



# A klimatikus energia- és vízmérleg változásainak vizsgálata a Duna-medencében 1961-től klímadiagram segítségével

**Báder László, Szilágyi József**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vizgazdálkodási és Vízépítési Tanszék, laszlo.bader@edu.bme.hu

DOI: 10.56474/legkor.2025.1.4

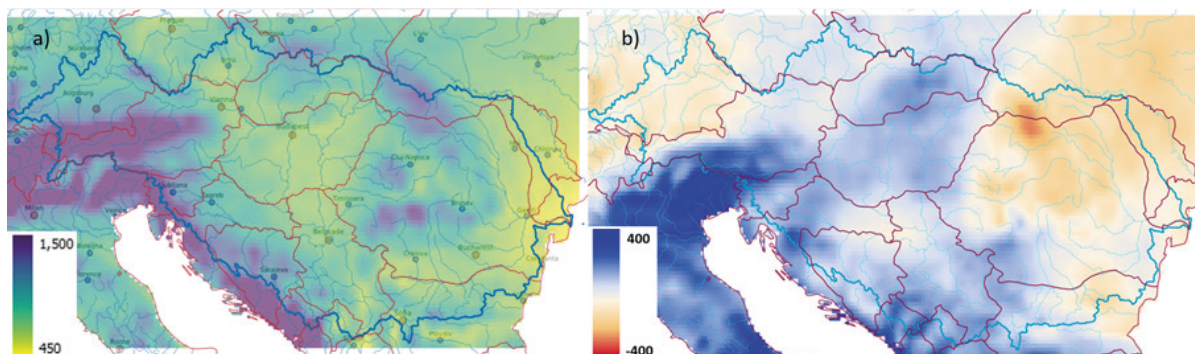
A Duna-medencében, a nettó sugárzás és párolgás adatai az 1961-1990-es és 1991-2020-as normálidőszakban összehasonlítva jelentős növekedést mutatnak. Az energia- és vízmérleg állapotát, annak változásait és az éghajlatváltozás hatásait egyszerűen be lehet mutatni grafikusán egy új módszerrel, az időszak energiaszállítását jellemző működési pontnak, azaz munkapontnak az ábrázolásával. Tulajdonságai alapján nevezhetjük a diagramot klimatikus energiamérleg diagramnak, röviden klímadiagramnak. Normalizált klímadiagramon felrajzolt munkapont segítségével eltérő éghajlatú területek állapota is összehasonlítható. A korábbi mérések adatai is ábrázolhatók. A párolgáshányad ismeretében kifejezhető a Bowen-arány, vagy fordítva, a Bowen-arány ismeretében kifejezhető a párolgáshányad.

## Analysis of the changes in climatic energy and water balance in the danube river basin from 1961 with a climatic energy diagram

Net radiation and evapotranspiration data show a significant increase in the Danube river basin, when comparing the 1961-1990 and 1991-2020 normal periods. The state of the energy and water balance, its changes and the effects of climate change can be graphically represented using a new method of plotting an operating point or working point of the energy flow. Based on its properties, the diagram can be called a climatic energy balance diagram, or climate diagram for short. A normalised climate diagram can also be used to compare conditions under different climates. The available previously measured data can also be plotted. The evaporation fraction can be used to express the Bowen ratio, or conversely, the evaporation fraction can be expressed in terms of the Bowen ratio.

A 2022-ben tapasztalt, egész Európát sújtó aszály felveti a kérdést, hogy lehet-e hasonlóra számítani a következő években, és hogyan lehet azokra felkészülni, ha bekövetkeznek. Várhatóan a gazdálkodóknak nem lesz elegendő minden évben passzívan várni és remélni, hogy megfelelő időben megérkezik a megfe-

lelő mennyiségű csapadék. Vizsgáljuk meg a problémát abból kiindulva, hogy Magyarországon a csapadék legnagyobb része – a 2001-2010 időszak éves átlagában közel 90%-a – elpárolog (Szilágyi és Kovács, 2011; Szilágyi, 2012; Kocsis, 2018), és közben az éghajlati energiák szállításával létfontosságú természeti szolgál-



1. ábra. a) A csapadék éves átlaga a Duna vízgyűjtőjén az 1991-2020 közötti normálidőszakban mm-ben. b) A csapadék éves mennyiségének változása 30 év alatt (a rácspontonként meghatározott trendvonalak által mutatott különbség) ERA5-Land adatok alapján.

tatást végez. A csapadéknak csak kis részét használjuk fel lakossági, mezőgazdasági vagy ipari célokra. A légköri és vízközi egy egységes éghajlati energia szállító – elosztó rendszert alkotnak, amelynek a felépítését, és működésének megértését az általános rendszerelmélet alkalmazása segítheti (Báder, 2023).

