

Földtörténeti korok éghajlata

[Országos meteorológiai szolgálat >>>](#)

A Föld története során globális átlagban a mainál több fokkal melegebb és hidegebb éghajlat is előfordult, még a mainak nagyjából megfelelő kontinens-elhelyezkedés mellett is. Ugyanakkor a mai kontinensek kialakulásáig utalunk a geológiai folyamatokra is, mert az egy-egy pontban rekonstruált éghajlat gyakran más-más földrajzi szélességen és eltérő körülmények között volt jellemző, mint a későbbi korokban. A rekonstrukcióval és a származtatott adatok idősor-elemzésével emiatt nagyon óvatosan kell bánni.

Az mindenesetre megállapítható, hogy már az archaikumban megjelentek az élőlények, és attól kezdve minden időszakban sikerült azok folytonos jelenlétét kimutatni, azaz semmilyen éghajlati vagy kémiai katasztrófa nem volt olyan pusztító és annyira általános, hogy egyszer is megszakítsa a földi élet folytonosságát. Ebből pedig arra következtethetünk, hogy a jelentős, esetenként gyors ingások és ugrások ellenére a kontinenseken, valamint az óceánok felszínén sem lépett ki a hőmérséklet sosem a $25 \pm 10^\circ\text{C}$ -os tartományból. Mindig voltak kiterjedt területek a Földön, ahol a hőmérséklet ebben az élet számára szükséges tartományban maradt.

Az egyes földtörténeti korok éghajlata dióhéjban

Az alábbiakban nagy vonalakban ismertetjük a Föld éghajlatának történetét a kezdetektől az [utóbbi ezer évig](#), amelynek történetét már jóval részletesebben ismerjük. Megjegyezzük, hogy az egyes korszakok határait gyakran más számokkal határolják el a kutatók, mint az alábbi értékek.

Prekambrium és Paleozoikum (4,6 milliárd - 230 millió év között)

- **Archaikum (4,6 milliárd - 2,5 milliárd év között)**

A felszíni hőmérséklet folyamatosan csökkent. A légkör összetétele még erősen különbözött a maitól. Több toxikus gáz kezdetben meggátolta az élet kialakulását is. Amikor a hőmérséklet 100°C alá süllyedt, a vízgőz lecsapódásával kialakult az ősóceán. A hőmérséklet csökkenésével az időszak végére megszilárdult a földfelszín. További folyamatos lehűlés után, hosszú idő elteltével megjelentek az első baktériumok. Ekkor még a kontinensek mozgásáról nem beszélhetünk.

- **Proterozoikum (2,5 milliárd – 545 millió év között)**

E hosszú korszak éghajlata általában meleg volt, de legalább négy jégkorszak nyomai már felfedezhetők: 2300, 1200, 900 és 660 ± 90 millió évvel ezelőtt. Ez idő alatt több hegységképződés is lezajlott, az ekkor keletkezett őshegységek lepusztult maradványaiból jöttek létre a

kontinensek magját képező ősmasszívumok. Az időszak végére négy őskontinens is kialakult. Az élet ezek mozgásával szétterjedt a Földön.

- **Kambriumtól a Devonig (545 millió – 360 millió év között)**

Az egyre fejlettebb és változatosabb élővilág hatására gyorsan nőtt a légköri oxigén mennyisége és kialakult az ózonréteg. Kialakult a Gondwana nevű szuperkontinens, amit a további ütközések nyomán Pangea néven tart nyilván a tudomány. A kontinensek ütközése és más folyamatok hatására több térségben megkezdődött a hegységképződés. Az éghajlat változatos volt, az északi félgömbön meleg, viszonylag kiegyenlített, a déli félgömbön elkülöníthető az ordoviciumi jégkorszak kb. 430 millió évvel ezelőtt. (Jégkorszaknak mondjuk az olyan időszakot, amikor a Földön van olyan pont, többnyire egészében, vagy részben jéggel fedett kontinens, amelyről nyáron sem tűnik el a szilárd halmazállapotú víz.)

