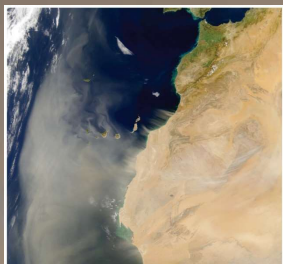


ZAGAĐUJUĆE MATERIJE U VAZDUHU

IZVORI ZAGAĐENJA VAZDUHA - prirodni -



Peščane oluje



Erupcije vulkana



Prirodni požari

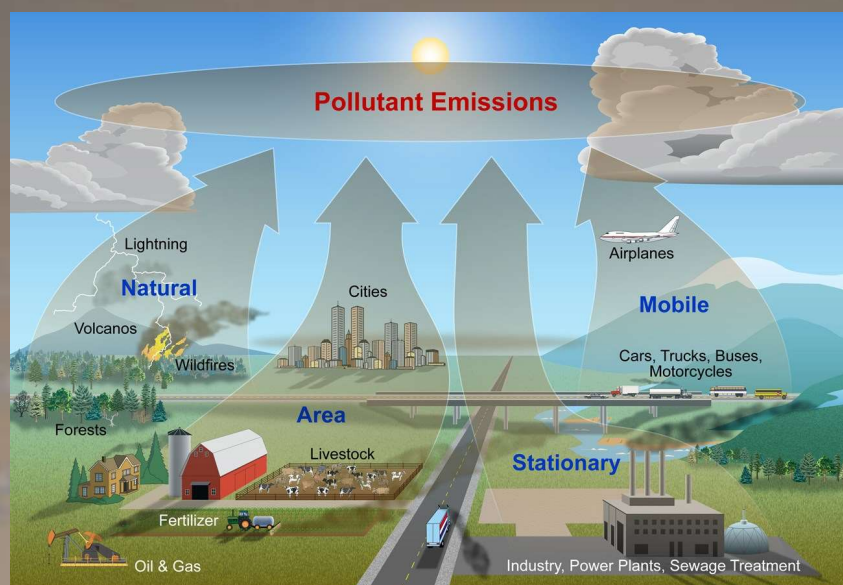
IZVORI ZAGAĐENJA VAZDUHA

- antropogeni -

- Stacionarni izvori:
 - tačkasti - definisane lokacije (tačke) kod kojih se zagađujuće materije ispuštaju u vazduh kroz za to predviđene ispuste (termoelektrane, fabrike, građevine)
 - netačkasti (difuzni) - otvorene oblasti kod kojih se zagađujuće materije unose u vazduh bez određenih ispusta (farme, gradilišta)
- Mobilni (pokretni) izvori:
 - prevozna sredstva koja ispuštaju zagađujuće materije u vazduh (automobili, letelice, lokomotive, brodovi)

IZVORI ZAGAĐENJA VAZDUHA

- antropogeni -



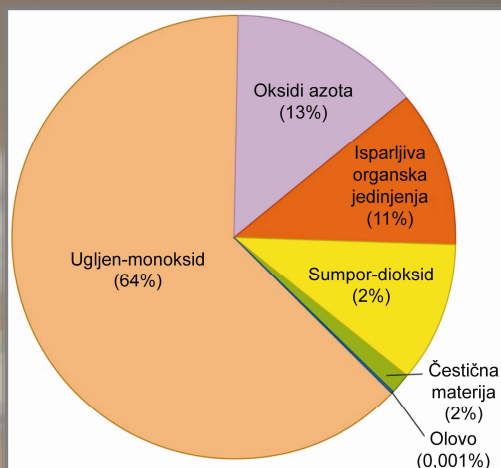
ZAGAĐUJUĆE MATERIJE U VAZDUHU

- Primarne zagađujuće materije - emituju se direktno u vazduh
- Sekundarne zagađujuće materije - nastaju u reakcijama primarnih sa molekulima u vazduhu

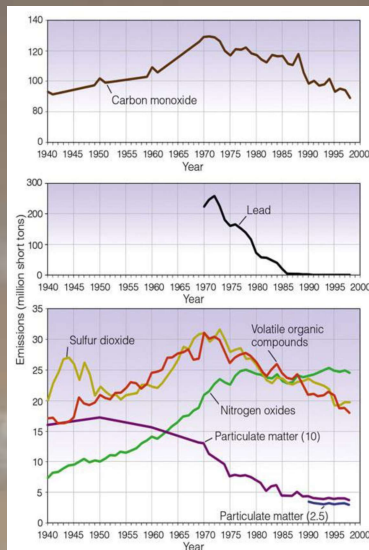


ZAGAĐUJUĆE MATERIJE U VAZDUHU

- Ugljen-monoksid (CO)
- Oksidi azota (NO i NO₂)
- Sumpor-dioksid (SO₂)
- Ozon (O₃)
- Isparljiva organska jedinjenja (volatile organic compounds, VOCs)
- Čestična materija
- Olovo (Pb)



