

Sarki fény, világító felhők, alpesi fény, vulkánok

A címből kitűnik, hogy az égbolton látható fénytűneményekről lesz szó. Tudjuk, hogy ha levegőburok nem lenne a Föld körül, az égbolt éjfékete lenne, a Nap pedig felületi hőmérséklete (kb. 6000 °C) által meghatározott legintenzívebb színében (sötétkék) tündökölne a fekete égbolton. Ebben a csodás látványban csupán korunk űrhajósai gyönyörködhetnek a légkörön kívüli nagy magasságban. Ugyanakkor az egyre távolodó Föld-bolygó kéknek látszik (*kék bolygó*) szép oázisként a világűr elhagyatott sivatagában. Régi problémája a légköri optikának, hogy mi történik a tengerszinti napfényből hiányzó, jórészt rövidhullámú, kék sugarakkal? *Newtonnak* annak idején nem sikerült megoldania a kérdést, és csak a múlt században tisztázták *Tyndall* és *Rayleigh* fizikusok a napfény titkát. Szerintük a napfényből a tengerszinten hiányzó rövidhullámú tartomány a légkör apró részecs-

zeért sor kerül a fényszórásban a hosszabb hullámú zöld és sárga sugarakra is, ezért nyugszik le és kél fel, különösen finoman eloszlott porszemek és molekulárisan apró szennyező részecskék jelenlétében, narancssárga, sokszor vörös fényben a Nap, alkalmat adva már a klasszikus görög költőknek a „sáfrányköntösű” vagy a „rózsás ujjú” hajnal költői megéneklésére.

Szakmai nyelven az „*alkonyipír* és a *hajnalpír*” azok a szép fénytűnemények, amelyekkel búcsúzik, ill. beköszönt a magas napállásnál, a déli órákban már „fehér” színű Nap. Beláthatjuk, hogy a színtelen, *fehér színű* nappali megvilágítás fiziológiai hatásnak, a szemünket érő ingerhez való alkalmazkodásnak következménye. Az emberi szem színérzékenysége nagyjából meg egyezik a déli órák napfényének színképi energiaeloszlásával. Ugyancsak a napsugaraknak köszönhetik a magas szélességek lakói a gyenge napsütésért

nem gyengítettlenül behatoló részecske- (korpuszkuláris) sugárzásban van. A nagy sebességgel érkező, pozitív elektromos töltésű hidrogén-atommagok (protonok) és a kisebb tömegű elektronok mélyen (60-80 km-ig) behatolnak a magasléggörbe, az ott talált levegő-részecskéket ionizálják, s ezáltal fénykibocsátásra készítetik. Ezeket az elektromosan töltött korpuszkulákat a földmágneses erőtér a mágneses pólus térségébe tereli. Ezért gyakori a sarkifény a sarkvidékek térségében (az északi félgömbön a 20°N szélességi körtől délre évente átlagosan legfeljebb 1, nálunk 4 sarkifény jelenik meg), ahová, mint valami mágneses résen át, be tudnak hatolni az ionizáló korpuszkulák. A nagyobb energiájú részecskék a földmágneses tér terelő hatásának jobban ellenállva az alacsonyabb szélességekre is lejutnak, s kivételesen nálunk, sőt ritkán az Egyenlítő fölött is megjelennek.



a.) fénylő, foltalakú sarkifény



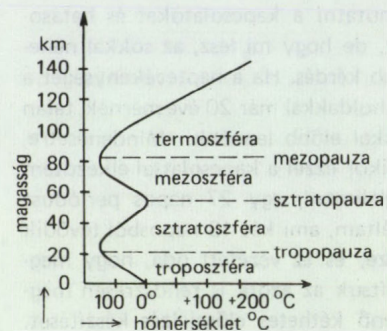
1. ábra:

b.) sugaras, drapériás sarkifény

kéin (molekuláin) elszorított fény-szórás áldozata lett. A szórt fény nem tűnik el a légkörből (nem elnyelésről van szó), hanem mint a kék égbolt sugárzása, fénye jut el a tengerszintre. Alkonyatkor, hajnalban, a ferde sugarút következtében jóval hosszabb úton jut hozzánk a napfény, mint délben.

kárpótlásul kapott sarkifény és éjszakai világító felhők gyönyörű fénytűneményét. Mindkét jelenség esetében a fénykibocsátás helye a sarki térség magasléggörében, a tengerszint fölött 60-80 km táján van.

