

Lelovics Enikő: Különleges felhők

/ Általános meteorológia 2. beadandó feladat /

1. Bevezetés	2
2. Különleges anyagú felhők	2
2.1. Poláris sztratoszférikus felhők (PSC-k).....	2
2.2. Éjszakai világító felhők (NLC-k)	3
2.3. Vulkanikus felhők	6
3. Különleges eredetű felhők	8
3.1. Antropogén Cirruszok (Kondenzcsíkok)	8
3.2. Antropogén gomolyok	10
3.2.1. Ipari eredetű gomolyképződés.....	10
3.2.2. Nagy tüzek fölött keletkező gomolyfelhők.....	11
3.3. Gyárkémény-effektus	12
3.4. Vízesések fölött keletkező felhők.....	12
4. Összefoglalás	13
5. Irodalomjegyzék	13

2008.

1. Bevezetés

Mi is az a különleges felhő? Első megközelítésben bármi ide tartozhat, ami eltér a megszokottól. A tankönyvi definíció szerint a felhőosztályozáson kívül esők tartoznak ide [CZELNAI], ez azonban nem egészen igaz, ugyanis ugyanítt olvashatjuk, hogy ilyenek például a nagy tüzekből származó felhők, amik viszont általában beazonosíthatóak: Cu vagy akár Cb fajtájúak. Érdekesebb inkább azokat a felhőket ide csoportosítani, amiknek valamelyik alapvető tulajdonsága tér el az átlagtól, például a kialakulás módja, vagy a kémiai összetétele.

2. Különleges anyagú felhők

Általában a felhők építőanyaga vízcseppek és jégzemcsék, így ebbe a kategóriába az ettől eltérőek tartoznak, mint a poláris sztratoszférikus felhők, vagy az éjszakai világító felhők.

2.1. Poláris sztratoszférikus felhők (PSC-k)

A poláris sztratoszférikus felhők, ahogy a nevük is mutatja, a sztratoszférában helyezkednek el, 15-25 kilométer magasan. Anyaguk főleg jég és HNO_3 . Általában lencse alakúak, gyakran hegyek közelében alakulnak ki.

Két fő típusuk van:

Az első nem látható, vagy legalábbis kevésbé látványos. Valamivel melegebben, $-78\text{ }^\circ\text{C}$ környékén alakul ki. Az anyaga $\text{HNO}_3 \times 3 \text{H}_2\text{O}$, és különböző nitrogéntartalmú savak. Ez a fajta károsítja az ózonpajzsot.

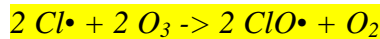
A második a gyöngyházfényű felhő, angolul *nacreous cloud* vagy *mother-of-pearl cloud*. Kialakulásához hidegebb kell, nagyjából $-85\text{ }^\circ\text{C}$. Csak tiszta, $10\text{ }\mu\text{m}$ alatti szemcseméretű jégkristályokból áll.



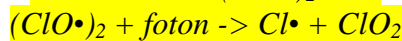
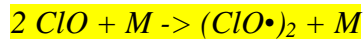
Gyöngyházfényű felhők [ATOPTICS]

Megjelenésük főleg télen, a poláris területekre jellemző, bár már Angliában is megfigyelték őket. Látni az egyik típusukat, a gyöngyházfényű felhőket lehet, ezek éjszaka látszanak, és különböző színekben pompáznak, úgy néz ki, mint egy irizáló felhő, csak sokkal fényesebb és színesebb. Napnyugta előtt kicsivel látszanak a legjobban, de még utána két órával is megfigyelhetők. [ATOPTICS, METEOROS.DE]

Nagy hatással vannak az éghajlatra, ugyanis a felületükön képződnek a klórgyökök, amik tavasszal az Antarktisz területén (illetve a polárfronton belül, a légköri rétegtől elzárt részen) erősen bontják az ózont:



A ClO• katalitikus reakciókat indít el:



Ahol az M egy katalizátorként viselkedő anyag. Így összességében egy klórgyök lebontott egy ózonmolekulát, és előállított egy másik klórgyököt, azaz regenerálódott. Ez addig folytatódik, amíg nem lesz túl meleg, ugyanis bár a reakció napfényt igényel, viszont a klórgyök csak hidegben stabilis. [SALMA]

