

A black and white electron micrograph showing several irregular, textured particles of varying sizes. The particles have a porous, fibrous, or crystalline appearance. The background is dark with some lighter, diffuse areas.

IL PARTICOLATO ATMOSFERICO

1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

Il particolato atmosferico



Definito anche “aerosol” o genericamente “polveri”



Costituito da particelle solide o liquide in sospensione che provengono:
da processi naturali e da processi antropogenici.

In funzione dell'origine si distingue in:

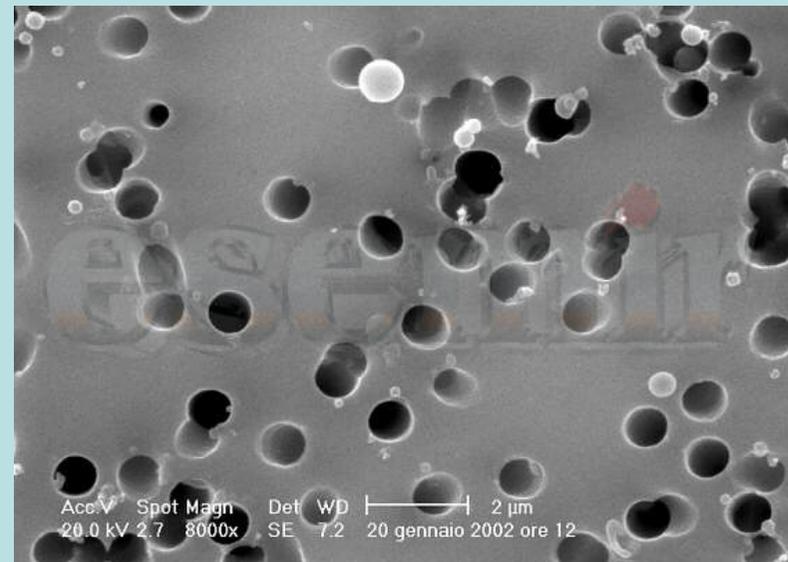
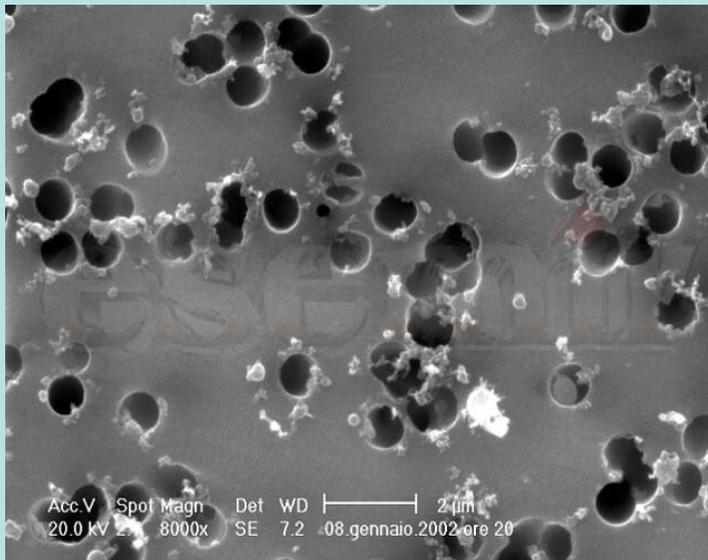


Particolato **primario**:
comprende particelle
emesse direttamente in
atmosfera

Particolato **secondario**:
prodotto dai processi di
conversione chimico-fisica
dei gas precursori, in
presenza di vapore acqueo
e radiazioni solari.

Classificazione del particolato

- PM10 → particolato con diametro aerodinamico $<10 \mu\text{m}$
- PM2.5 → particolato con diametro aerodinamico $<2.5 \mu\text{m}$
- PM0.1 → particolato con diametro aerodinamico $<0.1 \mu\text{m}$



