

EJ, MI A KÖ?

Napjainkban sok szó esik a klímaváltozásról és annak Magyarországon várható hatásairól, így például a csapadék évi összegének, illetve éven belüli eloszlásának lehetséges alakulásáról. Ugyanakkor soha nem hallunk annak előidézőjéről, a párolgásról, holott az előbbi nem létezne az utóbbi nélkül, hiszen csak az a nedvesség hullhat vagy csapódhat ki a levegőből, amely oda előzőleg bekerült.

A csapadékképződés és a párolgás egymással szorosan összefüggő két folyamatát úgy is elképzelhetjük, mint a hidrológiai körforgás felmenő és lemenő ágát. Jóllehet gyakran különbséget szoktak tenni párolgás (például tavak párolgása) és párologtatás (például a növényzet párologtatása) között, azt sugallva, mintha utóbbi valamiféle aktív tevékenység eredménye lenne, valójában az többnyire a fotoszintézis mellékfolyamata.

Az aktívan fotoszintetizáló növényzet borított természetes felszínnek esetében éppen ezért nem indokolt a két folyamat szétválasztása. A növényzet gázcserenyílásain keresztül történő párologtatás mellett ugyanis párolgás megy végbe a nedves felszínről is, így az épületekről, utakról, továbbá minden olyan talajról, amelyet nem borít növényzet. Magán a növényzet felszínén, a gázcserenyílásai közötti részekben, szárán stb. is mérhető párolgás. Mivel mind a párolgás, mind pedig a párologtatás esetén az alapvető fizikai folyamat ugyanaz – a víz cseppfolyósból gázneművé alakul át –, a párolgás szó tágabb értelemben alkalmazott használata a továbbiakban indokoltnak látszik.

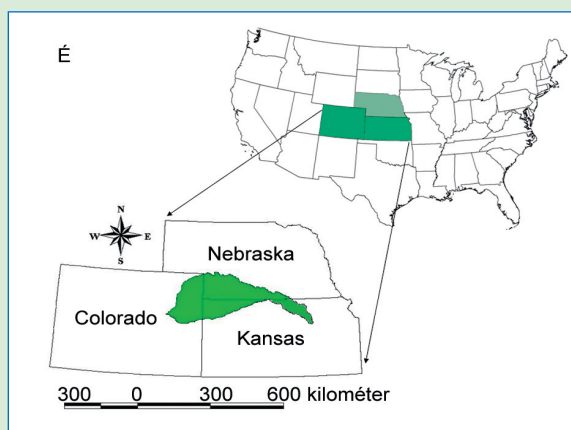
Mennyi távozik?

A tudomány jelenlegi állása szerint igen keveset tudunk a párolgás térbeli mintázatának várható jövőbeli alakulásáról, mivel azt nem ismerjük se a múlt, se a jelenre vonatkozólag eléggé, s nemcsak hazánkban, de máshol sem a nagyvilágban. A földfelszín párolgását se meteorológusok, se klimatológusok, se hidrológusok hosszútávon közvetlenül nem mérik, arra csak közvetett módon következtetnek, pél-

dául párolgási kádak méréseiből. Ez utóbbi – egy nagy, vízzel teli fémlavór – azonban nem azt méri, hogy mennyit párologtat a növényzettel borított felszín, csupán csak azt, hogy mennyi víz távozik magából a párolgási kádból.

Mindez nagyon különbözik például egy erdő esetében, hiszen ez utóbbi csak a mesében kerek, s csak akkor fényes és fémes az oldala, ha fémkerítéssel körbekerítik (ami szerencsére nem túl gyakori még), ráadásul lakhatnak benne mókusok is. Hogy ezek a nyilvánvaló különbségek nem mosolyogni valók, az abból is látszik, hogy a 90-es években (egészen 2006-ig) a szakemberek jó ideig hamis magyarázatot adtak arra, hogy miért csökkennek rendre a kádpárolgási értékek az egyre melegebbnek tűnő Föld északi féltékéjének szárazföldjei felett, amikor a csapadék ugyanott körülbelül 10 százalékkal nőtt. Úgy tűnt, hogy a hidrológiai körfolyamat betegeskedik a kontinensek felett, pedig egy melegebb klímában annak erősödnie kellene.