2.2. Éjszakai világító felhők (NLC-k)

Az éjszakai világító felhők fehéres-kékes, szálas, halványan derengő Cirrus-szerű képződmények. [CZELNAI]

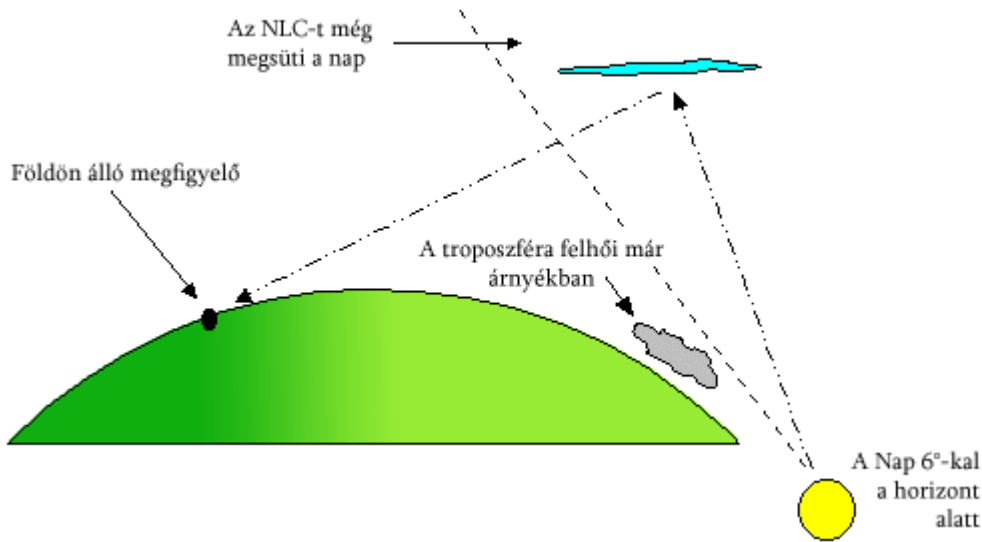


Éjszakai világító felhő 2007.06.15-én (Budapest, Rákoscsaba)

Angol elnevezésük, a *noctilucent clouds* is ezt fejezi ki, éjszaka világító felhőket jelent. [WIKIPEDIA] Tudományosabban *polar mesospheric clouds*, azaz poláris mezoszférikus felhő néven is emlegetik [NASA] Magyar nyelvű cikkekben gyakran összekeverik a kettőt, és gyöngyházfényű felhőnek nevezik őket.

Megfigyelésükre nyáron van lehetőség, leginkább az 50. és a 65. szélességi kör között. [GODA] Általában naplemente után egy-másfél órával jelennek meg az északi-északnyugati horizont felett. Semmilyen különleges felszerelésre nincs szükség, szabad szemmel láthatóak, és állványról le is lehet őket fényképezni. A megfigyeléshez részletes leírás található az NLCOG honlapján, illetve az észlelt világító felhőkről információ és fényképek a METNET ÉGRENÉZŐ fórumán, és a SPACEWEATHER honlapon.

Megjelenésük oka az, hogy ők a normális felhőknél jóval magasabban, 75-90 kilométer magasan helyezkednek el, a mezoszférában. [CZELNAI] Kialakulásukat szemlélteti az ábra:

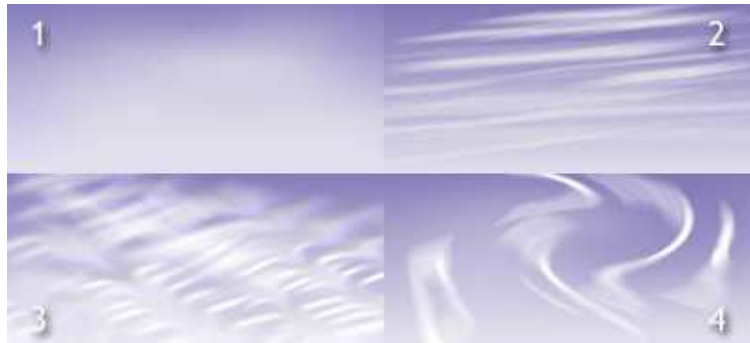


Az éjszakai világító felhők kialakulása [NASA]

