E két megállapítás már önmagában kellőképpen indokolja, hogy várható miért válik a következő években az aszálykérdéssel való érdemi foglalkozás mindinkább elkerülhetetlenné.

A jelenlegi hazai aszályhelyzet részletes bemutatására terjedelmi okokból nem vállalkozunk e munka keretein belül, de az alábbi általános, összegző megállapítások tehetők e tárgyban:

a./ Az aszály természetes jelenség, azaz előfordulása hazánk éghajlatának természetes velejárója.

b./ Ugyanakkor emberi hatást is tükrözhet az, hogy egy aszály lefolyása pontosan milyen módon történik.

c./ Jelentős területi különbségek jellemzik hazánk különböző tájainak aszálykitettséget.

d./ Az aszály számszerűsítésének módja nagymértékben befolyásolhatja a kapott eredményeket.

Ezért a következő részben az aszály számszerűsítésével kapcsolatos fontosabb ismereteket foglaljuk össze, de még ezt megelőzően tömören bemutatjuk az aszálykockázat várható jövőbeli növekedését alátámasztó eredményeket.

Az ENSZ égisze alatt létrehozott Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) az 1980-as évek vége óta vizsgálja és teszi közé az éghajlatváltozás lefolyására és lehetséges következményeire vonatkozó előrejelzéseit. Ezek az ún, éghajlati forgatókönyvek többféle változatban a XXI. század közepéig, illetve végéig vetítik előre a várható környezeti és társadalmi-gazdasági változásokat. A szervezet hatodik helyzetértékelő jelentése több részletben, részben idén látott napvilágot (*IPCC 2022-2023*), s az abban bemutatott éghajlati történések, melyeket a tudományos közösség döntő többsége hitelesnek fogad el, arra világítanak rá, hogy a gyorsuló változások ugyanabba az irányba tartanak, amerre a későbbiekben bemutatásra kerülő regionális klimatikus tendenciák is mutatnak. A globális felmelegedés törvényszerű velejárójának látszik az aszályhajlam fokozódása.

A lehetséges változások Kárpát-medencére vonatkozó regionális hatásainak becslésére már számos kísérlet történt, – mint az a *Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiában* (2018) összefoglalt információkból is látható - ezek többsége a kérdéskör összetettsége miatt azonban elsősorban a meteorológiai elemek átlagértékeiben megjelenő eltérések elemzésére összpontosított. Lényegesen bonyolultabb feladat az időjárási szélsőségek gyakoriságának modellezése. Ugyanakkor a közeljövőben várható valamennyi ilyen jellegű módosulás hazánk éghajlatának szárazabbá válására világít rá. Ezek együttesen a talajnedvesség csökkenéséhez járulnak hozzá, mivel egyértelműen a párolgás növekedését idézik elő. Hazánk jövőbeli csapadékviszonyait illetően ugyan nagyobb a bizonytalanság, mivel a klímaszcenáriók egyfelől Európa északi felére egyértelműen a vízbevétel növekedésével, a mediterrán térségre vonatkozóan viszont csapadékcsökkenéssel kalkulálnak, s hazánk területe pont e kettő között helyezkedik el; másfelől a globális modellek hazai leskálázásai azt sugallják, hogy mérsékeltabb melegedés a vízbevétel csökkenését, erősebb hőmérsékletemelkedés viszont már növekvő csapadékot idéz elő.

Összességében az mondható el, hogy a még esetlegesen, de legfeljebb csekély mértékben javuló bevételi oldal sem lesz képes kompenzálni a vízmérleg kiadási oldalának jelentős romlását, s ezért az aszálykockázat várható jövőbeli növekedése megkérdőjelezhetetlennek látszik. Az éghajlati előrejelzések súlyosbodó vízhiányt és vízminőségi problémákat prognosztizálnak a régió korlátozott vízkészletű területein. A nyári hőhullámok, valamint az intenzív esőzések várhatóan gyakoribbá válnak, és az aszály kockázata valószínűleg tovább növekszik majd Európa e részén.

### **AZ ASZÁLY SZÁMSZERŰSÍTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI**

Sarkosan fogalmazva alapvetően két fő szempont befolyásolja az aszály számszerűsítésére alkalmazni kívánt formula kiválasztását.

- Egyfelől természetesen minél pontosabb képet szeretnénk kapni a szárazság mértékéről és várható hatásairól, és ez azt indokolja, hogy olyan aszálymutató mellett döntsünk, amely a lehető legtöbb tényező hatását magában foglalja, s a különböző hatások valós természetét a lehető legrészletesebb matematikai összefüggésekkel fejezi ki. Ez óhatatlanul azt eredményezi, hogy egy nagy adatigényű, akár speciális matematikai ismereteket is igénylő mutatószámot kell használnunk, ami jelentősen leszűkíti azon területeket és időszakokat, amelyekre vonatkozóan vizsgálatokat tudunk végezni, s a kapott eredményeink más kutatásokkal való összehasonlíthatóságának esélye is csökken.

