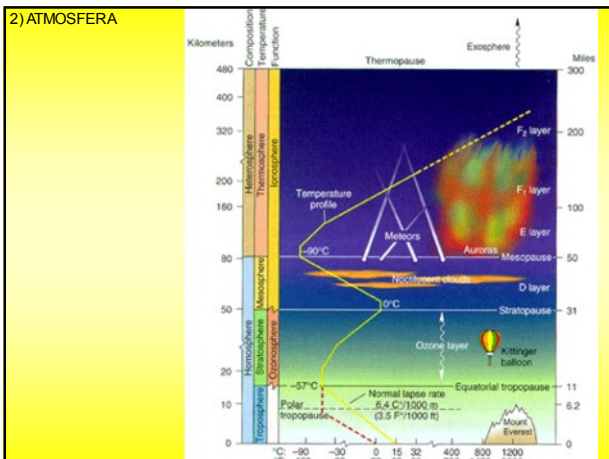
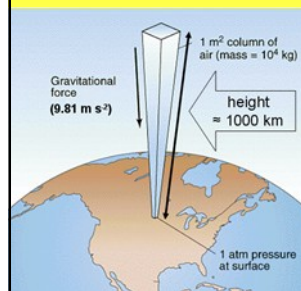


2) ATMOSFERA



2.1. Podjela atmosfere po visini



$$m_{\text{zrak}} = 5,27 \times 10^{18} \text{ kg}$$

$$a_{\text{Zemlje}} = 5,095 \times 10^{18} \text{ cm}^2 \approx 1 \text{ kg zrak} / \text{cm}^2$$

$$\text{Tlak, } p = \frac{\text{Sila } F}{\text{Površina, } a} = \frac{m \times g}{1 \text{ cm}^2}$$

$$= \frac{1 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m s}^{-2}}{(10^{-2} \text{ m})^2}$$

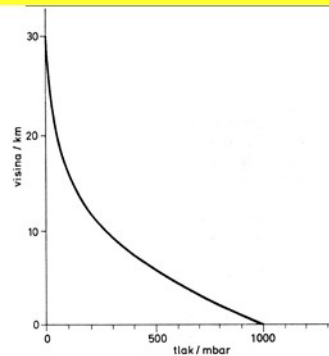
$$= \frac{9,81 \text{ N}}{10^{-4} \text{ m}^2} \approx \frac{10 \text{ N}}{10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$= 10^5 \text{ Pa} = 10^3 \text{ hPa} = 10^3 \text{ mBar}$$

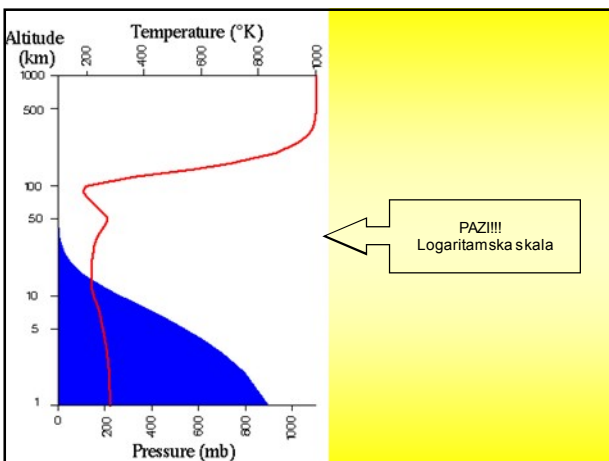
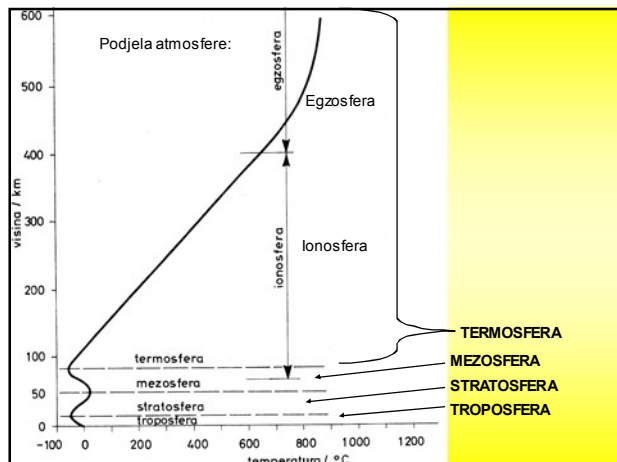
$$1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pa} \rightarrow 1 \text{ mBar} = 1 \text{ hPa}$$

