

Întunecarea globală (Global dimming) Ipoteze de cercetare

Prof.dr.fiz Constantin Marin Antohi, drd. Ing. Marius Telisca

După Încălzirea Globală, subiectul cel mai mediatizat în anul 2007, iată că un nou fenomen ce are loc în atmosfera terestră a atras atenția specialiștilor. Este vorba despre Întunecarea Globală (Global Dimming). Fenomenul constă în scăderea capacității razelor solare (infraroșii, vizibile, ultraviolete) de a atinge suprafața pământului, având ca efect o răcire a suprafeței pământului, mascând efectele încălzirii globale asupra climei în general.

Fenomenul de „Întunecare Globală” a fost descoperit de către biologul englez Gerry Stanhill când, după 20 de ani a repetat măsurătorile asupra intensității luminii solare în vederea proiectării în Israel a unui sistem de irigații. Comparând rezultatele asupra intensității luminii solare măsurate în anul 1960 și în anul 1980 a constatat că intensitatea luminii solare a scăzut în Israel cu 20%. Continuând cercetările și în alte zone ale lumii a descoperit o scădere a intensității luminii cu 10% în Statele Unite, cu aproape 30% în câteva zone din Rusia și cu aproximativ 10% în insulele britanice, cu 15% pe continentul african și sub 10% în Europa de Nord și Australia, anunțându-și descoperirea sub numele de „Întunecare Globală”, pe care a publicat-o în „Agricultural and Forest Meteorology” în 2001.

Recent, cercetările biologului englez au fost confirmate de nenumărați oameni de știință, cauza apariției acestui fenomen fiind prezența în concentrații din ce în ce mai mare a aerosolilor în atmosferă ca urmare a activității umane sau a unor cauze naturale, aerosoli care devin centre de condensare a vaporilor de apă, obținându-se picături foarte fine care, prin forțe de adeziune se unesc cu aerosoli ce au dimensiuni de la 100 la 0,01 μ , producând difuzia, difracția, reflexia, refracția și absorbția luminii solare, micșorându-i intensitatea la suprafața solului.

Aerosolii, considerați impurități ale aerului atmosferic, pot fi în formă de particule (solide, lichide) sau sub formă de molecule (gaze sau vapori) fiind mai puțin sau mai grele decât aerul, natura lor fiind în funcție de zona considerată (industrială, urbană, rurală, vulcanică etc.).

În tabelul următor se arată varietatea acestora atât ca structură cât și ca origine și dimensiuni:

Denumirea / starea de agregare	Ordin de mărime (μ)	Originea				
		Naturală	Industrială	Transport	Combustibil	Altele
<u>Aerosoli solizi</u>						
Cărbune nears	100 - 10		x	x	x	x
Cristale de sare marină	100 - 10	x				
Cenușă	100 - 1		x	x	x	
Ciment	100 - 1		x	x	x	
Pulberi de pe sol	100 - 1	x				
Praf metalurgie	100 - 1		x			
Coloranți	10 - 0,01		x			
Fumuri metalice	1 - 0,01		x			
Fum de cărbune	0,2 - 0,1	x	x			x
Spori vegetali	30 - 10	x				
Polen	100 - 10	x				
Bacterii	10 - 1	x	x			x
Virusi	0,1 - 0,01	x				
Oxizi (Pb, Zn tec)	0,3 - 0,03		x	x		
Fum de tutun	0,1 - 0,01					x

<u>Aerosoli lichizi</u>						
Acid sulfuric	10 – 1		X			
Mercur	10 – 1		X			
Acid fluorhidric	10 – 1		X			
Acid clorhidric	10 – 1		X			
<u>Aerosoli sub formă de gaze și vapori</u>						
Compuși de sulf	0,001		X	X		
Oxizi de azot	0,001		X	X		
Oxizi de carbon	0,001	X	X	X	X	X
Hydrocarburi	0,001	X	X	X	X	

Particulele de dimensiuni mici ce rămân suspendate în aerul atmosferic au proprietăți legate de marea lor suprafață raportată la volum și anume: încărcare electrică, adsorbție, aglomerare, evaporare, difuzie, proprietăți calorice, absorbție a radiației infraroșii, vizibile și ultraviolete din spectrul luminii solare etc.