- **Karbon és Perm (360 millió – 230 millió év között)**

Az éghajlat térben és időben igen változatos volt. A déli félgömbön a permokarbon jégkorszak is elkülöníthető, mégpedig 325-250 millió évvel ezelőtt. Az emiatt végbement nagyfokú fajkihalás nyomán az időszak végére az akkori felmelegedéssel párhuzamosan megjelentek a dinoszauruszok.

Mezozoikum és Harmadidőszak (230 - 2,4 millió év között)

- **Triász és Jura (230 millió -145 millió év között)**

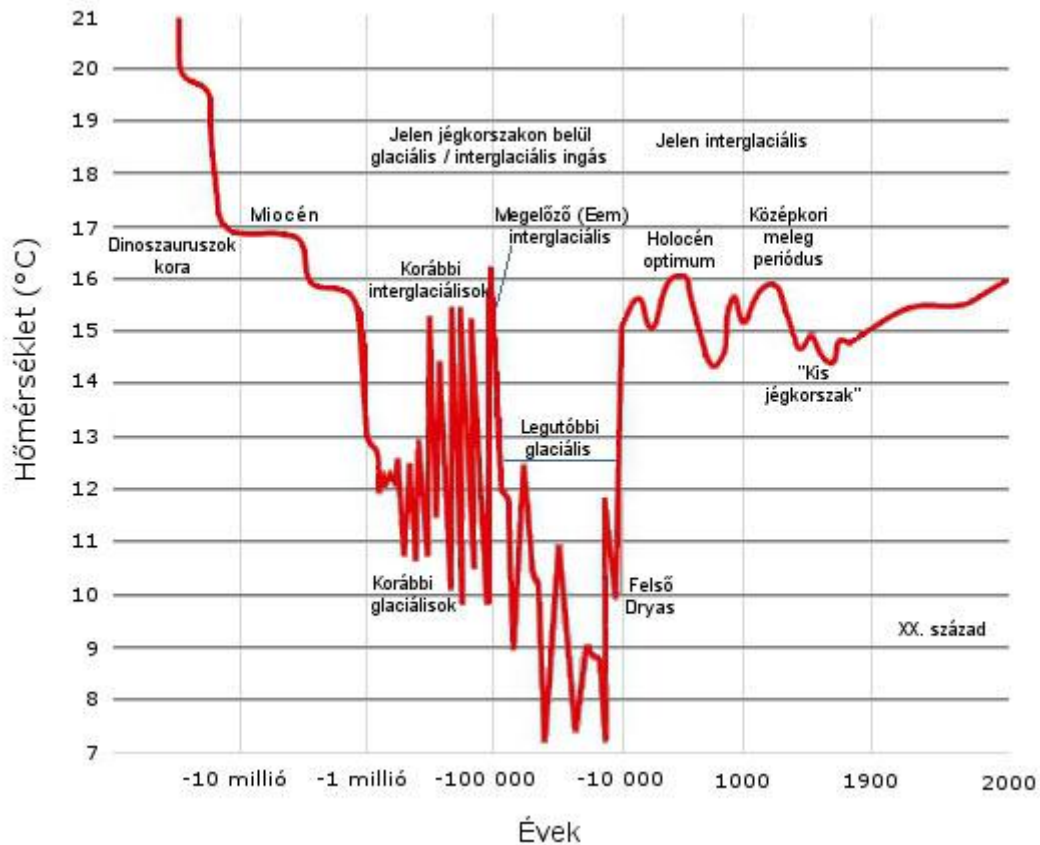
A triász elején még egységes Pangea kezdett feldarabolódni. Kialakultak a mai Afrika, Eurázsia és Amerika kontinensek elődei. A szétválás a jura és a kréta időszakban volt a legintenzívebb. A teljes időszak melegebb volt a mainál, jégkorszakok a meglevő leletekben nem fedezhetők fel.

- **Kréta (145 millió – 65 millió év között)**

A középidő végén az addig egyre fejlődő és a fajok számában egyre változatosabb állatvilág jelentős része kihalt. Ennek valószínűleg egy hatalmas meteorit-becsapódás volt az oka, nem a lehűlés.