A magyarázatot két amerikai hidrológus már 1998-ban közreadta a rangos tudományos folyóiratban, a *Nature*-ben a párolgás *komplementáris összefüggésének* – röviden csak a *KÖ*-nek – a segítségével. Eszerint a kádpárolgás és a környezet aktuális párolgási értékei kiegészítik egymást (amikor az egyik nő, a másik csökken), hiszen nedvesebb levegőben (ami azért lett nedvesebb, mert a környezet

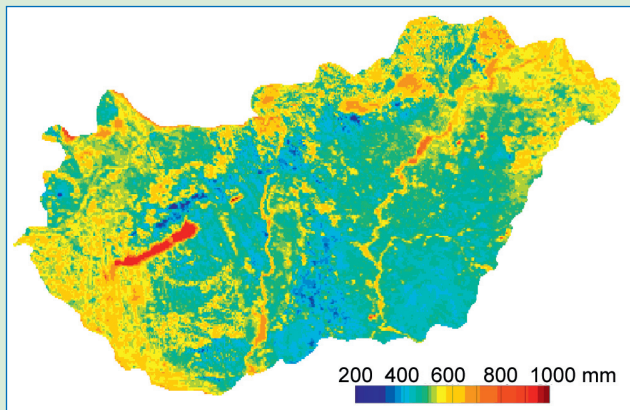


1. ábra. A Republikánus folyó vízgyűjtője és az azon osztozó három állam

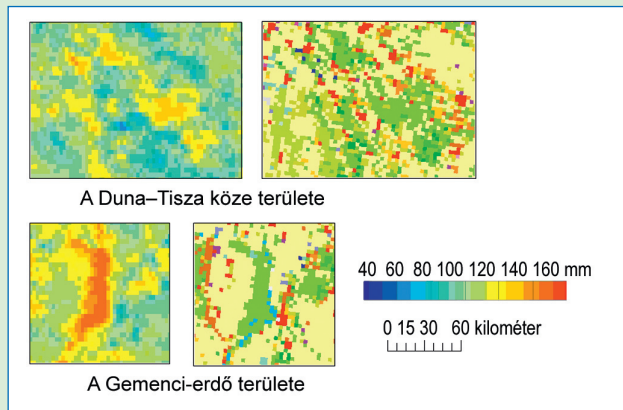
többet párologtatott) a párolgási kád csak kevesebbet tud párologtatni. Így a csökkent kádpárolgási érték éppen hogy egy dinamikusabb hidrológiai körfolyamat állapotjelzője: adott idő alatt több víz áramlik keresztül a körfolyamat globális rendszerén.

Rövid időlépcső

Noha a KÖ már 1963 óta ismert, még ma is, a legtöbb nem közvetlenül a hidrológiával foglalkozó kutató nem tud létezéséről. Ez így van annak ellenére, hogy egy kanadai hidrológus (egy magyar származású kutató segítségével) 1985-ben számítógépes programot írt, amely a KÖ segítségével pontosan megmondja a földfelszín párolgását, igaz, csak regionális mértékben. A program körülbelül a Kisalföld nagyságával azonos területre mond egy átlagértéket, amely legfeljebb egy adott hétre (vagy annál hosszabb időszakra) érvényes, de szűkebb időszakra, így egy konkrét napra már nem képes meghatározni a párolgás mértékét.

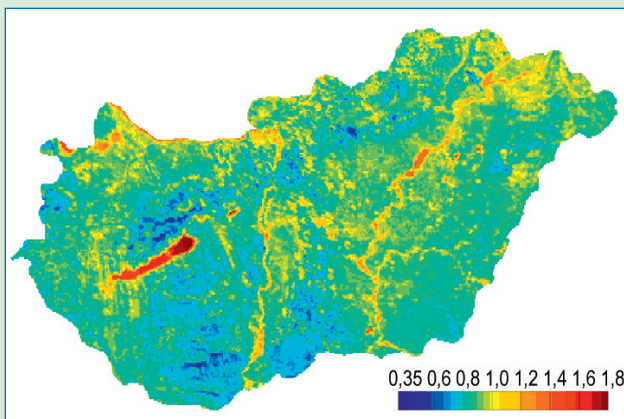


2. ábra. Az évi átlagos párolgás eloszlása Magyarországon 9 év (2000–2008) adata alapján



3. ábra. Az erdők (zöld színnel jelölve a jobb oldali térképrészleteken) kiugranak környezetükből a júniusi magas párolgási értékeikkel