- Másfelől éppen az lenne fontos, hogy minél nagyobb területi és időbeli bontásban végezhesünk aszályvizsgálatokat, valamint következtetéseink ütköztethetők legyenek más kutatások megállapításaival, illetve az aszály által érintett különböző területek képviselői számára is érthető és elfogadható aszálykonceptiót fejezzen ki a választásunk. Ez törvényszerűen az alkalmazni kívánt módszer egyszerűsítését és az adatigény redukálását helyezi előtérbe – bizonyos mértékben akár még a pontosság rovására is.



E két, egymással ellentétes szempont egyidejű érvényesítésének igénye, s az ezzel kapcsolatos kompromisszumok határozzák meg, hogy milyen aszálymutató(k) kerül(nek) egy kutatás fókuszába.

### **Az aszály jellemzésére használt mutatószámok, aszályindexek főbb csoportjai**

Az aszálymutatók potenciálisan rendelkezésre álló jelentős és folyamatosan bővülő választéka többféle kritérium alapján csoportosítható. A vízmérleg szempontjából szokásos vagy a vízmérlegnek csak az egyik oldalát figyelembe vevő jellemzőket használni, vagy egy relatív (egyszerűsített) vízmérleget kifejező aszálymutatót alkalmazni, vagy a vízmérleg egyenlegével kapcsolatba hozható talajnedvességre alapozott számértékeket figyelembe venni. Természetesen képezhető egy egyéb csoport is ilyen megfontolások alapján, mely a vízmérleggel csak közvetettebb kapcsolatot mutató módszereket tartalmazza.

A vízmérlegnek csak az egyik oldalát figyelembe vevő mutatószámok gyakoribb esetben a bevételi oldalra fókuszálnak, azaz kizárólag csapadék adatokat használnak. Ezek egyszerűsége és kis adatigénye, következésképpen univerzális használhatósága mindenképpen előnyös vonás, ugyanakkor a kiadási oldal hanyagolása miatt olykor félrevezetőek lehetnek. Ez az egyszerűsítés ugyanis azt a feltételezést fejezi ki, hogy a nedvességi viszonyokat csak a csapadék változása befolyásolja, tehát a kiadási oldal lényegében statisztikailag állandónak tekinthető. A komplexebb közelítés céljából sok esetben az aktuális időszak csapadék adatait korábbi átlagos csapadékviszonyokhoz hasonlítják, de az éghajlatváltozás jelenlegi, dinamikusán változó párolgással jellemezhető szakaszában az ilyen indexek használata erősen megkérdőjelezhető.

Ritkábban a vízmérlegnek csak az egyik oldalát figyelembe vevő mutatószámok a kiadási oldal adatait használják. Ilyenkor általában a potenciális és tényleges párolgás egymáshoz való viszonyával jellemzik a kialakult vízhiány mértékét: minél jelentősebb a kettő különbsége, annál szárazabb viszonyokat tételezhetünk fel. Előnye ebből az árnyaltabb szemléletmódból fakad az előzőekhez képest, s az aktuális klimatikus trendek alapján is sokkal inkább valóság-hű (a mostani változásokat jobban leíró) megközelítést jelentik az aszálykérdésnek, viszont a párolgotatóképesség és különösen a tényleges párolgás meghatározásának - ritkábban mérésének, gyakrabban számításának – módja és pontossága alapvető befolyással vannak e formulák tényleges használati értékére. Mivel a könnyen, egyszerűen, gyorsan, olcsón és pontosan mérhető, s ezért nagy területi és időbeli sűrűséggel rendelkezésre álló csapadék adatokkal szemben a párolgási viszonyok megbízható mérése egyáltalán nem megoldott, ezért a párolgás mértékét döntően számítani szokták, s ez önmagában is behatárolja az ilyen aszályindexek használatát.

E fentiekben említett megfontolások természetesen hatással vannak a vízmérleg bevételi és kiadási oldalát összehasonlító mutatószámok használhatóságára is. Ezek az előzőeknél egyébként pontosabb vízellátási helyzetet kifejező jellemzők leggyakrabban egy adott területen egy adott azonos időszak csapadékát és potenciális vagy tényleges párolgását hasonlítják össze különbség vagy hányados formájában. A párolgászámítási

formulákkal kapcsolatos nehézségek kikerülésére gyakori megoldás ilyenkor a kiadási oldalt valamilyen egyszerűbben hozzáférhető, a párolgással viszonylag szoros kapcsolatot mutató termikus paramétert (sugárzásösszeget, napfénytartamot, átlaghőmérsékletet, hőmérsékleti összeget) használni. Tulajdonképpen az ilyen egyszerűsítést megvalósító indexek használata nyúlik vissza ebből a típusból a legrégebbre. Az utóbbi évtizedekben viszonylag népszerű megoldássá vált e csoporton belül, hogy a legkönnyebben hozzáférhető csapadék és hőmérsékleti adatokat például havonként eltérő súlyozással szerepeltessék egy összetettebb indexben, s így ötvözhető a könnyen kielégíthető adatigény és az árnyaltabb, valóság-hű közelítés. Említést érdemel továbbá az a lehetőség, amikor egy relatív vízmérleg jellegű aszályindex (például ariditási index) kritikus értékeinek bekövetkezési időpontjainak határolnak le száraz, aszályos időszakot.

