

# „NEM FENYEGET A KÖZELJÖVŐBEN GLOBÁLIS KATASZTRÓFA, DE VALÓBAN NAGY A BAJ AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS MIATT”

Interjú Bartók Blanka éghajlatkutatóval



**...lényeges különbség a korábbi éghajlatváltozásokhoz képest valóban az, hogy amíg az elmúlt geológiai korokban csak természeti folyamatok okozták a változásokat, ma egy új tényező jelent meg, éspedig az ember...**

*Földünk éghajlatában mindig voltak változások, azonban az iparosodás rendkívüli mértékben felgyorsította a folyamatokat, jelenleg a felmelegedés gyors ütemben zajlik, és ennek nem tudjuk pontosan felmérni a következményeit. A klímakutatásban ma már rengeteg adat, nagy mennyiségű éghajlati információ és számos fizikai-matematikai modell áll rendelkezésre, amelyek segítségével ún. éghajlati forgatókönyvek készíthetők a jövőre vonatkozólag.*

*Bartók Blanka éghajlatkutató, a Babeş-Bolyai Tudományegyetem Földrajz Karának egyetemi docense szerint az éghajlatváltozásnak nem lesznek olyan mértékű hatásai, amilyeneket a tudományos-fantasztikus filmekben látunk. A kutató arról beszélt, hogy mi okozza a jelenlegi gyors változást, és mire számíthatunk a következő évtizedekben, hogyan változhat éghajlatunk, és mennyire megbízhatók az éghajlati modellek.*

*– Számos fogalom jelenik meg manapság a médiában, szó esik éghajlatváltozásról, globális felmelegedésről, egyesek klímakatasztrófát emlegetnek. Mit jelentenek ezek a fogalmak?*

*– A jelenlegi folyamatokra a pontos fogalom az éghajlatváltozás, ami nemcsak a felmelegedést, hanem egyéb jelenségeket is magában foglal. A Föld-légkör-rendszer energiát kap és ad le, és ha ez a két mennyiség nincs egyensúlyban, akkor a rendszer energiátöbblettel vagy -hiánnyal fog rendelkezni, és bekövetkezik az éghajlatváltozás. Pillanatnyilag azt tapasztaljuk a mérések alapján, hogy időegység alatt (egy év alatt) az energiabevitel nagyobb, mint a veszte-*

ség, tehát a rendszerben energiátöbblet alakul ki. Ennek a többletenergiának sok következménye van: emelkedik a légkör hőmérséklete, tehát globális szinten felmelegedésről beszélhetünk, de egyéb, kevésbé látványos és kevésbé érzékelhető hatások is vannak, például az óceánok vizének a lassú melegedése, ami nem annyira látványos, de ugyanakkor aggasztó, mert alulról folyamatosan tovább melegíti a légkört.

– *Mennyire természetes folyamat az éghajlatváltozás, hogyan alakult Földünk történetében?*

– Az éghajlat és a teljes földi környezet geológiai léptékben mérten folyamatosan változik. Ennek az egyik oka a tektonika; a kéreglemezek folyamatosan mozgást végeznek, igaz, hogy csupán pár centit évente, de ez az elmozdulás milliós évek távlatában jelentős. Tudjuk például, hogy a nagyon régi korokban a kontinensek a maitól teljesen eltérően helyezkedtek el. Mivel a rendszerben minden mindennel összefügg, ha változik a szárazföldek és óceánok konfigurációja, a Napból érkező besugárzás és a felszínről történő visszaverődés aránya is eltérő értékeket mutat, tehát az éghajlat is változni fog.

Az éghajlati változásokat csillagászati tényezők is okozhatják, például a Nap és a Föld kölcsönös helyzete, a Föld forgástengelyének a változása. Ugyanakkor a növényzet megjelenése is okozott éghajlatváltozást, mert megkötötte a légköri szén-dioxidot, ami lehűlést eredményezett.

Összességében a melegebb és a hidegebb korszakok folyamatosan váltakoztak a Föld életében. Jelenleg is egy jégkorszakban vagyunk, ezt onnan állapítjuk meg, hogy a Föld felületén valahol összefüggő jégtakaró van: Antarktiszon és Grönlandon. Voltak olyan korok amikor egyáltalán nem volt jég a Földön.

– *Mennyire természetes a jelenlegi éghajlatváltozás, és milyen mértékben felelős az emberi tényező a felmelegedésért?*

– A lényeges különbség a korábbi éghajlatváltozásokhoz képest valóban az, hogy amíg az elmúlt geológiai korokban csak természeti folyamatok okozták a változásokat, ma egy új tényező jelent meg, éspedig az ember, aki a tevékenysége révén megváltoztatja a légkör állapotát. Mivel az emberi tevékenység olyan tényező, amire korábban nem volt példa, nehéz megjósolni, hogy milyen következményei lesznek a jövőben.

