

Mállás - angolul *Weathering*, a lehullott meteorit anyagát a földi hatások (nedvesség, erózió stb.) károsítják, ennek mértéke a mállási fok, jele: **W**, mértéke 0-tól (nem oxidált fémek) 6-ig terjed (teljesen átalakult/oxidálódott fémrészek).

Main Mass - a legnagyobb ismert meteorit példány tömege.

MetBull - Meteoritical Bulletin (USA), a meteoritokat naprakészen nyilvántartó, leginkább elfogadott online katalógus nevének rövidítése.

Olvadási kéreg - angol *Fusion Crust (FC)*, a meteorit hullás közben megolvadt, majd megdermedt vékony, általában fekete felszíni kérgé. A meteorit haladási irány szerint elülső részen alakul ki az **Elődleges Olvadási kéreg** (angol *Primary Fusion Crust*), míg a lerobbant hátsó részen a **Másodlagos Olvadási Kéreg** (angol *Secondary Fusion Crust*). Létezik ún. „**Frothy**” azaz „habos jellegű” olvadási kéreg is.

Petrológiai osztály - a kondritokra jellemző osztályozás, mely 0-tól 7-ig osztályozza a kondritok kondrumos szerkezetét. Az egyes osztályokhoz az adott állapotra jellemző át/felmelegedési hőmérséklet tartomány tartozik. **3-as osztály**: a kondrumok, kerek, épek, azonnal felismerhetők (0-200 °C), **4-es osztály**: a kondrumok kezdenek szétszakadozni (200-400 °C), **5-s osztály**: a kondrumok szélek felbomlnak, tovább töredezés (400-600 °C), **6-os osztály**: a kondrumok még felismerhetők, erős széttöredezés (600-800 °C), **7-es osztály**: a kondrumok közül még némelyek felismerhetők, teljes széttöredezetté (800 °C felett).

Regmaglipt - hullás közben a forró plazmacsatorna által vajt, ujjbenyomódás szerű gömbölyded mélyedések a meteorit felszínén.

Repülés orientált alak - angol *flight oriented* vagy *flight marked*, a meteorit részben vagy teljesen kúpszerűen leolvadt alakja. Az ún. *Roll-over lipp* a meteorit hátsó kontúrját ajakrúzszerűen körbeölelő fekete gyűrű.

Sokkoltság - angol *Shock stage*, korábbi űrbéli ütközéskor vagy becsapódáskor a meteorit anyaga különböző mértékben módosult, sokkolódott, jele: **S**, mértéke 0-tól (nem sokkolódott) 6-ig terjed (nagyon erősen sokkolódott).

Sötétrepülés - angol *dark flight*, a meteorit légkörbeni hullásának azon szakasza, amikor a fénylő plazmacsatorna fénylése megszűnik és a meteorit már szabadeséssel hullik a föld felé, ez kb. 20-40 km magasságban történik. A sötétrepülés szakasza a meteorjelenség kihunyásától a földet érésig tart.

TKW - angol *Total Known Weight*, a megtalált összes meteoritpéldány együttes tömege.