Ez a rövid időlépcső a legtöbb gyakorlati probléma esetében lényegtelen, mert a folyamatok kritikus időléptéke hónapokban, illetve években mérhető. Jómagam a KÖ által kapott regionális párolgásértékek térbeli szétosztását oldottam meg műholdképek és bizonyos egyszerűsítések felhasználásával. E módszert alkalmaztam – a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékének két dolgozója segítségével – hazánk, illetve az amerikai *Nebraska* állam egész területére, valamint az ugyancsak amerikai *Republikánus* fo-

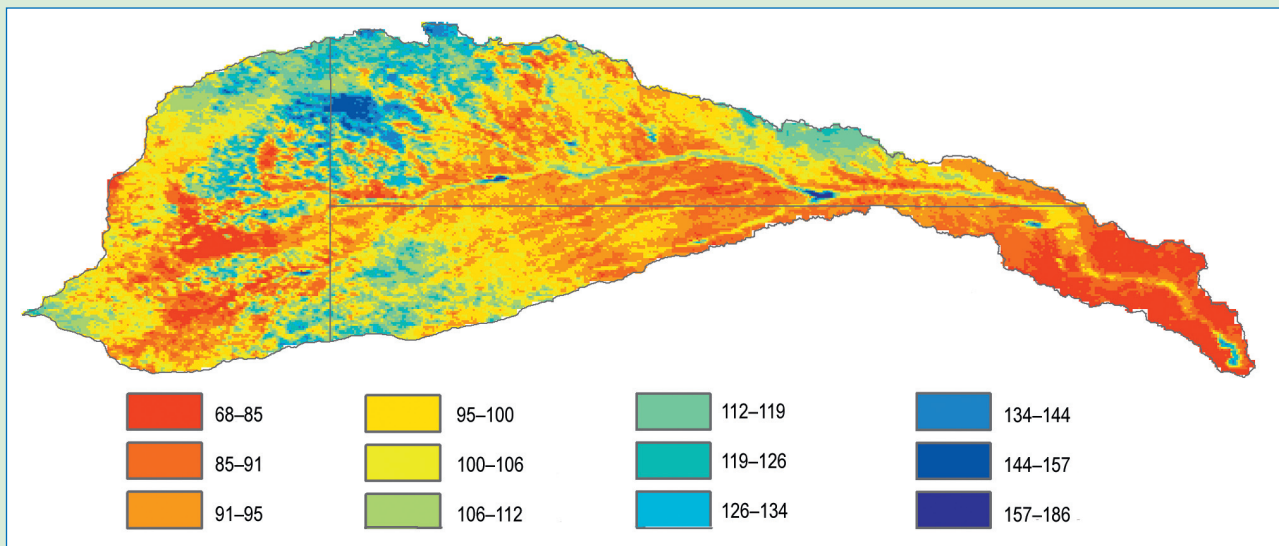


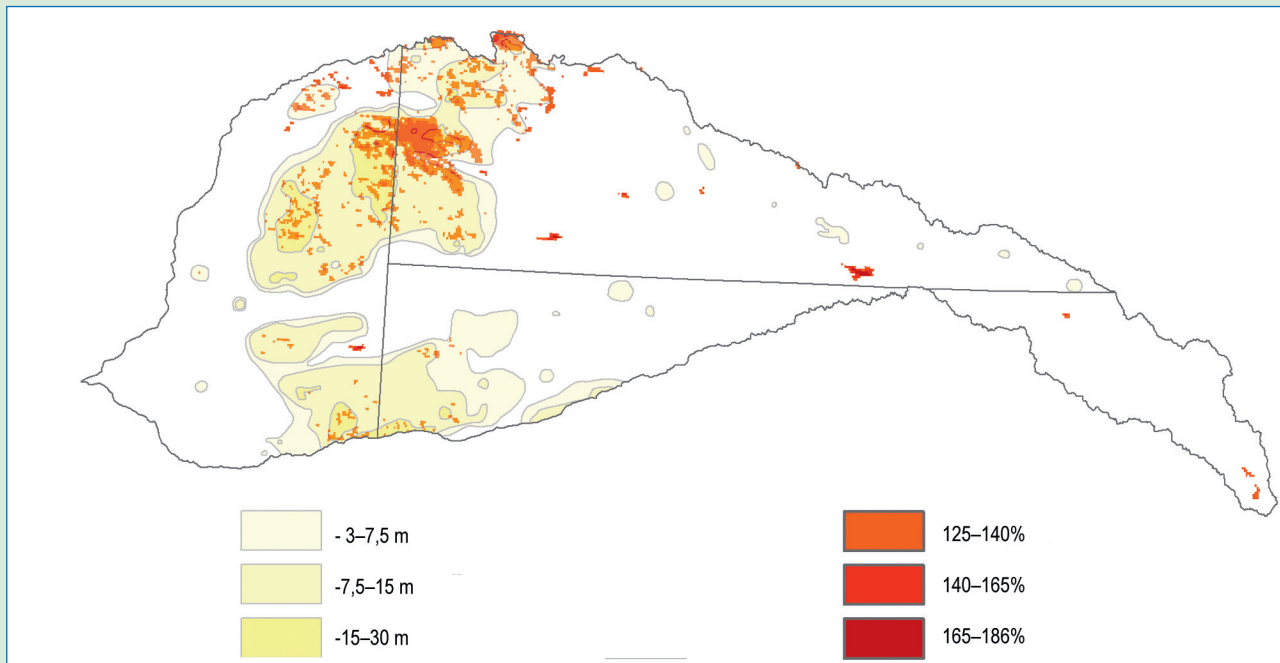
4. ábra. Az évi átlagos párolgás- és csapadékértékek hányadosának eloszlása Magyarországon 9 év (2000–2008) adata alapján