- **Harmadidőszak (65 millió – 2,4 millió év között)**

Lehűlés és felmelegedés váltakozása. A lemezmozgások folytatódtak, a terciér végére a kontinensek nagyjából a mai helyükre kerültek. Az indiai szubkontinens egyesült Ázsiával, Ausztrália levált az Antarktiszról. A mezozoikumban elkezdődött hegységképződések folytatódtak, ekkor volt a Pacifikus- és Eurázsiai-hegységrendszer kialakulásának fő időszaka. A körülbelül 50 millió évvel ezelőtt elkezdődött, földtörténeti léptékben drámai gyorsaságú lehűlés nyomán kialakult a jelenkori jégkorszak. Az Antarktisz jegének képződése kb. 35 millió évvel ezelőtt kezdődött meg. Az északi félgömbön ez sokkal később, a pleisztocénban következett be.



1. ábra
 A Föld becsült átlaghőmérsékletének alakulása az elmúlt 100 millió évben (Forrás: <http://www.bom.gov.au/info/climate/change/gallery/1.shtml>)
 Az ábrán megfigyelhető, hogy a sok tízmillió éves, csillagászati okból kialakuló jégkorszakokat leszámítva a Föld hőmérséklete végig egy ± 5 Celsius fokok tartományon belül ingadozott, de jelenleg ezen sáv felső határa felé közelít. Ugyancsak látható az ábráról, hogy az eddig (pontosabban kb. 1750-ig) természetes okból végbement változások az utolsó tízezer évben nem haladták meg a ± 1 Celsius fokot sem. Tehát az emberi behatás várható mértéke meghaladja majd az elmúlt tízezer évben tapasztalt változást és közelíthet a tízmillió éves léptékekhez.

Pleisztocén (2,4 millió évtől - 100 ezer évig)

- **Alsó pleisztocéntól a Riss végéig (2,5 millió év – 120 ezer évig)**

A pleisztocén korban megkezdődött az eljegesedés az északi félgömbön is (1. ábra). Ezen belül több hidegebb (glaciális) és enyhébb (interglaciális) időszak különböztethető meg.

A glaciális-interglaciális váltakozás a mérsékelt szélességeken 6-10 fokot elérő, s a jéggel való borítottságban a mai tél-nyár különbséggel azonos nagyságrendű változásokat okozhat. Az ingadozás okai elsősorban csillagászati eredetűek: például a Föld pályájának módosulása – az ekliptika és a Föld forgástengelye által bezárt szög változása. Minthogy

azonban ezek a feltételek sok százmillió éve fennálltak, azokban a korokban mégsem ismerünk ilyen gyors ingásokat, azt kell gondolnunk, hogy ezek kialakulásához szükség volt arra is, hogy a Föld még hidegebb legyen, mint a korábbi jégkorszakok idején.

Az Alpokban ebben az időszakban 6 eljegesedést (glaciálist) mutattak ki: Biber, Duna, Günz, Mindel, Riss, Würm. Ugyanakkor Észak-Amerikában csupán 4 eljegesedést azonosítottak: Nebraska, Kansas, Illinois, Wisconsin.

A glaciálisok idején csökkent a tengerek vízszintje, mert a víz jelentős része fagyott állapotban volt. A sarkvidéki jégtakaró legnagyobb kiterjedése az északi félgömbön 47 millió km², átlagos vastagsága 2-3 ezer méter volt! A legutóbbi glaciális tetőpontján a jégtakaró Európában a London – Köln – Kijev vonalig, Észak-Amerikában pedig kb. az északi szélesség 40°-áig húzódott (2. ábra). A legutóbbi interglaciális idején, mintegy 120 ezer évvel ezelőtt a mainál mintegy 2°C-kal volt magasabb a Föld átlaghőmérséklete.