Naplemente után nem sokkal a Nap még viszonylag magasan van (6-16°-kal a horizont alatt), és ugyan a hagyományos, troposzférikus felhők fölött „elsüt”, így azok a Föld árnyékába kerülnek, de a jóval magasabban lévő világító felhőt még eléri. [NASA]

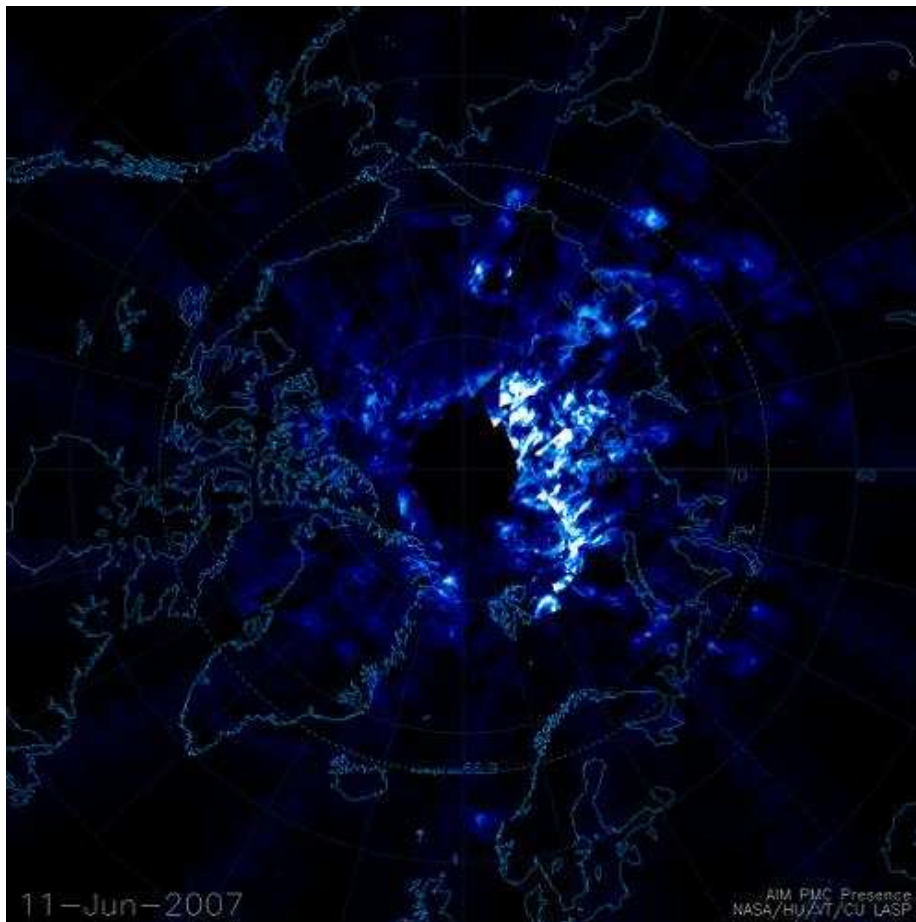
Az éjszakai világító felhőket a formájuk alapján négy csoportra oszthatjuk, ezek a következők:

1. Fátyolszerű (*veil*): ködszerű, nincs felismerhető struktúrája, csak az égbolt színéből következtethetünk NLC-re. Nem is mindig egyértelmű az azonosítása
2. Sávós (*bands*): hosszú csíkokból áll, amik keresztezhetik is egymást, de általában inkább párhuzamosak
3. Hullámos (*waves*): hajtincsekre emlékeztető forma, a legjellegzetesebb típus
4. Csavarodott (*whirls*): szélesebb sávokból áll, csavart forma [LANDY-GYEBNÁR, NLCOG]



A világító felhők fajtái [NLCOG]