A talajnedvességre vonatkozó paraméterek önmagukban nem aszályindexek, gyakran mégis ide kerülnek besorolásra, mivel lényegük-nél fogva rokoníthatók azokkal. Az aszály bizonyos formáival (talajaszály, mezőgazdasági aszály) nagyon szoros kapcsolatban állnak, s a többivel is mutatnak összefüggést. Az egyetlen gond ezekkel, hogy folyamatos, megbízható nyomon követésük nehezen megoldható, s így kevésbé állnak rendelkezésre. Amennyiben nem méréssel kerülnek meghatározásra, a vízmérlegből maradéktagként kalkulálhatók, de ez jelentős pontatlanságot is eredményezhet.

Az összes olyan aszálymutató, amely nem sorolható az előbbi kategóriák valamelyikébe, azaz kevésbé direkt módon kapcsolódik a vízmérleghez, az egyéb csoportba kerülhet. Ezek nagyon különböző jellegű paraméterek lehetnek; ide tartozhatnak például az extrém meteorológiai viszonyokat (magas hőmérsékletek előfordulását) számszerűsítő, a növényzet állapotát kifejező vagy a környezeti rendszer egyéb tulajdonságaira fókuszáló mutatószámok, amelyek közül több már említésre került.

További csoportosítási lehetőségek alapjául szolgálhat az, hogy:

- milyen jellegű aszály számszerűsítésére alkalmas az adott módszer;
- egy lépésben egyszerűen (például két számérték kivonásával vagy osztásával) meghatározható, vagy több lépésben szükséges kalkulálni (például egy alapérték és egy vagy több módosító faktor kvantifikálásával) az adott mutatószámot;
- földfelszíni vagy távérzékeléssel nyert adatokat használó, vagy a kétféle adatgyűjtés kombinációját igénylő paraméterről van-e szó;
- milyen hosszúságú időszak nedvességi viszonyainak jellemzésére használható az adott index.

Az árnyaltabb közelítés érdekében elemzéseinkben többféle, különböző jellegű mutatószámot használtunk az utóbbi évtizedek és a 2022-es év regionális aszályhelyzetének bemutatására. Ezek az alábbiak:

- Pálfai-féle módosított aszályindex (PaDI vagy PADI):

$$PADI = (100 \cdot HIV - VIII / (CSX - IX + 10)) \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

ahol: HIV-VIII: havi átlaghőmérsékletek; CSX-IX: súlyozott havi csapadékösszegek; k<sub>1</sub>: hőmérsékleti korrekciós tényező; k<sub>2</sub>: csapadék korrekciós tényező, k<sub>3</sub>: megelőző évek időjárását jellemző korrekciós tényező;

- Erdészeti aszályindex (FAI):

$$FAI=100 \cdot HVII-VIII / (CSV-VII + CSVII-VIII)$$

HVII-VIII: havi átlaghőmérsékletek; CSV-VIII: havi csapadékösszegek;

- Ariditási index (ARI):

$$ARI=E_0/P$$

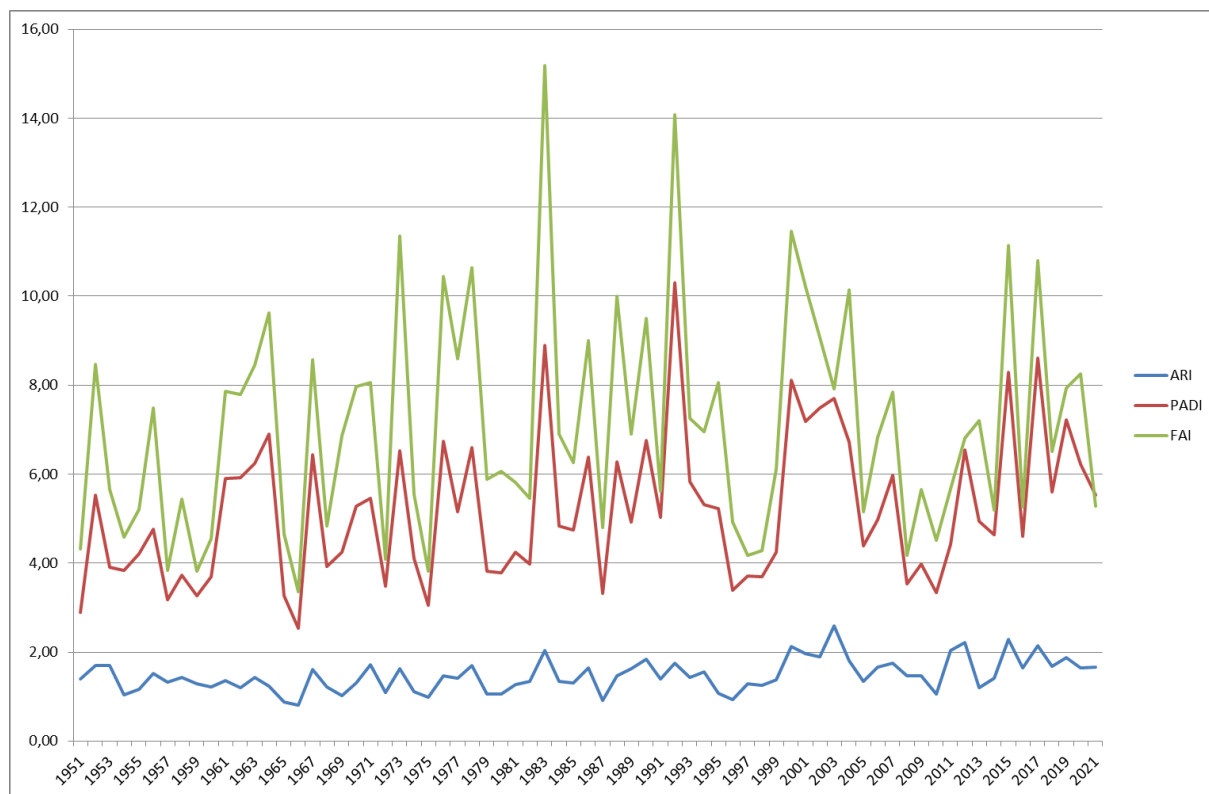
$E_0$  az adott időszak kalkulált párologtatóképesség összege, P pedig ugyanezen időszak mért csapadékösszege;

