

Ποιότητα ατμόσφαιρας και επιπτώσεις στην υγεία

Ελένη Σαζακλή

Επίκ. Καθηγήτρια

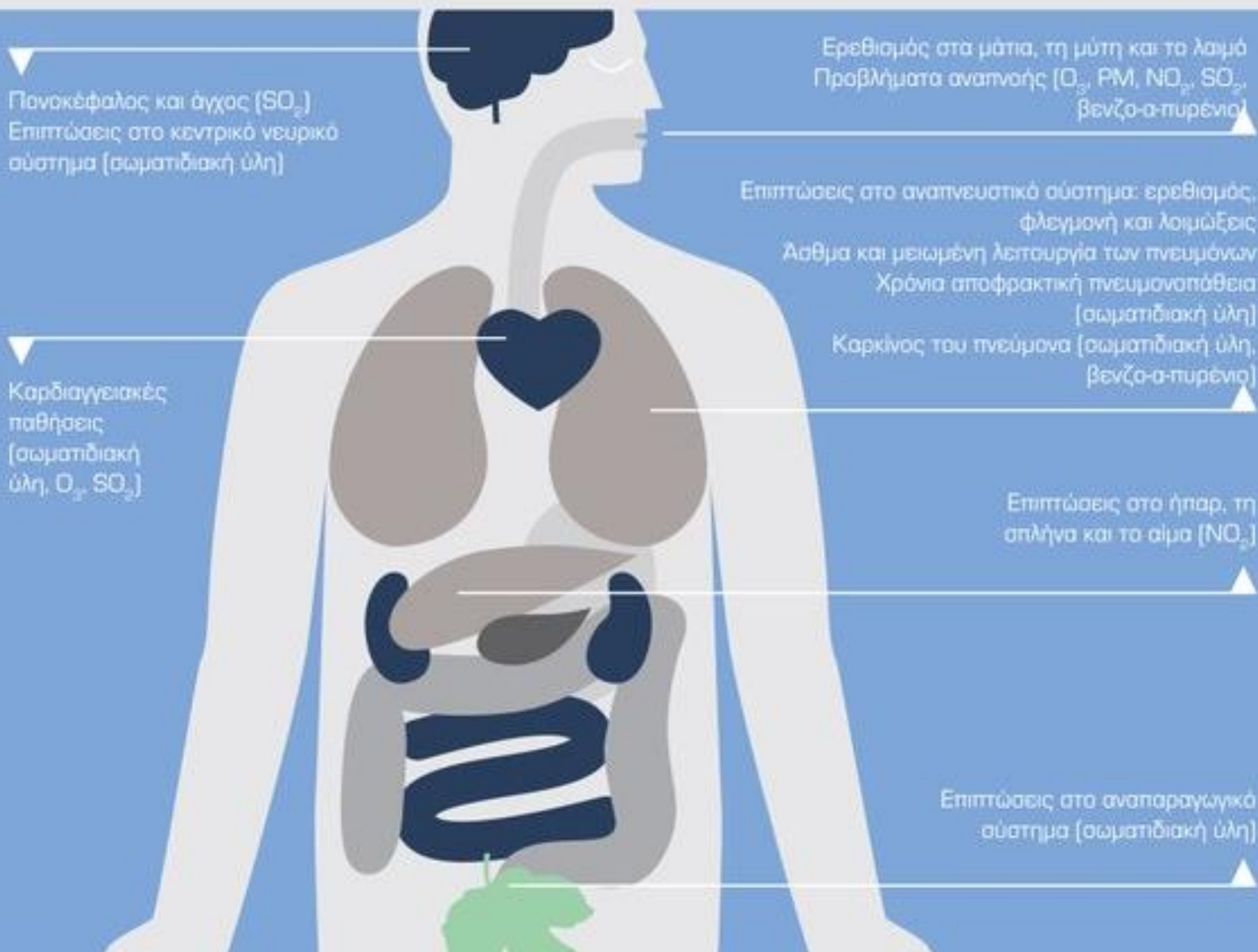
Υγιεινής – Περιβαλλοντικής Υγιεινής

ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Ρύπανση ατμόσφαιρας καλείται η ύπαρξη στον ατμοσφαιρικό αέρα ύλης και ενέργειας που μπορεί να προκαλέσει οικολογικές διαταραχές και βλάβες στον ανθρώπινο οργανισμό

Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Ιδιαίτερα ευάλωτοι είναι παιδιά και ηλικιωμένοι.



Ατμοσφαιρική Ρύπανση: Τεράστιες επιπτώσεις στην υγεία

Π.Ο.Υ, 2023:

7-8 εκατομμύρια
θάνατοι / έτος

λόγω

Εγκεφαλικά επεισόδια,
καρδιακές παθήσεις
χρόνια αποφρακτική
πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) &
καρκίνος πνεύμονα

> 3 εκατομμύρια
εσωτερική ρύπανση

2.000 θάνατοι παιδιών
<5 ετών κάθε μέρα, 2η
κύρια αιτία θανάτου σε
αυτή την ηλικιακή
ομάδα

το 99% του παγκόσμιου πληθυσμού
αναπνέει αέρα που υπερβαίνει τα όρια
που ορίζουν οι κατευθυντήριες
γραμμές του ΠΟΥ, ιδίως σε χώρες
χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος

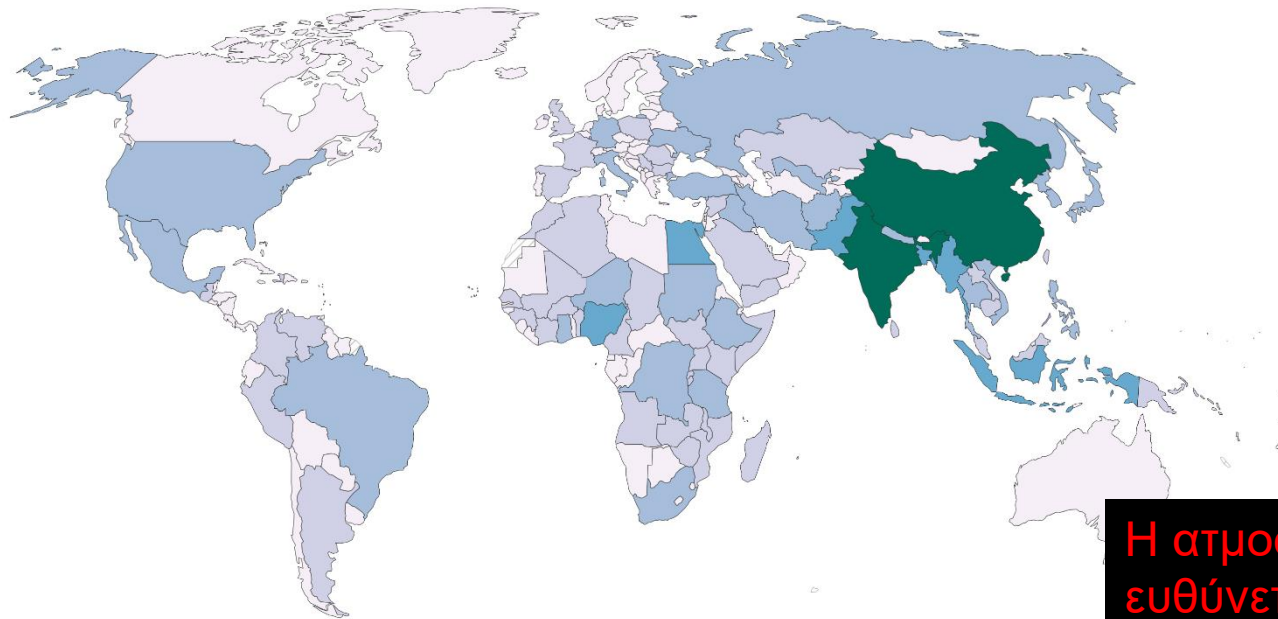
> 237.000 παιδιά κάτω των 5 ετών
πεθαίνουν ετησίως από εσωτερική
ρύπανση που προκαλείται από το
μαγείρεμα με ρυπογόνα καύσιμα

Ατμοσφαιρική ρύπανση «Ένας σιωπηλός δολοφόνος»

Deaths from air pollution, 2023

Our World
in Data

Estimated annual number of deaths attributed to air pollution. This includes three categories of air pollution: indoor household, outdoor particulate matter and ozone.



Data source: IHME, Global Burden of Disease (2025)

OurWorldinD

Η ατμοσφαιρική ρύπανση
ευθύνεται για περισσότερους
θανάτους από ό,τι προκαλούν
συνδυαστικά ο ιός HIV/AIDS, η
φυματίωση και οι τραυματισμοί
στο δρόμο

Share of deaths by risk factor, World, 2023

The estimated share of deaths attributed to each risk factor¹. Estimates come with wide uncertainties, especially for countries with poor vital registration².



13,2% όλων των θανάτων παγκοσμίως αποδίδονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση

2^{ος} πιο σημαντικός παράγοντας κινδύνου

Data source: IHME, Global Burden of Disease (2025)

OurWorldinData.org/causes-of-death | CC BY

Note: Risk factors¹ are not mutually exclusive. The sum of deaths attributed to each risk factor can exceed the total number of deaths.

1. Risk factor A risk factor is a condition or behavior that increases the likelihood of developing a given disease or injury, or an outcome such as death. The impact of a risk factor is estimated in different ways. For example, a common approach is to estimate the number of deaths that would occur if the risk factor was absent.

Risk factors are not mutually exclusive: people can be exposed to multiple risk factors, which contribute to their disease or death. Because of this, the number of deaths caused by each risk factor is typically estimated separately.