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1013 \text{ hPa}$$

2.1. Podjela atmosfere po visini



Slika 4. Smanjenje tlaka zraka s promjenom visine u standardnoj atmosferi



Podjela atmosfere:

	Egzosfera		
TERMOSFERA	90-800 km	Ionosfera F 180- Ionosfera E 85-180 km Ionosfera D 60-85 km	odbijanje radio-valova
		Mezopauza: prijelazno područje između mezo- i termosfere	
MEZOSFERA	50-80 km	Stratopauza: prijelazno područje između strato- i mezosfere	
STRATOSFERA	20-25 km:	Ozonosfera	
	10-50 km	Tropopauza: prijelazno područje između tropo- i stratosfere	
TROPOSFERA	0-11 km	slobodna troposfera: 1.5-11 km planetarni granični sloj: 2m-1.5 km prizemni sloj: 0-2 m visine (najveće promjene temp. noć/dan)	

TROPOSFERA
 -meteorološke prilike vrlo promjenjive
 -u njoj se odvija višeme

Prizemni sloj: 0-2 m
 danju jako grijanje od podloge, noću brzo hlađenje
 → najveće dnevne promjene temperature i gustoće zraka

Planetaarni granični sloj: 2 m – 1.5 km visine
 dnevne promjene temperature zraka se s visinom postupno gube
 vertikalno miješanje zraka: ugriyani zrak se diže, hladni se spušta;
 na širenje se troši energija zraka, pa se zrak ohlađuje
 ohlađuje se i vodena para → nastaju oblaci

noću: pojava **temperaturne inverzije:**
hladni, gušći zrak ispod
toplog, rjeđeg zraka

Slobodna troposfera: 1.5 – 11 km visine
 dnevne promjene zraka iščekavaju, iako mogu nastati:
 a) uzlazne ili **konveksijske** struje (nastajanje oblaka)
 b) silazne ili **supsidencijske** struje (razvedranje)

pravilno smanjivanje temperature: za svakih 100 m visine, 0.5-0.6°C manje

Debljina i temperatura troposfere NIJE stalna
 na polu svega 8 km i -45°C
 na obratnicama oko 11 km, -56°C
 na ekvatoru 17 km, te -80°C

Niže iznad ciklone (područja niskog tlaka)
 Više iznad anticiklone (područja visokog tlaka)

Tropopauza: prijelaz iz troposfere u stratosferu, debljine nekoliko km

Izotermija:
 nepromjenjiva temperatura zraka, unatoč porastu visine

STRATOSFERA: iznad tropopauze, do cca 50 km visine
 karakteristične izotermija i slaba inverzija, samo horizontalni vjetrovi

uzrok inverziji: **ozon (O₃)** ← jako upija ultraljubičasto zračenje, čime zagrijava stratosferu skoro do visine temperature na tlu ili više

Ozonosfera: na 20-25 km visine

TROPOSFERA + STRATOSFERA = 99.9% ukupne mase atmosfere

MEZOSFERA: 50-80 km visine
 temperatura naglo pada na -70 do -80°C

Pojava tzv. noktilucenčnih oblaka (*noćni svijetleći oblaci*)
 prašina omotana ledom, često naročito nakon vulkanskih erupcija
 Vidljivi su samo noću, kad je Sunce ispod horizonta