ZAGAĐUJUĆE MATERIJE U VAZDUHU



ZAGAĐUJUĆE MATERIJE U VAZDUHU

	Ukupna emisija (%)		Glavni antropogeni izvori (%)
	Prirodni	Antropogeni	
CO	91	9	Automobili (54)
NO ₂	-	~100	Automobili (37) Sagorevanje prirodnog gasa i uglja u stacionarnim izvorima (38)
SO ₂	50	50	Sagorevanje uglja u stacionarnim izvorima (84) Industrijski procesi (9)
O ₃	Sekundarna zagađujuća materija		
VOCs	84	16	Automobili (27) Industrijski procesi (7)
Čestična materija	85	15	Prašina (85) Industrijski procesi (7) Sagorevanje goriva u stacionarnim izvorima (8)

PRIMARNE ZAGAĐUJUĆE MATERIJE

- Štetne supstance koje se direktno emituju u vazduh iz fabrika, domaćinstava, vozila:
 - CO, NO, NO₂, SO₂ (većina su gasovi “staklene bašte”)
 - isparljiva organska jedinjenja, VOCs (ugljovodonici - izduvni gasovi, pare benzina, supstance za hemijsko čišćenje)
 - čestična materija (čad, prašina)

SEKUNDARNE ZAGAĐUJUĆE MATERIJE

- Štetne supstance koje se ne emituju, već nastaju hemijskim reakcijama primarnih zagađujućih materija sa molekulima u vazduhu:
 - Ozon (zagađujuća materija u troposferi)
 - Fotohemijski smog
 - Sumporna i azotna kiselina (kisele kiše)

UGLJEN-MONOKSID

- Bez boje i mirisa
- Potiče od nepotpunog sagorevanja organskih jedinjenja (~90% iz prirodnih izvora; ~10% iz antropogenih)
- Izuzetno toksičan za ljude i životinje pri veoma malim konc. (hemoglobin ga apsorbuje 250 puta brže nego što apsorbuje O₂)



OKSIDI AZOTA

- Najvažniji je NO₂ – mrke boje
- Nastaje sagorevanjem fosilnih goriva (iz antropogenih izvora)
- Toksičan (respiratorni problemi, suzbijanje rasta biljaka) i korozivan
- Doprinosi nastanku smoga i kisele kiše



SUMPOR-DIOKSID

- Bez boje i mirisa
- Značajna količina nastaje sagorevanjem fosilnih goriva
- Toksičan (respiratorni problemi, oštećenja pluća; oštećenja i suzbijanje rasta biljaka) i korozivan
- Oko 30% se uklanja iz vazduha putem padavina (kisele kiše)



ISPARLJIVA ORG. JEDINJENJA

- Niz aldehida, ketona, ugljovodonika (metan, butan, propan itd.)
- Npr. benzin (toksični rastvarač i dodatak gorivu), supstance za hemijsko čišćenje, deterdženti za odmašćivanje, sredstva za lepljenje
- Samo ~15% globalne emisije VOCs je antropogeno
- Toksična (respiratorni problemi, glavobolja, oštećenja jetre, bubrega i centralnog nervnog sistema)
- Sastojak fotohemijskog smoga



ČESTIČNA MATERIJA

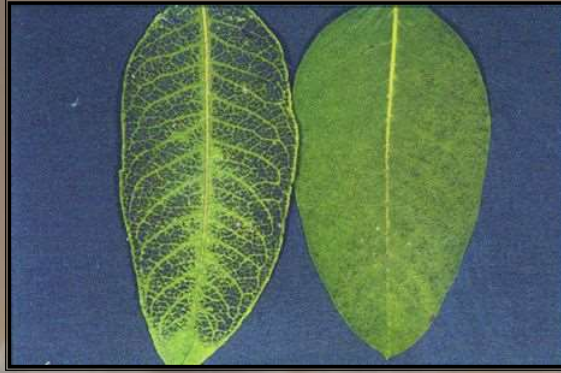
- Čestice sa prečnikom manjim od $10\text{ }\mu\text{m}$ i $2,5\text{ }\mu\text{m}$
- ~90% potiče iz prirodnih izvora (vulkanske erupcije, požari), a ostatak iz industrijskih izvora (azbestna prašina, teški metali)
- Toksična (respiratorni problemi; oštećuje biljke)
- Doprinosi nastanku ozona u troposferi (transportuje NO_x)
- Sastojak fotohemijskog smoga