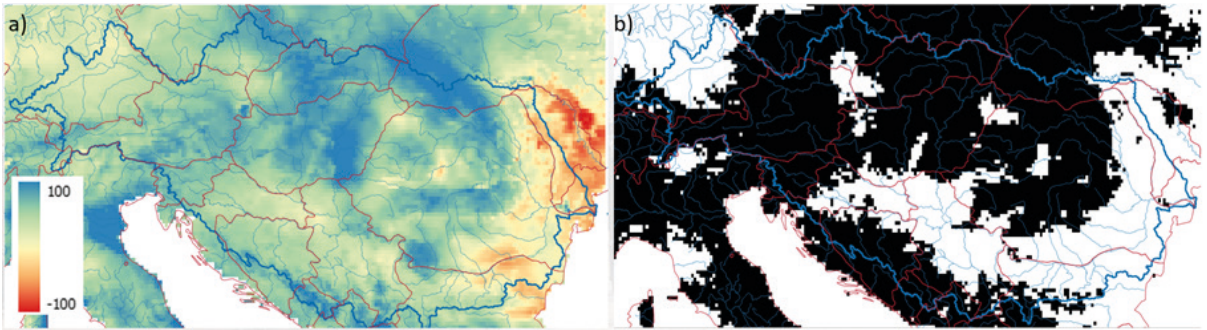
A felmelegedés hatására a párolgási kényszer megnő, a párolgáshoz szükséges nedvesség elérhetősége kritikussá válhat a Föld számos pontján (Jung et al., 2010), pedig a párolgásnak az éghajlati energiák elosztását végző szerepe nélkülözhetetlen a kiegyensúlyozott éghajlati viszonyok fenntartásában (Eiseltová et al., 2012). A felszínen rendelkezésre álló nettó energiamennyiség legnagyobb része (a rövidhullámú és hosszuhullámú sugárzás egyenlege) a párolgás során felvett látens hővel távozik a felszínről (Ellison et al., 2024). A párolgás nagyobb hányada – globálisan mintegy 60% – a növények párologtatásán (transpiráción) keresztül történik (Schlesinger and Jasechko, 2014). Több szerző hangsúlyozza, hogy a víz körforgásának fenntartásához a fizikai folyamatok mellett a biotikus elemek funkciójának jobb ismeretére, azok működésének megőrzésére, sőt javítására is szükség van (Ripl, 2003; Agócs, 2018). A párolgás-párologtatás (evapotranspiráció) az élő táj elemi szükséglete, amelynek napi és évi ritmusa van, fontos funkciója a hőkiegyenlítés, éghajlatunkon a többlethő elvezetése (Kravcik et al., 2007; Hurina and Pokorný, 2016). A bemutatott közép-európai adatok, a hazai és külföldi kutatások egybevégezően megerősítik, hogy a párolgás és vízkörforgás folyamata kulcsszerepet játszik a táj működőképességének megőrzésében. Összefoglalva ez azt jelenti, hogy nemcsak a növények vízigényének biztosítása fontos azok fenntarthatóságáért, hanem a növények párologtatása is nélkülözhetetlen a víz körforgásának kiegyensúlyozottságához.

A párolgáshoz szükséges víz legfontosabb forrása a csapadék, ezért annak áttekintéséből indulunk ki. A Duna-medencében, az 1991–2020 közötti normálidőszakban mért csapadék mennyiségének területi eloszlását mutatja be az 1a. ábra. Felismerhető, hogy a csapadék mennyisége csökken kelet felé, az Atlanti-óceántól és Földközi-tengertől távolodva. Délnyugaton és a magasabban fekvő területeken a csapadék 30 éves átlaga nagyobb és növekvő tendenciát mutat. Az alföldi jellegű területen kevesebb csapadék esik, azonban azt is érdemes megfigyelni, hogy ott a mennyisége is tovább csökken, főként a vízgyűjtő észak-keleti és észak-nyugati területein (1b. ábra). Magyarország területét nézve, nem láthatók jelentős változások a csapadéokban.