LE SORGENTI DI PARTICOLATO

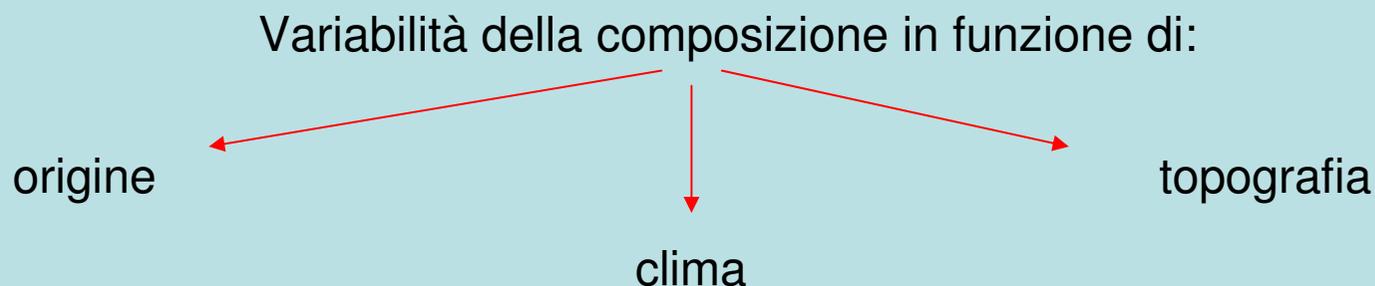
Sorgenti di particolato fine ($d < 2.5 \mu\text{m}$)			
Sorgenti antropiche		Sorgenti naturali	
<u>Primario</u>	<u>Secondario</u>	<u>Primario</u>	<u>Secondario</u>
Uso di combustibili fossili	Ossidazione di SO_2	Spray marino	Ossidazione di SO_2 e H_2S emessi da incendi e vulcani
Emissioni di autoveicoli	Ossidazione di NO_x	Erosione di rocce	Ossidazione di NO_x prodotto da suolo e luce
Polveri volatili	Emissione di NH_3 da agricoltura e allevamento	Incendi boschivi	Emissione di NH_3 da animali selvatici
Usura di pneumatici e freni	Ossidazione di idrocarburi emessi dagli autoveicoli		Ossidazione di idrocarburi emessi dalla vegetazione

SORGENTI DI PARTICOLATO GROSOLANO ($d > 2.5 \mu\text{m}$)

Sorgenti antropiche	Sorgenti naturali
<u>Primario</u>	<u>Primario</u>
Particelle volatili dall'agricoltura	Erosione delle rocce
Spargimento di sale	Spray marino
Usura del manto stradale	Frammenti di vegetali ed animali

Il particolato grossolano è prevalentemente *primario*: il **secondario** rientra quasi esclusivamente nella categoria **PM2.5**

COMPOSIZIONE DEL PARTICOLATO



Principali costituenti del particolato atmosferico:

- ioni
- gas reattivi
- composti metallici
- carbonio elementare
- composti organici
- acqua