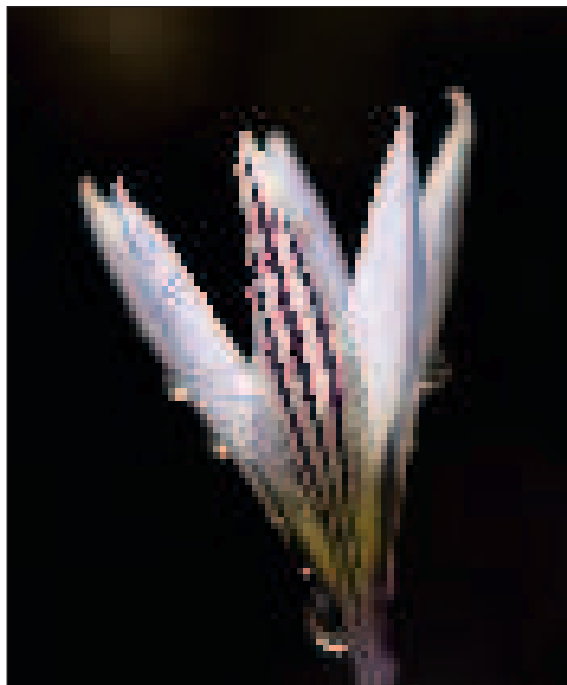
VALKÓ ORSOLYA

Tüzek hatása a gyeppek élővilágára

A tűz már évmilliók óta fontos szerepet játszik bolygónk felszínének alakításában. Természetes tüzek gyakorlatilag bárhol előfordulhatnak, ahol éghető biomassza található, azonban előfordulási gyakoriságuk és hatásuk eltérő a Föld különböző területein. Tüzek leggyakrabban meleg, száraz körülmények között keletkeznek, amikor a száraz, éghető biomassza könnyen lángra kap akár a legkisebb szikrától is. Egy villámcsapás vagy egy üvegcserepen megtörő napsugár is okozhat nagy kiterjedésű tüzeket.

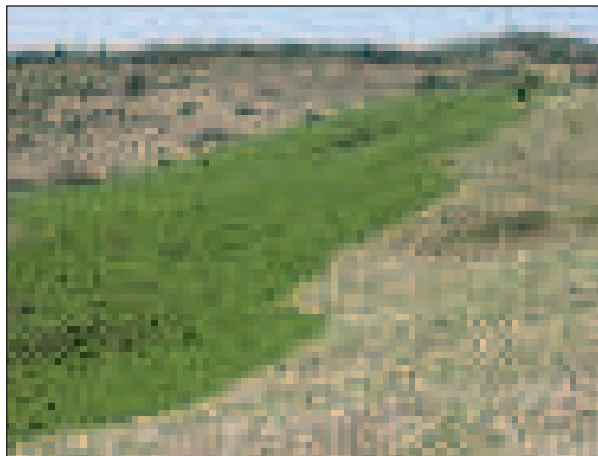
Mivel a tűz már a kezdetektől jelen van bolygónkon, számos növény- és állatfaj alkalmazkodott a tüzek hatásaihoz. Léteznek kifejezetten tűzadaptált közösségek, ilyenek a mediterrán bozótosok, az észak-amerikai préri, az eurázsiai tajga, a dél-afrikai fynbos, vagy éppen az ausztráliai mallee vegetáció. Ugyanakkor nem kell ilyen távoli tájakra utaznunk ahhoz, hogy a tűzhöz való alkalmazkodás példáit keressük. A sztyeppéken és számos európai szárazgyepon a hagymás-gumós (geofiton) növények, mint a sáfrány- (*Crocus*), a kikerics- (*Colchicum*) vagy a tulipán- (*Tulipa*) nemzetségek fajai is remekül alkalmazkodtak a tüzekhez. Szaporodási ciklusukat ugyanis a tavasz folyamán befejezik, így a forró száraz nyarakat már vegetatív részeik föld alatti raktározó szerveikbe való visszahúzóódásával vészelik át. Ezáltal a szárazság mellett a tüzek pusztító hatásaival szemben is védettek a forró nyári időszakban (**1. ábra**).

Napjainkban világszerte jelentős változásokat tapasztalhatunk a tüzek gyakoriságában és kiterjedésében, ennek fényében érdemes újra értékelni a tüzek természetes élőhelyekre gyakorolt hatásait is. A világszintű változások egyik legfőbb mozgatórugója a globális klímaváltozás. Az egyre szárazabbá és melegebbé váló éghajlat kedvez a tüzek keletkezésének, így várha-



1. ábra. A tarka sáfrány (*Crocus reticulatus*) geofiton faj, ami jól alkalmazkodott a tüzekhez a föld alatti kitarító képleteivel (Deák Balázs felvétele)