A sarkifény energiaforrása a napsugárzással érkező és a magasléggörbe csak-



2. ábra:

A hőmérséklet átlagos függőleges profilja a mérsékelt övben

A korpuszkuláris sugárzás energiájának megfelelően a sarkifény rengeteg változata két főcsoportba osztható:

- 1/ nyugodt, kevés szálas szerkezetet mutató, ívszerű, foltos képződmények,
- 2/ nyugtalan, lángszerűen lobogó sarkifények (1. ábra).

A nálunk ritkán megjelenő sarkifény az első fajtához tartozik, s az északi horizonton, a vörös napnyugtához hasonló égboltnegyhez hasonlít. Ennek a nyugodtabb sarkifénynek gerjesztését inkább a kistömegű elektronok, a nyugtalan, lobogással jelentkező poláris sarkifényekét pedig inkább a protonok, neutronok és a kalcium-részecskék végzik.

Érthető, hogy a sarkifény nyugtalan lobogása a mágneses tér nyugtalan-ságával, az ún. földmágneses viharokkal szoros kapcsolatban van, és akkor jelentkezik, amikor erős naptevékenység, napkitörések figyelhetők meg a Napon. Ilyenkor különösen sok anyagi részecske, nagyenergiájú foton hagyja el a Nap felszínét. Ezt a heves naptevékenységet, az erős napkitöréseket mutatják a napkorongon szabad szemmel is látható *napfoltok*, amelyeket először Galilei észlelt, s amelyekről évszázados megfigyelési soraink vannak. Tudjuk, hogy a Nap testéből a naptevékenység során kibotott korpuszkulák a magaslégkörben sűrűlve elvesztik energiájukat, így az alsó légkör időjárási folyamataiban hatásuk már felismerhetetlen. Általános vélemény szerint a légkör időjárási mechanizmusa (*általános cirkulációja*) olyan felhalmozott energiával megy végbe, hogy a csekély energiával a légkörön át érkező, kozmikus eredetű impulzusok mint *trigger-effektusok* csupán kissé módosítják a nagyobb energiával végbemenő időjárási folyamatokat, mégpedig attól függően, hogy milyen állapotban találják a rendszert.

Az újabb időben mindenesetre a meteorológusok is rugalmasan alkalmazkodtak a tényekhez (az igazolt kozmikus kapcsolatokhoz) és az extraterresztrikus (a légköri rétegeken kívüli) földi hatások létezését nem zárják ki. Igaz az, hogy a bonyolult láncfolyamatnak azt a láncszemét, amely a naphatások hatásait a magaslégkörből a sztratoszférán át a troposzférába átviszi, még nem ismerjük.

Mindenesetre az bizonyos, hogy a sarkifény keletkezési helyén még van levegő. Ezért a legmagasabb sarkifény jelezte még a 30-as években is a földi légkör megmérhető felső határát (1000 km). A meteorológiai rakéták és műholdak átlépve ezt a határt, kimutatták, hogy a földi légkör folyamatos átmenettel, egyre ritkulva lép

át a bolygóközi tér roppant ritka nap-atmoszférájába.