Fontos kérdéseket vehet fel azonban a csapadék változását tágabb térségben bemutató 1b. ábra. Miért csökken egyes térségekben jelentősen a csapadék, például a Tisza vízgyűjtőjének az országhatáron kívül eső részén (élénk sárga terület)? Milyen hatással lehetnek Magyarországra a környezetünkben felismerhető változások? Milyen következménye lehet az eloszlásában tapasztalható változásoknak az energiaszállító rendszer működésére?

A csapadék mennyiségének vizsgálata mellett – amely a vízbiztonságunkat jelentő legnagyobb tényező a bevételi oldalon – fontos megvizsgálni a kiadási oldalon jelentkező legnagyobb tagnak, a párolgásnak alakulását is. Az 1991–2020 közötti időszakban a 2a. ábrán a legtöbb területen a párolgás éves átlagában bekövetkezett növekedést látjuk, amely a kényszerítő körülmények szignifikáns erősödésével magyarázható (Báder et al., 2023). A 2b. ábra azt mutatja be, hogy a párolgás trendjét rácspontonként vizsgálva a Mann-Kendall teszttel elkülöníthetők azok a területek, ahol a változás szignifikánsan nő vagy csökken (feketével jelölve), a párolgás növekedése vagy csökkenése nem szignifikáns a fehéren hagyott területeken.





2. ábra. A párolgás éves átlagos értékének változása a Duna-medencében az 1991–2020 közötti időszakban, (Báder et al., 2023 alapján), a) Változás mm-ben (ERA5-Land adatok). b) A Mann-Kendall teszt szignifikáns változást (növekvő vagy csökkenő párolgás trendet) mutat a feketével jelölt területeken ( $p < 0,05$ ).

### Módszer

A párolgás mértékének és területi eloszlásának alakulása a bevezetőben bemutatott adatok alapján fontos információt adhat az éghajlati energia- és vízmérleg változásairól. A tanulmány az energia- és vízmérleg elemzéséhez egy újszerű, könnyen elkészíthető és grafikusán ábrázolható módszert javasol a Duna-medence példáján keresztül.

A vizsgálathoz az ECMWF ERA5-Land reanalízis adatait használtuk fel (Muñoz, 2019). A letöltött havi átlagolt adatok térbeli felbontása  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  (kb.  $9 \times 11$  km), amelyeket a  $8.0^\circ - 29.9^\circ$  K hosszúsági és  $42.0^\circ - 50.3^\circ$  É szélességi körök közötti területre töltöttük le. A Duna vízgyűjtő területét QGIS-ben létrehozott maszk segítségével határoltuk le. Az adatok éves összesítése, átlagolása, az ábrák szerkesztése és a Mann-Kendall teszt MATLAB-ban történt.

Az energia- és vízmérleg elemzéséhez és a változások vizsgálatához az éghajlati energia mérlegegyenletéből indulunk ki, amelynek egyszerűsített változata így írható fel:

$$R_n = ET + H \quad (1)$$

ahol  $R_n$  a felszíni nettó energiamennyiség,  $ET$  (Evapo-Transpiráció) a párolgással felvett és felszínről elszállított energia,  $H$  pedig a párolgási energia levonása után a felszínen maradó összes egyéb hőenergia. (A teljes hőenergiát szokásos  $H^*$ -gal jelölni, itt az egyszerűség kedvéért végig a " $H$ " jelölést használjuk helyette). Az energiamérleg kisebb tagjait, mint a talajhőáramot, tárolt energiákat stb. első közelítésben elhanyagoljuk, mert azok változásai éves átlagban jól kiegyenlítik egymást. A felszíni nettó sugárzási energia két részből tevődik össze, a rövidhullámú és a hosszuhullámú (hő-) sugárzás nettó egyenlegéből:

$$R_n = S_n + L_n \quad (2)$$

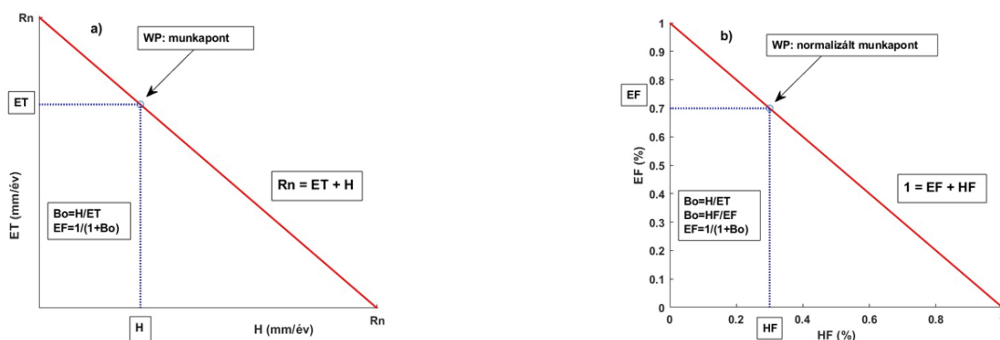
ahol  $S_n$  a rövidhullámú nettó sugárzás (napsugárzás),  $L_n$  pedig a hosszuhullámú nettó sugárzás (hősugárzás).

Az ERA5-Land adatbázisból letöltött " $ssr$ ", " $str$ " paraméterek havi átlagokat adnak meg  $J/m^2$ -ben. A mérlegegyenlet valamennyi tagjának a mértékegysége azonos kell, hogy legyen. A leggyakrabban használt területegységre megadott energia mértékegységek mellett ( $J/m^2$ ,  $MJ/m^2$ ,  $Watt/m^2$ ,  $kW/m^2$ ) a vízezenértékre átszámított energiamennyiség használata is elterjedt (m-ben, vagy mm-ben megadva). A tanulmányban minden adatot mm vízezenértékben adunk meg, ahol  $1 m^2$ -re számított  $1 mm$  vízborításnak  $2,48 MJ$  felel meg, amely  $1 kg$  víz ( $1 liter$ ) elpárolgásához szükséges  $2,48 MJ/kg$  párolgáshő értékkel van átszámolva. A párolgáshő értéke kis mértékben függ a hőmérséklettől is, ezt itt a számításoknál nem vesszük figyelembe.

A letöltött ERA5-Land havi párolgás adatokból (" $e$ " paraméter) éves értékeket számoltunk, csak a méter mértékegységet kellett átváltani milliméterre. A  $H$  értéke az így előállított  $R_n$  és  $ET$  adatok különbsége.

Egy adott évre vagy időszakra kapott párolgás ( $ET$ ) és hóáram ( $H$ ) értékeket felrajzoljuk egy olyan diagramra, ahol a vízszintes tengelyen a  $H$  értéke, a függőleges tengelyen az  $ET$  értéke szerepel. Olyan pontot kapunk az  $ET-H$  síkon, amely a vizsgált időszak időjárására jellemző, és annak klimatikus energiaszállítását foglalja össze (3a. ábra). Nevezzük el a pontot az időszak energiaszállítását jellemző működési pontnak, vagy munkapontnak, a diagramot pedig klimatikus energiamérleg diagramnak, vagy röviden klímadiagramnak (Báder, 2025). Mivel az  $R_n = ET + H$  mérlegegyenletből kiindulva rajzoljuk fel az  $ET-H$  pontot, ezért a pont mindig egy olyan egyenesen fekszik, amely a tengelyek  $R_n$  értékeit köti össze (az  $x=0$ ,  $y=R_n$  pontot az  $x=R_n$ ,  $y=0$  ponttal). Ez az  $R_n$  átló.

Figyeljünk azonban arra, hogy a nettó sugárzási energia mennyisége az egymást követő években nem pontosan egyforma, a párolgást befolyásoló körülmények is eltérőek, ezért a munkapont minden évben kerülhet egy kicsit eltolt  $R_n$  átló vonalra.



3. ábra. Klimatikus energiamérleg diagram (klímadiagram). a) Diagram éves párolgás ( $ET$ ), hőáram ( $H$ ) és nettó sugárzás ( $R_n$ ) értékekkel, párolgási vízegyenértékben megadva. b) Normalizált klímadiagram, párolgáshányad ( $EF$ ) és szenzibilis hőáram hányad ( $HF$ ) megadásával.