Read more: [How do researchers estimate the death toll caused by each risk factor, whether it's smoking, obesity or air pollution?](#)

Read more: [Why isn't it possible to sum up the death toll from different risk factors?](#)

2. Civil Registration and Vital Statistics system A Civil Registration and Vital Statistics system (CRVS) is an administrative system in a country that manages information on births, marriages, deaths and divorces. It generates and stores 'vital records' and legal documents such as birth certificates and death certificates.

You can read more about how deaths are registered around the world in our article: [How are causes of death registered around the world?](#)

STATE OF GLOBAL AIR / 2025

Low- and middle-income countries face the largest burden. **90%** of all air pollution deaths were in these countries:



India and China each had more than 2 million deaths attributable to air pollution in 2023.

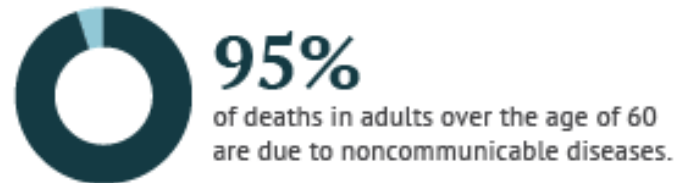
Bangladesh, Pakistan, and Nigeria each saw more than 200,000 deaths.

Indonesia, Myanmar, and Egypt each saw more than 100,000 deaths.

Noncommunicable diseases accounted for **6.8 million deaths**.



In 2023, **dementia** attributable to air pollution resulted in **626,000 deaths** and **11.6 million** healthy years of life lost.



1 in 2 chronic obstructive pulmonary disease (COPD) deaths



More than **1 in 4** dementia deaths



1 in 4 heart disease deaths



Nearly **1 in 6** diabetes deaths

ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

- **ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ**
- **ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

- Στερεά: σκόνη, σωματίδια
- Υγρή: θειϊκό οξύ, σταγονίδια
- Αέρια CO_2 , SO_2

Εκφράζεται ως $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ή σε ppm (part per million)

$$1 \text{ ppm} = (10^3/\text{K}) * (\text{M.B}) * \mu\text{g}/\text{m}^3$$

M.B = μοριακό βάρος ρύπου

K=24,5 σε 25°C και πίεση 1 atm.

Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι

Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι που παρουσιάζουν ενδιαφέρον ως προς τις επιπτώσεις τους στην υγεία του ανθρώπου είναι:

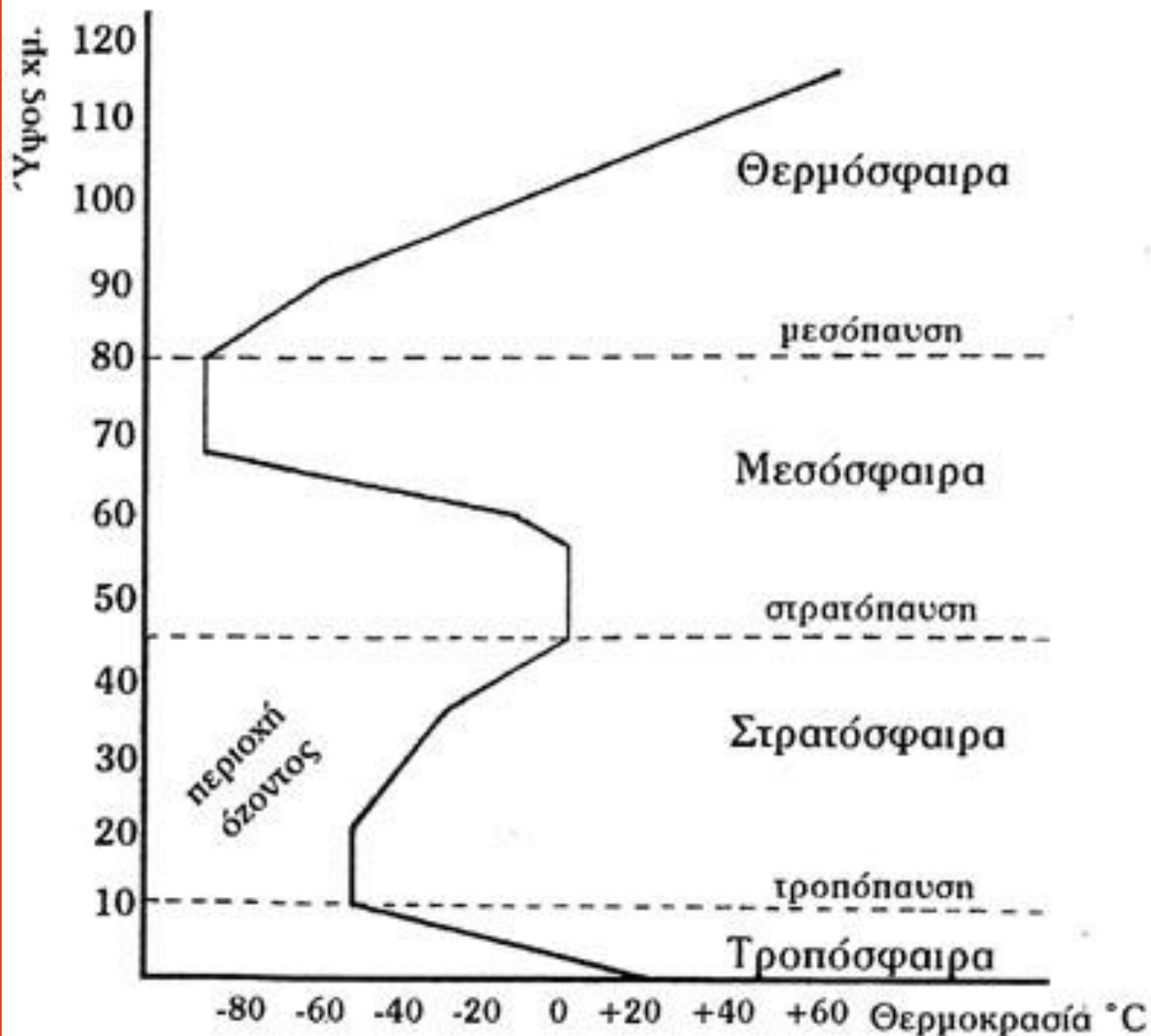
1. Τα **αιωρούμενα σωματίδια**
2. Τα **οξειδία του αζώτου** (NO , NO_2) τα οποία συμβολίζονται ομαδικά ως NO_x
3. Το **όζον** της τροπόσφαιρας
4. Διάφορες **θειούχες ενώσεις** (SO_2 , H_2S , SO_3^- , SO_4^{2-})
5. **Υδρογονάνθρακες** από C_1 - C_{20}
& CO , CO_2

Ένωση	Συγκέντρωση φυσιολογικού περιβάλλοντος		Συγκέντρωση σε ρυπανθέντα αέρα	
	μg/m ³	ppm	μg/m ³	ppm
Μεθάνιο	1000	1,53	1500-2500	2,30-3,83
Μη μεθανικοί υδρογονάνθρακες	3	<u>0,07</u> MB	50 – 500	<u>1,23-12,25</u> MB MB
Μονοξείδιο του άνθρακα	100	0,09	2500-10500	2,19-87,50
Διοξείδιο του θείου	5	0,002	100-2000	0,04-0,77
Διοξείδιο του αζώτου	2	0,001	100-1500	0,05-0,80
Όζον	30	0,02	100-1500	0,05-0,77