Aceste proprietăți care depind atât de dimensiunea și natura lor cât și de condițiile aerului atmosferic, dau posibilitatea de a se aglomera și depune pe sol exercitând acțiuni asupra diminuării intensității luminii solare, asupra mediului în general și asupra organismelor cu care vin în contact. Forma particulelor este neregulată, niciodată sferică (adesea sunt chiar poroase) iar compoziția lor în aer foarte eterogenă.

Sub acțiunea vântului natural aceste aglomerări ce apar îndeosebi deasupra marilor orașe cu circulație auto intensă, în special particule fine de hidrocarburi nearse, sunt deplasate la distanțe mari, de aceea fenomenul „întunecare globală” este regional, dar la nivel global s-a înregistrat un declin al intensității luminii solare cu circa 1-2%.

În tabelul 2 sunt comparate distanțele parcurse într-o secundă de particulele de diverse dimensiuni sub acțiunea a patru câmpuri de forțe: gravitație, centrifugă (Coriolis), electrostatică, difuzie.

Tabelul 2

Diametrul particulei (μ)	Km parcurși într-o secundă
10,0	1,06
1,0	1,165
0,1	2,93
0,01	22,6

O primă concluzie se desprinde deja și anume că „Întunecarea Globală” se datorează creșterii concentrației de aerosoli în atmosfera liberă datorită următoarelor cauze:

- incendiile de pădure (Portugalia 2005, America 2007, Grecia 2007);
- transporturile auto, maritime fluviale, aeriene, feroviare, rachete militare, lansare sateliți, nave spațiale etc. prin eliminarea în atmosferă de hidrocarburi nearse și particule de carbon, în special la motoarele Diesel;
- explozii în timp de război, explozii miniere;
- focurile de artificii care marchează diferite aniversări, sărbători, producând cantități importante de aerosoli solizi ca particulele de sulf, cărbune negru, celuloză etc.
- arderea combustibililor fosili și anume lemn, cărbune, petrol și gaze naturale. Prezența carbonului negru are un efect puternic de încălzire la altitudini de peste 2,5 km datorită absorbției în infraroșu.

După cum s-a arătat, în urma acestor cauze crește concentrația de carbon negru din atmosfera liberă, aerosol ce se cuplează prin forțe de adeziune cu picăturile de apă care se condensează în jurul particulei de funingine, altfel spus apar nori formați din picături fine de apă și funingine a căror proprietate principală este aceea de a reflecta, difuza și absorbi lumina conform cu legile fizice și opticii geometrice. Într-un asemenea nor format, numărul de picături

de apă este mult mai mare și având dimensiuni mai mici, lumina solară este în parte absorbită, în parte reflectată de mai multe ori decât într-un nor obișnuit format numai din picături de apă a căror dimensiuni cresc pe măsură ce se deplasează haotic în masa norului sub acțiune curenților de aer. Când forțele ascensionale ce mențin picăturile în nor dispar datorită creșterii masei acestea cad spre pământ sub forma de precipitații.

În general lumina provenită de la Soare (radiația directă) și cea difuzată de nori reprezintă „luminozitatea zilei”, cea mai vizibilă la suprafața Pământului fiind în domeniul culorii galben-verde pentru o lungime de undă medie de circa 483 nm corespunzând acelei date de un radiator integral la $T = 6000^\circ\text{K}$ cum este Soarele.

Schimbul de energie între radiația solară și particulele constituite din apă și aerosoli are loc sub formă de fotoni – particule de masă nulă. Un foton de frecvență ν și lungimea de undă $\lambda = c/\nu$ posedă energia E dată de relația:

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

unde $h = 6,626075 \cdot 10^{-34}$ j·s este constanta lui Planck și $c = 299792458$ m/s este celeritatea luminii în vid.

Cunoscând intensitatea luminii solare „ I_0 ” la limita superioară a stratosferei și intensitatea luminii măsurată la sol „ I ” putem calcula înălțimea „ H_t ” a stratelor de nori aflate deasupra punctului de măsură utilizând relațiile:

$$H_t = h + H \quad \text{și} \quad H_t^2 = I_0/I \quad (\text{conform legilor fotometriei – Legea distanțelor})$$

unde h reprezintă înălțimea bazei norilor determinată cu balonul pilot, „ H ” reprezintă grosimea stratului de nori, iar „ H_t ” înălțimea totală de la sol până la suprafața superioară a stratului de nori.