A világító felhők az űrből is látszanak. Nemrég kezdődött el a NASA AIM (*Aeronomy of Ice in the Mesosphere*) programja, aminek a keretében műholdas megfigyelésekkel gyűjtenek róluk adatokat. 2007. áprilisában a program keretében egy új műholdat állítottak pályára. [NASA]



Világító felhők műholdról [NASA]

Legelőször 1883-ban jegyezték fel éjszakai világító felhőre utaló megfigyelést, a Krakatau kitörése után, így azt feltételezik, hogy akkor a vulkáni hamuból jöttek létre ezek a felhők. Az utóbbi években egyre többször figyelik meg őket, de igazából nem lehet tudni, miből állnak. [NASA] Többnyire a kozmikus eredetű port emlegetik, mint fő alkotójukat.

Az időjárással közvetlen kapcsolatban nem állnak, de a megjelenésük gyakorisága az utóbbi években nőtt, ennek köze lehet az éghajlatváltozáshoz, és ezzel a magas légkör hűléséhez,

illetve emellett valószínűleg hatással van rá emberi tevékenység, a rakéták kilövésekor ugyanis plusz vizet juttatunk a mezoszférába. [LANDY-GYEBNÁR]

2.3. Vulkanikus felhők

Vulkánkitörések alkalmával nagy mennyiségű gáz (HCl, HF, SO₂) és aeroszol (szilikátok, szulfátok, halogének sói) jut a légkörbe, amiket utána a globális légkörzés gyorsan eloszlat, de a hatásuk akár 1-2 éven keresztül érzékelhető, nagy területen. [ESPERE] Heves robbanás esetén ezek akár 15-20 kilométeres magasságba is feljuthatnak, és ha átjutnak a tropopauzán, a sztratoszférában hosszú időn át képesek kifejteni hatásukat. [BEBTE]

Vulkánkitörések után gyakran megfigyelnek különböző speciális optikai jelenségeket, beszámolók szerint olyankor a felkelő és lenyugvó napnak a megszokottól eltérő, lilás-sárgás színe van, a Hold színe inkább kékes. [BEBTE] Ez a jelenség egyébként megfigyelhető akkor is, amikor szaharai eredetű poros légtömeg érkezik fölénk.



Kék hold [EPOD 2007.06.28.]

Ugyanilyen helyzetben, napközben fordul elő a Bishop-jelenség, amikor sárgás-barnás körök jelennek meg a Nap körül. Ezt először 1883-ban, a Krakatau kitörése után figyelték meg. [BEBTE]

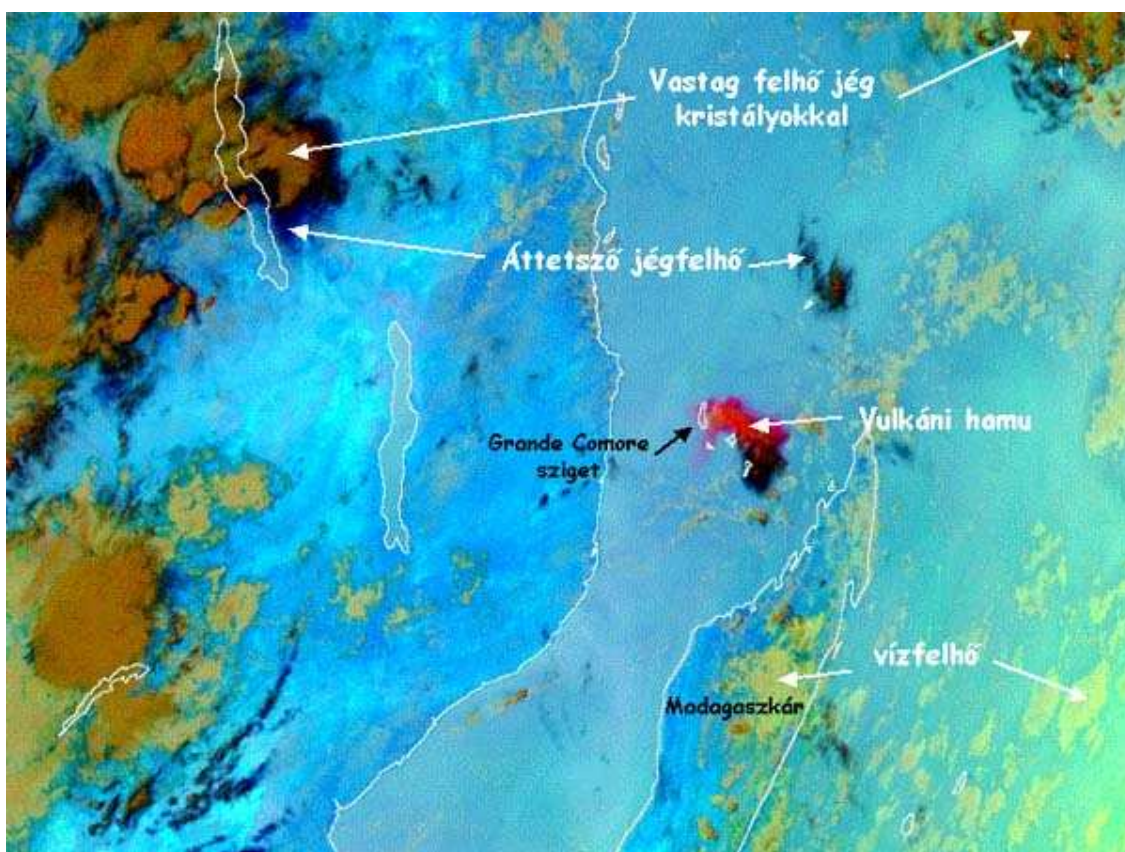
Részben a vulkánkitörésekhez is kapcsolódik az előzőleg részletesen kitérő világitó felhők jelensége, ők is gyakrabban jelentkeznek kitörések után.