Όρια για την ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα

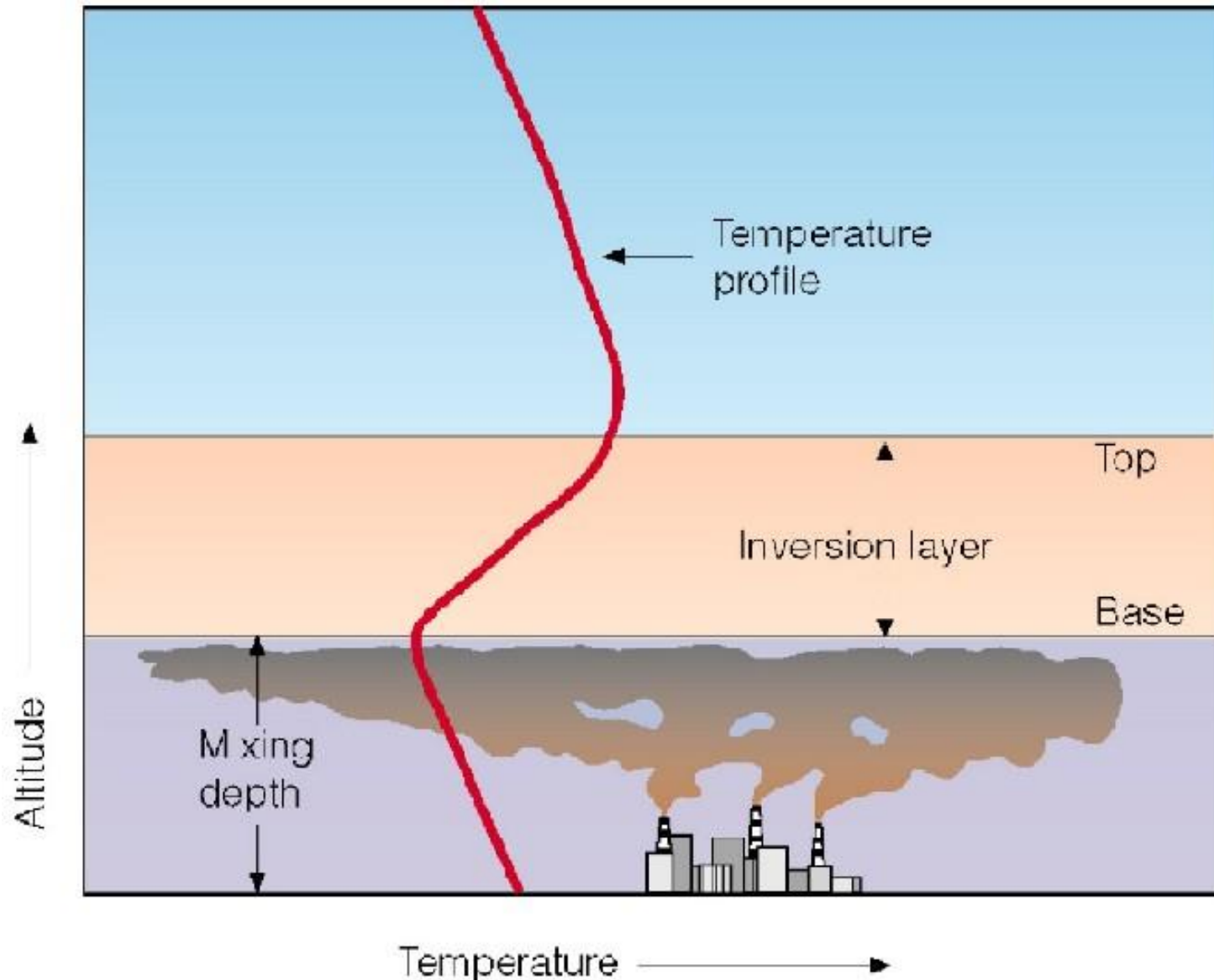
Ατμοσφαιρικός ρύπος	Περίοδος υπολογισμού μέσου όρου	WHO (2021)	ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2024/2881	Επιτρέπονται υπερβάσεις
PM _{2.5} (μg/m ³)	Ετήσια	5	10	
	24ωρη	15	25	έως 18 φορές ετησίως
PM ₁₀ (μg/m ³)	Ετήσια	15	20	
	24ωρη	45	45	έως 18 φορές ετησίως
O ₃ (μg/m ³)	Περίοδος αιχμής	60		
	8ωρη	100	120	
NO ₂ (μg/m ³)	Ετήσια	10	20	
	24ωρη	25	50	έως 18 φορές ετησίως
SO ₂ (μg/m ³)	24ωρη	40	50	έως 18 φορές ετησίως
CO (mg/m ³)	24ωρη	4	4	έως 18 φορές ετησίως

Δομή της ατμόσφαιρας



Γενικό σχήμα της κάθετης δομής της ατμόσφαιρας και διακύμανση της θερμοκρασίας σε σχέση με το υψόμετρο

Θερμοκρασιακή αναστροφή



ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗ ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ

Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία με το ύψος, τότε έχουμε

- **θερμοκρασιακή αναστροφή.**

Επεισόδια Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης:

- **Υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων**

Εκπομπές ρύπων

+

Υπαρξη συγκεκριμένων μετεωρολογικών καταστάσεων

- Γενικοί τύποι επεισοδίων κατά τον 20ο αιώνα:
- **Αιθαλομίχλη (SMOG = SMOke + foG)**
- **Φωτοχημική Αιθαλομίχλη (photochemical smog)**

Επεισόδια

- **Κοιλάδα Meuse** του Βελγίου (Δεκέμβριος 1930) 5 ημέρες, 68 θάνατοι
- **Donora, Pittsburg, USA** (Οκτώβριος 1948) 20 θάνατοι
- **Νέα Υόρκη**, Οκτώβριος 1966, 168 θάνατοι
- **Λονδίνο**, Δεκέμβριος 1952, 5 ημέρες, 4000 θάνατοι

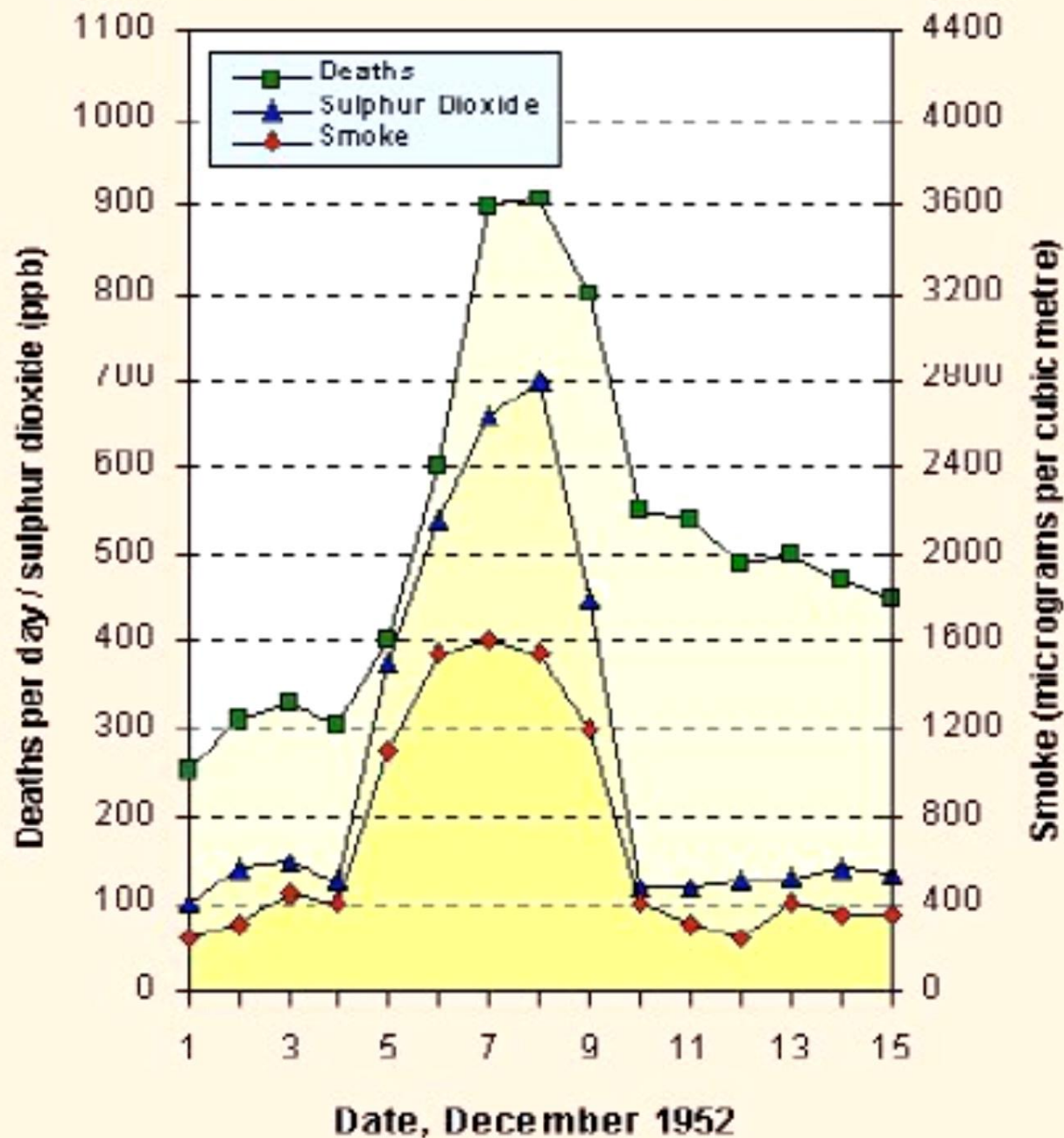
Ένα μεγάλο ποσοστό του SO_2 οξειδώνεται προς SO_3 , το οποίο με την υγρασία σχηματίζει σταγόνες θειϊκού οξέος.

Η παρουσία ομίχλης ευνοεί τον σχηματισμό θειϊκού οξέος και επιπλέον παρατείνει το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής, αυξάνοντας τις δυσμενείς επιπτώσεις του νέφους.

Ιστορικά ατμοσφαιρικά επεισόδια

Λονδίνο, Δεκέμβριος 1952

- Ένα από τα σοβαρότερα επεισόδια, διάρκειας 5 ημερών.
- **Θάνατοι** > 4000, 2/3 Ηλικία > 65 ετών,
- **45-64 ετών: Τριπλάσιοι θάνατοι σε σχέση με τα κανονικά επίπεδα**
- **Νήπια: Διπλάσιοι θάνατοι**
- **Ποσοστό αύξησης θανάτων Δεκεμβρίου 1952**
- **80% σε σχέση με το προηγούμενο έτος**
- **50% σε σχέση με τον Ιανουάριο 1953**
- **40% σε σχέση με τον Φεβρουάριο 1953 αντίστοιχα**
- **Θύματα με ιστορικό αναπνευστικών ή καρδιοαγγειακών παθήσεων.**
- **Θνησιμότητα από βρογχίτιδα και πνευμονία: 7πλάσια.**



*Συγκεντρώσεις
SO₂, καπνού
και ημερήσιοι
θάνατοι στο
Λονδίνο το
πρώτο 15ήμερο
του Δεκεμβρίου
1952*

Αιθαλομίχλη

Τύπος του Λονδίνου:

- Πολύ συχνό φαινόμενο στα τέλη του 19ου αιώνα
- Ύπαρξη νέφους και σε άλλες πόλεις της Μεγάλης Βρετανίας
- Προέλευση: Στάσιμες πηγές (κυρίως βιομηχανίες)
- Μηχανισμός: Καύση άνθρακα για την παραγωγή ενέργειας με την παρουσία υψηλής σχετικής υγρασίας (ομίχλης) ή/και θερμοκρασιακής αναστροφής. Ύπαρξη συνήθως τους χειμερινούς μήνες.