Jelenleg a változás intenzitása is meglepő, hiszen ennyire gyors változást még nem tapasztaltunk korábbi geológiai korokban, amikor változott ugyan az éghajlat, de a változás sok ezer éves viszonylatban történt. Most ugyanazt a változást produkáljuk alig pár évtized alatt. Ezért egy eddig ismeretlen helyzet előtt állunk: az emberi tényező által okozott rendkívül gyors változás korában élünk.

– *Sok szó esik az üvegházhatású gázok kibocsátásáról, ami az ipari tevékenységre vezethető vissza. Ezenkívül milyen egyéb emberi tényező játszik szerepet az éghajlatváltozásban?*

– A legnagyobb energiameennyiséget valóban az üvegházhatású gázok mozgatják, mivel nagyon sok hőt visszatartanak. Ezért az üvegházhatású gázok koncentrációjának a növekedése az első számú tényező, ami éghajlatváltozást eredményez. A légkörben mindig is léteztek üvegházhatású gázok, ezek természetes úton jutottak a légkörbe, például a vulkáni tevékenység révén. A XIX. századi iparosodás előtt az emberi civilizáció korszakát aránylag stabil éghajlat jellemezte: a szén-dioxid koncentrációja a légkörben 260–270 ppm körül stabilizálódott, az ember csak csekély mértékben járult hozzá – például erdőirtás vagy állattenyésztés révén – a légkör összetételének megváltoztatásához. Azonban az utób-

bi 150–200 évben a szén-dioxid koncentrációja meredeken emelkedni kezdett az új technológiai vívmányok használata miatt, jelenleg 400 ppm feletti értékeket mérünk. Tehát a korábbi természetes mennyiségre körülbelül 150 ppm szén-dioxid-koncentráció adódott, és nincs az a légkör, ami ne melegedne ekkora koncentrációemelkedés mellett.

Az ember nem kizárólag az ipari tevékenységével, hanem a földhasználat átalakításával is képes szén-dioxidot juttatni a környezetbe, mivel a szén-dioxid-koncentrációt közvetett módon is lehet változtatni. Az erdőirtás vagy a mezőgazdaság jelentős mennyiségű szén-dioxidot juttat a levegőbe. A szén-dioxid egyik legfontosabb elnyelője a zöld növényzet, az erdők; ha kivágjuk az erdőket, már nincs, ami megkösse a szén-dioxidot, és ez a légkörben halmozódik fel.

További példa a felszínek tulajdonságainak megváltoztatása. Nem mindegy, hogy a beérkező sugárzást milyen arányban nyeli el vagy veri vissza a felület: ez a felszín színétől függ. A sötét felszín elnyeli, a világos felszín visszaveri a sugárzást. Az albedó értéke az a szám, amely a visszavert sugárzás arányát adja meg. A bolygó átlagos albedója 0.39, azaz a sugárzás 39%-át veri vissza. A felszín és légkör albedójának megváltoztatásával is beleszólunk az energiaháztartásba. Ilyen például a mezőgazdasági célokra felszántott föld, ami több energiát fog elnyelni, mint a világosabb erdő, és ezáltal melegíteni fogja a rendszert, vagy ellenkezőleg az urbanizáció, a városok terjeszkedése, ami világosabb felszíneket fog eredményezni.

Az üvegházhatású gázok mellett egyéb szennyező anyagokat is juttatunk a légkörbe. Egyesek közülük hozzájárulnak a felhőképződéshez, ami növeli a planetáris albedót, tehát hűtik a rendszerünket. A koromszemcsék viszont sötétek, így melegítik a rendszert. A kérdés mindig az, hogy mi lesz az összhatás: jelenleg az összhatás pozitív, tehát a rendszer melegszik.

– *Mely környezeti hatásokat érzi az ember leginkább?*

– Ha a légkör energiaháztartása megbomlik, ebből kifolyólag az összes folyamat megbomolhat. Kisebb-nagyobb változások az egész környezetünkben érzékelhetők; persze, általában az ember szempontjából közelítjük meg a kérdést, de az élővilág sokkal érzékenyebb a változásokra, mint az ember. Az óceánok élővilága például nagyon érzékeny a víz hőmérsékletének és savasságának az alakulására. Az éghajlat változása megzavarja a rovarokat is, sokat hallunk például a méhekről, hogy az évszakok pár hetes eltolódása teljesen felborítja az életciklusukat. Sok esetben élőhelyek zsugorodnak, az ott élő populációk egyre kisebb térségben létezhetnek, és fokozatosan el is tűnhetnek.