tó, hogy a jövőben a világ számos pontján nőni fog a tüzesetek gyakorisága és kiterjedése. Emellett fontos megemlítenünk az emberi eredetű tüzeket is. Az ember a tüzet már a neolitikum óta használja a termőterületek bővítésére, a szántók és a legelők termőképességének növelésére, illetve a legelők, kaszálók rendben tartására. Ennek ellenére, napjainkra Európa legnagyobb részén a tüzekkel kapcsolatos hagyományos ökológiai tudás eltűnően van, az egykori fenntartható, hagyományos gazdálkodás részének tekinthető égetést napjainkra sokszor az ökológiai szemléletet nélkülöző, gyakran csak „megszokásból” végzett gyújtogatás váltotta fel. Emellett egyre gyakoribbak az emberi tevékenységből adódó különböző technológiai eredetű tüzek, például a kaszálógépek által vetett szikrából, eldobott cigarettacsikkból vagy közlekedési és mezőgazdasági balesetekből kiinduló tüzesetek. Keletkezésüket és terjedésüket az ember egyre erősödő tájtalalkító tevékenysége is jelentősen befolyásolja: például az egyre bővülő út- és vasúthálózat sok esetben tűzpáztaként gátat szab a tüzek terjedésének.



2. ábra. Kora tavasszal leégett domboldal az Aggteleki-karszton. A bal oldali zöldellő terület leégett, a jobb oldali gyepterületet nem érte el a tűz. Látszik, hogy a frissen leégett területen hamarabb sarjadt ki a növényzet (Kelemen András felvétele)

A tüzek jelentősége ellenére Európában, így hazánkban is, nagyon kevés vizsgálat foglalkozik a tüzek füves élőhelyekre gyakorolt hatásaival. Ezért a Debreceni Egyetem Ökológiai Tanszékének munkatársaival célul tűztük ki a tüzek füves élőhelyekre gyakorolt hatásainak vizsgálatát. Írásomban a tüzek hazai füves élőhelyekre gyakorolt ökológiai hatásait mutatom be és vázolom a gyeptüzek természetvédelmi megítélését. Ehhez – a publikált irodalmi adatok értékelésén túl – összegzem annak a kérdőíves felmérésnek az eredményeit, amelyek a hazai nemzeti park igazgatóságokon dolgozó szakemberek tapasztalatait foglalják össze.

Magyarországon a tüzek évente több ezer hektáryi védett gyeptet érintenek. Ez a szám mindenképp elgondolkodtató, különösen akkor, ha figyelembe vesszük, hogy számos esetben a tűz kiváltó oka valamilyen emberi tevékenységre, általában szándékos gyújtogatásra vezethető vissza. A tüzek által leginkább az alföldi és hegylábi területek érintettek az Aggteleki, Bükki, Hortobágyi és Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóságok működési területén (2. ábra).

Ha megvizsgáljuk e részben természetes, részben emberi tevékenység nyomán keletkezett tüzeseteknek az ökológiai hatásait, igen ellentmondásos képet kapunk. Elsőként vegyük sorra a természetvédelmi szempontból negatív hatásokat. A tüzesetek a vegetációs időszakban komoly károkat okozhatnak a védett növény- és állatfajok állományaiban, különösen akkor, ha azok valamilyen sérülékeny életszakaszban, például virágzási, költési vagy utódgondozási időszakban vannak. Fontos megemlíteni, hogy az ízeltlábú fajok különösen érzékenyek a tűzre. Elsősorban a nagy kiterjedésű, pusztító erejű tüzek

tesznek kárt bennük, mert ilyenkor az egyedek nem tudnak időben védett helyre húzódni, és a populáció nagy része károsodhat. A ritka és védett fajok közvetlen károsodása mellett a túlságosan gyakran égetett területeken a tűz segítheti az inváziós növényfajok, például a fehér akác (*Robinia pseudoacacia*) és az aranyvessző (*Solidago*), valamint a jó versenyképességű, tarakkokkal terjedő fűfajok, mint a nád (*Phragmites australis*) és a siska nád-típpan (*Calamagrostis epigeios*) terjedését. Ezek a fajok a tüzet követően hatékonyan képesek sarjadzással regenerálódni, illetve a fehér akác magjainak csírázását is serkenti a tűz. Az említett fajok a rendszeresen égetett területeken gyakran tömegessé válnak, és kiszorítják a többi, természetes gyepekhez kötődő specialista növényfajt, ezáltal csökkentik a gyepek fajgazdagságát. Fontos még megemlíteni a nagy kiterjedésű, kontrollálatlan tüzek levegőszennyező hatását is. A nedves növényi részek égése például jelentős károsanyag-kibocsájtással jár.