Eltérő földrajzi adottságú területek esetén (domborzat, távolság a tengertől, növényzet stb.) és eltérő szélességi körön fekvő területek esetén mind a nettó sugárzás, mind a párolgás értéke jelentősen eltérhet. Célszerű ezért a klímadiagram normalizált változatát is bevezetni, ahol minden tagot a nettó sugárzáshoz viszonyítunk. Ehhez az (1) jelölésű mérlegegyenletben szereplő minden tagot elosztunk  $R_n$ -nel.

$$\frac{R_n}{R_n} = \frac{ET}{R_n} + \frac{H}{R_n} \quad (3)$$

Az így átrendezett kifejezés azt jelenti, hogy az (egységnyi tekintett) teljes nettó sugárzás mely része fordítódik párolgásra, illetve alakul át érezhető (szenzibilis) hővé:

$$1 = EF + HF \quad (4)$$

ahol  $EF$  (Evaporation Fraction) a párolgáshányad, annak az aránya, hogy a párolgáshő által felvett és elszállított látens hő mekkora része a teljes nettó sugárzásnak. Hasonlóan definiálhatjuk az  $HF$  jelölésű tagot (Heat Fraction) amely a normalizált  $H/R_n$  arányt jelenti, azaz a szenzibilis hőáram mekkora része a teljes nettó sugárzásnak. Ekkor a függőleges tengelyen a párolgáshányad ( $EF$ ), a vízszintes tengelyen a hőáram hányad szerepel (3b. ábra).

Az (1) mérlegegyenletből a Bowen-arány is közvetlenül kifejezhető, a mérlegegyenletet osztva  $ET$ -vel, kapjuk:

$$\frac{R_n}{ET} = \frac{ET}{ET} + \frac{H}{ET} \quad (5)$$

Mivel  $ET/R_n$ -t  $EF$ -nek jelöltük, ezért az (5) egyenlet bal oldalán szereplő  $R_n/ET$  megegyezik  $1/EF$  értékével. A jobb oldalon az  $ET/ET = 1$  tagot, és a  $H/ET = Bo$  tagot (ez maga a Bowen- arány) behelyettesítve az (5) egyenletből következik:

$$\frac{1}{EF} = 1 + Bo \quad (6)$$

$$EF = \frac{1}{1 + Bo} \quad (7)$$

$$Bo = \frac{1 - EF}{EF} \quad (8)$$

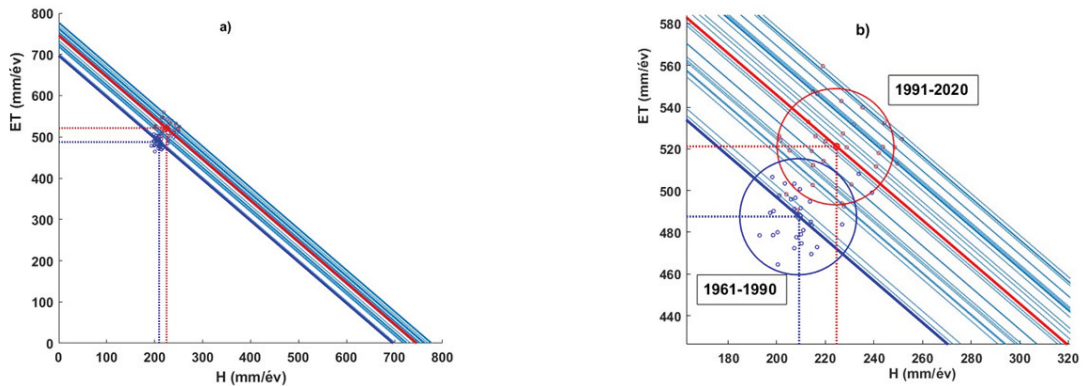
Tehát a párolgáshányad ismeretében kifejezhető a Bowen-arány, vagy fordítva, a Bowen-arány ismeretében kifejezhető a párolgáshányad.