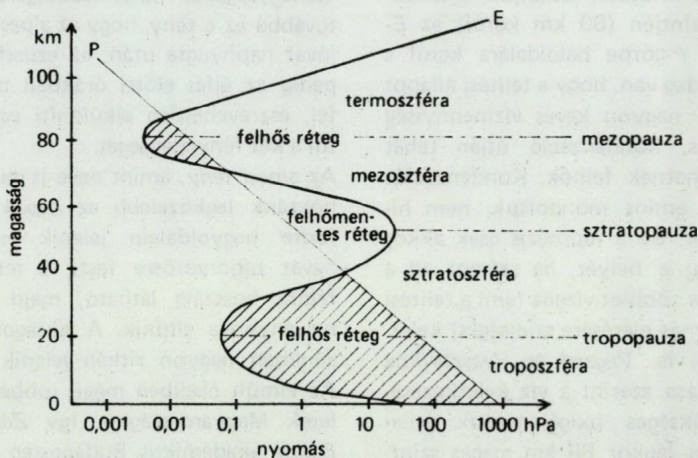
Éjszakai világító felhők

Keletkezési helyük a sarkifényhez hasonlóan a *magaslégkör*. De amíg a sarkifény legmagasabb sugarai az 1000 km-es magasságot is eléri, az éjszakai világító felhők keletkezési szintje 60-80 km, azaz a mezoszféra és a termoszféra határzónája (*mezopauza*), ahol az atmoszféra leghidegebb szintje (-80°C átlaghőmérséklet) található. Keletkezésük összefügg ezzel az alacsony hőmérséklettel. Másrésztől magyarázatra szorul az a tény, hogy az éjszakai világító felhők zömmel a magasabb szélességeken jelennek meg. (Magyarországon a Nemzetközi Geofizikai Évből – 1957/58 – létesített speciális megfigyelőhálózat másfél év alatt egyszer sem észlelte.)

Magaslégköri eredetük és a napaktivitással feltehető kapcsolatuk (gyakrabban lépnek fel a földmágneses viharok, a sarkifény nyugtalan-sága, tehát erős naptevékenység idején) miatt kerültek külön programként a NGÉ feladatai közé.

A ragyogó megjelenésük, színük miatt *ezüstfelhőknek*, *gyöngyházfelhőknek* is nevezett éjszakai világítófelhők ere-

ből álló, homogén eloszlású anyag a mezopauza szintjére. Ismereteink szerint a mezopauza alatti sztratoszféra meleg zárórétege megakadályoz (2. ábra) minden vertikális mozgást és anyagkicserélődést a troposzféra és a magaslégkör között. Így a mezopauzán feltételezett szóró közeg nem lehet földfelszíni eredetű, hacsak nem gondolunk *vulkáni* energiákra, amelyek elegendő nagyok arra, hogy a kibotott vulkáni hamu részecskéi áttörjék a sztratoszféra záróréteget és elérjék a mezopauzát (egyik feltevés). A másik feltevés finom *meteorpor* jelenlétére utal, amely a légkörbe behatoló és a mezopauza magasságában eléggő meteorokból, tehát a *kozmoszból* eredne. Végül a harmadik, legelterjedtebb hipotézis feltételezi, hogy az ezüstfelhők, éppenúgy, mint a troposzféra felhői *vízből* állnak. Kérdés, hogy kerülhet víz ebbe a magasságba? További kérdés, hogyan megy végbe a kondenzációs folyamat? Az utóbbi kérdés azért izgalmas, mivel a kondenzáció folyamatához egyrésztől *kondenzációs magvak* jelenléte szükséges (ezt a feltételt a már említett vulkáni hamu, ill. a meteorpor részecskéi bőven kielégítik), de szükséges az is, hogy a térségben lévő vízgőz elérje *telítési nyomását*, azaz a légnomásonál föltétlenül



3. ábra:

A légkör felhős és felhőmentes rétegei a mérsékelt övben
(P = légnyomás, E = telítési párányomás)

detére vonatkozóan három feltevés van. Mindhárom megegyezik abban, hogy napnyugta utáni láthatóságukat a lenyugodott Nap sugarai biztosítják, és valaminő, finom eloszlású anyag szóróhatása teszi lehetővé. Az a kérdés, hogy milyen úton jutott ez a feltehetően nagyon apró szemcsék-

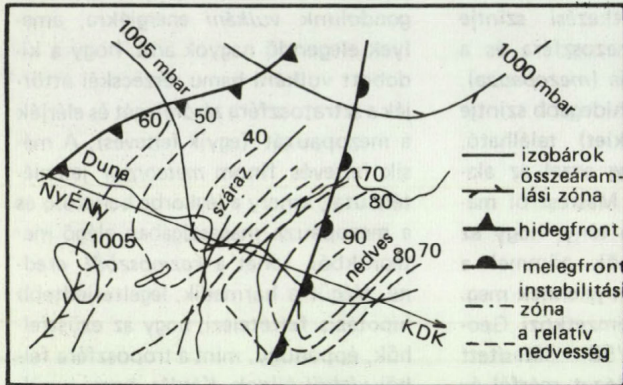
kisebb parciális gőznyomás megegyezzen az adott hőmérséklethez tartozó telítési párányomással. Márpedig a légnomás és a telítési párányomás kapcsolata a felsőbb légrétegekben különösen alakul. A légnomás egyértelműen közel logaritmikusan csökken, felfelé, a hőmérsékleti rétegződés