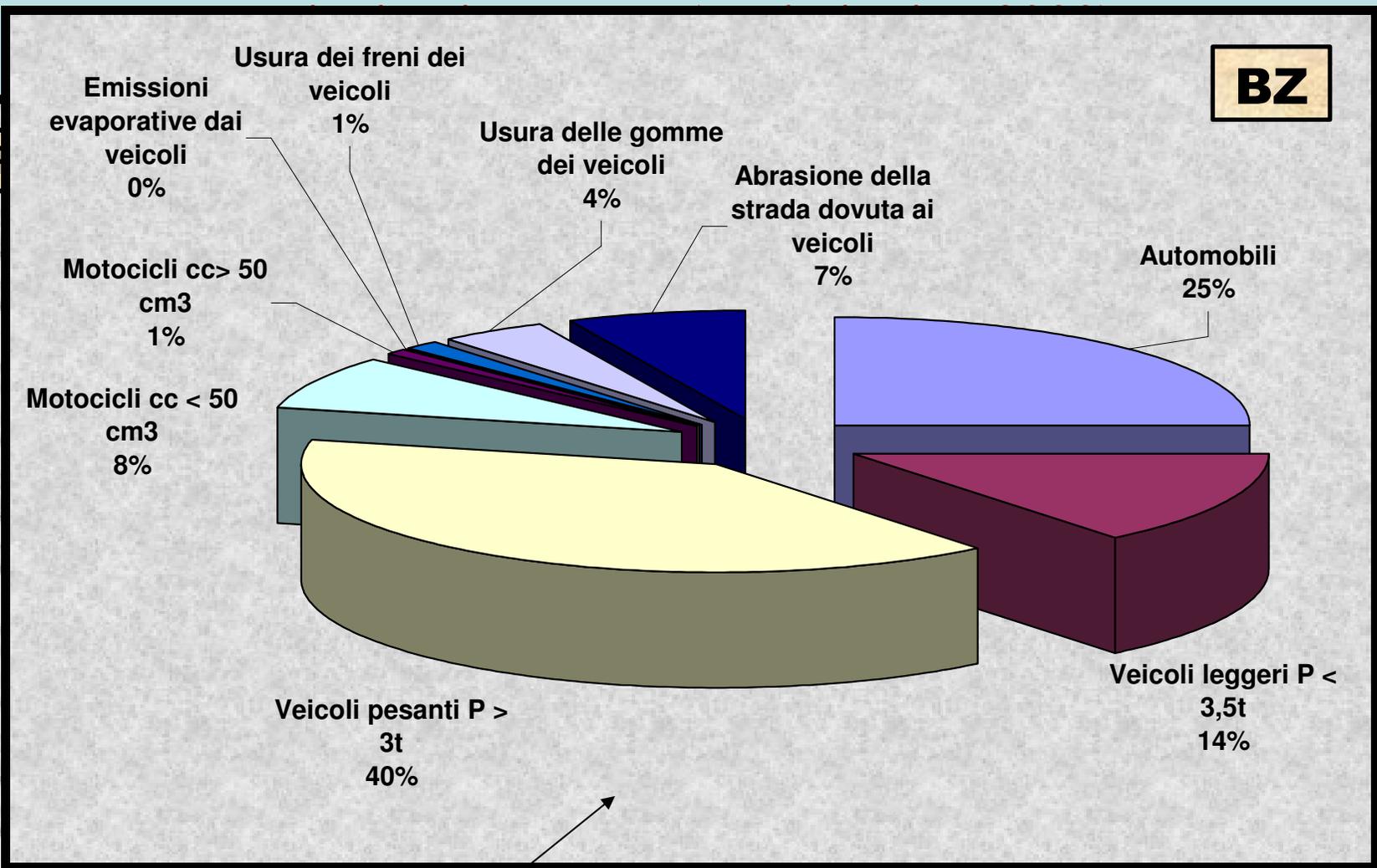
COMPOSIZIONE DEL PARTICOLATO

Dimensione	<0.1 μm	Tra 0 e 1.3 μm	>1.3 μm
Composizione	Solfati, carbonio elementare, composti metallici, composti organici volatili.	Solfati, nitrati, ioni ammonio e idrogeno. Carbonio elementare. Numerosi composti organici. Composti metallici: Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn, Fe, ecc. H ₂ O	Polvere di strada o di suolo. Particelle incombuste da processi di combustione di olio, legno, carbone. Nitrati e cloruri derivanti da acido nitrico e acido cloridrico. Ossidi degli elementi della crosta terrestre (Si, Al, Ti, Fe), CaCO ₃ , NaCl. Pollini, muffe, spore fungine. Frammenti di piante e animali.

COMPOSIZIONE DEL PARTICOLATO IN AMBIENTE URBANO



BZ



07 Trasporti Stradali
58%

06 Uso di solventi
1%

Estrazione, distribuzione combustibili fossili
0%



INQUINANTI

Processo di combustione

La combustione è una reazione chimica che comporta l'ossidazione di un combustibile da parte di un comburente con sviluppo di calore e radiazioni elettromagnetiche, tra cui e spesso anche la luce. In termini più rigorosi la combustione è una ossidoriduzione esotermica in quanto un composto si ossida mentre un altro si riduce (nel caso degli idrocarburi, il carbonio si ossida, l'idrogeno si riduce) con rilascio di energia e formazione di nuovi composti, principalmente anidride carbonica ed acqua.

Cosa occorre perché avvenga la combustione?

- **Il combustibile**: è qualunque elemento atto a bruciare (legno, carbone, gasolio, gas,...), composti essenzialmente da carbonio (C) e idrogeno (H)
- **Il comburente**: è l'aria che noi respiriamo, composta da 78% azoto (N), 21% ossigeno (O₂), 1% altri gas
- **L' innesco**: è il calore che bisogna fornire affinché si verifichi la combustione (scintilla, accendino, fiammifero)

Il Biodiesel

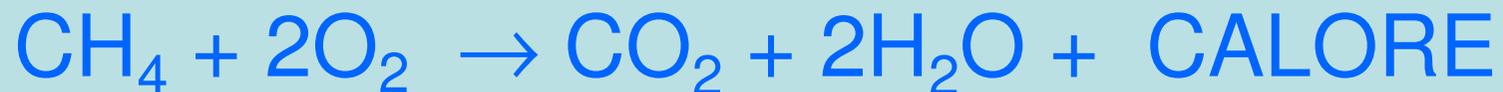
Dal punto di vista ambientale, il biodiesel presenta alcune differenze rispetto al gasolio:

- il biodiesel, rispetto al gasolio, riduce le emissioni nette di ossido di carbonio (CO) del 50% circa e di anidride carbonica del 78,45% perché il carbonio delle sue emissioni è quello che era già presente nell'atmosfera e che la pianta ha fissato durante la sua crescita e non, come nel caso del gasolio, carbonio che era rimasto intrappolato in tempi remoti nella crosta terrestre.

- il biodiesel praticamente non contiene idrocarburi aromatici; le emissioni di idrocarburi aromatici polinucleati (benzopireni) sono ridotti fino ad un massimo del 71%.
- il biodiesel non ha emissioni di diossido di zolfo (SO_2), dato che non contiene zolfo.
- il biodiesel riduce l'emissione di polveri sottili fino ad un massimo del 65%.
- il biodiesel produce più emissioni di ossidi di azoto (NO_x) del gasolio; inconveniente che può essere contenuto riprogettando i motori diesel e dotando gli scarichi di appositi catalizzatori.