OZON

- Prirodno se nalazi u stratosferi na oko 25 km visine i stvara omotač koji štiti život na Zemlji od štetnog Sunčevog zračenja („dobar“ ozon)
- Ozon koji se nalazi u nižim slojevima atmosfere (troposferi) je zagađujuća materija („loš“ ozon)
- Sekundarna zagađujuća materija: nastaje interakcijom Sunčeve svetlosti sa primarnom zagađujućom materijom NO_2 iz sagorevanja fosilnih goriva i industrijskih procesa
- Prouzrokuje oštećenja očiju i respiratornog sistema čoveka i životinja; uništava useve, oštećuje lišće biljaka
- Sastojak fotohemijskog smoga

OZON



SMOG



SMOG

- Naziv je nastao 1905. god. iz dve engleske reči: smoke (dim) i fog (magla)
- Zagađenje vazduha uobičajeno u većini velikih gradova
- Utiče na zdravlje čoveka (bolesti srca i pluća), na biljke (usporava ili zaustavlja rast), na predmete i materijale (gubitak boje, erozija, korozija)
- Postoje dve vrste smoga:
 - **industrijski smog** (sumporni), sive boje - nastaje sagorevanjem uglja ili nafte
 - **fotohemijski smog** (urbani), mrke boje - nastaje sagorevanjem goriva u motornim vozilima

SMOG

	Industrijski smog	Fotohemijski smog
Tipičan grad	London	Los Angeles
Klima	Hladno i vlažno	Toplo i suvo
Zagađujuća materija (primarna)	SO ₂ , čestična materija	NO _x , VOCs
Izvori	Sagorevanje uglja i nafte u industriji i domaćinstvima	Motorna vozila
Posledice po čoveka	Iritacija pluća i grla	Iritacija očiju
Najintenzivniji	Zimi (max. rano ujutru)	Leti (max. oko podneva)

INDUSTRIJSKI SMOG

- Prvi put uočen u Londonu tokom industrijske revolucije (XVIII vek).
- Izvor: sagorevanje uglja i nafte sa visokim sadržajem sumpora.
- Osnovni sastojci su primarni i sekundarni zagađivači nastali sagorevanjem fosilnih goriva i reakcijama u atmosferi: SO_2 , SO_3 (sa maglom nastaju kapljice H_2SO_4), CO , CO_2 , H_2S , čestična materija (prašina, čađ, pepeo).
- Prouzrokuje probleme sa disanjem, a kisele kiše mogu prouzrokovati oštećenja na biljkama, kao i na metalnim i kamenim materijalima.

LONDONSKI SMOG



Centralni London:
48 sati vidljivost < 50 m

Nedelju dana vidljivost
nije prešla 500 m



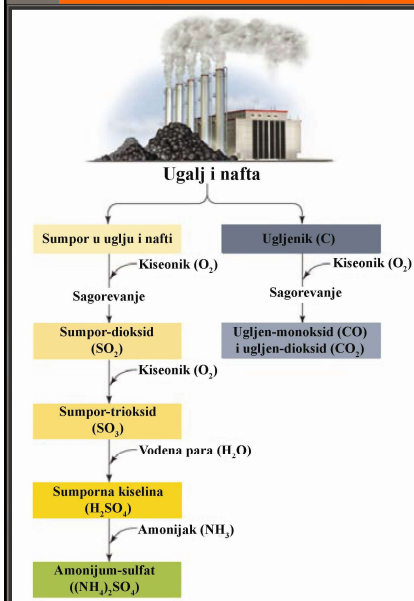
LONDONSKI SMOG

- U decembru 1952. god. nad Londonom se razvila magla. Zbog velike vlažnosti vazduha, blokiranog Sunčevog zračenja, uslova bez vetra, došlo je do pada t . Zbog niskih t pojačano je grejanje, sa ugljem (sa visokim sadržajem S) kao glavnim ogrevom. Dim iz domaćinstava se mešao sa maglom, nije mogao da se disperguje, i nastao je smog koji je opstao 4 dana.
- Stagniranje vazduha je dovelo do smanjenja vidljivosti i povećanja kiselosti vazduha (i do pH 1,6).
- Tokom ovog perioda oko 4000 ljudi je umrlo zbog respiratornih problema.