Βασικά συστατικά:

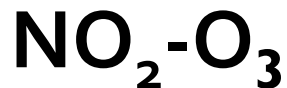
- **Οξείδια του θείου και αιωρούμενα σωματίδια**

Αιθαλομίχλη τύπου Λονδίνου



Φωτοχημική αιθαλομίχλη

- **Απαιτείται ηλιοφάνεια,**
Τύπου Los Angeles
- **Προέλευση:** Εκπομπές από τροχοφόρα
- **Μηχανισμός:** Εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου και υδρογονανθράκων τα οποία με την επίδραση του ηλιακού φωτός αντιδρούν μεταξύ τους και σχηματίζουν δευτερογενείς ρύπους. Πιο συχνή τους καλοκαιρινούς μήνες
- **Βασικά συστατικά**



Φωτοχημική αιθαλομίχλη



Χαρακτηριστική φωτογραφία πόλης με φωτοχημική καπνομίχλη (smog: smoke + fog)
αποτέλεσμα αντίδρασης οξειδίων του αζώτου με υδρογονάνθρακες υπό την επίδραση ηλιακού φωτός.

I) ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ Η ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΑ (AEROSOLS)

Τα αιωρούμενα σωματίδια η αερολύματα είναι τα στερεά ή υγρά σωματίδια που βρίσκονται σε λεπτή διασπορά στην ατμόσφαιρα.

(διάμετρος : $10^{-5} - 10^{-8}$ m)

- **Total Suspended Particles (TSP)**
ή **Particulate matter (PM)**

Το σύνολο των αιωρούμενων στερεών σωματιδίων και σταγονιδίων που βρίσκονται σε διασπορά στην ατμόσφαιρα.

Το μέγεθος ποικίλει από 0.01μm έως και μερικές εκατοντάδες μm.

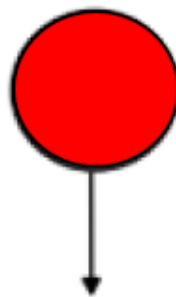
Δεν έχουν όμως όλα την ικανότητα να εισέλθουν στον ανθρώπινο οργανισμό και να προκαλέσουν βλάβη.

Αεροδυναμική διάμετρος

- Αεροδυναμική διάμετρος ορίζεται η διάμετρος σφαίρας πυκνότητας μονάδας (1 g/cm^3), η οποία έχει την ίδια τελική ταχύτητα πτώσης στον αέρα με το υπό εξέταση σωματίδιο.



Πραγματικές
διαστάσεις
σωματιδίου



Ισοδύναμη
αεροδυναμική
σφαίρα

Επιδράσεις στην υγεία

Η επικινδυνότητα των αιωρουμένων σωματιδίων στη Δημόσια Υγεία εξαρτάται από δύο κύριους παράγοντες:

- (α) **το μέγεθος**
- (β) **τη χημική τους σύσταση.**

Τα σωματίδια που έχουν την ικανότητα να εισέλθουν στον ανθρώπινο οργανισμό και να προκαλέσουν βλάβη είναι:

Επιδράσεις στην υγεία

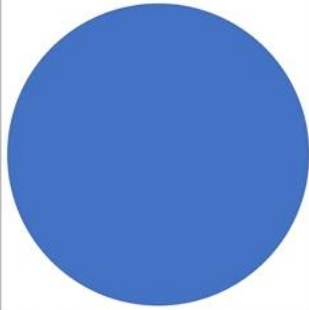
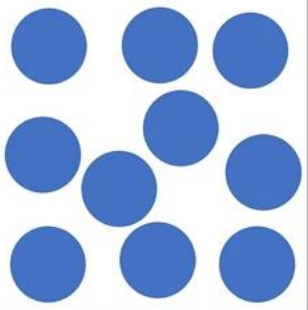
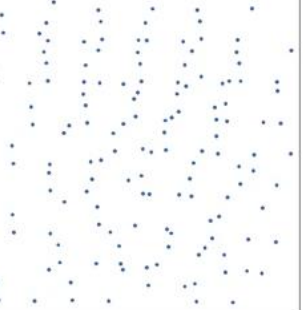
- **PM₁₀ ή χονδρόκοκκα (*coarse mode*)**
σωματίδια με μέγεθος έως 10 μm.
Αποτελούν εκείνο το κλάσμα των
σωματιδίων που εισέρχεται στο ανώτερο
σύστημα της αναπνευστικής οδού του
ανθρώπου, για το λόγο αυτό καλούνται και
εισπνεύσιμα σωματίδια
(inspirable particles)

Επιδράσεις στην υγεία

- **PM_{2.5} ή λεπτόκκοκα (fine mode) καλούνται και αναπνεύσιμα.**
- μπορούν να διεισδύσουν σε μεγάλο βάθος του αναπνευστικού συστήματος, έως τις κυψελίδες των πνευμόνων. Γι' αυτό καλούνται και αναπνεύσιμα σωματίδια (inhalable particles)

- Ultrafine particles ($PM_{0.1}$), ή υπερ-λεπτόκοκκα σωματίδια, μπορούν να εισέλθουν στη συστηματική κυκλοφορία

From: [Ultrafine particles: unique physicochemical properties relevant to health and disease](#)

	10 μm (Coarse)	2.5 μm (Fine)	0.1 μm (Ultrafine)
			
Total mass	1	1	1
Particle number	1	64	1,000,000
Surface area per particle	1	0.0625	0.0001
Total surface area per mass	1	4	100
	<ul style="list-style-type: none"> • Filtered in proximal airway • May irritate skin, mucosa 	<ul style="list-style-type: none"> • Reaches peripheral airway • Cannot enter systemic circulation 	<ul style="list-style-type: none"> • Higher adsorbed toxic material on surface • May enter systemic circulation

μάτια, δέρμα, μαλλιά
>10 μm

λάρυγγας
5 ... 10 μm

τραχεία και πρωτεύοντες βρόγχοι
3 ... 5 μm

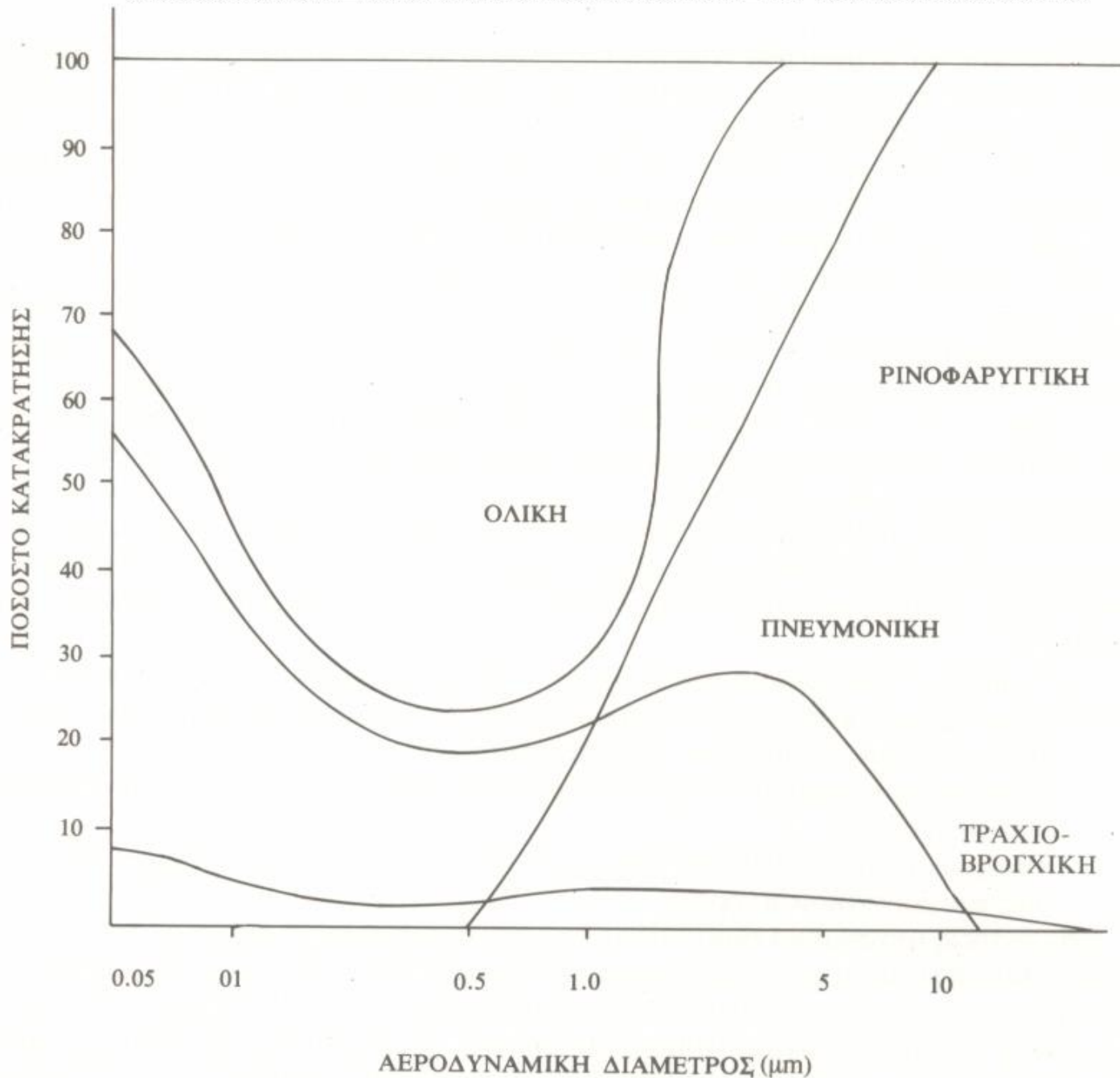
δευτερεύοντες βρόγχοι
2 ... 3 μm

τερματικοί βρόγχοι
1 ... 2 μm

πνευμονικές κυψελίδες
0.3 ... 1 μm

πνευμονικές κυψελίδες
0.1 ... 1 μm

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΚΑΤΑΚΡΑΤΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΝΕΩΝ



II) Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)

- Η έκθεση σε αυξημένα επίπεδα διοξειδίου του αζώτου (NO₂) μπορεί να προκαλέσει βλάβη στην ανθρώπινη αναπνευστική οδό, να αυξήσει την ευπάθεια των ατόμων και τη σοβαρότητα των αναπνευστικών λοιμώξεων και του άσθματος.
- Η μακροχρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα NO₂ μπορεί να προκαλέσει χρόνια πνευμονοπάθεια.
- Μπορεί επίσης να επηρεάσει τις αισθήσεις, για παράδειγμα, μειώνοντας την ικανότητα ενός ατόμου να αντιλαμβάνεται μια οσμή.