- Száraz időszak hosszának statisztikai jellemzői (az időszak kezdete, vége és hossza): ezek az ariditási időszak 1,0 feletti értékei által kerülnek meghatározásra;

- Extrém magas hőmérsékleti értékek előfordulási gyakorisága: a 25 és 30 °C közötti napi maximumhőmérsékletű nyári napok, a 30 és 35 °C közötti napi maximumhőmérsékletű hőségnapok, a 35 °C feletti napi maximumhőmérsékletű forró napok, valamint a 18 és 20 °C közötti, illetve a 20 °C feletti napi minimumhőmérsékletű meleg éjszakák relatív előfordulását vizsgáltuk.

## A MOSONI-SÍK 2022. ÉVI ASZÁLYÁNAK ÉRTÉKELÉSE AZ ÉGHAJLATI TENDENCIÁK FÜGGVÉNYÉBEN

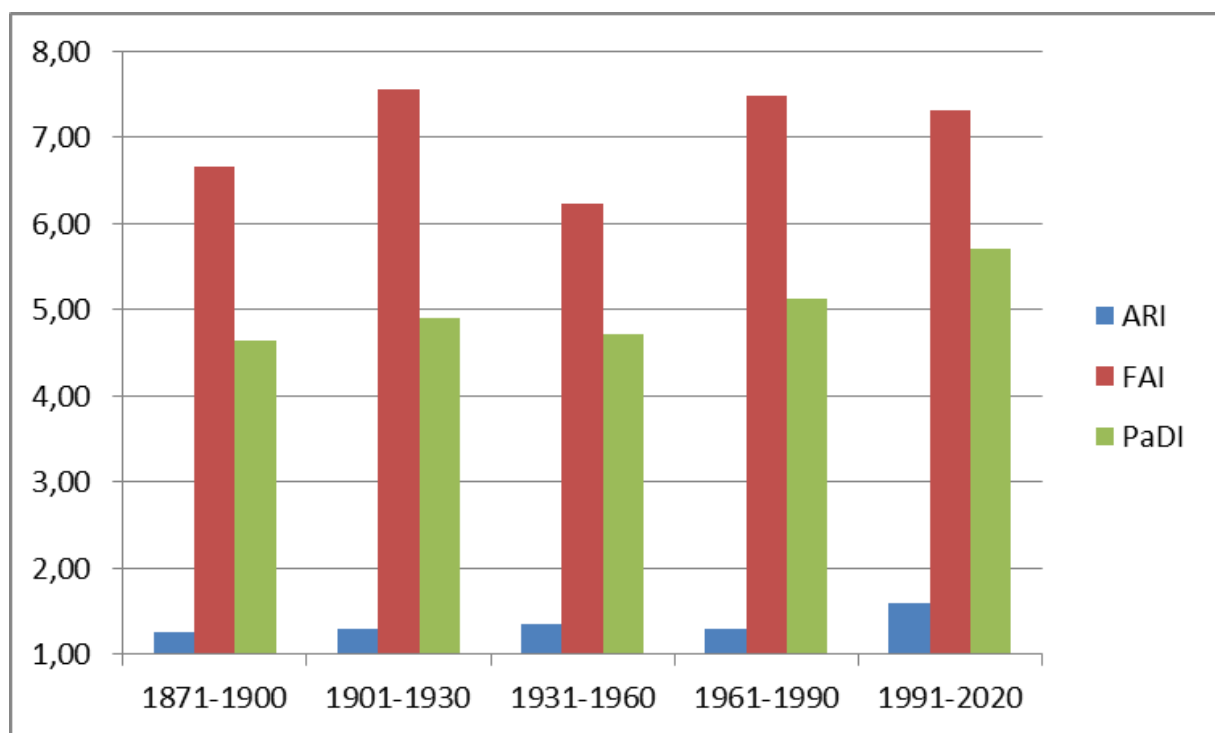
A 2-5. ábrák hosszú klimatológiai adatsorok alapján mutatják be az említett aszálymutatók felhasználásával az aszályhelyzet alakulását a Mosoni-síkon.