2. ábra
A szárazföldi jégtakaró kiterjedése a legutóbbi glaciális tetőpontján, 20 ezer évvel ezelőtt (Ruddiman, 2001: 213. o. 10-04 ábra)
Az állandó eljegesedés ekkor sem borította hazánk területét. Ezt [paleoklíma rekonstrukciós módszerekkel](#) tudják a kutatók megállapítani.

- **Riss végétől a Würm végéig (120 ezer – 10 ezer év között)**
Az utóbbi 100 ezer év nagy részét a glaciális klímán belül is szélsőséges klímaingadozások jellemzik. Ezeket Dansgaard-Oeschger (D-O) eseményeknek is nevezik. A D-O események az utóbbi 10 ezer évhez

képest sokkal alacsonyabb hőmérsékleti intervallumban zajlottak le (lásd ugyancsak az 1. ábrán).

Broecker (1987) feltételezte, hogy ezeket az éghajlati ugrásokat esetleg az óceáni vízkörzés valamelyik áramkörének átváltódásai okozhatták. Megfogalmazta azt a hipotézist, amely szerint az elmúlt 110 ezer év glaciális-interglaciális átváltásainak, a D-O események bekövetkezésének az lehetett az oka, hogy abban az időszakban az óceáni szállítószalag két állapot között ingadozott. Az oszcillátor egyik állapota az, amikor az észak-atlanti térség vízszüllyedési mechanizmusa rendben végzi a hő szállítást, a másik pedig az, amikor legyengül, leáll az északi térségben a vízszüllyedés. Valahányszor az utóbbi fázis áll elő, erősen csökken az észak-atlanti térség teljes hő bevétele, ami elég lehet ahhoz, hogy megmagyarázza a grönlandi jégminták hőmérsékleti rekonstrukcióján látható ingadozásokat. Arról a feltételezésről, hogy a jelenlegi felmelegedés egy pontján is hirtelen jégkorszak következhetne be, itt olvashat.

Feltételezhető, hogy a 11,5 ezer évvel ezelőtti, a felmelegedést megszakító Felső-Dryas kialakulásának oka, legalábbis segítő tényezője volt, hogy a 20 ezer évvel ezelőtt kezdődött melegedés nyomán a kanadai jéghegy hirtelen megolvadt jégtakarója (az Agassiz-tó), mint édesvízbeömlés leállította a Golf-áramlást, ami jelentős lehűlést eredményezett az Észak-atlanti térségben. Ennek éghajlati következményeit Euráziában számos helyen megtalálták.

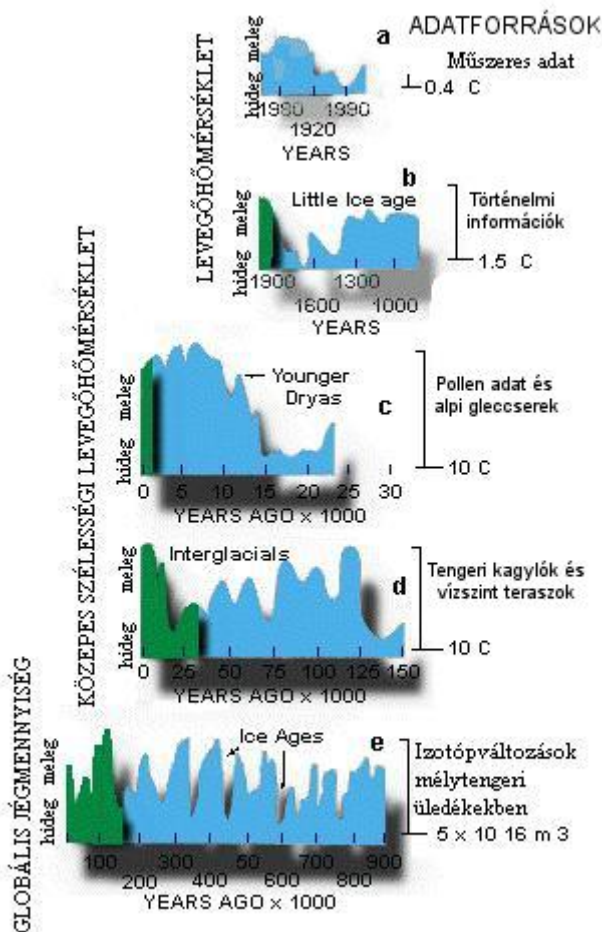
Holocén (10 ezer évtől napjainkig)

