

JÉGTÁNC



OLVADÓ TENGERI JÉGVILÁG

▷ SZÖVEG: TOPÁL DÁNIEL KÉP: KÉRCZ TIBOR

Az Északi-sarkvidék tengeri jége évről évre szeptemberben éri el minimumát: ennek mielőbbi – akár már tavaszi – előrejelzése fontos környezeti és egyben gazdasági kérdés is. A Jeges-óceán jégborítása ugyanis igen fontos tényező a környék időjárásának alakításában, az arktiszi időjárási kilátások pedig alapvető információt jelentenek a sarki vizeken tevékenykedő hajók számára is. (Nem beszélve arról, hogy a jégborítás önmagában a hajózhatóságot és az ásványkincs-kitermelést is meghatározza. Stratégiai, geopolitikai szerepe meredeken emelkedik...)





A CIKK MEGJELENÉSÉNEK TÁMOGATÓJA AZ **STA TRAVEL**
STATRAVEL.HU



HAJÓ A LÁTHATÁRON

A TENGERI JÉG JELLEMZŐ VASTAGSÁGA NÉHÁNY DECIMÉTER. A SZÉL HATÁSÁRA AZONBAN A JÉGTÁBLÁK ÖSSZETORLÓDhatnak, ÍGY TÖBB MÉTER VASTAGSÁGRA IS HÍZHAT A JÉGBORÍTÁS. A FELMELEGEDÉssel VISZONT VÉKONYODIK A JÉG, ÉS EGYRE KÖNNYEBB DOLGUK LEHET A FEHÉR PÁNCÉLT SAJÁT SÚLYUKKAL ELSZELŐ JÉGTÖRŐ HAJÓKNAK

A tengerjég elemzésével világszerte számos kutatócsoport foglalkozik. E vizsgálatok egyik legjelentősebb központja az alaskai Nemzetközi Északi-sarkvidék Kutató Intézet (International Arctic Research Center: IARC). Júliusban, a Nemzeti Tehetség Program keretében, az IARC nyári egyetemén magam is kivettem részem a 2016 szeptemberében újabb éves minimumát elérő arktiszi tengerjég előrejelzésének pontosításában.



ALASZKÁBÓL NÉZVE

Akárhányszor említem itthon, hogy a munkavégzés helye Alaszka, az esetek döntő többségében felmerül a kérdés: „Miért éppen Alaszka?” (Nyilván ilyen erejű volt az azonos című filmsorozat e magyar szemnek romantikus messzeségben húzódo vidékről.) A másik dilemma: vajon miért utaznánk olyan helyre, ami a hazai köztudatban a „hideg” vagy a „világvége” szavak szinonimája? (Persze nyáron Alaszka se nem hideg, se nem a világ vége...)

A legzordabbnak is emlegetett, legnagyobb amerikai állam egy földtudós számára maga a Paradicsom. Egyedi formakincse és természeti csodái régóta vonzzák a kutatókat és a turistákat. Még télen is. Elég csak a sarki fényre gon-

A legzordabbnak is emlegetett, legnagyobb amerikai állam egy földtudós számára maga a Paradicsom. Egyedi formakincse és természeti csodái régóta vonzzák a kutatókat és a turistákat.

NEM DIVAT, NEM HAJÓ VAGY VASÚT

A modell olyan matematikai egyenletek rendszere, melyek a földi rendszer egy vagy több alkotóelemét jellemzik, írják le. Hétköznapi nyelven fogalmazva egy kiragadott példa: a modellezés során – mondjuk – lehetőségünk nyílik olyan kísérletek elvégzésére a számítógépes szimuláció segítségével, amikor kikapcsolhatjuk a napsugárzás hatását az éghajlati modellben, és így az – a beépített egyenletek (a nagybetűs fizika) révén – kirajzolja számunkra azt az abszurd éghajlati rendszert, mely a Nap nélkül előállna a Földön.