TERMO SFERA: od 90 – 800 km visine

Sunčevo zračenje dominantno → temperature od 2000°C danju do 1000°C noću
 upijanje emisije Sunčevih zraka najkraćeg zračenja (UV) → fotokemijske reakcije, ionizacija plinova

Ionosfera
 D (60-85 km visine)
 E (85-180 km)
 F (180-350 km)

Odbijanje radio-valova

Pojava Polarne svjetlosti (*Aurora borealis*)

Iznad Ionosfere: Egzosfera ← potpun prestanak atmosfere, odlazak čestica plina iz gravitacijskog polja Zemlje

2.2. Plinska jednadžba za suhi zrak

Pretpostavka: suhi zrak → jedinstven, relativna molekularna masa 28.966 g mol⁻¹

$$p = \rho R_z T$$

gdje je:
 p – tlak zraka (Pa = kg m⁻¹ s⁻²)
 ρ – gustoća zraka (kg m⁻³)
 R_z – plinska konstanta zraka (287 J kg⁻¹ K⁻¹ = 287 m² s⁻² K⁻¹)
 T – temperatura (K)

$$R_z = \frac{8.31441 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}}{28.966 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}} = 287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} = 287 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

Konvencija: p_{normalni} = 101325 Pa = 101.325 kPa = 1013.25 hPa (=mBar)
 T_{normalni} = 0°C = 273.15 K

$$\rho_{\text{norm}} = \frac{101325 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}}{287 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1} \times 273.15 \text{ K}} = 1.292 \text{ kg m}^{-3}$$

preko $\rho = m / V \rightarrow V = m / \rho$,
 pa slijedi da masa zraka 1 kg zauzima volumen $V_{\text{norm}} = \frac{1 \text{ kg}}{1.292 \text{ kg m}^{-3}} = 774 \text{ dm}^3 (= \text{lit.})$

2.2. Plinska jednačba za suhi zrak

Pitanje? kolika je masa zraka u praznoj litrenoj boci pri 10°C?

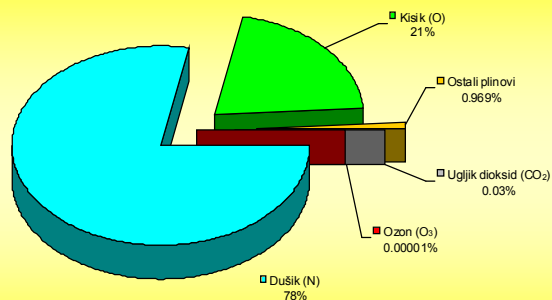


$$m = \rho V = \frac{p}{R_z T} V = \frac{1013,25 \text{ hPa}}{287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 10^\circ \text{C}} \times 1 \text{ l}$$

$$= \frac{101325 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2} \times 10^{-3} \text{ m}^3}{287 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1} \times 283,15 \text{ K}}$$

$$= 0,00125 \text{ kg} = 1,25 \text{ g}$$

2.3. Sastav zraka u prirodnim uvjetima

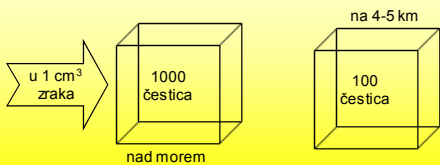


U zraku je prisutno i mnoštvo drugih primjesa:
vodena para (udjel čak do 4% vol.)

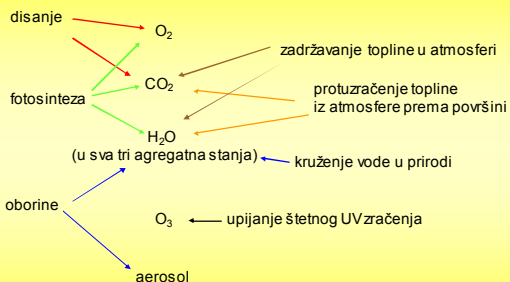
aerosol ← mikroskopski sitne čvrste i tekuće čestice