## Eredmények

A Duna vízgyűjtőre elkészített klímadiagram  $H$ - $ET$  munkapontjait és az  $R_n$  egyeneseket mutatja be a 4. ábra az 1961–1990 időszakra és az 1991–2020 időszakra. A területre és évekre átlagolt adatok az ECMWF ERA5-Land reanalízis adatbázisból származnak. Valamennyi pont és vonal feltüntetése egy ábrán megnehezítené az áttekintést, ezért a két időszak adatait eltérően ábrázoltuk.

Az 1961–1990 időszak 30 db  $H$ - $ET$  értékpárja meghatározza minden adott évre jellemző pontot a klimatikus energiamérleg diagramon, amelyeket kék színű kis körök jelölnek (4a. ábra). A 30 éves időszak  $H$  és  $ET$  értékeinek átlagát pedig a telt kék pont jelöli, amelynek  $H$ , illetve  $ET$  értékeit a tengelyig meghúzott kék pontozott vonal segít leolvasni. Az  $R_n$  értékek 30 éves átlagát a telt kék ponton átmenő vastag kék vonal mutatja (az egyes évekhez tartozó  $R_n$  vonalak az áttekinthetőség érdekében nincsenek jelölve).

Az 1991–2020 időszak 30 db  $H$ - $ET$  értékpárjai által meghatározott pontokat piros színű kis körök jelölik. Ennek a 30 éves időszaknak a  $H$ - $ET$  átlagát telt piros pont jelöli, a  $H$  és  $ET$  értékeit a tengelyig meghúzott piros pontozott vonal mutatja. Az 1991–2020 időszak 30 db  $R_n$  értékét jelölő vonalai is be vannak egyenként rajzolva az ábrára vékony kék vonallal. Az  $R_n$  értékek átlagát pedig vastag piros vonal mutatja.



4. ábra. a) A Duna-medence klímadiagramja 1961–2020 között az éves munkapontok, és az éves  $R_n$  átlók ábrázolásával 1991–2020 között b) A Duna-medence klímadiagramja az 1961–1990 (kék) és 1991–2020 (piros) normálidőszakok éves munkapontjaival (felhagyított részlet).

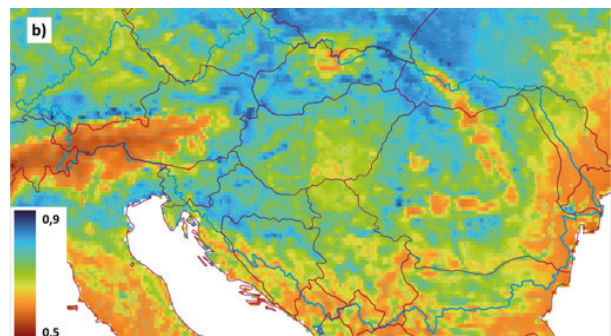
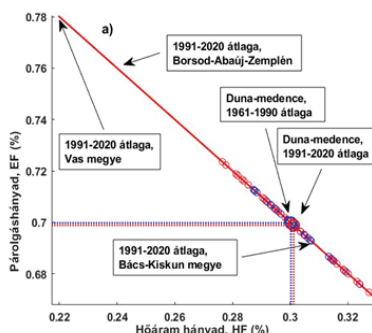
Az 1961–1990-os időszakhoz képest az 1991–2020-as időszakra 697 mm/év vízegyenértékről 745 mm/év-re nőtt a nettó sugárzás átlaga a Duna-medencében (a 4a. ábrán a vastag kék ill. piros vonalak végpontjai a tengelyen). A sugárzás adatokat a Módszer fejezetben leírtak szerint számoltuk át párolgási vízegyenértékre, hogy valamennyi adat azonos mértékegységben legyen megadva. A 4b. ábrán kinagyítva láthatóak az  $ET-H$  értékpárok, ahol megfigyelhető, hogy az 1961–1990-os időszakhoz képest az 1991–2020-as időszakra mind a párolgás értéke nőtt (488 mm-ről 521 mm-re), mind pedig a hóárak értéke (210 mm-ről 223 mm-re) növekedett.