2. ábra. Néhány ismertebb aszályindex évi értékeinek alakulása 1951-2021 között

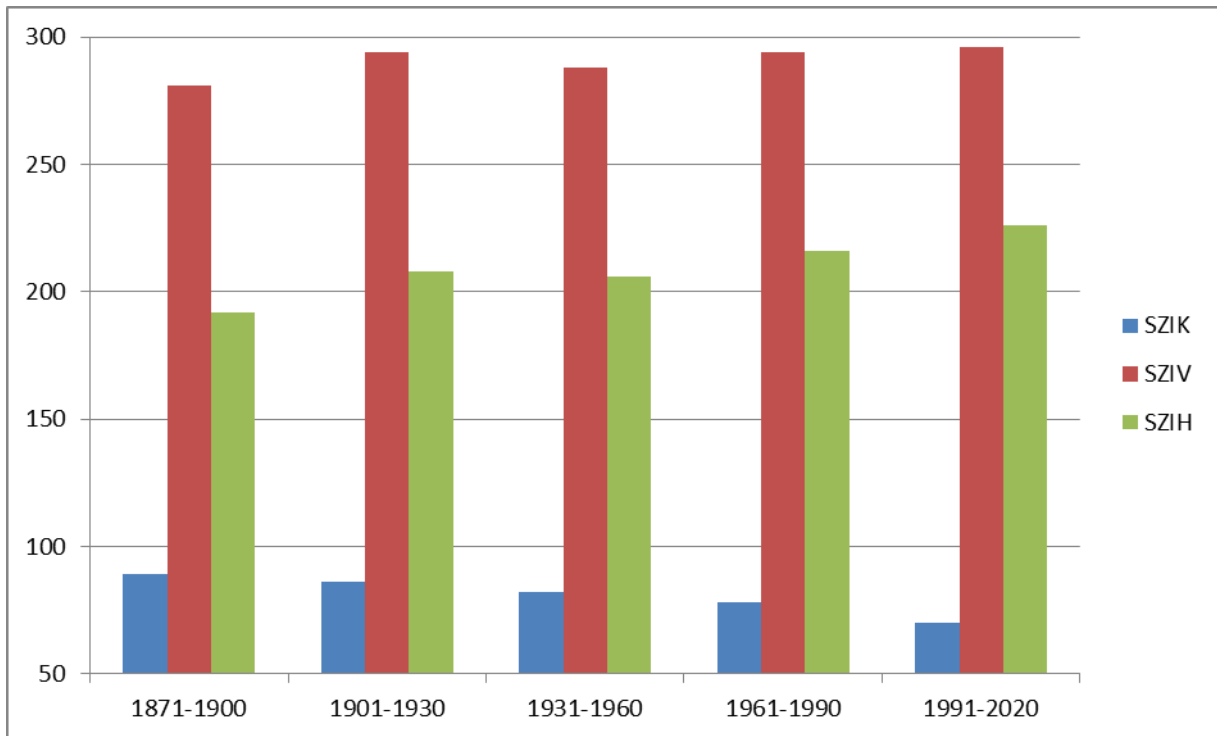
A 2. ábra mindhárom aszálymutatója a viszonylag kielégíthető adatigényű és általában kellően pontosnak tartott, egyszerűsített vízmérleget számító csoportba tartozik. Az ariditási index (ARI) a havi csapadékösszeg, átlaghőmérséklet és relatív nedvesség ismeretét feltételezi, utóbbi kettőt a párologtatóképesség egyszerű közelítéséhez; a másik kettő pedig tovább egyszerűsíti a helyzetet azzal, hogy a kiadási oldalt a hőmérséklet alakulásával jellemzi. A Pálfi-féle módosított aszályindex (PaDI) az egész évet figyelembe véve számszerűsíti a szárazság mértékét, az erdészeti aszályossági index (FAI) viszont csakis a legaszályosabb nyári hónapok adatait veszi figyelembe.

Ezen ábra szerint a FAI és a PaDI alakulása nagyon szoros kapcsolatot mutat, ami azt sugallja, hogy a kritikus időszak alakulása meghatározó az egész év értékelése vonatkozásában. Az ARI alakulása is hasonló tendenciákat mutat nagy vonalakban, de ebben az esetben érzékelhető, hogy a részletesebb adatigény miatt vannak eltérések a másik két mutató trendjeihez képest.