A vulkáni tevékenység hatással van közvetlenül az időjárásra, és a hosszabb távú (néhány éves) éghajlatra is. A kitöréskor kiszabadul nagy mennyiségű vízgőz is, ami kikondenzálódva a környékén heves esőzéseket okozhat.

Az éghajlatra két, egymással ellentétes irányú hatása van: az egyik, a magas légkörbe jutó aeroszolk hatása, amik elnyelik a beérkező sugárzás jelentős részét, ezzel melegítve a sztratoszférát, és hűtve a troposzférát. Ez időnként nagy mértékű lehűlést okozhat, van is rá példa a történelemben. Ilyen volt 1815-ben a Tambora kitörése után bekövetkezett „nyár nélküli év”, feljegyzések szerint Észak-Amerikában júniusban havazott, illetve Kanadában befagytak a tavak. Ezzel ellentétes a CO₂ kibocsátása, ugyanis a CO₂ legnagyobb természetes eredetű forrása a vulkánosság. Ez üvegházhatású gáz lévén fűtené a troposzférát, de egy jóval gyengébb hatás.

Kijutnak kénvegyületek is, amik a légköri nedvességgel kénsavas felhőket alkotnak, ezek a poláris sztratoszférikus felhőkhöz hasonlóan segítik az ózonréteg bomlását. [BEBTE, NASA, ESPERE]

A vulkánkitörések által keltett hamu- és SO₂ felhők a METEOSAT geostacionárius műholdak képén is látszanak, a beazonosításukhoz kifejlesztettek egy úgy nevezett „vulkáni kompozit” műholdképet. [PUTSAY]



Hamufelhő 2005.11.25-én [PUTSAY]

3. Különleges eredetű felhők

Ebbe a kategóriába tartoznak azok a felhők, amiknek a kialakulásához valami szokatlan kiváltó ok szükséges, valamilyen emberi hatás, vagy természetes, de ritka esemény.