La trecerea luminii printr-un nor poluat cu aerosoli ea este absorbită conform relației:

$$I = I_0 e^{-kH}$$

unde „ I ” reprezintă intensitatea luminii după ce a străbătut un strat de nor de grosime „ H ”, „ I_0 ” reprezintă valoarea intensității luminii inițiale, adică la începutul stratului (limita superioară a stratosferei) iar „ k ” reprezintă coeficientul de adsorbție. Acest coeficient arată că în fiecare strat parcurs se absoarbe un anumit procent din intensitatea de lumină inițială (radiația directă) funcție de natura aerosolilor conținuți în nor.

Din relațiile $H_t^2 = I_0/I$ și $I = I_0 e^{-kH}$ se poate calcula valoarea aproximativă a coeficientului de adsorbție K putându-se identifica natura aglomerărilor de aerosoli prezente și în norul aflat deasupra punctului de măsură. Deci:

$$H_t^2 = \frac{I_0}{I_0 e^{-kH_t}} \quad (\text{din această relație se poate calcula coeficientul de adsorbție „k”})$$

$$H_t^2 = \frac{1}{e^{-kH_t}} \Rightarrow H_t^2 = e^{kH_t} \Rightarrow \ln(H_t^2) = kH_t \cdot \ln e \Rightarrow 2 \cdot \ln(H_t) = k \cdot H_t \Rightarrow$$

$$k = \frac{2}{H_t} \ln(H_t)$$

$$k = k_a + k_n$$

k_a – coeficientul de adsorbție a atmosferei până la plafonul norilor

k_n – coeficientul de adsorbție a norului

Pentru intervalul vizibil, fără nori, în aer la presiunea atmosferică normală, coeficientul de adsorbție pentru aer are valoarea: $k = 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$ iar pentru sticlă $k = 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$.

Pentru toate substanțele coeficientul de adsorbție „ k ” variază într-o măsură sau alta cu lungimea de undă „ λ ”, deci adsorbția poate avea și un caracter selectiv, cerul fiind luminat în culoare luminii care nu a fost absorbită datorită prezenței unui anumit poluant în atmosferă sau în statul de nori.

Apusurile de soare cu tentă roșatică văzute în tablourile pictate între anii 1500 și 1900 pot fi puse pe seama evenimentelor vulcanice ce au avut loc în timpul realizării tabloului. Această constatare se datorează colectivului de cercetători avându-l în frunte pe profesorul

Christos Zerefos care a condus un proiect (2006) ce a analizat întunecarea globală cauzată de vulcani a cărei efecte pot fi foarte grave. Același colectiv a folosit raporturile de roșu / verde pentru a estima cantitatea de praf aeropurtat emisă de fiecare vulcan. Rezultatele acestor cercetări sunt foarte asemănătoare cu rezultatele extrase din observațiile istorice, măsurătorile timpurii și materialul găsit în centrul blocurilor glaciare.

Radiația provenită de la Soare (radiația directă) la primul contact cu formațiunile noroase care conțin aerosoli este în primul rând reflectată, apoi este refractată în stratul de nori, intensitatea ei fiind diminuată după cum am văzut datorită reflexiilor multiple de către picăturile fine ale norilor sau a absorbției selective. Reflexia crește atunci când în stratosferă apar liniile de condensare (cristale de gheață) datorate fragmentelor minuscule de carbon ce apar după arderea combustibilului în motoarele avioanelor de pasageri, militare sau a rachetelor. Această reflexie a radiației solare datorită traficului aerian a fost confirmată în momentul opririi complete a acestuia timp de 3 zile după atentatele de la 11 septembrie. În unele zone din SUA s-au observat variații de temperatură de până la 1°C. Concluzia este evidentă: traficul aerian conduce la scăderea temperaturilor din timpul zilei, ceea ce la nivel punctual poate părea infim dar la nivel climatic înseamnă foarte mult.

Specialiștii consideră că monitorizarea evaporării apei dintr-un vas dă indicații asupra „Întunecării Globale” într-o anumită regiune sau mai reprezintă o măsură a intensității luminii solare la nivelul solului, fenomen observat și în China.

Micșorarea fenomenului de evaporare, mai precis, căderea vitezei de evaporare s-ar datora scăderii temperaturii solului sau a deficitului de saturație „a” la locul măsurătorii. Se știe că viteza de evaporare la nivelul solului, a apei sau a gheții este direct proporțională cu suprafața de evaporare, cu diferența dintre tensiunea maximă a vaporilor „E” și a tensiunii actuale „e” a vaporilor, cu temperatura aerului, cu un coeficient „k” care depinde de viteza curenților orizontali de aer (vântul) și invers proporțional cu presiunea atmosferică.

$$d = E - e \text{ (deficit de saturație)}$$

Evaporarea apei

Cantitatea de apă care se evaporă în unitatea de timp se numește viteză de evaporare. Viteza de evaporare (V) crește simultan dacă se îndepărtează vaporii de la suprafața apei. Vântul joacă acest rol și deci intensifică evaporarea apei.