Διοξείδιο του αζώτου (NO_2)

- Το 40% περίπου του NO_2 συγκρατείται από το βλεννογόνο τη μύτης και φάρυγγα.
- Σε περίπτωση όμως σωματικής κόπωσης με υπέρπνοια το 80 - 90% του NO_2 φθάνει μέχρι τα τελικά βρογχίδια. Πειραματικά αποδείχθηκε ότι το NO_2 ή παράγωγα παραμένουν επί μακρό στον αναπνευστικό βλεννογόνο.

Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)

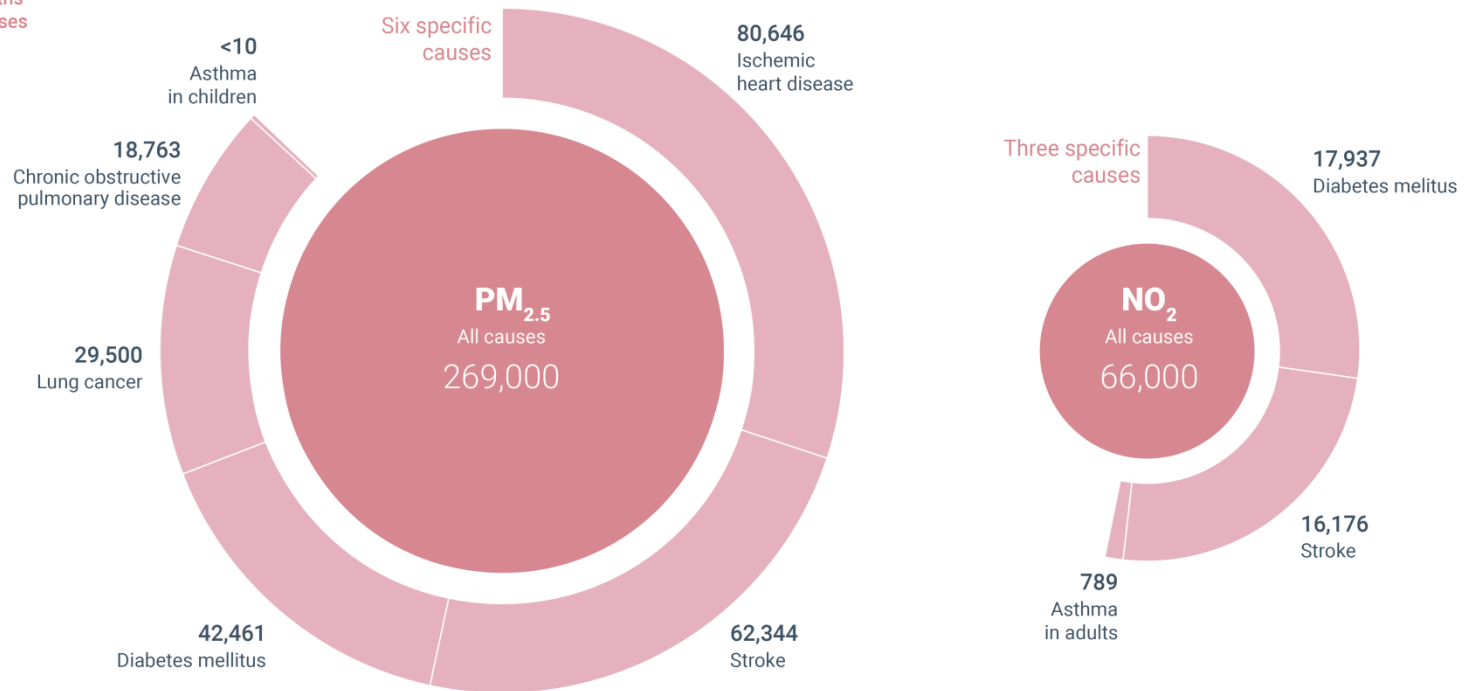
- Προκαλεί αισθητές μορφολογικές παθολογοανατομικές βλάβες με οίδημα του βλεννογόνου, υπερτροφία, βλάβες ή θάνατο κυττάρων.
- Στη αρχή της έκθεσης τα φυσιολογικά κύτταρα αντικαθίστανται με πιο ανθεκτικά (clara cells) τα οποία όμως, και αυτά, καταστρέφονται εάν συνεχισθεί η έκθεση σε υψηλά επίπεδα.

Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)

- Προοδευτικά παρατηρείται πάχυνση της κυψελιδικής μεμβράνης και βλάβες που μοιάζουν με το τυπικό εμφύσημα.
- Τέτοιες βλάβες μπορεί να παρατηρηθούν και σε μικρές σχετικά συγκεντρώσεις (190 μg/m³) εάν είναι επαρκώς μακρόχρονες.
- Σημαντική επίσης διαταραχή είναι η **μείωση της αντίστασης του πνευμονικού ιστού κατά των μικροβιακών λοιμώξεων και κατά των ιών.**

Θνησιμότητα λόγω έκθεσης σε $PM_{2.5}$ & NO_2

● Attributable deaths for different causes of mortality

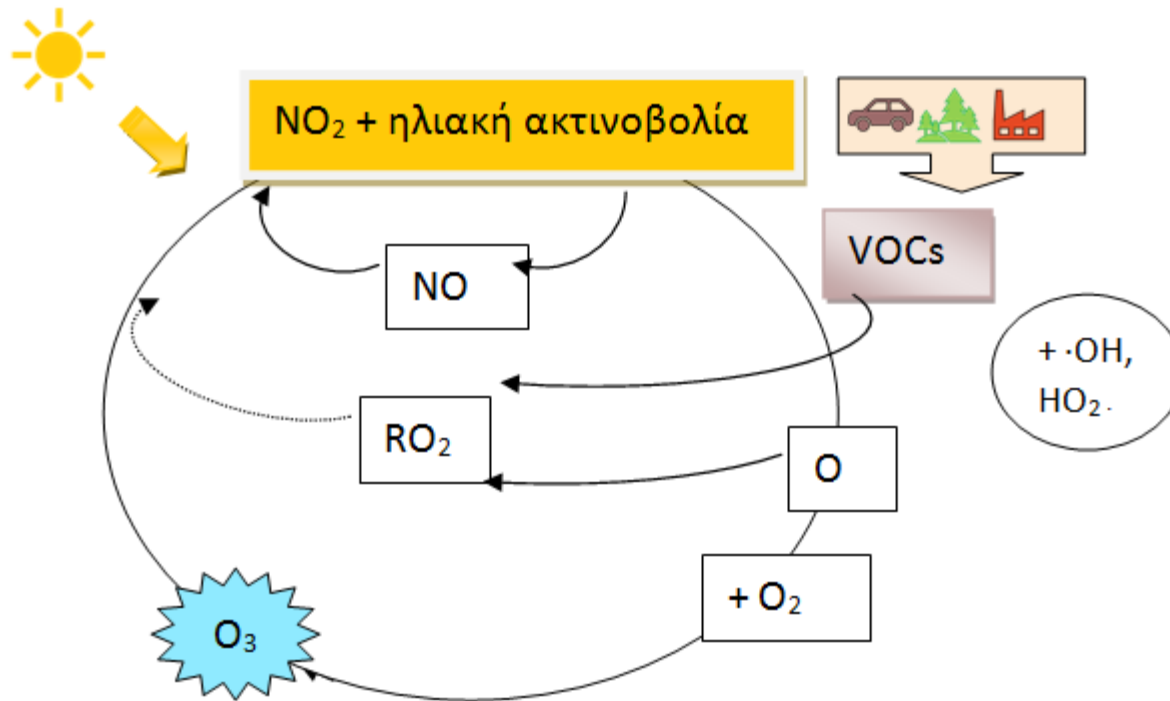


Θνησιμότητα, εκφραζόμενη ως θάνατοι που αποδίδονται στην έκθεση σε $PM_{2.5}$ και NO_2 . Ο εσωτερικός κύκλος απεικονίζει τη θνησιμότητα από όλες τις φυσικές αιτίες. Ο εξωτερικός κύκλος απεικονίζει τη θνησιμότητα από έξι ($PM_{2.5}$) και τρεις (NO_2) συγκεκριμένες αιτίες, για 40 και 41 ευρωπαϊκές χώρες αντίστοιχα, το 2022.