3.1. Antropogén Cirruszok (Kondenzcsíkok)

Amennyire furcsán hangzik elsőre az „antropogén Cirrus” kifejezés, valójában olyan gyakori jelenségről van szó, egy párásabb napon számtalanszor láthatunk ilyet. A repülő elhaladása után ezek a csíkok gyakran órákig megmaradnak. Időnként *Cirrus aviaticus* néven is emlegetik őket, de ez nem elterjedt elnevezés, és valószínűleg nem is hivatalos. [WIKIPEDIA]

A felhők kialakulásához nedvességre van szükség, és kondenzációs magokra. [CZELNAI] A repülő motorjából sokféle aeroszol kerül ki a légkörbe, főleg szén-dioxid, nitrogén-dioxid, korom ezek ugyanúgy segítik a felhő- és csapadékképződést, mint a természetes porszemcsék. A repülés magasságában $-40-50\text{ °C}$ körüli a hőmérséklet, ezen a hőmérsékleten a levegő már kis mennyiségű vízpárából telítetté válik, és így ezeken a szemcséken a légkörben jelenlévő, illetve a repülő motorjából kikerült vízpára kikondenzálódik, felhőt képez. [TÍMÁR, KERN, METNET]



Szétterült kondenzcsík 2006.07.16-án (Budapest, belváros)

Kondenzcsíkok gyakorlatilag bármikor észlelhetők, legalábbis amikor nem takarja el őket a többi felhő. Általában néhány tíz percig látszanak, de amikor párás az idő, akár órák hosszan is megmaradnak, lassan szétterülnek, és később alig lehet őket egy „átlagos Cirrusztól” megkülönböztetni. Érdekesebb jelenség, amikor egy magas szintű felhőre rávetül a kondenz árnyéka, és mint egy sötét csík látszik.



Kondenzcsík és árnyéka 2004.08.20-án (Budapest, Rákoscsaba)

Mint tudjuk, az emberek szeretnek különböző összeesküvés-elméleteket kitalálni, és ennek a kondenzcsíkok valahogy nagyon jó táptalajt adnak, eléggé megfoghatatlanok, és azt sem látja az átlagember, hogy miből vannak, így sok érdekeset írtak már róluk. Idézetek egy internetes bulvárlap „Tudomány” rovatából:

„A megfigyelések szerint a jelenség nyomán bármilyen tiszta kék égbolt gyorsan átlátszatlan, szürke masszává alakulhat. A beterítést követő napokban az adott területen bizonyosan nem lesz csapadék.”

„Viszont a megörökített mintázatok szerint a nevezett repülőgépek egészen furcsa útvonal mentén haladnak, például láthatatlan határok mentén visszafordulnak a kijelölt terület beterítésére.”

„Egyesek az állítólagos lehullott apró szálakat vizsgálják mikroszkóp alatt, és növesztett nanostruktúrákról számolnak be. Mások hámsérülésekből kihúzható, sebek gyógyulását akadályozó szálakról, a chemtrail sújtotta napokon asztmatikus tünetekről tudósítanak.”

[INDEX]

Nagy repülőterek közelében egészen komoly felhőtöbbletet, és ezzel a globálsugárzásban jelentkező hiányt tudnak okozni a kondenzcsíkok, ezáltal megváltoztatják az adott terület sugárzásviszonyait. Ez annyit számít, hogy az éghajlati modellekbe is beépítik a hatásukat.



Kondenzcsíkok 2004.09.13-án (Budapest, Rákoscsaba)

3.2. Antropogén gomolyok

Az emberi tevékenység hatására létrejövő gomolyfelhőket szokták *Pyrocumulus* néven is emlegetni, de ez sem tűnik hivatalos megnevezésnek, inkább csak amatőr oldalak használják.

Ezek a felhők bármilyen gomolyok lehetnek, Cumulus humilistól congestusig, egyes források szerint Cumulonimbus is lehet, egyes helyeken még a *Pyrocumulonimbus* kifejezés is használatos. [AUSTRALIAN SEVERE WEATHER]

Az emberi eredetű Cumulusok igazából semmiben nem különböznek a hagyományosoktól, egyedüli érdekességük, hogy nagyobbra nőnek, mint amazok ugyanolyan körülmények között, az antropogén hatás ugyanis abban nyilvánul meg, hogy valamilyen hőhatással elősegítjük a konvekciót, plusz energiát adunk a légkörnek.

Két nagy csoportra oszthatjuk őket, a kialakulásuk oka szerint:

- Ipari eredetű gomolyok
- Nagy tüzek felett jelentkező gomolyok

3.2.1. Ipari eredetű gomolyképződés

Télen, ha a Mátrában járunk, nagyon jellegzetes kép tárul a szemünk elé, amikor sehol semmi felhő nem látszik, vagy csak rétegfelhők, és a hőerőműből szinte kinő egy Cumulus. Ilyenkor a gomoly egy helyben marad, végig az erőmű fölött áll.