- > prašina sa Zemlje i iz svemira
- > kristalići morske soli
- > čestice lave
- > pelud
- > spore
- > bakterije
- > virusi
- > kapljice vode
- > kristalići leda

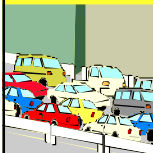
oblaci, magla



Važnost sastojaka zraka za život na Zemlji

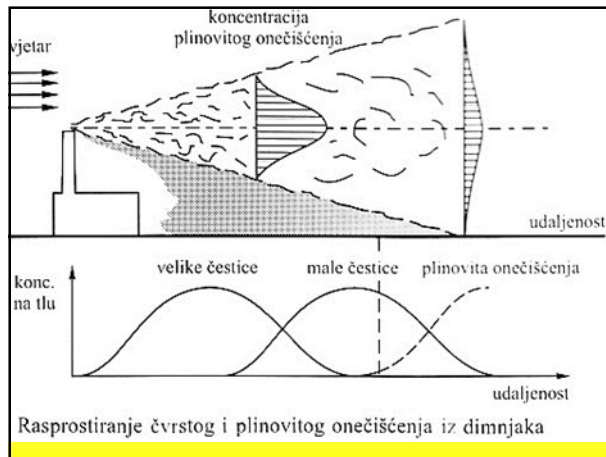


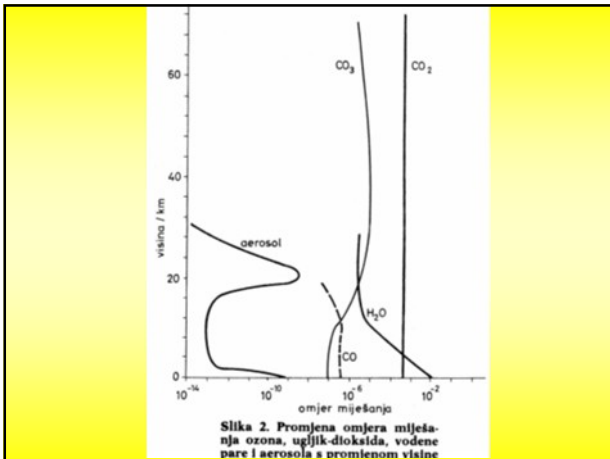
2.4. Atmosferske primjese i njihov utjecaj na život



Emisije štetnih plinova i čestica u atmosferu:

SO₂
NO
NO₂
CO
CO₂
H₂S
NH₃
C_nH_n
Cl
HF
Pb





Posljedice po ljude, biljke, životinje

SO_x, NO_x → kisele kiše → razaranje tkiva → umiranje šuma, plućne bolesti
 smog → gubitak mikroorganizama tla → gubljenje humusa
 oslobađanje teških metala → toksičnost
 povećana mobilnost hraniva → ispiranje iztla i gubitak
 zaštitne vode → izumiranje vodenih bića
 → gubitak kalcija iz jaja ptica
 → toksicitet aluminija raste

Pb iz benzina → zabrana uzgoja biljaka i životinja uz prometnice

NaCl protiv leda na cestama, morska voda → osolica → korozija, zaslanjivanje tla

F, Cl → oštećenje lisne mase, klorofila, utjecaj na ozon

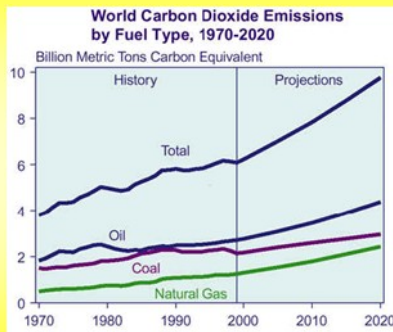
pesticidi, polciklički aromatski ugljikovodici, azbest, duhanski dim, CO, SO₂

oštećenje tkiva (najčešće pluća)

a potom.....



Rast koncentracije CO₂ u atmosferi → "Efekt staklenika"



Pitanje ozona (O₃) i "ozonskih rupa"