lyó kétharmad magyarországnyi vízgyűjtőjére, amelyen három, egymással több mint egy évtizede pereskedést folytató állam (Colorádó, Nebraska és Kansas) osztozik (1. ábra).

A módszer lényege egy egyszerű, havonként változó lineáris leképezés, amely a MODIS-műholdak által mért nappali felszíni hőmérsékleteket párolgásértékekké alakítja át. A leképezéshez két pontot kell megadni: a (kisalföldnyi) terület felszínének nappali átlaghőmérsékletét a hozzá tartozó regionális párolgásértékkel, valamint az állandóan nedves területekre nappali felszíni hőmérsékletét a rájuk érvényes párolgási értékkel. Ez utóbbi párolgási érték könnyen számolható. A módszer fizikai hátterét az a megfigyelés alkotja, hogy a párolgás a környezetétől hőt von el, így azt hűti, tehát minél hűvösebb a növényzettel borí-

5. ábra. Az évi átlagos párolgás- és csapadékértékek hányadosának (százalékban kifejezett) eloszlása a Republikánus folyó vízgyűjtőjén, 10 év (2000-2009) adata alapján





6. ábra. A legnagyobb talajvízszüllyedések (jelkulcs balra) és legmagasabb relatív párolgási (jelkulcs jobbra) értékek területei a Republikánus folyó vízgyűjtőjén

tott felszín, annál intenzívebb a párolgása. A módszer egyszerűsítő feltételezései miatt jelen formájában erősen tagolt felszínek (mint például az Alpok) felett nem alkalmazható.

Az erdő szerepe

A 2. ábra Magyarország éves átlagpárolgását mutatja körülbelül 1 kilométeres térbeli felbontással. Jelenleg ez a legrészletesebb, az egész országra kiterjedő párolgási térkép. Régebbi térképekkel összehasonlítva az látszik, hogy a térbeli változékonyság sokkal nagyobb, mint azt korábban gondolták. Feltűnők nagytavaink (beleértve a Tisza-tavat) és folyóvölgyeink magas párolgási értékei, az erdőszült hegysegeink magas értékeivel együtt.

Az is jól látható, hogy az ország nyugati része – a nagyobb mennyiségű csapadék következtében – több vizet párologtat, mint például a Duna-Tisza köze vagy az alföldi régió. A Dunántúli karszt (a Balatontól északra) és a Duna-Tisza közti homokhátság alacsony párolgási értékei is jól kivehetők a meszes (az alatta lévő repedezett kőzettel együtt), illetve homokos talaj nagy vízelnyelő kapacitása vagy az erdők részleges hiánya miatt. Az erdők nedvesség-visszatartó és -szabályozó szerepe jól kitűnik a 3. ábrából.

Ha a párolgást a csapadék arányában vizsgáljuk (4. ábra), újabb érdekes megfigyelést tehetünk. A Dunántúli középhegység karsztos, valamint a Duna-Tisza köze homokos területeinek nem meglepő alacsony értékei mellett az Alföld középső részének területe viszonylag magas relatív párolgásértékekkel szerepel. Ez nagy valószínűséggel a magas talajvíznek köszönhető, hiszen tipikusan hazánk belvíznek leginkább kitett területéről van szó. A narancssárga, illetve piros szín – nagytavaink mellett, leginkább síkvidéki erdőterületek felett, lásd például a Kisalföld, Duna-Tisza köze területét – azt jelenti, hogy a terület többet párologtat, mint amennyi csapadékból pótlódik. A különbséget az erdő nyilván a talajvízből pótolja, mint ahogy azt már korábban hazai hidrológusaink a Duna-Tisza köze erdőszített területein helyi mérésekkel bizonyították.