Viteza de evaporare este dată de relația:

$$V = K \frac{S(P_m - P)}{P_o} = \frac{K(E - e)}{P_o} = \frac{Kd}{P_o}$$

unde:

- K – factor de proporționalitate – exprimă influența factorilor meteo;
- p – presiunea vaporilor în atmosfera înconjurătoare;
- P_m – presiunea vaporilor naturali la temperatura la care loc evaporarea;
- E – tensiunea de saturație;
- e – tensiunea parțială a vaporilor de apă;
- d – deficitul de saturație;
- P₀ – presiunea atmosferică.

Dacă P = P_m, sau E = e mediul ambiant este saturat cu vaporii de apă (împreună cu aerosoli sub formă de gaze și vapori) și evaporarea nu mai are loc.

Influența factorilor meteorologici

- evaporarea difuză este direct proporțională cu deficitul de umiditate al atmosferei din imediata apropiere a suprafeței de evaporare.
- viteza de evaporare variază direct proporțional cu temperatura aerului
- radiația solară asigură energia necesară procesului de evaporare
- evaporarea variază la fel ca radiația solară în raport cu latitudinea, anotimpul, perioada din timpul zilei și cu nebulozitatea
- curenții de aer orizontali (vântul) și verticali, influențează favorabil evaporarea prin faptul că deplasează masele de aer umed aflate deasupra suprafeței de evaporare înlocuindu-l cu aer sărac în vapori.

- evaporarea apei variază invers proporțional cu presiunea atmosferică

Trebuie remarcat faptul că presiunea atmosferică are o influență scăzută asupra evaporării și drept urmare în unele formule pentru evaluarea acesteia intră sub forma logaritmică.

Influența naturii suprafeței de evaporare

În stabilirea evaporării de la nivelul diverselor suprafețe naturale trebuie să se țină seama de starea fizică a acestora, deoarece influențează mărimea și viteza de evaporare.

Evaporarea la suprafața apei depinde de adâncime și de întinderea luciului de apă.

Evaporarea la suprafața solului fără vegetație depinde de umiditatea solului și indirect de condițiile de alimentare cu apă ale suprafeței de evaporare din precipitații atmosferice și din apa subterană prin ascensiune capilară.

Evaporarea de la suprafața zăpezii și gheții are loc dacă temperatura punctului de rouă (temperatura aerului la care umiditatea absolută devine umiditate de saturație) este inferioară temperaturii suprafeței zăpezii respectiv gheții, adică dacă tensiunea vaporilor de apă din atmosferă este mai redusă decât cea corespunzătoare suprafeței zăpezii respectiv gheții. Evaporarea apei din sol și transpirația plantelor luate împreună formează evapo-transpirația (E.T.).

Pentru ca rezultatele măsurătorilor să fie reale trebuie eliminate erorile datorate lipsei de precizie a aparatelor de măsură.

Acest fenomen al diminuării intensității radiației solare la nivelul solului după unii specialiști a ținut ascunse efectele „Încălzirii Globale”. Atâta timp cât vor exista aerosoli în atmosfera liberă fenomenul „Încălzirii globale” nu se va face simțit la adevărata putere. „Încălzirea Globală” se manifestă în celelalte regiuni unde s-au luat măsuri pentru reducerea poluării prin creșterea rapidă a temperaturii având efecte devastatoare și anume:

- caniculă în Franța (2003), România (2007);
- arderea pădurilor în Portugalia (2005), Grecia (2007), SUA (2007);
- apariția unor fenomene meteorologice periculoase,
- inundații în România (2005, 2006, 2007), Germania (2002), Anglia (2007), Africa Sud-Sahariană (2007), secetă prelungită în Europa;
- cicloni puternici devastatori în America de Nord (Katrina – 2005) și Centrală (Dean – 2007);
- topirea banchizelor de gheață în Groenlanda (2007).