értelmében változó telítési párányomás görbéjét többször átmetszi, így ennek hol a jobb, hol a bal oldalára kerül (3. ábra). Belátható, hogy azokban a rétegekben, amelyekben a telítési párányomás (E) nagyobb lenne, mint ugyanott a légnyomás (P), felhőzet nem képződhet (*felhőmentes ré-*

Alpesi fény

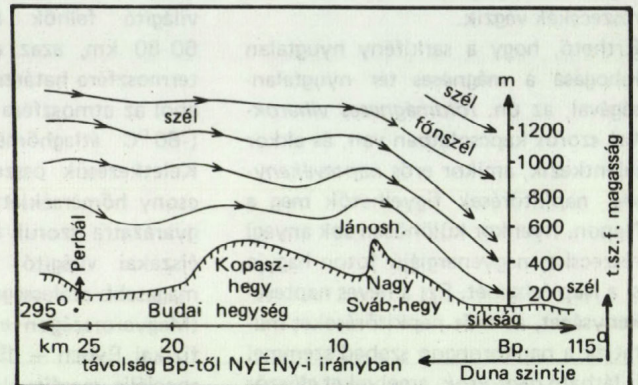
Az alpesi fény színes jelensége nemcsak az ezüstfelhőkkel, hanem az alkonypírral is rokonságban van. Az utóbbi rokonság a fényjelenség színösszetételének (bíborvörös) kialakulásában, az előbbi pedig a magaslégköri

megvilágította volna őket: meleg, sárgás színben úsztak. A már sötétedő égbolt alatt szinte ragyogott a táj. A jelenség mintegy félórát tartott, azaz napnyugta után több mint félórát át, 17 óráig volt megfigyelhető. A napnyugta utáni színes égbolt és az égővörös színben tündöklő táj több-



4. ábra:

Időjárás helyzet 1983. január 18-án 0^h GMT-kor
Közép-Európa fölött (dr. Tóth Pál analízise alapján)



5. ábra:

Orografikus fűn a Budai-hegységben 1983. január 18-án

teg). Felhőzet csak abban a rétegben jöhet létre, ahol a telítési párányomás kisebb a légnyomásnál. Emiatt a légkörben felhőmentes és a felhők kialakulását lehetővé tevő rétegek különböztethetők meg.

Amint a 3. ábrán láthatjuk, a mezopauza szintjén (80 km körül) az E -görbe a P -görbe baloldalára kerül s olyan hideg van, hogy a telítési állapot elérésére nagyon kevés vízmennyiség szükséges, kondenzáció útján tehát keletkezhetnek felhők. Kondenzációs magvak, amint mondtuk, nem hiányoznak, de a hipotézis csak akkor állja meg a helyét, ha számot ad a szükséges többlet-vízgőz (ami a telítési párányomás elérésére szükséges) keletkezéséről is. Vegard és Hvasztyikov elgondolása szerint a víz keletkezéséhez szükséges oxigénatomok jelen vannak a légkör 80 km magas szintjén, a hiányzó hidrogénatomokról pedig a Nap korpuszkuláris sugárzása gondoskodik hidrogén atommagok, protonok formájában. A földmágneses erőterét által a poláris térségben összetartott protonok magyarázatul szolgálnak az ezüstfelhők nagy gyakoriságára is a magasabb szélességek térségében. Az ezüstfelhők létrejöttének és láthatóságának megismerése átvezet a szín pompás *alpesi fény* jelenségéhez.

eredőhely azonosságában fedezhető fel.

Az ezüstfelhők csillogása, gyöngyházhoz hasonló ragyogása, másrésztől az alpesi fény bíborvörös színe a kétféle felhő anyagának szerkezetének, szemcsenagyságának különbözőségére utal, továbbá az a tény, hogy az alpesi fény jóval napnyugta után, az ezüstfelhők pedig az éjjel előtti órákban tűnnek fel, észrevehetően elkülöníti egymástól a két fényjelenséget.