is naplementéhez hasonló fényben úszik az ég. Könnyen megborulhat bioritmusunk a 24 órás világosságtól, de akár energiaadó is lehet – s ez utóbbira jócskán szükségem is volt. A jégborítás-elemzést erős előadásorozat vezeték be, hiszen ilyenkor rendkívül bonyolult környezeti rendszerek modellezése zajlik: esetünkben ez az arktiszi tengerjég kiterjedésváltozásának leegyszerűsített modellezése volt.

dolni, melyre itt egész téli szolgáltatóipar épült: számos alaskai szálláshely kombinálja a Föld és az ég csodáit, hiszen hőforrásokra települtek. Így a sötét téli hónapokban – amikor egyébként a -40 °C sem ritkaság – a látogatók nyakig meleg vízbe merülve lehetnek az alaskai éjszakába fényt hozó égi jelenségeket.

Júliusban persze merőben más a helyzet: nyakig vízbe merülni a szúnyogok elől is érdemes, a sarki fény azonban nem kecsegtet, hiszen éjfélig sem megy le a Nap, és még a kora hajnali órákban



SAKÁLLAS FÓKA

HA SOKÁIG LUSTÁLKODNAK A SZÁRAZON, A TÁPLÁLÉKUK KISZÜRÉSÉBEN IS HASZNOS BAJSZUK KISZÁRADVA OLYAN SZÉPEN BEPÖNDÖRÖDHEK, HOGY EGY HUSZÁR IS MEGIRIGYELNÉ

MEDVEPIHENŐ

A 21. SZÁZAD VÉGÉRE A JEGESMEDVÉK ÉLETTERÜK AKKORA HÁNYADÁT VESZÍTHETIK EL, HOGY A KIHÁLÁS SZÉLÉRE KERÜLHETNEK



koztatva nagyobb részét veri vissza a beérkező napsugárzásnak, ezáltal természetes hűtőként működik. A felmelegedő sarkvidék hatására azonban – főként a nyár folyamán – a jégolvadással párhuzamosan megnövekszik a sötétebb tengerfelület nagysága is, ami így több sugárzási energiát képes elnyelni. Ezáltal pedig mintegy tovább erősíti a terület melegedését. Ezt nevezik a sarkvidéki tengerjég-albedó-visszacsatolásnak, amely jellegzetes pozitív visszacsatolási mechanizmus, egy önmagát erősítő folyamat. És épp ezért rendkívül bonyolult az itteni éghajlatváltozás kutatása: korántsem csak egy, hanem számtalan visszacsatolási folyamatot kell egyszerre figyelembe venni, melyek között egyaránt szerepelnek negatív és pozitív események is...

Korántsem csak egy, hanem számtalan visszacsatolási folyamatot kell egyszerre figyelembe venni, melyek között egyaránt szerepelnek negatív és pozitív események is...

SZÁRAZFÖLDI VENDÉG

GLECCSEREREDETŰ TÁBLAJÉGHEGY AZ ÓCEÁNON. FELSZÍNI OLVADEKÁBÓL VÍZESÉS ZÚDUL A TENGERBE

TENGERJÉG A SARKVIDÉKEN

A tengervíz fagyásával keletkező északi-sarkvidéki tengeri jég kiterjedésének változása rendkívül összetett folyamat, melyet az éghajlati rendszer és annak visszacsatolási jelenségei hajtanak. Ráadásul a sarki éghajlatváltozással foglalkozó kutatók álláspontja korántsem egységes arról, vajon e jégjelenlét felületi és térfogati csökkenése visszafordítható folyamat-e. Bizonyos modellek azt jósolják, hogy elérkezhetünk egy „fordulóponthoz”, mely után rohamos tempóban el fog tűnni az északi-sarkvidéki jégborítás, míg más kutatók – optimistábban – még visszafordítható folyamatokat modelleznek.

Vitathatatlan azonban, hogy az Arktisz a megbízható műholdas mérések kezdete óta (az 1970-es évek legvége) a földi átlagot 2-3-szor meghaladó ütemben melegszik. E jelenség (az ún. „arktikus felerősítés”) magyarázata jelenleg is az éghajlattudomány egyik leginkább kutatott területe. De mit is jelent mindez?