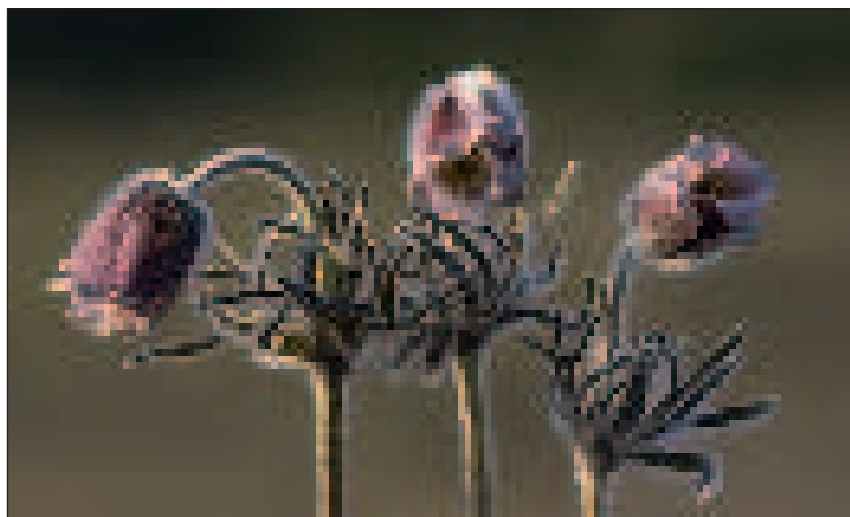
A negatív hatások mellett azonban még a kontrollálatlan tüzeknek is lehet néhány természetvédelmi szempontból kedvező hatása. A legtöbb gyeptípusban azt találták, hogy a tűz csökkenti a fűvar mennyiségét, ezáltal növeli a gyepekre jellemző specialista növényfajok csírázási és megtelepedési esélyeit. Ennek nagy jelentősége lehet

olyan egykori kaszálókon és legelőkön, melyek művelését felhagyták. Ilyen területeken a tűz fontos szerepet tölthet be a biomassza eltávolításában és a nyílt tájszerkezet fenntartásában. A megfigyelések azt is igazolták, hogy a kora tavaszi, hóolvadáskövető tüzesetek sok esetben kedvezően hatnak számos védett, fokozottan védett növényfaj csírázására. Ilyen fajok például a kökörcsinek (*Pulsatilla* spp., 3. ábra), a héricsek (*Adonis* spp.), illetve a hagymás-gumós fajok közül a tarka sáfrány (*Crocus reticulatus*) és az egyhajúvirág (*Bulbocodium vernum*). Az eredmények alapján az inváziós fajok elleni védekezést is segítheti a tűz olyan módon, hogy az égést követően újarajadó növényeket legeltetéssel hatékonyan vissza lehet szorítani. Bár a megfigyelések alapján az égést követően az inváziós aranyvesszőfajok hatékonyan képesek újarajadni, ezeket az állományokat lehet legeltetéssel már hatékonyan vissza lehet szorítani.

A kontrollálatlan tüzesetek ellentmondásos hatásaiból következik, hogy a tüzek természetvédelmi megítélése igen összetett. A tűz hatásait befolyásolják kialakulásának körülményei, például a tüzek gyakorisága, erőssége, az évszak és az érintett gyeptípus. Például egy tavaszi héricspopuláció (*Adonis vernalis*) számára kedvező lehet egy kora tavaszi tűz, mivel növeli a héricsek csírázási sikerét és virágzó hajtásszámát, azonban ha a már kifejllett növényeket érinti, akkor kimondottan káros lehet a populáció számára. Emiatt a tüzek hatásának megértése mindenképpen alaposan megtervezett és kontrollált vizsgálatokat igényel.