### Normalizált klímadiagram az 1961-1990 és az 1991-2020-as időszak összehasonlítására

Az éghajlati víz- és energiamérleg éves adatait normalizált diagramon is ábrázolhatjuk. Ekkor a (4) egyenlet miatt az  $R_n/R_n=1$  egységátlóra kerülnek a munkapontok (5a. ábra). A függőleges tengelyhez

tartozó párolgáshányad ( $EF$ ) érték azt mutatja, hogy az adott évben vagy időszakban a nettó sugárzás mekkora részét (100-zal szorozva hány százalékát) szállította el a felszínről a párolgás. A jobb vízháztartású területek esetében balra felfelé, a kevésbé jó vízháztartású területeken jobbra lefelé tolódik el a munkapont. A Duna-medencében az éves sugárzási mérleg mintegy 70%-át szállítja el a párolgás (látens hő). A szenzibilis hő aránya a vízszintes tengelyről olvasható le.

Az egyes évekre jellemző munkapontok egy tágabb tartományban helyezkednek el, mutatva az évek közötti különbségeket. A 30 éves normaidőszakra jellemző munkapontok azonban viszonylag közel vannak egymáshoz, jelezve, hogy egy vizsgált térség meghatározott klímájú területen helyezkedik el, és csak kicsinek tűnik az eltolódás. A párolgáshányad értéke a Duna-medencében az 1961–1990 évek átlagában 0,6998. Az 1991–2020 évek átlaga pedig 0,6988. Ne feledjük azonban, hogy akár csekély átlagos elmozdulás mögött is óriási energiamennyiségekről van szó. Egy tízed százalék eltolódás egy normálidőszak alatt



5. ábra. a) A Duna-medence normalizált klímadiagramja éves munkapontokkal (piros és kék körök az átlón), és a 30 éves normálidőszakok 0,7 körüli átlagaival (pontozott vonallal jelölve). b) A párolgáshányad átlagos éves értékének területi eloszlása a Duna vízgyűjtőjén az 1991–2020 időszakban ERA-5 Land párolgás és sugárzás adatok alapján számolva.



azt jelenti, hogy minden évben a terület teljes nettó sugárzásának egy tized százalékával több (vagy kevesebb) lesz a szenzibilis vagy látens hő mennyisége!

A feldolgozott adatok további elemzésekre is lehetőséget adnak, például az 5b. ábrán, a párolgáshányad (EF) területi eloszlása látható a Duna-medencében az 1991–2020 közötti időszakban. A különböző régiókban lévő területek között jelentős eltérés van. Nyugat-Dunántúlon, az Északi-Középhegységben és északkeleten a legmagasabb, 0,8 körüli az érték (ami azt jelenti, hogy a nettó sugárzás közel 80%-a párolgással távozik a felszínről), miközben a Délalföldön ez az érték mintegy 15%-al kisebb. Az 5a. ábra bemutat néhány vármegyére lehatárolt értéket: Vas vármegye: átlag 0,78 (min: 0,74, max: 0,82); Borsod-Abaúj-Zemplén vármegye: átlag 0,76 (min: 0,71, max: 0,82); Bács-Kiskun vármegye: átlag 0,69 (min: 0,63, max: 0,76).

## Összefoglalás

A vízkörzés energiaszállításban betöltött szerepét egyszerűen be lehet mutatni egy klímadiagram ábrán. Az energia- és vízmérleg főbb adatait grafikonon ábrázolva minden évre vagy kiválasztott időszakra fel tudunk rajzolni egy munkapontot. Egy adott terület éghajlatának változékonyságát jól érzékelteti a munkapontok éves változása. Az éghajlatváltozás hatásait a két harmincéves normálidőszak átlagát bemutató munkapontok eltolódása mutatja, ahol látható a Duna-medence nettó sugárzásának növekedése, amelynek hatására a látens és szenzibilis hő mennyisége egyaránt nőtt. Normalizált klímadiagram segítségével a munkapont helyének értelmezése, vagy eltérő éghajlatú területek állapotának összehasonlítása is megkísérlelhető.

A víznek és párolgásának rendkívüli szerepe van a globális hőforgalomban, amelyhez a táj-növényborítás-vízkör rendszer kiegyensúlyozott működése szükséges. Az éghajlatváltozás kezelése soha nem látott kihívás elé állítja az emberiséget. A nedvesség „újra-hasznosításának” kutatása (Ent et al., 2014), vagy a párolgás és potenciális párolgás alakulásának vizsgálata (Báder és Szilágyi, 2023) azt mutatja, hogy a vízkörzés stabilitásának megőrzéséhez ezen folyamatokat már törekszünk jobban megismerni. A víz- és energiamérleg főbb összetevőinek arányait tudatosítva és a párolgás közben elvégzett energiaszállítás jelentőségét elismerve a víz körforgásának rendszerszemléletű értelmezését és annak terjedését segíthetjük.