LONDONSKI SMOG



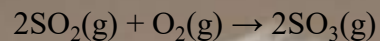
INDUSTRIJSKI SMOG



- Kako smanjiti industrijski smog?
 - U Londonu je kasnije odobrena besplatna zamena tradicionalnog grejanja na ugalj u grejanje na gas ili struju.
 - Izgradnjom visokih dimnjaka (iznad inverzionog sloja) → **kisele kiše**
- Termalna inverzija koncentruje smog, dok ga vetar i kiša raznose.

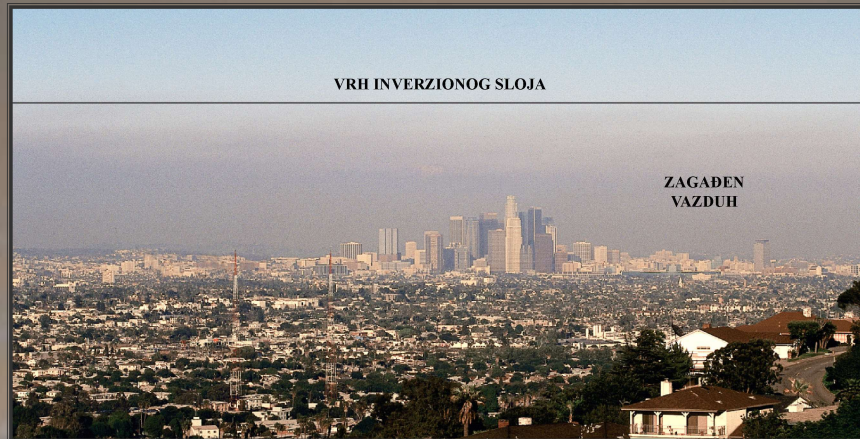
INDUSTRIJSKI SMOG

- Nastanak: primarna zagađujuća materija (SO₂) se oksiduje u sekundarnu (SO₃):

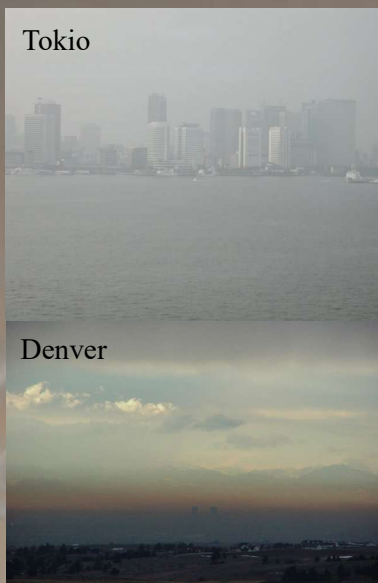


- Reakciju katalizuje čestični materijal, npr. metalne čestice.

URBANI SMOG



URBANI SMOG



FOTOHEMIJSKI SMOG

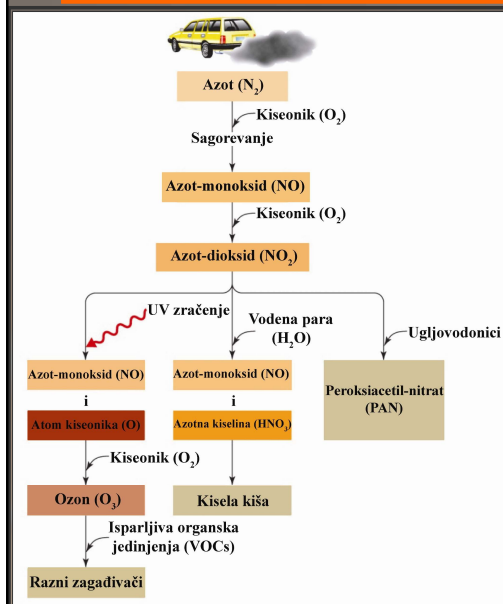
- Prvi put uočen u Los Anđelesu 1940. god.
- Izvor: izduvni gasovi, tj. emisija iz motornih vozila.
- Dominantan u svim velikim gradovima u svetu, a pojavljuje se tokom sunčanih dana zbog intenzivnog saobraćaja.
- Sastoji se od: oksida azota (NO_x), isparljivih organskih jedinjenja (VOCs), čestičnog materijala i sekundarnih zagađujućih materija - ozona (O_3) i peroksiacil-nitrata (PAN).
- Mrka boja potiče od NO_2 .
- Prouzrokuje probleme sa disanjem, iritaciju očiju, oštećenja biljaka, propadanje gume i tkanina.