A természetes, kontrollálatlan tüzek hatásainak vizsgálata távolról sem egyszerű, hiszen az ilyen vizsgálatok nem tervezhetők előre, mert nem tudhatjuk, hogy mikor

3. ábra. A magyar kökörcsin (*Pulsatilla pratensis* ssp. *hungarica*) csírázását serkenti a kora tavaszi, hóolvadáskövető tüzek (Deák Balázs felvétele)



és hol lesz tűz, így általában csak a „következményt” tudjuk vizsgálni anélkül, hogy ismernénk az égés előtti állapotot. Emiatt a tüzek hatásainak alapos tanulmányozásához kontrollált égetéses vizsgálatok szükségesek. A kontrollált égetés azt jelenti, hogy egy adott területet alaposan feltérképeznek, majd ezt követően az időjárási és terepviszonyok figyelembe vételével a tűzoltóság és képzett szakemberek bevonásával, kidolgozott protokoll alapján végzik az égetést. Ilyen esetekben pontosan kontrollálják a tűz kiterjedését (tűzpázták kaszálásával, tűzvédelmi intézkedésekkel, a terepviszonyok figyelembe vételével), erősségét (az éghető biomassza mennyiségének szabályozásával), gyakoriságát és időzítését.

Kutatásunk során áttekintettük az Európából és Észak-Amerikából publikált kontrollált égetéses vizsgálatokat és megvizsgáltuk, hogy alkalmazható-e az alaposan megtervezett, kontrollált égetés az európai gyepek természetvédelmi kezelésére is. Az *ISI Web of Knowledge* tudományos keresőprogram segítségével összegyűjtöttük a két kontinensről publikált, a gyepek kontrollált égetésével foglalkozó vizsgálatokat. Azt találtuk, hogy míg Észak-Amerikából több száz cikket közöltek a gyepek kontrollált égetéséről, Európából meglepően kevés, mindössze tucatnyi ilyen esettanulmány létezik. Az európai vizsgálatok a kontrollált égetést általában alternatív kezelési módszerként tesztelték, arra voltak kíváncsiak, hogy megfelelő kezelési eljárás lehet-e a kaszálás vagy a legeltetés helyettesítésére. Ennek a kérdésnek természetvédelmi szempontból óriási jelentősége van, hiszen napjainkban a kiterjedt állattartás egyre inkább visszaszorulóban van. Kiterjedt, egykor kaszálóként vagy legelőként hasznosított gyepterületek kezelését hagyták és hagyják fel napjainkban is. Az ilyen felhagyott gyepterületeken a nyílt tájszerkezet fenntartásához és a gyepekhez kötődő növény- és állatfajok védelméhez kulcsfontosságú a biomassza eltávolítása, amire a kontrollált égetés megoldást kínálhat.

Az európai tanulmányokban a kontrollált égetés hatásait sokszor igen hosszú távon kísérték figyelemmel: egyes tanulmányok például 20–30 éven keresztül, évi rendszerességgel kora tavasszal leégetett parcellák növényzetét vizsgálták. Ezek tanulsága szerint a kontrollált égetés alkalmas volt a fűavar eltávolítására, a szárazabb, melegebb mikroklíma kialakítására (4. ábra), ami kedvezően hatott számos sztyepei és szubmediterrán növényfaj állományára. Ugyanakkor az égetésnek számos negatív hatását is kimutatták: az évente történő rendszeres égetést követően csökkent a

gyepekre jellemző specialista fajok mennyisége, a növényzetben pedig a jó versenyképességű (kompetitor) fűfajok váltak uralkodóvá. Emiatt a rendszeresen égetett területeken nem a természetközeli gyepekre jellemző fajösszetétel alakult ki. Az európai vizsgálatok alapján elmondható, hogy az évi rendszerességű égetés nem alkalmas a gyepek természetvédelmi kezelésére. Az észak-amerikai vizsgálatok tapasztalatai alapján a megfelelő eredmények eléréséhez inkább mozaikos mintázatú, kontrollált égetési rendszer szükséges.