Ügyvéd helyett

A bemutatott párolgás-térképezési módszer egyik közvetlen gyakorlati hasznát az Amerikai Egyesült Államokban, a Republikánus folyó vízgyűjtőjén lehet illusztrálni. A sokmillió dolláros (és sokezer farmer megélhetését közvetlenül befolyásoló) perlekedés arról folyik, hogy bi-

zonyos, a vízgyűjtő területéből közösen részesülő államok egy több évtizedes egyezményt – amely azt szabályozza, hogy melyik állam mennyit használhat el a folyó vizéből – betartanak-e vagy sem.

A folyó vízgyűjtőjének területe az ország egyik fő mezőgazdasági övezetébe esik, és sok tízezer farmernek nyújt megélhetést főleg öntözéssel kukorica, szójabab és gabona termesztésével. Az öntözőkutak száma csak a Nebraskára eső vízgyűjtő területen meghaladja a tízezret. Nyilván, a folyó vízhozamát többéves távlatban csak az olyan el- és felhasznált vízmennyiség fogja csökkenteni, amelyik a vízgyűjtőről párolgás révén eltávozik (most más, amúgy mérhető vízelvezetést, például öntöző csatornák révén, nem említünk). Hogy pontosan mennyi távozik el a három állam területéről külön-külön, azt épp a jelen bemutatott párolgástérképezési módszer tudja megmondani.

Az 5. ábrán jól látható, hogy a folyóknak a vízgyűjtőjénél a legnagyobb párolgási hányadot az intenzíven öntözött területek adják, főleg Coloradóban és Nebraskában. Pontosán ezek azok a helyek, ahol a túlzott talajvízkivétel miatt jelentős talajvízszint-süllyedést észleltek a legutóbbi 50–60 év során (6. ábra).

Önmagában az, hogy mennyi a párolgás abszolút vagy csapadékhoz viszonyított, relatív átlagértéke a három államon belül, nem mondja meg pontosan, hogy melyik állam milyen mértékben befolyásolja a folyó vízhozamát. Mind a csapadék, mind az éghajlat ugyanis változó képet fest a vízgyűjtőn belül a felszín fokozatos, de jelentős kelet–nyugati magasságváltozása következtében, ez utóbbi 300 méterről 1800 nő.

Ellenben ha a relatív párolgás államonként változó területi átlagértékét az ott található természetes növénytakaró (főleg prérifű) relatív párolgásához viszonyítjuk, akkor az így kapott különbség már igen pontos mutatója lesz annak, hogy melyik állam milyen mértékben módosítja területén a hidrológiai körfolyamatot és használja el a folyó vizét. Ezt vagy úgy teszi, hogy közvetlenül a folyóból veszi ki az öntözésre szánt vizet, vagy úgy, hogy az oda el sem jut már, mert azt korábban a talajvízből kiszivattyúzta és elöntözte. Ennek során azt kapjuk, hogy a relatív párolgás értékének változása a természetes növénytakaróéhoz képest 4,9 százalékos Colorádóban, 4,3 százalékos Nebraskában és csupán 1,9 százalékos Kansasban, vagyis az említett államok ilyen mértékben növelték meg területükön (leginkább öntözés révén) a párolgás értékét a csapadék összegéhez viszonyítva. Ezek a számok nagyban elősegíthetik a sokéves pereskedés békés, a felek számára kölcsönösen elfogadható és tudományosan megalapozott rendezését.

Jelenleg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen folytatjuk a bemutatott módszer továbbfejlesztését és az eredmények mind szélesebb körben való gyakorlati alkalmazását és terjesztését, mint ahogy azt e cikkben is tesszük. Sokszor egy-egy hasznos eredmény, módszer, megközelítés egy adott tudományterület peremvidékéről érkezik, ami visszafoghatja annak szélesebb körben történő gyors elterjedését, mivel a legtöbb szakembernek már az is megterhelő, hogy szűk tudományos területén belül a legújabb eredmények – örömteli – dömpingjével lépést tartson.