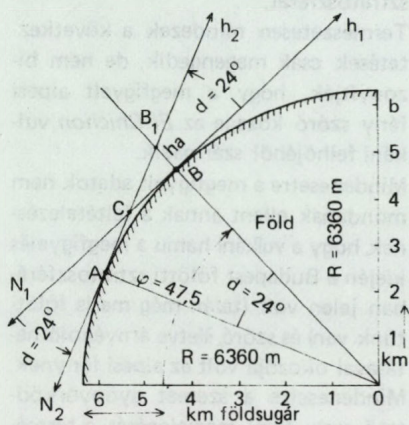
Az *alpesi fény*, amint neve is mutatja, hozzánk legközelebb az *Alpok* hófödte hegyoldalain jelenik meg: a havat bíborvörösre festi, s mintegy félóra hosszáig látható, majd egyre halványodva eltűnik. A síkságon, hazánkban nagyon ritkán jelenik meg. Az elmúlt években mégis többen észlelték Magyarországon. Így *Zólyomi Bálint* akadémikus Budapesten 1983. január 18-án a lakásától kelet-délkeletre fekvő *Gellérthegy* nyugati lejtőjén lévő házak falát, ablakait az *Alpok*ban látott alpesi fényre emlékeztető bíborfényben látta napnyugta után, azt követően, hogy az előtér fokozatosan hegyárnyékba került. Ezt követően, kb. 7 perc múlva jelent meg a nyugati égbolton a nálunk szokatlan fénytünet. A nyugatra néző épületoldalak úgy tűntek, mintha a Nap továbbra is

szőr megfigyelt jelenség volt Magyarországon az 1983. évben. Megfigyelték Budapesten január 31-én, majd szeptember 23-, 24- és 28-án. Ezekre a napokon napnyugta után mintegy negyedórával tűnt fel és kb. félórát tartott látható, de megfigyeltek napnyugta utáni élénksárga keleti horizontot *Veszprémben* is szeptember 28-án. Itt a fényjelenség a napnyugtát követően 19 perc múlva kezdődött, s kb. félórát tartott.

Budapesten január 18-án az időjárás helyzet is jellegzetesen alakult. *Dr. Tóth Pál* tájékoztatása szerint egy rendkívüli erősségű, ún. *Skagerrak-ciklon* időjárás frontjának átvonulása speciális légköri viszonyokat idézett elő (4. és 5. ábra). A hideg, sarki eredetű légtömeg frontja előtt, az *instabilitási zóna* átvonulása után ún. *szabad fűn* kialakulásához kapcsolódó leáramlás jött létre az alsó troposzférában, amelyhez a felszínközeli rétegben a *Budai-hegység* és a *Pilis* lejtőin átkelő levegő ismert *főnhatása* csatlakozott. Ez Budapest térségében a relatív nedvesség erős csökkenését idézte elő: ezen a napon volt a relatív nedvesség havi minimuma január 18-án 16^h-kor 36%. A kiszáradás következtében a felhőzet délre feloszlott. Ezt követően a hőmérséklet a főnhatás miatt emelkedni

kezdt (15^h és 16^h között 2,8°C-ról 17,3°C-ra). A felmelegedés másnap folytatódott, s Budapesten 19-én délben szokatlanul meleg (11,7°C) volt. A 4. ábrán Magyarországtól még nyugatra látható hidegfront január 19-én este érte el Budapestet, s 12^h-kor már csak 2,8°C volt a hőmérséklet.

Január 18-án az említett kettős hatás (az egymáshoz kapcsolódó szabad és orografikus fön) okozta, hogy ritkán tapasztalható száraz levegő volt Budapest fölött az egész troposzférában. Így az alpesi fény tiszta színösszetételét nem zavarhatta légszennyeződés. Ha már most az alpesi fény keletkezésének magyarázatát keressük, mindegyik arra a kérdésre kell választ találnunk, hogy miért ritka jelenség a magas hegyekben is ez a fénytünemény. Hiszen napnyugta minden nap van, s a sztratoszférából minden alkonyatkor



$R = 6360 \text{ km}$ (közepes földsugár)
 $\varphi = 47,5^\circ$ (Budapest földr. szélessége)
 $h_1 =$ Budapest horizontja
 $N_1 =$ a Nap iránya a budapesti alkonyatkor
 $N_2 =$ a Nap iránya a h_a magasságú pont alkonyatkor
 $AB = R \cdot \sin d$
 $d = a(h_1, h_2) = (N_1, N_2)$ szög a Nap horizont alatti látószöge a h_a magasságú pont alkonyatkor (a példában $d = 24^\circ$ a budapesti alkonyat után 96 perccel)
 $h_a = AB \cdot \tan d = 576 \text{ km}$ (fiktív példa a rajzolhatóság érdekében).