FOTOHEMIJSKI SMOG

Hong Kong



FOTOHEMIJSKI SMOG



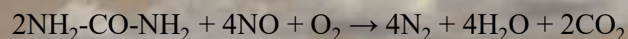
- Kako smanjiti fotohemijski smog?
 - Smanjiti emisiju NO_x i VOCs iz vozila motora.
 - U novim automobilima katalizator ubrzava konverziju NO_x u N_2 .

KATALITIČKI KONVERTOR



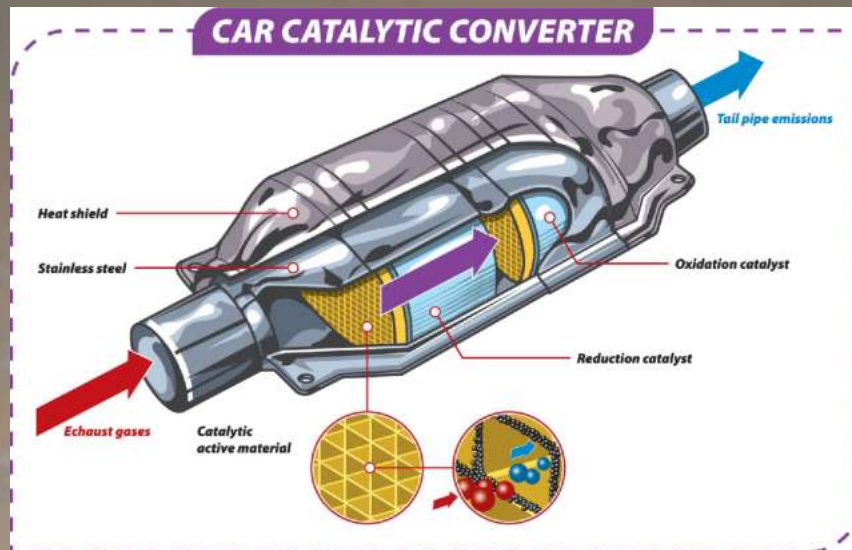
- U izduvne gasove, pre prolaska kroz katalitički konvertor, se ubrizgava aditiv (NH_3 ili urea, $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$).

- Unutar konvertora aditiv reaguje sa oksidima azota (dominira NO):



- Na ovaj način može se ukloniti i do 95% NO_x .

KATALITIČKI KONVERTOR



FOTOHEMIJSKI SMOG

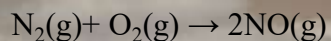
- Nastanak: u prisustvu Sunčevog zračenja, nastaje niz sekundarnih zagađujućih materija, kao što su ozon („loš“) i peroksiacil-nitrat.
- Motori vozila nepotpuno sagorevaju gorivo, pa se ugljovodonici (VOCs) nalaze u izduvnim gasovima.
- Kada fosilna goriva sagorevaju, nastao sitan čestični materijal je čađ (ugljenik) od nepotpunog sagorevanja. Čestični materijal sačinjava dim.



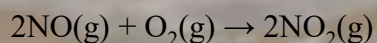
FOTOHEMIJSKI SMOG

- **Nastanak NO_x:**

1. Motori vozila stvaraju visoke t na kojima atmosferski azot lako reaguje sa kiseonikom i nastaje NO:



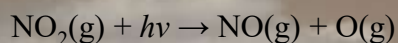
2. NO dalje reaguje sa kiseonikom:



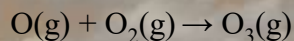
FOTOHEMIJSKI SMOG

- **Nastanak ozona:**

1. NO₂ iz izduvnih gasova vozila apsorbuje Sunčevu svetlost i razlaže se na NO i reaktivni atom kiseonika :



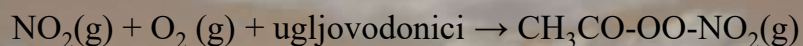
2. Atom O reaguje sa O₂ iz atmosfere i nastaje ozon (troposferski):



FOTOHEMIJSKI SMOG

- **Nastanak peroksiacetil-nitrata:**

Atom O reaguje i sa drugim sastojcima izduvnih gasova (npr. nepotpuno sagorelim ugljovodonicima) i u nizu kompleksnih reakcija nastaju organski slobodni radikali koji sa NO_2 daju peroksiacetil-nitrat (PAN):



KONTROLA ZAGAĐENJA VAZDUHA

- smanjenje emisije u velikim gradovima
- zadržavanje zagađivača pre otpuštanja u atmosferu (npr. SO_2)
- regulacija izduvnih gasova vozila korišćenjem katalitičkih konvertora