Diferențele de temperatură dintre diferite regiuni ale Globului datorate acțiunii concomitente ale celor două fenomene (Întunecare și Încălzire Globală) modifică distribuția barică la scară mare ducând în final la furtuni devastatoare (tornade, trombe marine) la schimbarea zonelor de acțiune a unor musoni cum a fost musonul în Africa sud-sahariană între anii 1970 – 1980 (ce a cauzat datorită secetei prelungite moartea a cel puțin 1 milion de oameni, creând în schimb inundații catastrofale în China).

Datorită existenței unei schimbări a multitudinilor de parametri atmosferici și a necunoscutelor consecințe asupra climei Globului orice ipoteză emisă poate fi considerată un eșec, dar știm cu certitudine că eradicarea imediată a poluării rămâne singura soluție. Putem anticipa totuși unele ipoteze asupra consecințelor „întunecării globale” la nivelul actual al cunoașterii. Aceste consecințe ar putea fi:

- micșorarea intensității luminoase la nivelul solului;
- efect de răcire a solului și a aerului datorate micșorării procentului de 51% a radiației infraroșii (de exemplu iarna la începutul anului 2008 în Europa de Sud-Est – (România, Bulgaria, Grecia, Turcia, Iran);
- micșorarea luminozității zilei datorate reducerii procentului de 41% din radiația vizibilă;
- micșorarea producției agricole, datorită reducerii procesului de fotosinteză la plantele agricole;
- reducerea procentului de 8% din radiația ultravioletă, având ca efect creșterea rahitismului (fixarea calciului – vitamina D), reducerea efectului germicid datorat razelor UV;

- creșterea consumului de energie electrică pentru iluminarea spațiilor închise mai ales în timpul iernii datorat reducerii luminozității zilei;
- micșorarea intensității luminii produse de descărcările electrice atmosferice (fulgerul de pământ, fulgerul de nor) datorat absorbției luminii de către aerosoli;
- intensificarea fenomenelor meteorologice periculoase datorat modificărilor câmpurilor barice;
- dezvoltarea formațiunilor noroase pe verticală (15 – 17 km) și generarea de precipitații de mari intensități;
- apariția frecventă în sezonul rece a ceții mai mult sau mai puțin dense cu mare extindere în zone urbane, industriale și în zonele riverane (aproapie de lacuri, râuri, fluvii, litoral), formarea de chiciură pe liniile de înaltă tensiune;
- inundații în special pe cursurile râurilor cu debite mici;
- eroziune solului și producerea de alunecări de teren;
- modificarea ciclului apei în natură prin reducerea vitezelor de evaporare a apei de la suprafața solului, apelor de suprafață și a gheții;
- modificarea centurilor de ploi tropicale provocând inundații în unele regiuni și secete în alte regiuni;
- modificarea traseului musonului asiatic, traseul musonului din Africa sud-sahariană a fost deja modificat încă din 1970-1980;
- micșorarea pierderilor de energie termică a Pământului pe timpul nopții datorate reflexiilor cauzate de straturile de nori cu aerosoli (efect de seră);
- prin reflexia razelor de soare de către stratul de zăpadă și gheață se produce o răcire mai accentuată a Pământului (vezi iarna de la începutul anului 2008 în Europa de Est);
- înmulțirea cazurilor de îmbolnăviri asociate poluării aerului cum ar fi cancerul pulmonar sau alte afecțiuni pulmonare;
- creșterea frecvenței apariției ploilor acide cu impact major asupra florei și solului;
- creșterea temperaturii în stratele superioare ale atmosferei datorită absorbției radiației infraroșii din spectrul solar, ceea ce poate conduce la distrugerea stratului de ozon și creșterea radiației UV-B la nivelul solului cauzând cancer de piele, conjunctivite, cataracte și alte riscuri asociate. Aceste cazuri au apărut deja în Australia.

În încheierea rămâne întrebarea: Încălzire Globală sau Întunecare Globală ? După cum demonstrează cercetările deja efectuate, ele pot exista în același timp. Poate viitorul imediat ne va sugera o soluție la scară planetară, dar după autorii acestei lucrări, eradicarea poluării este singura soluție.

Prima urgență ar fi:

- reducerea parcului auto ce folosesc drept carburanți, benzina și motorina, dezvoltându-se în schimb noi tehnologii pentru construcția mijloacelor auto hibride și electrice;
- utilizarea în marile orașe a transportului electric (tramvaie, troleibuze);
- evitarea războaielor, interzicerea utilizării artificiiilor și înlocuirea lor cu LASERE.

Alte tehnologii și soluții pentru reducerea prezenței aerosolilor rezultați din activități antropice, în special al carbonului negru.