III) Όζον O₃

- Στρατόσφαιρα: προστατευτικό στρώμα όζοντος (απορροφά την επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου).
- Τροπόσφαιρα: δημιουργία όζοντος ως δευτερογενής ρύπος.
- Παραγωγή μέσω σύνθετων φωτοχημικών αντιδράσεων, στις οποίες συμμετέχουν ως πρόδρομες ενώσεις, κυρίως τα οξείδια του αζώτου (NO_x) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs).
- Ο σχηματισμός του τροποσφαιρικού όζοντος εξαρτάται έντονα από το ηλιακό φως (φωτοχημικές διεργασίες).
- Οι συγκεντρώσεις O₃ αυξάνονται κατά τις ηλιόλουστες ημέρες, ιδίως στα αστικά κέντρα όπου τα επίπεδα NO_x και υδρογονανθράκων είναι αυξημένα λόγω της κυκλοφορίας οχημάτων και των βιομηχανικών δραστηριοτήτων.

Παραγωγή τροποσφαιρικού όζοντος



Σχηματική απεικόνιση του κύκλου του τροποσφαιρικού όζοντος

Επιδράσεις στην υγεία

- Έκθεση στο όζον: ευρύ φάσμα αναπνευστικών, καρδιαγγειακών και συστηματικών προβλημάτων.
- Οι επιπτώσεις στην υγεία μπορεί να κυμαίνονται από οξεία και παροδικά συμπτώματα έως χρόνιες και απειλητικές για τη ζωή καταστάσεις, επηρεάζοντας δυσανάλογα τις πιο ευάλωτες ομάδες του πληθυσμού.

Επιδράσεις στην υγεία

- Ερεθισμός του αναπνευστικού συστήματος: βήχας, πονόλαιμος και αίσθημα καύσου στο στήθος
- Φλεγμονή στους πνεύμονες & δύσπνοια
- Ερεθισμός των βλεννογόνων των οφθαλμών και της μύτης, κεφαλαλγία και γενική δυσφορία
- Χαρακτηριστικό της έκθεσης σε όζον: προοδευτική προσαρμογή του ατόμου
- Κρίσεις άσθματος στους ασθματικούς & μείωση της αθλητικής απόδοσης νεαρών ενηλίκων σε συγκεντρώσεις της τάξης των $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Καρδιαγγειακό σύστημα

- *Καρδιαγγειακές Επιδράσεις:* αυξημένα ποσοστά καρδιαγγειακής θνησιμότητας και οξέων καρδιαγγειακών επεισοδίων (καρδιακές προσβολές, εγκεφαλικά επεισόδια).
- Οξειδωτικό στρες και συστηματική φλεγμονή → αθηροσκλήρωση και άλλες καρδιαγγειακές παθήσεις.
- Αύξηση αρτηριακής πίεσης & αλλαγή μεταβλητότητας καρδιακού ρυθμού



Συστημικές και Μακροπρόθεσμες Επιδράσεις

- Βλάβες στο ΚΝΣ & στο ανοσοποιητικό σύστημα.
- Χρόνια έκθεση στο όζον επηρεάζει τη γνωστική λειτουργία και πιθανά συμβάλει σε νευροεκφυλιστικές ασθένειες (Alzheimer, διαταραχή ελλειμματικής προσοχής/υπερκινητικότητας (ADHD) σε παιδιά).

IV) Διοξείδιο του θείου (SO₂)

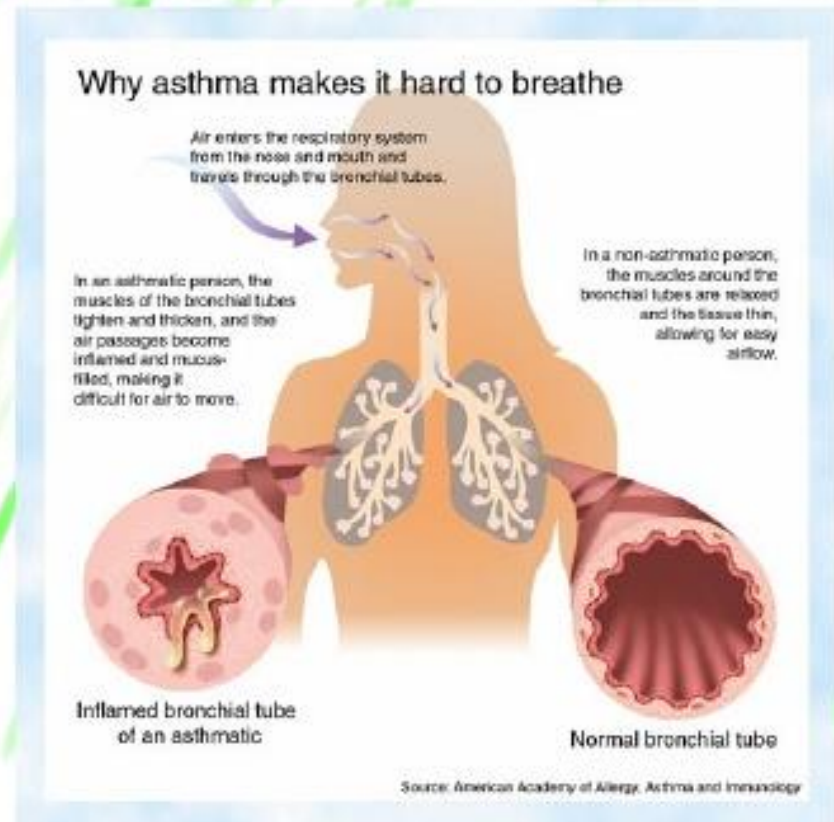
- Το SO₂ είναι εξαιρετικά υδατοδιαλυτό και για το λόγο αυτό συγκρατείται από τα άνω τμήματα του αναπνευστικού συστήματος.
- Η είσοδος του μέχρι τα βρογχίδια γίνεται όταν η ροή του εισπνεόμενου αέρα αυξάνεται σημαντικά όπως π. χ. κατά τη σωματική άσκηση.
- Η επίδραση του συνίσταται σε βρογχοσυστολή και ερεθισμό του βλεννογόνου με βήχα και ελαφρά απόχρεμψη, φαινόμενα που έχουν αποδειχθεί και πειραματικά.

Διοξείδιο του θείου (SO₂)

- Η ευαισθησία των ατόμων ποικίλλει σημαντικά
- Ορισμένα άτομα μπορεί να παρουσιάσουν βρογχόσπασμο σε συγκεντρώσεις της τάξης των 500 μg/m³, ενώ άλλα άτομα αντιδρούν μόνο σε συγκεντρώσεις 2000 μg/m³.
- Τα πιο ευαίσθητα άτομα είναι οι ασθματικοί λόγω, ίσως, της μεγάλης ευαισθησίας του βρογχικού δένδρου σε εξωγενή ερεθίσματα.
- Μικρής διάρκειας εκθέσεις σε υψηλές συγκεντρώσεις καταλήγουν σε χρόνια βρογχίτιδα ιδιαίτερα στους καπνιστές.

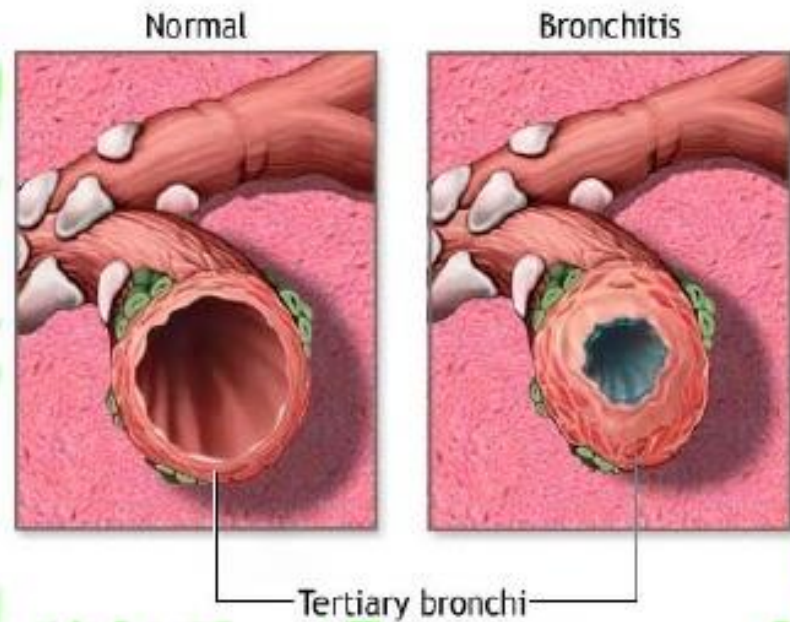
Health Problems

- **Sulfur dioxide (SO₂) and nitrogen oxides (NO_x) gases turn in to particles that can be inhaled deep into people's lungs.**
- **In high levels of the fine particles there is an increase in illnesses, a key component of urban smog, cause inflammation and damage to tissues, and premature death from respiratory diseases such as:**
- **Asthma and Bronchitis.**



Health Problems

- These particles are particularly dangerous to the elderly and to people with heart and respiratory diseases.
- Nitrogen oxides cause ground-level ozone that causes respiratory problems like:
- Pneumonia and Bronchitis

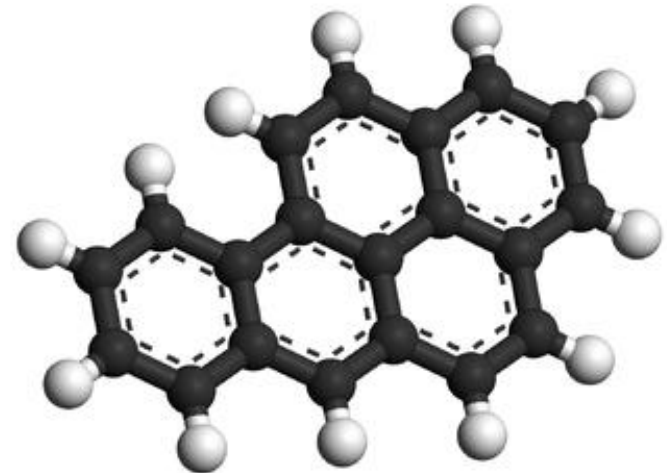


V) Μονοξείδιο του άνθρακα

- **4 ppm — επί 8 ώρες:** *Πρότυπο*
- **50 ppm — επί 6 ώρες:**
Παθολογοανατομίες βλάβες καρδιάς και εγκεφάλου
- **50 ppm — επί 50':**
Διαταραχές οπτικής οξύτητας
- **50 ppm — 8-12 ώρες:**
Ψυχολογικές διαταραχές (τρόμος, αδεξιότητα)

ΠΑΥς (Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες - PAHs

- Υπολογίζεται ότι η μακρόχρονη επίπτωση της νεοπλασίας ανέρχεται σε
- 8,7 ανά 100.000 εκτιθέμενους ανά ηg Βενζο(α)Πυρενίου /κυβικό μέτρο.