Gomolyfelhő Visontánál, 2006.12.31-én [Lerner János] (Mátra, Sári-hegy)

A kép érdekessége, hogy tipikus inverziós helyzetben készült, éjszaka, és ennek ellenére az erőmű tudott elegendő energiát biztosítani hozzá, hogy egy nagy gomoly áttörje a hidegpárnát.

A jelenséget elsősorban télen tudjuk megfigyelni, amikor kevesebb energia áll a légkör rendelkezésére, így még ha a kellő mennyiségű pára rendelkezésre is állna, nem képesek nagyobb gomolyok képződni, csak ha valami segít nekik. Tulajdonképpen ez is egyfajta kényszer konvekció. Lehetséges helyszínek: hőerőművek, és egyéb hűtőtoronnyal rendelkező ipari üzemek.

Az időjárásra való közvetlen hatását nevezzük gyárkémény-effektusnak.

3.2.2. Nagy tüzek fölött keletkező gomolyfelhők

Ez a típus nagyjából ugyanazt jelenti, mint az előző, de mivel más a kialakulásának oka, ezért úgy gondoltam, érdemes megkülönböztetni. Nem is feltétlenül antropogén hatásra alakul ki, erdőtüzek létrejöhetnek maguktól is.

A szerves anyagok égése során aeroszolok szabadulnak fel, például nagy mennyiségű korom. E mellé még, az előzőhöz hasonlóan a felszabaduló hő adja a konvekcióhoz szükséges energiát. Így a felhőképződéshez már csak légköri vízgőztartalom (esetleg a tűzoltók munkája) szükséges, az pedig többnyire van elég.

Megfigyelése főleg nyáron lehetséges, szárazság idején szoktak nagyobb tüzek előfordulni. Itthon szerencsére nem jellemző, inkább a mediterrán országokban vannak rendszeresen nagy, hosszú ideig tartó erdőtüzek (Görögország, Franciaország, Spanyolország, Ausztrália, Kalifornia).

3.3. Gyárkémény-effektus

Ugyan nem felhő, de szorosan kapcsolódik az előbb tárgyalt jelenségekhez: egyértelműen emberi hatáshoz köthető, így érdemes megemlíteni a gyárkémény-effektust. A gyárakból kiáramlik a gőz, és aeroszolok, amiktől egyrészt az eredetileg is párás levegő eléri a telítettséget, másrészt az aeroszolok kondenzációs magként szolgálnak, elősegítik a felhő- és csapadékképződést. [SZABÓ]



Havas táj 2006.12.28-án reggel, Újpesten [Lerner János]

Egy szemtanú beszámolója szerint:

„A Váci úton észak felé haladva körülbelül a Tesco áruháztól kezdve vált havassá a táj, akik Újpest-Városcsúcs felől érkeztek, azt mondták, hogy arrafelé semmilyen nyoma nem volt csapadéknak. Máshonnan az országból nem érkezett jelentés csapadékról abban az időben.”

Általában télen, inverziós helyzetben fordul elő, ilyenkor az ipari területeken sűrű, apró szemű hó esik, és akár néhány centiméteres hótakarót is létrehozhat. Budapesten ez Újpesten szokott előfordulni, de az ország bármely pontján megfigyelhető, megfelelően nagy üzem közelében.

3.4. Vízesések fölött keletkező felhők

Egy nagyobb vízesés folyamatosan porlasztja a vizet, és nagy mennyiségű extra vízgőzt juttat a légkörbe, így a közelében nagyobb a köd- és felhőképződés gyakorisága. Ezen kívül a

nagyobb vízesések általában hegyekben szoktak lenni, ahol így az orografikus hatások erősítik a konvekciót is.

Nálunk sajnos nincsenek olyan nagy vízesések, amiknek számottevő felhőképző szerepe lenne.