Abban az esetben, ha a tenger felszínét jég borítja, a fényvisszaverő képessége (albedója) lényegesen magasabb, mint a jégmentes, sötétebb vízfelületé. Tehát a tengerjéggel borított rész egységnyi felületre vonat-

A sarki éghajlatváltozással foglalkozó kutatók álláspontja korántsem egységes arról, vajon e jégjelenlét felületi és térfogati csökkenése visszafordítható folyamat-e.

LESBEN ÁLLVA

A MEGFELELŐ TENGERI JÉGBORÍTÁS NÉLKÜLÖZHETETLEN A JEGESMEDVÉK ÉLETBEN MARADÁSÁHOZ. CSAK ILYEN KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT VAN ESÉLYÜK A TENGEREN FÓKASZÁKMÁNYT EJTENI. EGYÉBKÉNT PEDIG MARAD A SZÁRAZFÖLD: A SARKVIDÉKI TELEPÜLÉSEK SZEMÉTTELEPEINEK DÉZSMÁLÁSA



ZSUGORODÓ JÉGVILÁG

Az északi-sarkvidéki tengerjég kiterjedésének utóbbi időben tapasztalt erőteljes csökkenése fontos szerepet játszik a globális éghajlatváltozás értelmezésében is. Az arktikus jégtakaró minden évben márciusban éri el maximumát. A 2016 márciusában észlelt éves maximumérték (14,52 millió km², ami Európa területének majdnem másfélszerese) azonban az eddigi legkisebb volt a műholdas mérések kezdete óta! Ráadásul nemcsak az éves maximum, hanem a – rendszerint szeptemberi – minimumérték is csökken: 1979 óta 7,8 millió km²-ről (ez nagyjából Ausztrália kiterjedése) majd' felére zsugorodott.