6. ábra:
Késői alkonyat h_a magasságban Budapest fölött

érkezhet szórt fény a tájra. Vizsgáljuk meg részletesebben a budapesti észlelés körülményeit.

Január 18-án, a megfigyelés tartama alatt a lenyugodott Nap sugarai még elérték a sztratoszféra magasabb rétegeit (6. ábra), azaz 30-40 km magas

szinten még sütött a Nap. A jelenségnek nyilván az vetett véget, hogy a horizont alá süllyedt Nap sugarai már nem érték el ezeket a magas szinteket, és az ott feltételezett szóró közeg a Föld árnyékába került.

Mindenesetre a sztratoszféra ritka levegőjében a fényszóró közeg a tiszta levegő gázmolekuláiból állna, ha egyéb fényszóró anyag nem került volna oda. A levegőmolekulák azonban kis koncentrációjuk miatt nem okoznának akkora szórást és színeképi eltolódást, hogy az eredmény a tapasztalt intenzív vörös fény lenne. Már pedig – vizsgálva a fényszórásra – az alpesi fény keletkezéséhez két feltétel teljesülése szükséges:

1. a sztratoszféra magasabb szintjein (30 km fölött) finom eloszlású szóró közeg keveredjék a ritka levegő gázmolekuláihoz,
2. a troposzféra alacsony szintjein (az alsó troposzférában) jó és zavartalan látást biztosító, lehetőleg száraz levegő helyezkedjék el, ami a magaslégtörben létrejött szórt fény színösszetételét saját szórásával nem zavarja.

Az utóbbi követelmény az instabilitási zóna átvonulása után biztosítva volt, de mivel magyaráznánk annak a szóró közegnek a sztratoszférában való jelenlétét, amely feltevésünk szerint a kétségkívül megfigyelt alpesi fényt előidézte. A szóró közegnek rendkívül apró, szinte molekuláris méretű szemcsék homogén, finom eloszlású rétegűnek kell lennie, különben a szórás eredménye nem lenne a tapasztalt tiszta vörös alpesi fény.

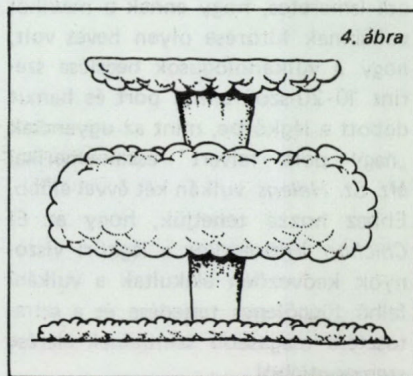
Júthat-e a felszínközeli rétegből ilyen anyag a sztratoszféra már ismert zárórétegét át a magaslégtörbe? A közönséges földi energiaforrások energiája a záróréteg áttörésére nem elegendő. Az újabb idők tapasztalata szerint a mesterséges energiaforrások közül a nukleáris energia bizonyult elegendőnek a záróréteg áttörésére. Ennek látható jele volt az atombomba kísérleteknél megjelent gomba alakú képződmény (7. ábra).

Az atomcsend időszakában valami más, mégpedig természetes energiaforrásra kell gondolnunk, ami részben elegendő nagy a záróréteg áttörésére, másrészt finom eloszlású, kis szemcsékből álló szóró anyag is adódik a nagy természeti energia mellé. Az ezüstfelhők

magyarázatára már találtunk ilyen természetes energia- és anyagforrást: a vulkánkitörések jelenségében. Valóban a vulkánok hatalmas energiával kidobott hamufelhői áttörhetik a sztratoszféra zárórétegét, és a feldobott hamu apró részecskéi alkalmasak a napfény szétszórására.

Vulkánok

A múlt annáleszeit olvasva azt találjuk, hogy elődeink számos olyan színes alkonyati jelenséget jegyeztek fel, amelyek heves vulkánkitöréseket követtek. A *Légkör* 1983. 2. számában *Lépp Ildikó* részletesen foglalkozott az elmúlt két évszázad jelentős vulkánkitöréseivel és a mexikói *El Chichón*-vulkán 1982. április 4-i kitörésének légkörünkre és éghajlatunkra gyakorolt, várható hatásaival. Anélkül, hogy ismétlésekbe bocsátkoznánk, foglalkozunk a vulkánkitörések optikai kísérőjelenségeivel.