Észak-Amerikában a kontrollált égetéssel történő gyepekkelézés évszázados múltra tekint vissza. Az égetés tervezését és kivitelezését is szinte tökélyre fejlesztették, számos természetvédelmi problémára kínálva megoldást. Az egyik legfontosabb különbség az európai vizsgálatokhoz képest az, hogy Amerikában az égetések gyakoriságát a növényzet újrasarjadásához igazítják: a prériken például 2–3 évente égetnek, mert eny-



4. ábra. A kora tavaszi tüzek hatékonyan eltávolítják a felhalmozódott fűavart (Miglécz Tamás felvétele)

nyi idő szükséges ahhoz, hogy a növényzet regenerálódjon a tüzet követően. Az égetés időzítését minden esetben a beavatkozás célja határozza meg. A kora tavaszi égetés kimondottan alkalmas a fűavar eltávolítására, a nyári égetés pedig bizonyos idegenhonos inváziós növényfajok visszaszorítására. Kimutatták, hogy az inváziós fajok visszaszorítására is hatásos és természetkímélő módszer lehet a kontrollált égetés. A beavatkozás sikerének kulcsa, hogy olyan időpontban kell alkalmazni az égetést, amikor az inváziós faj a leginkább sérülékeny (például a virágzási időszakban), viszont a természetes gyepekre jellemző fajokat nem károsítja jelentősen a tűz. Arra is rájöttek, hogy égetést követően nagyobb hatékonysággal lehet az inváziós fajokat visszaszorítani más kezelések (például legeltetés, kaszálás vagy növényvédő szerek kezelése) segítségével. Ennek oka az, hogy tüzet követően a növények tartalék tápanyagainak jelentős részét az újrasarjadás emésztí fel, így kevésbé képesek ellenállni az egyéb kezeléseknek. Az amerikai vizsgálatok azt

is kimutatták, hogy az égetés és legeltetés együttes alkalmazása kiváló módszer a táji léptékű biológiai sokféleség megőrzésére. Ilyen esetben egy nagyobb összefüggő gyepterületen belül mozaikosan, kis foltokat égetnek, minden évben másik foltot. A legelő állatok szabadon járnak a területen, és tetszés szerint választhatják ki, hogy hol táplálkoznak. Megfigyelések alapján kimondottan szeretik a frissen leégetett, újrasarjadó, zsenge növényzetet. A foltokban történő égetés és legeltetés kombinációjával növelhető a táj mozaikossága, mivel egyszerre vannak jelen erősebben legeltetett kisebb biomasszájú és kevésbé legeltetett nagyobb biomasszájú foltok. Ez a foltos élőhely-szerkezet számos eltérő ökológiai igényű fajnak kínál életteret.

Az amerikai példák azt mutatják, hogy a kontrollált égetéses élőhelykezelés igen alapos tervezést igényel, ám igen sokféle természetvédelmi problémára jelenthet megoldást. A jövőben mindenképp érdemes lenne az európai és hazai természetvédelmi gyakorlatban átgondolni, hogy milyen nehézségek megoldására lehet alkalmas a kezelési módszer. A nagy kiterjedésű felhagyott, cserjésedő területek, illetve az inváziós fajokkal előzönlött gyepek kezelése igen nagy kihívás a természetvédelem számára, és ezen problémák megoldásában a jövőben akár a kontrollált égetésnek is lehetne szerepe. Azonban ehhez először is alap kutatások sokaságával minél jobban meg kell ismernünk a tüzek gyepekre gyakorolt hatásait, a gyepi növény- és állatfajok égetésre adott válaszait.

Sokat tudunk már az égetés hatásairól, de számtalan még a tisztázatlan kérdés a témában, már csak azért is, mert a tűz hatásai nagyon élőhely-specifikusak, ezért a külföldi tapasztalatok csak fenntartásokkal ültethetők át a hazai természetvédelmi gyakorlatba. Emiatt első lépésben mindenképpen szakértők bevonásával, csakis kontrollált, kísérletes céllal javasoljuk az égetéses gyepekkezelést, a jogszabályi háttér ismeretében és betartásával. A kontrollált égetésnél alapvető fontosságú, hogy ne próbaszerűen, hanem mindig meghatározott természetvédelmi céllal végezzük az égetést, figyelembe véve a terület ökológiai jellemzőit. Fontos arról is megbizonyosodni, hogy a tűz nem veszélyeztetett védett természeti értéket, és hogy az égetést a tűzoltóság és a területkezelő bevonásával, kis foltokban kell végezni. ♦

A Magyar Tudományos Akadémia Természettudományi Kutatóközpontja (MTA TTK) és a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT) közös ismeretterjesztő cikkpályázatán az írás első díjban részesült.