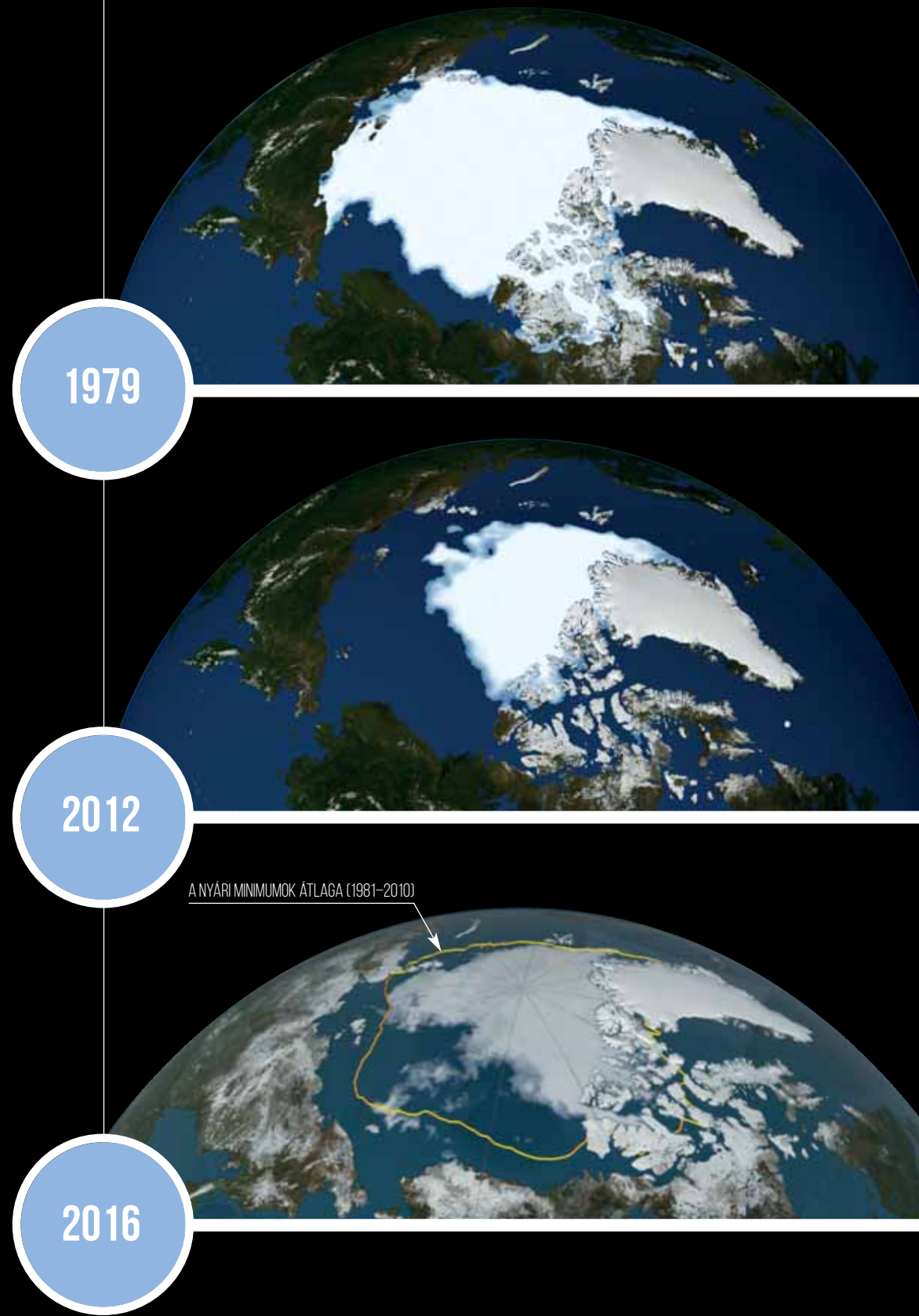
Így már a média is rendkívüli érdeklődéssel figyeli a sarki tengerjég kiterjedésének előrejelzésével foglalkozó tudományos közleményeket. Rendkívül fontos ugyanis, hogy a nyáron elvékonyodó arktiszi tengerjég következtében jégmentessé válik-e az ún. Északnyugati-átjáró. Vagy épp az Északkeleti-átjáró. Hiszen így jócskán meghosszabbodhat a sarkvidéki, tengeri ásványi nyersanyagkitermelésre fordítható kedvező időszak és törtrészére rövidülhet a hajóút az Atlanti- és a Csendes-óceánt összekötő útvonalakon. Melyeket a kereskedelmi hajók pénzt, időt és energiát megtakarítva előszeretettel használnának, így számukra már tavasszal is fontos kérdés, hogy a közelgő nyáron mikortól várható az átjárók jégmentessége. Ha egyáltalán várható.

A 2016 márciusában észlelt éves maximumérték (14,52 millió km², ami Európa területének majdnem másfélszerese) azonban az eddigi legkisebb volt a műholdas mérések kezdete óta!

▶ TENGERI JÉGKITERJEDÉS-VÁLTOZÁS

AZ EDDIGI LEGKISEBB NYÁRI JÉGTERÜLETET 2012-BEN ÉSZLELTÉK A 2016-OS MINIMUMOT SZEPTEMBER 10-ÉN MÉRTÉK, KÖRÜLÖTTE AZ (1981–2010 KÖZÖTTI) NYÁRI MINIMUMOK ÁTLAGÁNAK VONALA

Jócskán meghosszabbodhat a sarkvidéki, tengeri ásványi nyersanyag-kitermelésre fordítható, kedvező időszak, és törtrészére rövidülhet a hajóút az Atlanti- és a Csendes-óceánt összekötő útvonalakon.



ELTÉRŐ ÁLLÁSPONTOK

A Jeges-óceánon persze nemcsak tengeri jég található, hanem a hócsapadékból a szárazföldön keletkező, onnan a tengerbe jutó gleccserjég is. E jéghegyek és jégtörmelék mennyisége és borítása azonban elenyésző a tengervíz-eredetű jégéhez képest, ám míg a szárazföldi jég olvadása megemeli a tengerszintet, a tengeri jégé nem, hiszen magából a vízből fagyott ki.