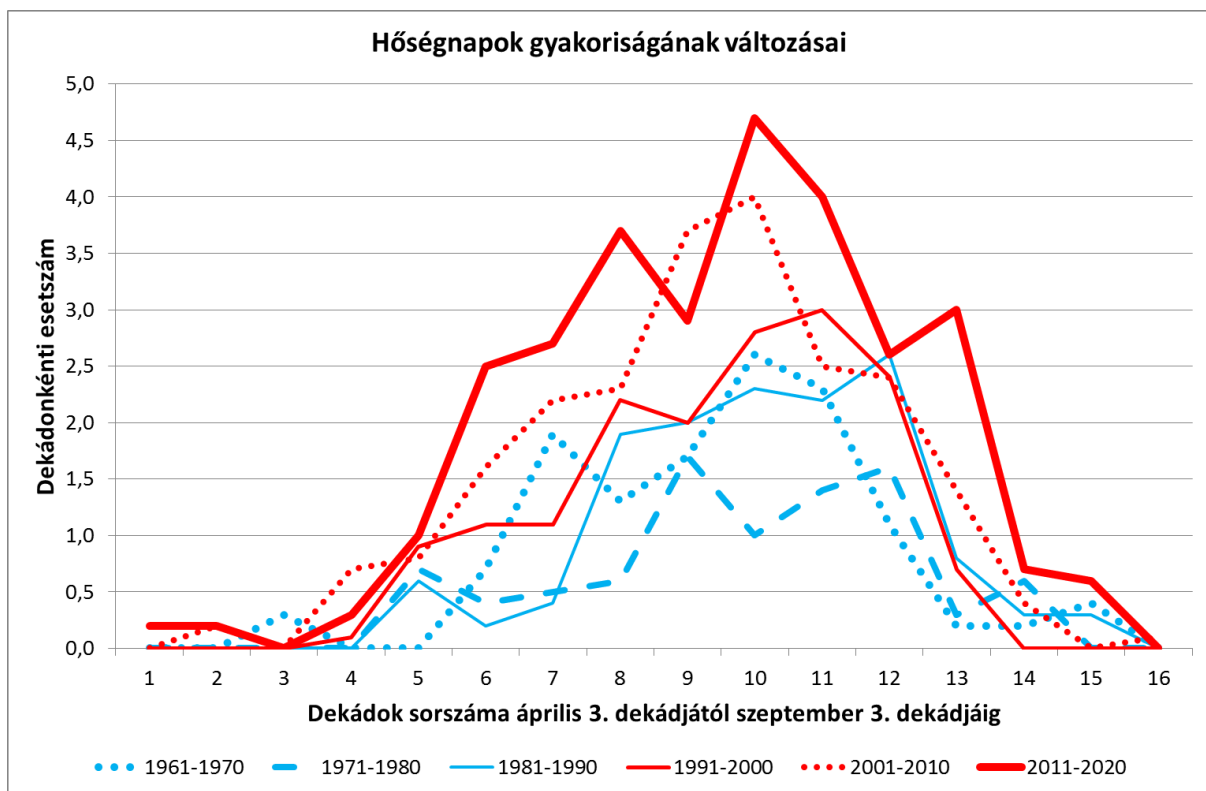
3.a ábra. Néhány ismertebb aszálymutató 30 évi átlagos értékeinek alakulása

Ezek az árnyalatnyi különbségek még inkább észlelhetők a 30 éves átlagok alakulását bemutató 3. ábrán, mely az ariditási index éven belüli alakulása alapján kalkulált, a száraz időszak alakulására vonatkozó statisztikákat is tartalmazza. Ilyen szempontból a FAI alakulása tér el leginkább a többi mutatóétól, ami arra utal, hogy nem feltétlenül célszerű az adatigényt csak az év egy rövidebb időszakára korlátozni. Ugyanakkor összességében egyértelműen látható, hogy az 1991-2020 közötti 30 éves időszakban a térség éghajlata jelentősen szárazabbá vált, s a száraz időszak hossza számottevően, nagyjából egy hónappal hosszabbodott meg.