Természetesen az ember is érzékeli a változásokat. Legtöbbet a hőmérséklet alakulásával foglalkozunk, mert ez befolyásolja leginkább a napi tevékenységünket, és ezt tudjuk a legkönnyebben mérni. A hőmérséklet változásában is különbségek vannak a térségek között, például az arktikus térség rekordértékű, 4 Celsius-fokos többletet produkál. A szárazföldek esetében a térség belseje, a tengertől messze levő régiók melegednek jobban.

A mindennapjainkat a csapadékok alakulása is jelentősen befolyásolja, azonban itt nehezebb kimutatni egyértelmű tendenciát. Az egész légkördinamika megváltozott, eltolódtak a szelek, a viharos zónák, egyes térségekben csökken, máshol növekszik a csapadék. A mi térségünkben, a Kárpát-medencében például nem mutatható ki változás az éves csapadékmennyiség alakulásában. A csapadéknál viszont az is számít, hogy milyen időközönként, milyen intenzitással

hull. Ilyen értelemben van változás: kevésbé egyenletesen esik a csapadék, időnként nagyon kevés, máskor egyszerre nagyon sok.

A mi térségünkben nem beszélhetünk sivatagosodásról, ez a csapadék összmenyiségének csökkenését jelenti. Ezt főleg a trópusokon és szubtrópusokon lehet tapasztalni, ahol a csapadék nagy területeken elmarad, és emiatt a sivatag pereme tolódik északra vagy délre. A mi térségünkben inkább az aszályosodást lehet tapasztalni, ami hosszabb ideig tartó csapadékmentes időszakokat jelent. Ez szintén veszélyes főleg a vegetációs időszakban, mert ha nem esik csapadék hosszabb ideig, az nagy károkat okozhat, kiszáradnak a természetes növények, de a termesztett növények is megsínylik. Például 2022 júliusában egy hónapig volt aszály, éppen abban az időszakban, amikor a kukorica kellett volna hogy beérjen, ezért a termés drasztikusan csökkent. A búzára nem volt ekkora hatással, mert volt elegendő csapadék abban az időszakban, amikor a búzának szüksége volt rá. A jövőben a csapadék mennyiségének csökkenése vagy egyenetlen eloszlása miatt gondok lehetnek globális szinten az élelmiszer-előállítással.

– *Sok szó esik mostanában a különböző hőmérsékleti határértékekről. Mit jelentenek az 1.5 Celsius-fokos, 2 Celsius-fokos vagy az ennél magasabb határértékek a felmelegedés szempontjából?*

– Mivel éghajlati modellekkel dolgozunk, minden előrejelzés csak bizonyos valószínűséggel lehet pontos. A természetes folyamatokat még be tudjuk építeni ezekbe a modellekbe, de sajnos az antropogén elemmel, az emberi tevékenységgel nem tudunk mit kezdeni, például nem tudjuk, hogyan fog alakulni a szén-dioxid-kibocsátás vagy az albedó. Ezért lehetséges forgatókönyveket dolgozunk ki a különböző kibocsátások szerint, és ebből következtetünk, hogy mi mennyit fog változni. Léteznek optimista és pesszimista forgatókönyvek. Az említett hőmérsékleti határértékek a különböző forgatókönyvek által adott értékek. Nagyon jó esetben az 1.5 Celsius-fokos növekedést tudnánk tartani. Igaz, az iparosodás előtti korszakhoz képest az 1 Celsius-fokos növekedés már megvan, ami az emberi tevékenység eredménye. Ha drasztikusan csökkentenénk az antropogén hatásokat, akkor még a 0.5 Celsius-fokos többletmelegedésbe beleférnénk, és 1.5 Celsius-foknál meg tudnánk állítani. Ha nem csökkentjük drasztikusan a kibocsátást, akkor a következő forgatókönyv a 2 Celsius-fokos hőmérséklet-növekedést valószínűsíti a század végéig. Ebben az esetben is figyelembe vesszük a korlátozásokat, például a szén-dioxidot kellene lényegesen csökkenteni. Ha ezt sem csökkentjük, akkor a következő forgatókönyv a 3 Celsius-fokos melegedés. A legrosszabb forgatókönyv abban az esetben következik be, ha nem csinálunk semmit: 4 Celsius-fok körüli lesz a felmelegedés.