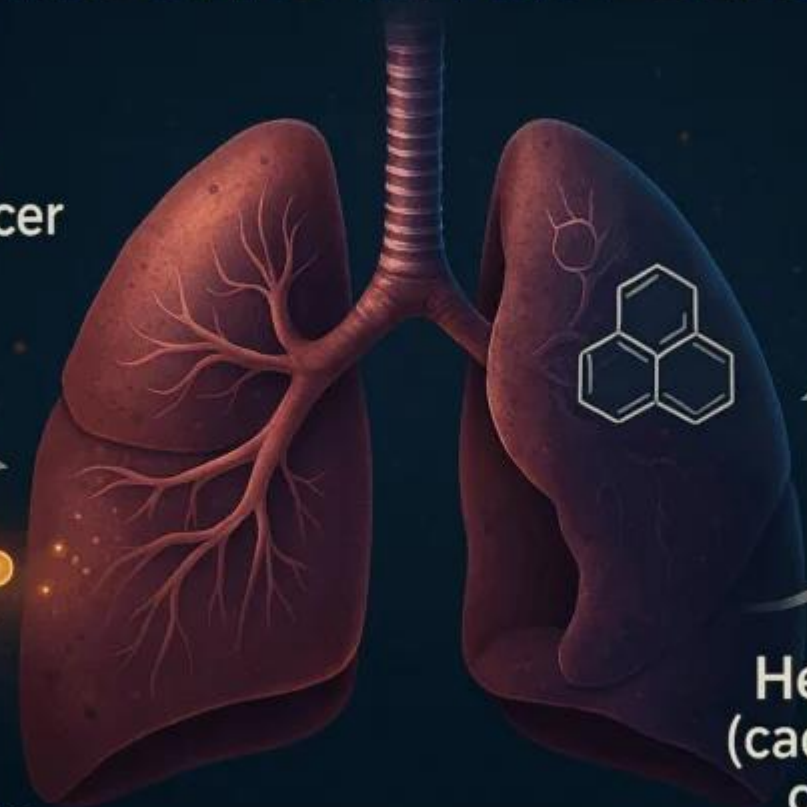
CARCINOGENS IN AIR POLLUTION

PM 2.5:
penetrates
lungs → cancer
risk


PM_{2.5}:
cause
DNA damage

PAHs:
cause DNA
damage

Heavy metals
(cadmium, lead,
chromium):
fuel tumor growth



OncoDaily



Ασθένειες (συνήθως επαγγελματικές) που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση

A) Silicosis - Πυριτίαση

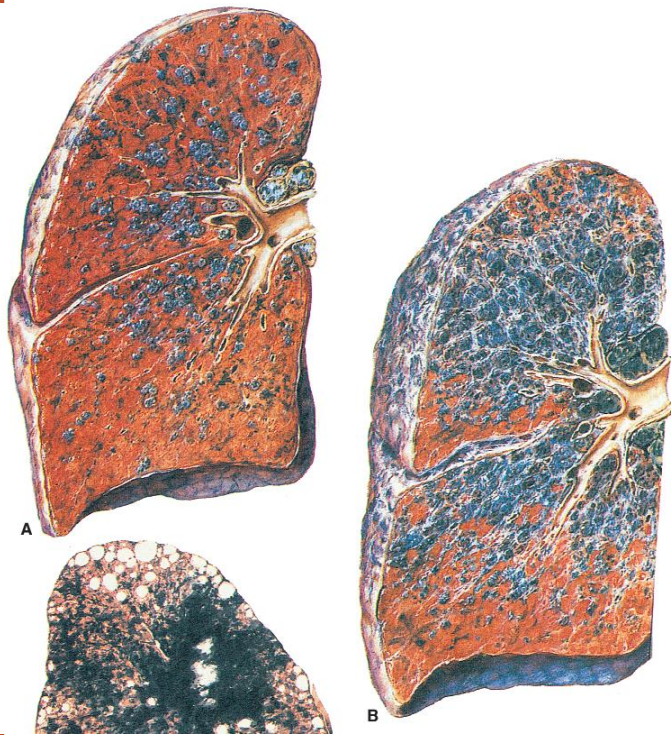
- Πνευμονοπάθεια που οφείλεται στην εισπνοή SiO_2 σε κρυσταλλική μορφή (το άμορφο μη κρυσταλλικό πυρίτιο δεν προκαλεί πυριτίαση όταν εισπνέεται)
- Διάνοιξη υπόγειων σηράγγων, κατασκευή δρόμων, επεξεργασία δομικών υλικών κλπ.
- 1920 Vermont όλοι οι εργαζόμενοι στα μεταλλεία γρανίτη είχαν πυριτίαση. Λήψη μέτρων. 1937 κανένας δεν είχε πυριτίαση.

A) Silicosis - Πυριτίαση

- Μετά από μακρόχρονη έκθεση οι πνεύμονες παθαίνουν φλεγμονή και οίδημα, κόβεται η αναπνοή, υπάρχει ξηρός επίμονος βήχας και μπορεί τελικά να προκαλέσει αναπνευστική ανεπάρκεια και θάνατο.
- Εκτός από τη βρογχίτιδα και την ΧΑΠ, η πυριτίαση έχει συσχετιστεί με αυξημένα επίπεδα καρκίνου των πνευμόνων, φυματίωση, σκληροδερμία

Silicosis - Πυριτίαση

- Λεπτές τομές πνεύμονα
- Α. Πυριτίαση
- Β. Επιπεπλεγμένη πυριτίαση (μαζική πνευμονική ίνωση)

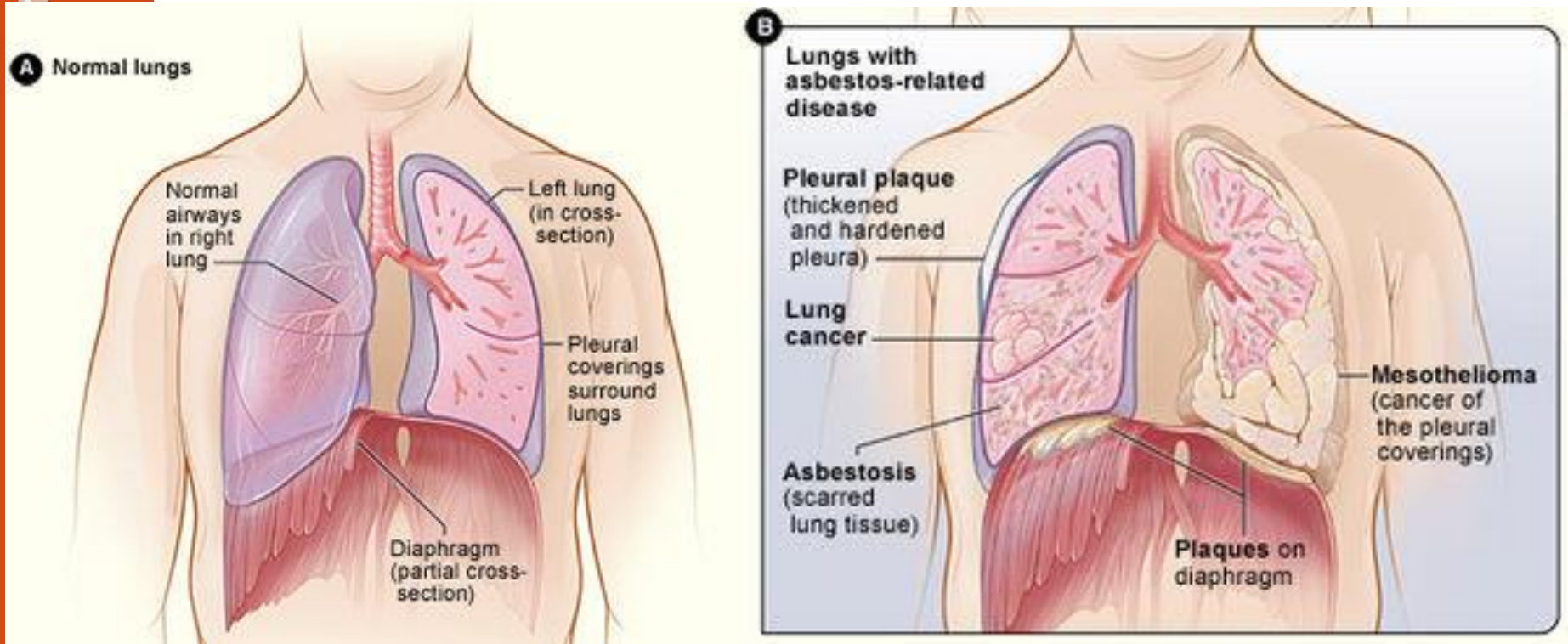


B) Asbestos – Αμιάντος



- $Mg_3P(Si_2O_5)(OH)_4$
- Οι ίνες του είναι πολύ λεπτές
- Η έκθεση σε αναπνεύσιμες ίνες αμιάντου (διαμέτρου μικρότερης των 3μ), είναι δυνατόν να προκαλέσει διάμεσο πνευμονική ίνωση. Η νόσος αυτή ονομάστηκε αμιάντωση (asbestosis) από τον Cooke το 1927.
- Χαρακτηριστικά έχει αποδειχθεί ότι έκθεση σε 0,3-1,1 ίνες αμιάντου ανά cm^3 προκαλεί εντός 40 ετών αμιάντωση στο 1% των εργατών
- Φλεγμονή των πνευμόνων σε σχέση με δυσκολία στην αναπνοή, βήχα, και μόνιμη πνευμονική βλάβη.
- Μεσοθηλίωμα: από τις πιο δύσκολες ασθένειες που σχετίζονται με την επαγγελματική έκθεση

Ασθένειες πνεύμονα σχετιζόμενες με έκθεση σε αμίαντο



Φυσιολογικοί πνεύμονες, αεραγωγοί, υπεζωκότας και διάφραγμα

- Πνεύμονες μετά από έκθεση σε αμίαντο: Πλάκα υπεζωκότα, καρκίνος πνεύμονα, αμιάντωση, πλάκα διαφράγματος και μεσοθηλίωμα.