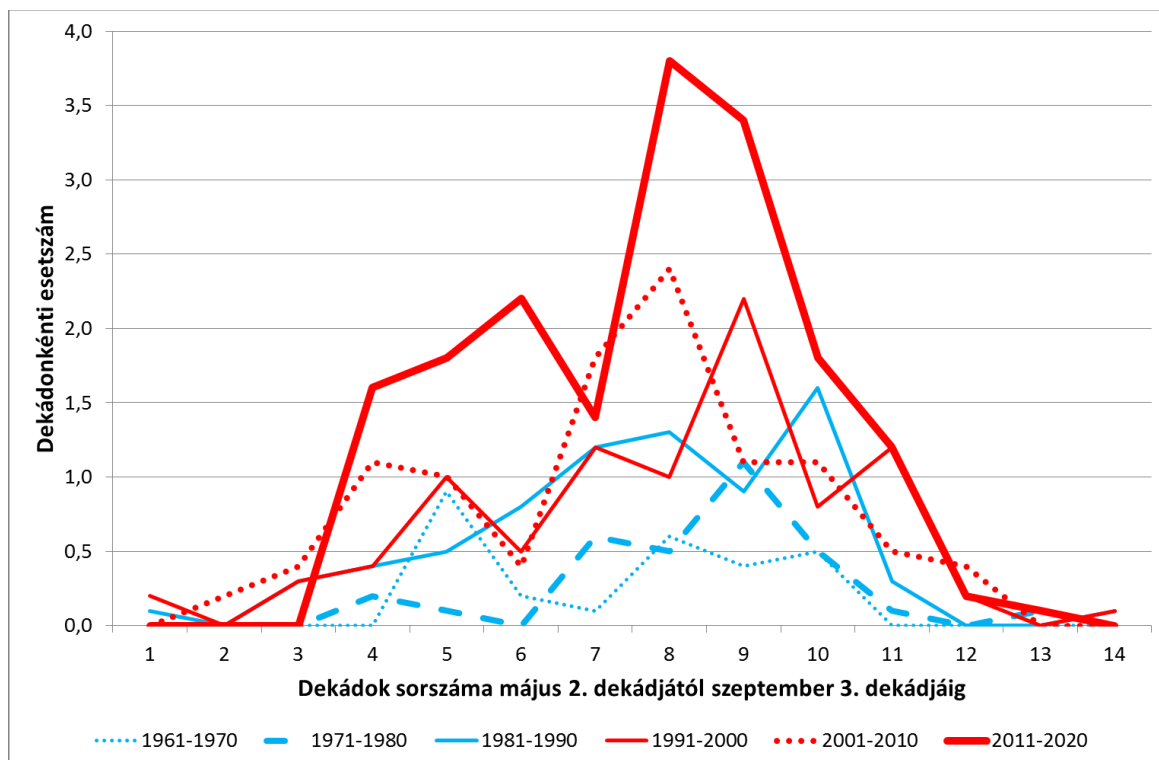


3.b ábra. Néhány ismertebb aszálymutató 30 évi átlagos értékeinek alakulása

A 4-5. ábrákon szereplő elemzések létjogosultságát az adja, hogy a szélsőséges időjárás alakulás, azon belül is kiemelten a magas napi maximum- és minimumhőmérsékletek hangsúlyos szerepet játszhatnak az aszályhelyzet súlyosbításában.



4. ábra. Hőségnapok gyakoriságának alakulása a Mosoni-síkon az utóbbi 60 évben



5. ábra. Magas hőmérsékletű éjszakák gyakoriságának alakulása a Mosoni-síkon az utóbbi 60 évben

Ebből kifolyólag egyáltalán nem mondható kedvezőnek, hogy ilyen szempontból is határozott, az aszály fokozódásának irányába mutató tendenciák látszanak érvényesülni az utóbbi évtizedekben.

### A 2022-es év aszályának jellemzése a korábbi időszakokra jellemző értékekhez viszonyítva

Vonatkozó eredményeink összesítését az 1. táblázat foglalja össze, melyben az árnyaltabb közelítés érdekében a 2022-es eredményeket két korábbi, 30 éves időszak átlagaihoz képest mutatjuk be.

1. táblázat. A 2022-es aszály összehasonlítása az 1961-1990-es és az 1991-2020-as időszak értékeivel

	FAI	PaDI	ARI-év	ARI-vegper*	ARI-I-III	ARI-IV-VI	ARI-VII-IX	ARI-X-XII
1961-1990	<b>7,47</b>	5,12	1,30	1,84	0,41	1,77	2,09	0,50
1991-2020	7,31	<b>5,71</b>	1,59	2,09	0,65	<b>2,15</b>	2,27	0,64
2022	6,21	5,54	<b>1,98</b>	<b>2,30</b>	<b>2,59</b>	1,93	<b>2,59</b>	<b>0,77</b>
*április-október								
	SZIK	SZIV	SZIH	Nyári nap	Hőségnap	Forró nap	Éjszaka +18fok	Éjszaka +20fok
1961-1990	78	294	216	49,0	12,9	0,5	4,1	0,4
1991-2020	70	296	226	54,7	22,6	2,2	9,4	2,9
2022	<b>8</b>	<b>315</b>	<b>307</b>	<b>59,0</b>	<b>28,0</b>	<b>10,0</b>	<b>12,0</b>	<b>4,0</b>

Látható, hogy a megfelelően megválasztott aszálymutatónak nagy jelentősége van az ilyen jellegű vizsgálatok esetén, mivel a komplex közelítés érdekében alkalmazott 16 paraméter nem teljesen egyformán értékeli a tavalyi év szárazságának mértékét.

Mint említettük, az erdészeti aszályossági index (FAI) és a Pálfai-féle módosított aszályindex (PaDI) a vízmérleg kiadási oldalát leegyszerűsítő módon, az átlaghőmérsékletre redukálva jeleníti meg. Ez lehet az oka, hogy ezen mutatók szerint a 2022-es aszály intenzitása nem volt kiemelkedő, s nem haladta meg az aktuális éghajlati viszonyítás alapjául szolgáló 1991-2020-as átlagokat. Sőt, a május-augusztusi meteorológiai viszonyokra fókuszáló FAI esetén ez még a korábbi, 1961-1990 közötti évekre jellemző átlagos szárazsági viszonyoktól is elmaradt. A PaDI alapján a Mosoni-síkon tavaly csupán enyhe aszály jelentkezett, ugyanúgy, mint az előző évtizedek átlagában.

Az ariditási index előnye az, hogy rugalmasan, tetszőleges időszakra kalkulálható. Emellett a vízmérleg kiadási oldalát jellemző párologtatóképesség számszerűsítésekor a hőmérséklet mellett a relatív légnedvesség hatását is figyelembe tudjuk venni használatával. Lényegében az összes vizsgált időszakban – a második negyedév kivételével - a 2022-es ariditási indexek értékei szignifikánsan meghaladták a korábbi időszakok átlagait. A száraz időszak kezdete jelentősen korábban, ennek vége egyértelműen később következett be, így a tavalyi száraz időszak hossza a 10 hónapot is meghaladta, s ezzel hónapokkal bizonyult hosszabbnak, mint ami várható volt.

Az extrém magas nappali maximumhőmérsékletek száma és a szélsőségesen meleg éjszakák gyakorisága is kiemelkedő volt a tavalyi aszály során. Minél magasabb – hőstresszt okozó és az aszály hatását fokozó – kategóriáról van szó, annál jelentősebb volt ezek relatív előfordulásának növekménye – még az 1991-2020-as átlagokhoz képest is.