A tengeri eredetű jég kiterjedését nagyon sok tényező befolyásolja. Egy ilyesfajta rendszer modellezése során gyakorlatilag különböző légköri helyzeteket feltételezünk, s ezeket a modellünkbe épített változókkal (hőmérséklet, légnyomás stb.) jellemezhetünk. E tényezőket – például a hőmérséklet értékét – változtatgatva, más és más beállításokkal futtatjuk le a modellt. A különböző futások tehát lényegében eltérő kísérleteknek felelnek meg, melyekben megfigyel-

Míg a szárazföldi jég olvadása megemeli a tengerszintet, a tengeri jégé nem, hiszen magából a vízből fagyott ki.

FÖLDGÖMB VILÁGLÁTÓ A TRENDFM-EN
CSÜTÖRTÖKÖNKÉNT 16.35-KOR
A RÁDIÓBAN VENDEGÜNK A TÉMÁRÓL:
TOPÁL DÁNIEL

TRENDFM 94.2
GAZDASÁGI RÁDIÓ CSOPORT

KORÁBBI MŰSORAINK MEGHALLGATHATÓK:
WWW.TRENDFM.HU

Mi más tehetné szebbé és izgalmasabbá egy jelenség kutatását, mint az – egyelőre – nem létező, egységes válasz?

hetjük, hogy az éghajlati rendszerünk mikor, milyen módon reagál. Ha ugyanis más kezdeti hőmérsékleti feltételeket alkalmazunk – pl. egy sarkvidéki terület átlaghőmérsékletét +15 °C-ra állítjuk –, a modellben nyilván eltérő ütemben megy végbe a jég olvadása.

Fontos persze az is, hogy milyen módon írjuk le egyenletekkel a jelenség időbeli lefolyását. A soktényezős folyamat azután az idő előrehaladtával jelentősen bonyolódik, hiszen a különböző befolyásoló tényezők időben eltérően fejtik ki hatásukat. És így már érthető, miért is fontos az előrejelzési „verseny”, hiszen senkinek sincs pontos és kellően „előrejelző” modellje a jelenség leírásához.

Éppen ezért van értelme különböző modellekről – azaz különböző kezdeti feltételekről – és különböző elképzelésekről beszélni. (Végső soron pedig eltérő álláspontokról.) De mi más tehetné szebbé és izgalmasabbá egy jelenség kutatását, mint az – egyelőre – nem létező, egységes válasz?



SZABAD AZ ÚT

AZ ÉSZAKNYUGATI- ÉS ÉSZAKKELETI-ÁTJÁRÓ FELDERÍTÉSE RENGETEG EMBERÁLDOZATTAL JÁRT. A 19. SZÁZAD VÉGÉTŐL AZONBAN EGYRE KEVESEBB HAJÓ FAGYOTT JÉGBE ÉS ROPPANT ÖSSZE: A KISJÉGKORSZAK VÉGÉT ÉRT, FELMELEGEDÉS KEZDŐDÖTT, S NAPJAINKRA EGYRE GYORSULÓ ÜTEMEN VÁLIK SZABAD VÍZFELÜLETTÉ A JEGES-ÓCEÁN PEREMTERÜLETE