- **A Holocén kezdetétől a klímaoptimumig (10 - 6 ezer évvel ezelőtt)**
A legutóbbi glaciális kb. 10 ezer éve ért véget, azóta a jégtakaró visszahúzódott a mai helyére. A holocén korban általános felmelegedés tapasztalható (interglaciálisnak tekinthető). A továbbra is elsősorban a csillagászati pályaelemek változásaival magyarázható ingadozás kb. hatezer évvel ezelőtti legmelegebb pontján, az ún. klíma optimumban a Föld átlaghőmérséklete mintegy 1°C-kal lehetett magasabb, mint napjainkban.
- **A klímaoptimumtól a középkori optimumig (6 ezer évvel ezelőtt – kr. u. 1 000-ig)**
- Az interglaciális optimum óta a hőmérséklet ezerévenként kb. fél fokot csökken és mintegy ötezer év múlva ismét egy hűvös, glaciális klíma kezdete várható. E változások azonban két nagyságrenddel lassúbbak, mint a várható antropogén felmelegedés.

A 3. ábrán összefoglalva, az 1. ábrán láthatónál részletesebben mutatjuk meg az éghajlat ingadozásának mértékét és időtartamait. Az utóbbiak azért lényegesek, hogy lássuk, a napjainkban zajló, nagy valószínűséggel antropogén eredetű változás mértéke korántsem rendkívüli (amint fentebb írtuk, csak az utóbbi tízezer évhez képest az), a változások üteme azonban 1-2 nagyságrenddel gyorsabb lehet a korábban tapasztaltaknál.

A régmúlt éghajlatváltozások okai

E változások okai még egészen biztosan természetesek. Ahogy jeleztük, elsősorban a csillagászati pályaelemek ingadozásaival függnek össze, amit Milankovitch elméletként ismerünk.



3. ábra

Különböző közvetett adatforrások ábrázolása időrendi sorrendben

A csillagászati okok mellett esetenként vulkánkitörések és meteorbecsapódások is szerepelnek az ismertté vált okok között. Ugyanakkor számos esetben a Föld éghajlati rendszerében zajló visszacsatolásoknak is szerepük volt. E visszacsatolások változásokat erősítő, avagy gyengítő szerepe ráadásul attól is függ, hogy milyen volt maga az éghajlat. A hó- és jégta- karó kiterjedésével összefüggő pozitív visszacsatolás szerepe például a jégkorszakon

belüli glaciálisok idején erőteljesebb, sőt, jégkorszakon kívül nem is juthat szerephez. Valószínűleg emiatt tapasztalható, hogy a jégkorszakokon és azon belüli glaciálisokon belül erősebbek az ingadozások. Már a modellezés kezdetén kimutatták például, hogy a csillagászati pályaelem-változások e visszacsatolás nélkül, önmagukban nem tudnának akkora ingadozásokat okozni, mint amelyeneket megfigyeltünk.

Ugyancsak lényeges szerephez jutott a régmúlt klímákban a légköri szén-dioxid mennyiségének természetes ingadozása is. Amikor lehűl az éghajlat (bármilyen természetes okból), akkor az óceánok nehezebbé váló felső rétegei sokkal több szén-dioxidot juttatnak az óceán mélyére, mint állandó éghajlat idején, vagy pláne az átkeveredést fékező melegebb időszakokban. Emiatt csökken a légkör széndioxid készlete, ami tovább fokozza a lehűlést.

Az éghajlat régmúlt változásai emiatt időben valamelyest megelőzhetik a szén-dioxid koncentráció változásait. Ez a körülmény azonban nem valós érv amellet, hogy napjainkban, amikor a szén-dioxid többletet már az ember okozza, ne a szén-dioxid és más üvegházgázok lennének a jelenkori felmelegedés okozói.