Combustione del Metano (CH₄)

La reazione qui di seguito riportata indica la combustione di metano (CH₄). Come si vede le molecole che si ottengono sono anidride carbonica (CO₂) e acqua condensa (H₂O).



Questa però è una reazione chimica ideale, che di fatto non si verifica in condizioni normali.

Ma cosa succede in pratica?

In teoria tutto il metano dovrebbe reagire con l'ossigeno per formare anidride carbonica e acqua, ma in realtà il nostro comburente non è ossigeno puro, ma bensì aria ambiente che come ben sappiamo è composta in gran parte da azoto (78.1%). In una miscela composta essenzialmente da azoto risulta difficile far combinare ossigeno e metano e quindi si avrebbero come prodotti non solo anidride carbonica e acqua, ma anche una grande quantità di incombusti tra cui metano puro.

In una combustione reale abbiamo inoltre altre molecole, prodotte da reazioni chimiche secondarie: l'azoto presente nell'aria reagisce ad alte temperature con l'ossigeno formando così monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂). Il biossido di azoto reagisce a sua volta con l'acqua e dà origine ad acido nitrico (HNO₃), che è una sostanza molto corrosiva.

Può capitare che nella combustione ci sia poco ossigeno, questo fa sì che non si formi anidride carbonica ma monossido di carbonio (CO), una sostanza inodore e incolore molto tossica e pericolosa. Nei combustibili è anche presente una certa quantità di Zolfo (S); questo può reagire in parte con l'ossigeno e dare origine a SO_2 , o non reagire e rimanere allo stato puro condensando nel tubo di scappamento (fiori di zolfo). La reazione che abbiamo visto con il metano può, a grandi linee, valere per gli altri principali combustibili.

Emissioni di CO₂ di alcuni veicoli molto diffusi

	Modello	Cilindrata	Combustibile	Emissioni di CO ₂ (g/km)
<p>Notiamo che un'autovettura a benzina emette in media il 45% in più di CO₂ rispetto alla stessa auto Bi-Fuel; mentre lo stesso modello a gasolio emette in media il 12% in più di CO₂ rispetto al Bi-Fuel.</p> <p>All'aumentare della cilindrata la percentuale di emissioni del gasolio diminuisce (a causa dell'aumento della compressione) invece quella della benzina aumenta.</p>				161
				140
				119
				270
				177
				171
				Motorino
Motorino	Piaggio Zip 2T	50cc cat.	Miscela	95

Autobus a Metano

Negli ultimi anni quasi tutti i vecchi autobus diesel, sono stati sostituiti con nuovi e più moderni autobus a metano. Le attuali tecnologie motoristiche consentono inoltre di minimizzare, con il metano, le emissioni di ossido di carbonio e di ossidi di azoto, mentre gli idrocarburi incombusti sono costituiti principalmente dallo stesso metano, che non contribuisce allo smog.



Grazie al gas naturale vengono inoltre eliminati completamente il piombo, lo zolfo ed il particolato, elementi che non esistono, all'origine, nel carburante.

Inoltre esistono dei limiti di emissione per ogni tipologia di inquinante.

Di seguito è riportata la tabella dei limiti europei di emissione dei vari inquinanti.

gr/kwh	EURO 0	EURO 1	EURO2	EURO3	METANO
HC	2.4	1.1	1.1	0.77	0.02
CO	11.2	4.5	4	2.8	0.28
NO_x	14.4	8	7	4.9	0.11
PM	1.8	0.36	0.15	0.11	0.009

Differenze di emissioni di CO₂

MEZZO	CARBURANTE	EMISSIONI CO₂ (gr.) SU 3KM	persone trasportate	emissione CO₂ per persona
AUTOBUS	METANO	4050	103	39
AUTOBUS	GASOLIO	4200	110	38
AUTO cil. 2.5	CARBURANTE	810	3	270
AUTO cil. 2.4	METANO	531	3	177
AUTO cil. 2.5	GASOLIO	513	3	171
AUTO cil. 1.6	CARBURANTE	483	3	161
AUTO cil. 1.6	METANO	357	3	119
AUTO cil. 1.7	GASOLIO	420	3	140
SCOOTER 50cc.	MISCELA	156	1	156
SCOOTER 50cc. Cat.	MISCELA	285	1	285

Nella tabella precedente per le vetture abbiamo considerato un carico medio di 3 persone. Nella realtà la media delle persone trasportate negli spostamenti urbani è minore di 1.5. Fatto che raddoppia le emissioni calcolate nella tabella.