PONTOSSÁGI VERSENY

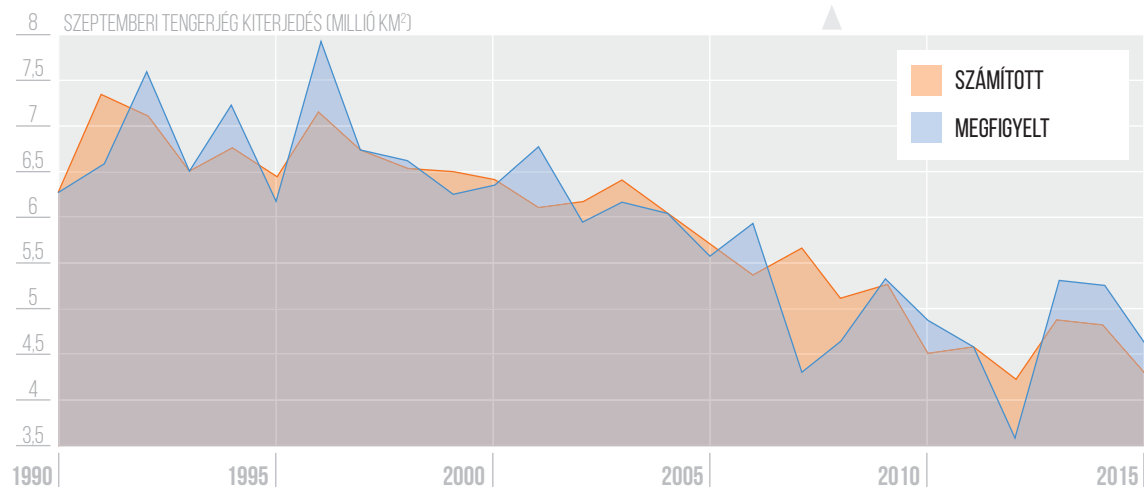
Andrew Slater professzor, kutatócsoportunk vezetője megállapította, hogy a szeptemberi jeges-óceáni tengerjégmérték és az azt megelőző júniusban az északi féltekét borító hótakaró-kiterjedés statisztikai kapcsolatban áll egymással. Ránk várt a feladat, hogy megvizsgáljuk: ennek háttérében valós fizikai mechanizmus áll-e!

Egyszerű ötletnek tűnt azt feltételezni, hogy a júniusi hótakaró mintegy előre jelzi a szeptemberben mérhető tengerjég kiterjedését. Ennek igazolására – vagy megcáfolására – előrejelzést készítettünk (fontos megjegyezni: nem egy jelenség működésének okát kerestük, hanem épp csak egy kezdeti lépést tettünk azzal, hogy a feltételezett dinamizmus létezését boncolgattuk).

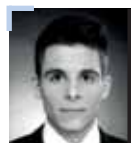
A sarki éghajlati folyamatokat is alapvetően a Napból érkező sugárzási energia hajtja. A beérkező sugárzási energia pedig nyilvánvalóan kapcsolatban áll az északi félteke júniusi hótakarójának kiterjedésével: minél melegebb van, annál kevesebb a hóval borított terület. A júniusi hótakaró és a szeptemberi tengerjég közötti kapcsolatot tehát a Napból érkező sugárzási energiára vezettük vissza. Ebből kiindulva dolgoztunk kutatómunkánk során, és megkíséreltük egy egyszerűsített, de több tényezőt is figyelembe vevő modellel előre jelezni a szeptemberi tengerjég kiterjedését. Próbálkozásunk pedig eredményes volt!

Ráadásul a modellt – mintegy ellenőrzésként – visszamenőleg 1990-ig lefuttattuk, és határozott, 89%-os egyezés adódott az általunk számolt, illetve a korábbi, valós, mért szeptemberi tengerjégadatok között. Módszerünket ezután a 2016-os minimum-jégkiterjedés becslésére is alkalmazni tudtuk.

A 2016. júniusi hótakaró-, illetve a sugárzásienergia-adatok ismeretében július 23-án futtattuk le modellünket, amely a 2016. szeptemberi jeges-óceáni tengerjég kiterjedésére 4,002 millió km²-t adott eredményül. A folyamat modellezésén dolgozó másik nagy intézet, a MetOffice kutatói által ugyanebben a hónapban készített előrejelzés 3,6 millió km², míg az IARC egyik munkatársának modellje 4,1 millió km² szeptemberi jégkiterjedéssel számolt. A tényleges szeptemberi minimumértéknek 4,14 millió km² adódott.