A környezeti hatások tekintetében már jelentős különbségek vannak az 1.5 Celsius-fok és 2 Celsius-fok felmelegedés között. Például 2 Celsius-foknál sokkal ritkábban fagyna be az Északi-tenger, ami további problémákat okozna, hiszen szükségünk van a befagyott fehér felszínre, hogy visszaverje a hőt, és ezzel hűtse a rendszert. A 4 Celsius-fokos felmelegedésnél egyszer sem fagyna be az Északi-tenger, és ez már akkora egyensúlyfelbomlást okozna, annyira megdobná a felmelegedést, hogy megtörténhet, dominóhatás lép életbe, és láncreakciók indulnának be párhuzamosan. Ez az exponenciális hatás bekövetkezhet a jövőben, azonban a modellek nem tudják pontosan előre jelezni. Például, ha elkezd rohamosan olvadni a permafroszt, a tundra fagyos talaja, akkor annyi szintén üvegházhatású metán szabadulhat fel, ami teljesen megváltoztatja a környezetet, de nem tudjuk pontosan kiszámítani, melyik ponton következhet ez be.

– *Milyen időperspektívákban kell gondolkodnunk az éghajlatváltozás kapcsán?*  
– Az 1,5–2 Celsius-fok melegedési határok évtizedes perspektívák. Ha a melegedést nézzük, évtizedenként 0.2 Celsius-fokkal nő a hőmérséklet, ami 100 év alatt 2 Celsius-fok. Ha 2050-ig drasztikusan csökkentenénk a szén-dioxid kibocsátását, akkor 2050-től tudnánk az 1.5 Celsius-fokos melegedést tartani. A legtöbb modell 2100-ig fut, tehát idáig vannak elképzeléseink arra, hogy mi fog történni. Tehát évtizedekben, maximum évszázadokban gondolkozunk, nem geológiai időkben.

– *Ha bekövetkezne a 4–5 Celsius-fokos melegedés, milyen következményei lennének?*

– Régiótól is függ, hogy mik a következmények, például a sarkvidéken már bekövetkezett a 4 Celsius-fokos melegedés, máshol még nem érezhető ilyen arányú változás. A Kárpát-medence jobb helyzetben van, habár a trendek itt is erősebbek, mint Nyugat-Európában. Azért nem szeretem a klímakatasztrófa szót, mert a változás nem egyik napról a másikra fog bekövetkezni, mint a filmekben. Persze lehetnek ugrások a folyamatban, de ez alapján egy lassú folyamat, és különböző régiók különböző mértékben fognak változni.

– *Hogyan tud az ember alkalmazkodni ezekhez a változásokhoz?*

– Az embernek elég jó az alkalmazkodási potenciálja: ha meleg van, akkor hűtjük a környezetet, ha hideg van, melegítjük a környezetet, tehát nem vagyunk annyira kiszolgáltatottak, mint az állatok vagy a növények, melyek egész nap szenvedik a környezeti hatást. A kérdés az, hogy a társadalom hogyan fogja kezelni a változásokat, milyen megoldásokat talál a válságokra. Ha belegondolunk, a történelemben már volt olyan eset, hogy éghajlati katasztrófa sújtott egy térséget, és az ember számára lakhatatlanná vált a régió. Erre a közeljövőben is lehet számítani.

– *Tehet-e valamit az átlagember a hatások csökkentése érdekében?*

– Kétféle megközelítése van a kérdésnek. Egyfelől mondhatjuk azt, hogy sok kicsi sokra megy, s érhetünk el eredményeket, ha mindenki odafigyel a környezetre, kevesebb energiát fogyasztunk, környezettudatosan élünk. A másik megközelítés, hogy ha szeretnénk igazán hatékonyak lenni, vegyük a nagy kibocsátású ipari szektorokat, s ott próbáljuk megoldani a kérdést. Ezzel már az energiaszektornál is vagyunk, ahol nagyon nehéz a beavatkozás, hiszen senkinek sem mondhatjuk, hogy ne használjon energiát. Szerveznek persze rendszeresen globális klímacsúcsokat, de nagyon nehéz megegyezni, és éppen az energiakérdés miatt csak részleges eredmények születnek.

– *Hogyan jelenik meg az éghajlatváltozás a médiában, mennyire korrekt módon ábrázolják?*

– Időnként jelennek meg szenzációhajhász cikkek, amelyek globális katasztrófát vetítenek előre. Nem értek egyet ezzel, hiszen a klímaváltozás nem ennyire látványos. Másfelől, az sem jó, ha túlságosan megnyugtatjuk az embereket, mert akkor mindenki hátradől, és nem fog semmit tenni. Józanul kellene kezelni a kérdést, és tudatosítani azt, hogy nem vagyunk a szakadék szélén, nem fog a közeljövőben katasztrófa történni, de valóban nagy a baj a környezetünkkel.

**Kérdezett Gyórfy Gábor**