7. ábra: Az atombomba gomba alakú felhője (sematikusán)

Bevezetőként említésre méltónak tartjuk, hogy a vulkánkitörések légköri hatásai már a XVIII. században foglalkoztatták a tudósokat. Tudomásunk szerint *Franklin Benjámín* volt az első, aki tudományos szinten végzett vizsgálatokat ebben a témakörben. Az izlandi *Laki-vulkán* 1783. évi kitörését, amelyet egyébként a kidobott anyagmennyiséget és az ebből keletkezett vulkáni felhő méreteit tekintve a történelmi idők legnagyobb kitörésének tartanak, Franklin kapcsolatba hozta az ugyanezen év nyári hónapjaiban Észak-Amerika és Európa területén észlelt hűvös ködökkel és ugyanitt a hűvös nyarat követő, szokatlanul kemény télel.

Franklin magyarázatát a hatásmechanizmusra vonatkozóan ma is elfogadjuk, miszerint a vulkánok nagy menny-

nyiségű port, hamut, vízgőzt és különböző gázokat juttatnak a légkör magas rétegeibe. Ez, mint vulkáni „porfűgöny” elzárja a Földtől a beérkező napsugárzás egy részét s ezzel *hűtőhatást* fejt ki a légkörre.

Franklin feltételezését az újabb műszeres vizsgálatok mindössze energetikai megalapozással és számszerű adatokkal egészítették ki. Ráműtettek arra, hogy a sztratoszférikus záróréteg áttöréséhez a vulkánkitörések energiája elegendő. Kimutatták, hogy a vulkáni hamu részecskéinek hatása és a velük kapcsolatos *levegőkémiai folyamatok* (vegyi átalakulások) éves nagyságrendben is meghosszabbíthatják a vulkánkitörések optikai hatását.

Az 1983-ban észlelt alpesi fény előzményeit és okait keresve foglalkoztunk az ezidőtájt jelentős vulkánkitörés (*El Chichon*, 1982. április 4.) körülményivel. A vulkanológiai leírásokból ismeretes, hogy ennek a mexikói vulkánnak kitörése olyan heves volt, hogy a vulkanológusok becslése szerint 10-20-szor annyi port és hamut dobott a légkörbe, mint az ugyancsak „nagy port felvert” észak-amerikai *Mt. St. Helens*-vulkán két évvel előbb. Ehhez hozzá tehetjük, hogy az *El Chichon* kitörésekor a légköri viszonyok kedvezően alakultak a vulkáni felhő függőleges terjedése és a sztratoszféra magasabb szintjeinek elérése szempontjából.

Az utóbbit elősegítette az a körülmény is, hogy a *Mt. St. Helens* két évvel előbbi kitörésének oldalirányú nyílásával szemben az *El Chichon* torka *felfelé* irányult (8. ábra). Így a vulkán által kidobott por és vulkáni hamu részecskéi elérhették a sztratoszféra 30-40 km magas szintjét, s innen eljuthattak akár 50-60 km magasságig is. Ez az aprószemű, homogén eloszlású anyag szóróhatása az itt később maradt alkonyatkor, előidézhetette a budapesti, alkonyat utáni alpesi fényt.

A vulkáni felhő útjának követésére, összetételének, anyagának megállapítására, vegyi átalakulásának megfigyelésére a jelenkor technikai fejlettsége révén több lehetőség nyílt, mint amennyi elődeink rendelkezésére állt. Így az *El Chichon* vulkáni felhőjét nyomon követhette a Hawaii-szigeteken épült *Mauna Loa*-obszervatórium lidarja, a légkör termikus viszonyait számos léggömbös rádiószonda mérte, de a vul-

káni felhő útját nagy magasságú repülőgépek is nyomon követték. A vulkáni felhő erős keleti széllel (passzát) naponta 1000-1500 km-t tett meg. A Hawaii-szigeteket 5 nap alatt, április 9-én; a Vörös-tengert 12 nap múlva, április 21-én érte el. Átlagos sebessége 60-70 km/óra volt. Útja a trópusi övben, közel a Rák-térítő fölött vezetett. Néhány hónap múlva a felhő átlépte észak felé a Rák-térítőt, és a mérsékelt öv ciklonjaival a magasabb szélességek térségébe is behatolt. A megfigyelt átlagsebes-

rítő fölött húzódott, s időnként átléphetett a mérsékelt öv nyugati szelének déli zónájába is.