Συνεργιστική δράση

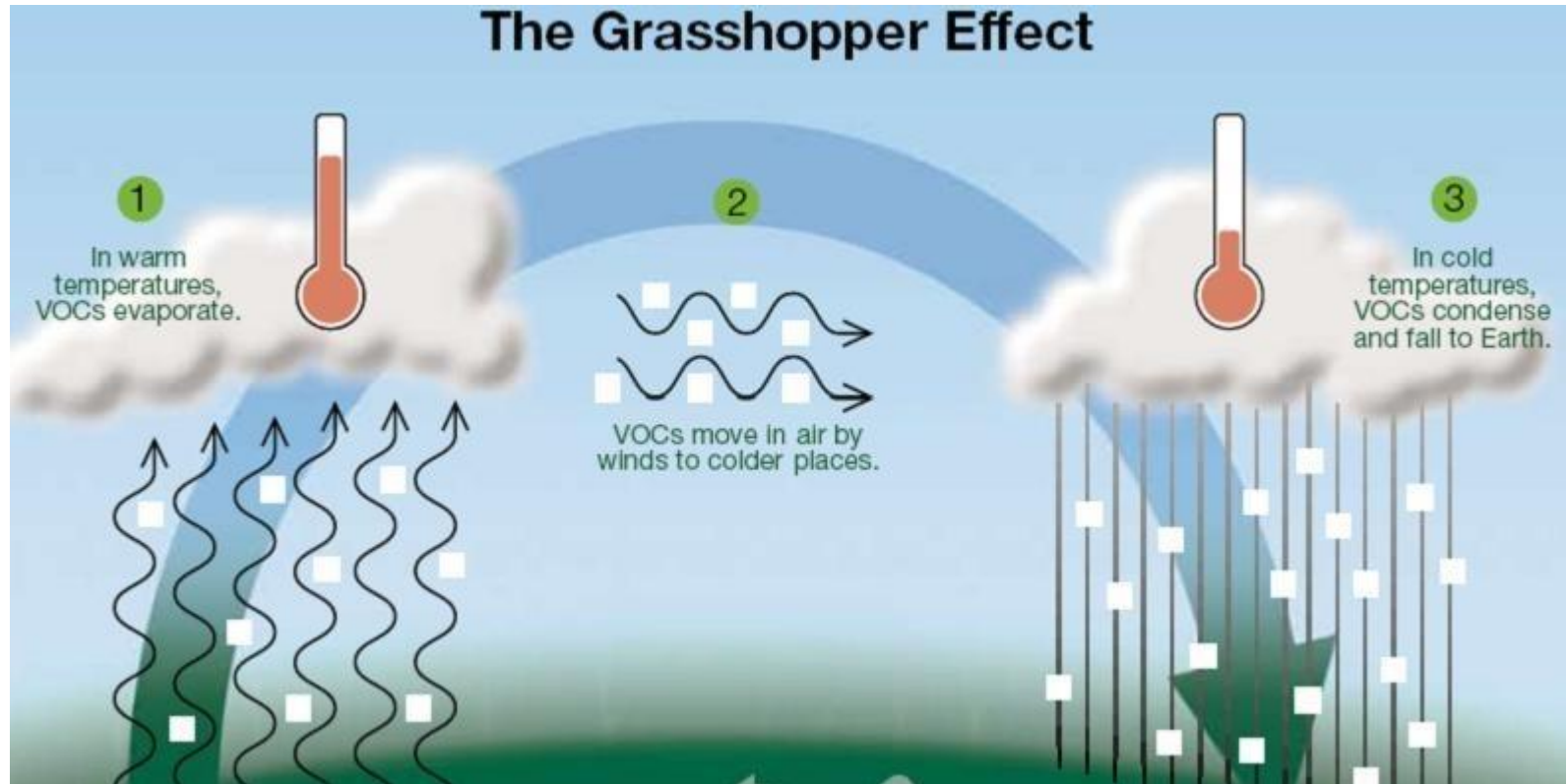
- Υπάρχει έντονη συνεργιστική δράση της έκθεσης σε αμίαντο και της έκθεσης σε κάπνισμα για τον καρκίνο των πνευμόνων.
- Τυπικά, ενώ η επίπτωση του καρκίνου του πνεύμονα αυξάνεται ~ 5 φορές από τη μακρόχρονη έκθεση σε αμίαντο και ~10 φορές από το κάπνισμα, η ταυτόχρονη έκθεση και στα δύο αυξάνει την επίπτωση του καρκίνου κατά ~50 φορές!!



Πλανητική Απόσταξη (**GRASS HOPPER EFFECT**)

- γεωχημική διαδικασία μέσω της οποίας ορισμένες χημικές ουσίες, και κυρίως οι ανθεκτικοί οργανικοί ρύποι (POP), μεταφέρονται από θερμότερες σε ψυχρότερες περιοχές της Γης, ιδίως στους Πόλους και στις κορυφές των βουνών.

GRASS HOPPER EFFECT



Air Quality Index - AQI

Ρύπος	Επίπεδο δείκτη (με βάση τη συγκέντρωση των ρύπων σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	Καλή	Ικανοποιητική	Μέτρια	Κακή	Πολύ κακή	Εξαιρετικά κακή
Λεπτόκοκκα αιωρούμενα σωματίδια $\text{PM}_{2,5}$	0 - 10	10 - 20	20 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 800
Χονδρόκοκκα σωματίδια PM_{10}	0 - 20	20 - 40	40 - 50	50 - 100	100 - 150	150 - 1200
Διοξείδιο του αζώτου NO_2	0 - 40	40 - 90	90 - 120	120 - 230	230 - 340	340 - 1000
Όζον O_3	0 - 50	50 - 100	100 - 130	130 - 240	240 - 380	380 - 800
Διοξείδιο του θείου SO_2	0 - 100	100 - 200	200 - 350	350 - 500	500 - 750	750 - 1250

- Ο Ευρωπαϊκός Δείκτης Ποιότητας του Αέρα (Air Quality Index - AQI) αντανακλά τον πιθανό αντίκτυπο της αέριας ρύπανσης στην υγεία και υπολογίζεται με βάση τις συγκεντρώσεις των παρακάτω πέντε ρύπων: Σωματίδια (PM_{10}), Λεπτόκοκκα σωματίδια ($\text{PM}_{2.5}$), Όζον (O_3), Διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και Διοξείδιο του θείου (SO_2)

Μηνύματα προς το γενικό πληθυσμό και τις ευάλωτες ομάδες ανάλογα με την τιμή του δείκτη ποιότητας αέρα

Δείκτης ποιότητας αέρα (AQ)	Γενικός πληθυσμός	Ευαίσθητοι πληθυσμοί
Καλή	Η ποιότητα του αέρα είναι καλή. Απολαύστε τις συνηθισμένες υπαίθριες δραστηριότητές σας	
Ικανοποιητική	Απολαύστε τις συνηθισμένες υπαίθριες δραστηριότητές σας	
Μέτρια	Απολαύστε τις συνηθισμένες υπαίθριες δραστηριότητές σας	Εξετάστε το ενδεχόμενο να μειώσετε τις έντονες υπαίθριες δραστηριότητες, εάν εμφανίσετε συμπτώματα.
Κακή	Εξετάστε το ενδεχόμενο να μειώσετε τις έντονες δραστηριότητες σε εξωτερικούς χώρους, εάν εμφανίσετε συμπτώματα όπως πόνο στα μάτια, βήχα ή πονόλαιμο	Εξετάστε το ενδεχόμενο να μειώσετε τις υπαίθριες δραστηριότητες, εάν εμφανίσετε συμπτώματα.
Πολύ κακή	Εξετάστε το ενδεχόμενο να μειώσετε τις έντονες δραστηριότητες σε εξωτερικούς χώρους, εάν εμφανίσετε συμπτώματα όπως πόνο στα μάτια, βήχα ή πονόλαιμο	Μειώστε τις σωματικές δραστηριότητες, ιδιαίτερα σε εξωτερικούς χώρους, ειδικά εάν εμφανίσετε συμπτώματα.
Εξαιρετικά κακή	Μειώστε τις σωματικές δραστηριότητες σε εξωτερικούς χώρους.	Αποφύγετε τις σωματικές δραστηριότητες σε εξωτερικούς χώρους.