**Köszönetnyilvánítás:** A kutatást az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program (FFT NP FTA) támogatta. Köszönjük Sándor Balázs észrevételeit és a klímadiagram normalizált változatának kidolgozására tett javaslatát.

## Irodalom

- Agócs, J., 2018: Rendkeresés. Ekvilibrium Kiadó, Budakeszi. ISBN 978-963-88213-3-1
- Báder, L. and Szilágyi, J., 2023: Widening Gap of Land Evaporation to Reference Evapotranspiration Implies Increasing Vulnerability to Droughts in Hungary. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. <https://doi.org/10.3311/PPci.21836>
- Báder, L., 2023: Magyarország vízmérlege és az éghajlatváltozás. *Hydrologiai Közlemények 2023* 1. <https://doi.org/10.59258/HK.10410>
- Báder, L., Szilágyi, J., Négyesi, K., Nagy, E., Földváry, L., 2023: Changes and trends in the climatic water balance of the Danube river basin based on meteorological, hydrological, and gravimetric data for the period 1961–2020. *HydroCarpath Conference, 9. Nov. 2023*. <https://doi.org/10.35511/978-963-334-505-4>
- Báder, L. 2025: The Climatic Energy Balance Diagram (CEBD) highlights changes in the hydrological cycle of the Danube River basin, *J. Hydrol. Hydromech.*, 73, 2025, 1, 24-33 [doi.org/10.2478/johh-2025-0001](https://doi.org/10.2478/johh-2025-0001)
- Eiseltová, M., Pokorný, J., Hesslerová, P., Rippl, W., 2012: Evapotranspiration – A Driving Force in Landscape Sustainability. *Evapotranspiration - Remote Sensing and Modeling, Ayse Irmak, IntechOpen*, <https://doi.org/10.5772/19441>.
- Ellison, D., Pokorný, J., & Wild, M., 2024: Even cooler insights: On the power of forests to (water the Earth and) cool the planet. *Global Change Biology*, 30, e17195. <https://doi.org/10.1111/gcb.17195>
- R.J. van der Ent, Wang-Erlandsson L., Keys, P.W., and Savenije, H.H.G., 2014: Contrasting roles of interception and transpiration in the hydrological cycle – Part 2: Moisture recycling. *Earth Syst. Dynam.*, 5, 471–489
- Hurina, H., Pokorný, J., 2016: The role of water and vegetation in the distribution of solar energy and local climate: a review. *Folia Geobotanica* 51, 191–208.
- Jung, M., Reichstein, M., Ciais, P. et al., 2020: Recent decline in the global land evapotranspiration trend due to limited moisture supply. *Nature* 467, 951–954, 2010. <https://doi.org/10.1038/nature09396>
- Kocsis, K., 2018: Magyarország Nemzeti Atlasza. II. kötet: Vizek. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest, 70
- Kravcik, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kovac, M., Tóth E., 2007: Water for the Recovery of the Climate. A New Water Paradigm. *People and Water NGO*, Kosice, Slovakia
- Muñoz Sabater, J., 2019: ERA5-Land monthly averaged data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). <https://doi.org/10.24381/cds.68d2bb30>, Adatok letöltése: 2024.02.21.
- Rippl, W., 2003: Water, the bloodstream of the biosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 358 (1440), 1921–1934.
- Schlesinger, W. H., and Jasechko, S., 2014: Transpiration in the global water cycle. *Agricultural and Forest Meteorology*, 189–190, 115–117. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.01.011>
- Szilágyi, J., Kovács, Á., 2011: A calibration-free evapotranspiration mapping technique for spatially-distributed regional-scale hydrologic modeling. *Hydrol. Hydromech.*, 59, 118–130 <https://doi.org/10.2478/v10098-011-0010-z>
- Szilágyi, J., 2012: Párolgásmérés műhoddal és lavórral. *Élet és Tudomány* 2012(26), 806–809.