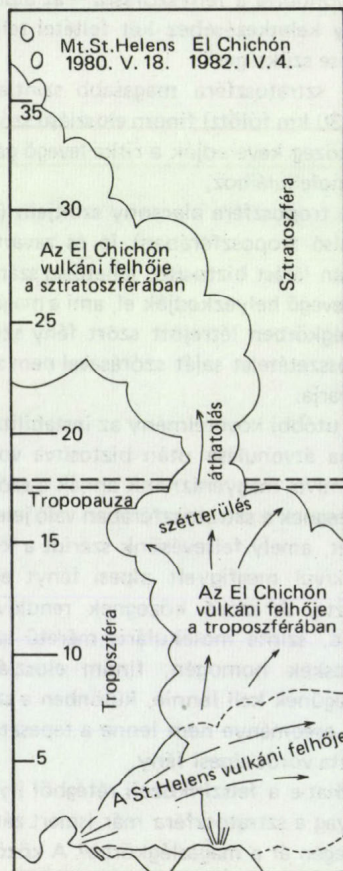
A megfigyelés szerint a vulkáni felhő legsűrűbb része 26 km alatt maradt. A *Mauna Loa* lézerradarja több mint 100-szor sűrűbb felhőt jelzett ennek áthaladásakor, mint a *Mt. St. Helensé* volt 1980-ban. Teteje pedig ekkor már elérte a 38 km-t. Ezekből az adatokból arra következtethetünk, hogy ha hosszúnak tűnik is az az idő, amely a vulkánkitörés és a Budapesten észlelt alpesi fény megjelenése között eltelt, meggondolandó, hogy a részecskék kicsiny ülepedési sebességét tekintve (*Hirono* és *Shibata* japán kutatók 1 km/hónap-nál kisebbre becsülték), a legsűrűbb felhőtartományból szedimentálódó részecskék sem hagyták még el a megfigyelés időpontjában a sztratoszférát.

Természetesen mindezek a következtetések csak megengedtek, de nem bizonyítják, hogy a megfigyelt alpesi fény szóró közege az *El Chichon* vulkáni felhőjéből származik.

Mindenesetre a megfigyelt adatok nem mondanak ellent annak a feltételezésnek, hogy a vulkáni hamu a megfigyelés idején a Budapest fölötti sztratoszférában jelen volt (talán még ma is fölöttünk van) és szóró, illetve árnyékoló hatásával okozója volt az alpesi fénynek. Mindenesetre a szemet gyönyörködtető sarki fény megjelenését a természet intőjeleként foghatjuk fel, amely arra figyelmeztet, hogy a természet egyensúlya rendkívül sérülékeny, lehelése, felmelegedése aránylag kis, de sokféle hatás következtében bekövetkezhet. Ennek a hatásmechanizmusnak részletei ma még ismeretlenek. Ezért mindennemű beavatkozás, amely a természet évmilliókon át megvalósult egyensúlyát megbonthatja, a rendszer tökéletes ismeretét kívánná meg. Mindaddig, amíg ez az ismeretanyag nincs birokunkban, a természetet inkább tanulmányozzuk, mint módosítjuk, mert nagy technikai lehetőségeinken elbizakodva úgy járhatunk, mint a mesebeli varázsló félig felkészült inasa.

Megjegyzés: Ez a cikk a Természet Világa 115. évf. (1984) 1. számában megjelent „Béll B. – Zólyomi B.: Alpesi fény Budapesten” című közlemény részbeni felhasználásával készült.

Dr. Béll Béla



8. ábra:
Az *El Chichon* vulkáni felhője 1982. április 4-én összehasonlítva az *Mt. St. Helens* 1980. május 18-i kitörésével

séggel haladva Magyarország (Budapest) meridiánját a Rák-térítőn már április 23-án elérhette, de a magasabb szélességi zónák elérésére több hónap lévén szükséges, Budapest fölé legfeljebb a nyárvégi hónapokban érkezhetett. A műszerekkel nem követett útszakaszok meglehetősen bizonytalanul becsülhetők. Bizonytalanná teszi a becslést az a körülmény is, hogy a vulkáni felhő útja nagyjából a Rák-té-