Egyszerű ötletnek tűnt azt feltételezni, hogy a júniusi hótakaró mintegy előre jelzi a szeptemberben mérhető tengerjég kiterjedését. Ennek igazolására – vagy megcáfolására – előrejelzést készítettünk.



TOPÁL DÁNIEL
EGYETEMI HALLGATÓ
(ELTE FÖLDTUDOMÁNY BSC),
MTA CSFK FGI 2KA
PALEOKLÍMA KUTATÓCSOPORT



KÉRCZ TIBOR
VEGYÉSZMÉRNÖK,
EFIAP MINŐSÍTÉSŰ
TERMÉSZETFOTÓS

A CIKK ELKÉSZÜLTÉT SEGÍTETTE:
HATVANI ISTVÁN GÁBOR (MTA, ELTE)

MODELLEREDMÉNY

A MEGFIGYELT (MÉRT) JEGES-ÓCEÁNI TENGERSÉG KITERJEDÉSE (KÉK), ILLETVE AZ ÁLTALUNK KÉSZÍTETT ELŐREJELZÉS ALAPJÁN KAPOTT ÉRTÉKEK (NARANCS) SZERINT VERSENYKÉPES MÓDSZERT FEJLESZTETTÜNK, AMELY PERSZE MÉG SZÁMOS PONTOSÍTÁSRA SZORUL, HISZEN A MÚLTBAN TAPASZTALT JÉGBORÍTÁS-KILENGÉSEKET MODELLENK MÉG NEM KÉPES ELÉG PONTOSAN MEGJELENÍTENI. TEHÁT PUSZTÁN ANNAK FIGYELEMBEVÉTELE, HOGY JÚNIUSBAN MENNYI HÓ BORÍJA AZ ÉSZAKI FÉLTEKÉT, MÉG NEM JELZI ELŐRE TELJES PONTOSSÁGGAL A TENGERSÉG SZEPTEMBERI MINIMUMÁT

NA, MÁR CSAK TE HIÁNYOZTÁL...

Csatlakoz az év legjobb hangulatú közösségi túrájához, és vedd részt Te is a Fjällräven Vándortúrán, amely egy 5 napon át tartó sátras-hátizsákos kaland az Aggteleki-karszt és a Bükk hegység legszebb részein. Vár rád a varázslatos természet, a vándortáborok, a tábortüzek hangulata, a régi és új barátaid társasága, na és 113 km, amely során bebizonyíthatod, hogy Téged is a jobbik fából faragtak. Ha teljesítetted, ajándécsomaggal, felvarróval és egy fergeteges bulival várunk a célban, ahová meghívhatod családodat és barátaidat is, hogy veled ünnepelhessenek. Ne késlekedj! Jelentkezz most! **Március 1-ig 25% early bird kedvezménnyel!** Innen tényleg már csak Te hiányzol!

AZ ÉV LEGJOBB HANGULATÚ KÖZÖSSÉGI TÚRÁJA, A BÜKKBEN UTOLJÁRA. NE SZALASZD EL!

LINK: [HTTPS://GOO.GL/POYWEI](https://goo.gl/poywei)



FJÄLLRÄVEN VÁNDORTÚRA 2017
JÚLIUS 31. – AUGUSZTUS 4.

Egy életre szóló élmény!

BAKANCSBAN, VAGY KÉT KÉRÉKEN, A HIMALÁJÁBAN, CSOMA NYOMDOKAIN.

TÁMOGATÓI TÚRA, 6-8 FŐS CSOPORTBAN, EGYÉNILEG, VAGY CÉGEKNEK. HOGY LÁSD, AMIT TÁMOGATSZI 2017 NYÁR:

NAPISKOLAÉPÍTÉS
ÖNKÉNTESEKKEL, FOGADÁS
A ZANGLAI KIRÁLYNÁL.
10 ÉV HELYI TAPASZTALAT.
TESTRESZABOTT AJÁNLAT:
CSOMASROOM@GMAIL.COM

CSOMASZOBÁJA Alapítvány

AGRA

WWW.CSOMASROOM.ORG/HU