## **ÖSSZEGZŐ MEGÁLLAPÍTÁSOK**

1. Az aszály természetes jelenség éghajlati viszonyaink között, ugyanakkor antropogén hatást is tükrözhet az, hogy lefolyása pontosan milyen módon történik. Az aszályal kapcsolatos információk előállításának és hasznosításának az a lényege, hogy a lehető legkedvezőbb emberi befolyás érvényesüljön e higrikus szélsőségek hazai előfordulására, jellemzőire és következményeire vonatkozóan.

2. Jelentős területi és időbeli különbségek jellemzik hazánk különböző tájainak aszálykitérttségét. Ez e komplex jelenség alapvetően higrikus meteorológiai szélsőség voltából fakad. Erre tekintettel kell lenni az alkalmazandó aszálymutatók kiválasztásánál és használatánál, mely vonatkozásban elvárás lehet a különböző aszályfokozatok árnyalt megjelenítése. Továbbá mivel az aszály viszonylagos jelenség, az indexeknek a helyi adottságok figyelembevételével kell jól működniük. Ez alapján indokoltnak látszik párhuzamosan többféle, különböző jellegű aszályindex használatát tesztelni.

3. Az indexekkel kapcsolatban a teljesíthető adatigény és a megfelelő pontosság kompromisszuma tudja csak biztosítani, hogy az aszályvizsgálatokat megfelelő alap köré

építhessük. Ilyen szempontból az egyszerűsített vízmérleg jellegű mutatószámok tűnnek jó választásnak.

4. Az aszály számszerűsítésének módja más vonatkozásban is nagymértékben befolyásolhatja a kapott eredményeket. A havi adatokon alapuló aszályindexek nem alkalmasak a folyamat elemzésére, minthogy az év leginkább kritikus részében aszályos időszakok egy hónapnál rövidebb időszak alatt is kialakulhatnak. A hónapos időfelbontás a megbízható és pontos előrejelzést sem támogatja. Az egész év aszályosságát utólag, egy értékkel jellemző mutatók használata operatív célokra nem megfelelő, legyenek egyébként bármilyen pontosak is!

5. A vizsgálni kívánt aszálytípus vagy aszálytípusok lehatárolása szintén jelentős befolyással bír az aszálymutató kiválasztására, s így a kutatás adatigényére. A mezőgazdasági szempontok érvényesüléséhez a talajtulajdonságok, s leginkább a talajnedvesség alakulásának nyomon követése sem elhanyagolható. Amennyiben és ahol lehetőség van rá, ott a talajnedvességi adatok, illetve azon alapuló indexek figyelembe vétele is ajánlható.

6. Az aszály jelenlegi és várható jövőbeli hazai és nemzetközi jelentősége messzemenően indokolják az ilyen jellegű vizsgálatok szükségességét és azt az elvárást támasztják azokkal szemben, hogy eredményeik más, hasonló jellegű kutatások megállapításaival összehasonlíthatók, illetve a gyakorlat különböző területei számára felhasználhatók legyenek.

7. A 2022-es év során jelentkező aszály a Mosoni-síkon az ország jelentős részéhez képest enyhébben nyilvánult meg, de komplex elemzése kimutatta, hogy bizonyos összetevői még az éghajlatváltozás jelenlegi, előrehaladott szakaszában is szignifikánsan meghaladták az aktuális éghajlati normák alapján várható alakulást.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Jelen publikációt a GINOP\_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00040 azonosítószámú: „WREN - Klímaalkalmazkodást támogató monitoring és predikciós eljárás kidolgozása ” című pályázat támogatta.

## IRODALOMJEGYZÉK

*Bussay A. – Szinell Cs. – Szentimrey T. (1999): Az aszály magyarországi előfordulásának vizsgálata és mérhetősége. Éghajlati és agrometeorológiai tanulmányok 7. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.*

*European Drought Observatory: <https://edo.jrc.ec.europa.eu>*

*Global Water Partnership Central and Eastern Europe (2015): Guidelines for the preparation of Drought Management Plans. Development and implementation in the context of the EU Water Framework Directive, Global Water Partnership Central and Eastern Europe, 48pp.*

*Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2022-2023): Hatodik helyzetértékelő jelentés: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>*



*Kvassay Jenő Terv (2017): Nemzeti Vízstratégia*

*Magyar Biztosítók Szövetsége: [www.mabisz.hu](http://www.mabisz.hu)*

*Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2018): a 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (Melléklet a 23/2018. (X. 31.) OGY határozathoz)*

*National Drought Mitigation Center – University of Nebraska: <https://drought.unl.edu>*

*Országos Meteorológiai Szolgálat: [www.met.hu](http://www.met.hu)*

*Palmer, W. (1965): Meteorological Drought. Research paper no. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau.*

*Szalai S. (2012): Az aszály definíciói. In: Bihari Z. /szerk./: Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE. Összefoglaló a projekt eredményeiről.*

*Szász G. (1988): Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.*

*World Meteorological Organization (1989): Aszály. Demonstrációs kiadvány. Geneva.*