Gyakoribb látvány a vízesés által keltett vízpermet miatt kialakuló szivárvány, ezt kisebb vízesésnél is tapasztalhatjuk, ha megfelelően helyezkedünk el a naphoz és a vízeséshez képest.



Szivárvány [NCWATERFALLS.COM]

4. Összefoglalás

Nagyon szép és érdekes jelenségek fordulnak elő a természetben, és mint azt például a kondenzcsíkoknál is láthattuk, az emberek többsége nem ismeri őket. De ezen túl elmondhatjuk, hogy a magas légkörben zajló folyamatokat és eseményeket még nem értjük egészen, manapság is intenzíven kutatják őket. Szerencsére ma már a távközlés és a technika fejlődésével egyre több új dolgot láthatunk, szinte bárhol bármi történik, mindig áll ott valaki, aki egy digitális fényképezővel megőrökíti és közzé teszi, így egyre több dolgot tudhatunk meg a világ működéséről.

5. Irodalomjegyzék

- Arbeitskreis Meteore / Atmospheric Phenomena
<http://www.meteoros.de/psc/psce.htm>
- Atmospheric Optics – Contrail shadows
<http://www.atoptics.co.uk/atoptics/contr2.htm>
- Atmospheric Optics – Nacreous clouds
<http://www.atoptics.co.uk/highsky/nacr1.htm>

- Australian Severe Weather
<http://australiasevereweather.com/gallery2/v/pyrocumulus/>
- BEBTE - Vulkankitörések éghajlat-módosító hatása (forrás: Edmaier/Jung-Hüttl: Vulkanok)
<http://www.bebte.hu/vulkanok/eghajlat.htm>
- Czelnai Rudolf (1993): Bevezetés a meteorológiába III. A meteorológia eszközei és módszerei. Jegyzet. Nemzeti Tankönyvkiadó, 372 p.
- Earth Science Picture of the Day
<http://epod.usra.edu/>
- ESPERE – A sztratoszféra összetétele
http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1__Sztratoszf_ra_megismer_se/_-_oesszet_tel_2tg.html
- Goda Zoltán (Légköroptika.hu): Északai világító felhők.
<http://legkoroptika.uw.hu/jelenseg/aktiv/nlc.html>
- Index – Kondenzcsík vagy klímakísérlet?
<http://index.hu/tudomany/chem0515/?print>
- Landy-Gyebnár Mónika: Az éjszakai világító felhőkről.
<http://legkoroptika.uw.hu/erdekes/nlc/nlc.html>
- Landy-Gyebnár Mónika: Vulkanizmus légköri hatásai
http://ismeret.virtus.hu/?id=detailed_article&aid=40912
- MetNet – Égrenéző
<http://metnet.hu/?q=forum&id=18>
- MetNet Kislexikon – Kondenzcsík
<http://www.metnet.hu/?q=popuplex&a=show&id=357>
- NASA – AIM Mission
http://www.nasa.gov/mission_pages/aim/index.html
- NASA – Future volcanic eruptions may cause ozone hole over Arctic
<http://www.gsfc.nasa.gov/topstory/20020304volcano.html>
- NE NLCOG – North East Noctilucent Cloud Observers Group
<http://freespace.virgin.net/eclipsing.binary/index.html>
- North Carolina Waterfalls
<http://www.ncwaterfalls.com/>
- Putsay Mária: Vulkankitörések tanulmányozása meteorológiai műholdképeken
<http://www.met.hu/pages/vulkan20061212.php>
- Salma Imre: Környezetkémia órai 4.pdf
<http://salma.web.elte.hu/tutorials/4Sztratoszfera2008.pdf>
- SpaceWeather
<http://spaceweather.com/>
- Szabó József: Gyárkémiény-effektus, avagy miért eshet hó ipari üzemek körül inverzió esetén
<http://www.metnet.hu/?q=art&a=snow>
- Tímár Gábor, Kern Anikó: Műholdkép: Kondenzcsíkok az űrből
<http://www.geographic.hu/index.php?act=napi&rov=15&id=11233>
- Wikipedia – List of cloud types
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_cloud_types
- Wikipedia – Noctilucent cloud
http://en.wikipedia.org/wiki/Noctilucent_cloud