

Ατμοσφαιρική ρύπανση και επιπτώσεις στην υγεία

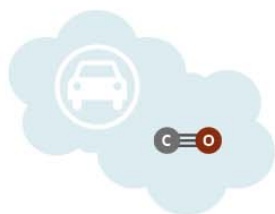
Μιχάλης Λεοτσινίδης
Καθηγητής Υγιεινής
Πανεπιστήμιο Πατρών

ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

- Καλείται η ύπαρξη στον ατμοσφαιρικό αέρα ύλης και ενέργειας που μπορεί να προκαλέσει οικολογικές διαταραχές και βλάβες στον ανθρώπινο οργανισμό
- Πρωτογενείς ρύποι, π.χ. CO₂, αιωρούμενα σωματίδια
- Δευτερογενείς ρύποι, π.χ. όζον

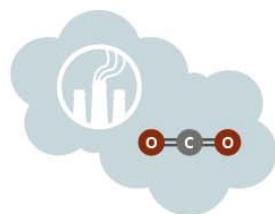
A BRIEF GUIDE TO ATMOSPHERIC POLLUTANTS

A number of different chemical entities, from a range of sources, can contribute towards atmospheric pollution, the consequences of which can include global warming and smog. This graphic looks at a selection of major groups of atmospheric pollutants, their major sources, and their effects.



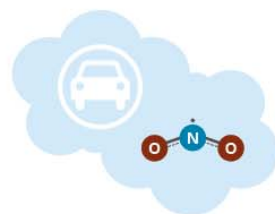
CARBON MONOXIDE

A gas generated by the incomplete combustion of fuels – primarily from road transport. Affects human health, as it reduces oxygen-carrying capacity of the blood. It also reacts with other atmospheric gases to produce ozone.



CARBON DIOXIDE

A gas generated by the burning of fossil fuels in the production of electricity. Also emitted by natural processes. Human emissions are linked with rising atmospheric CO₂ levels and anthropogenic global warming.



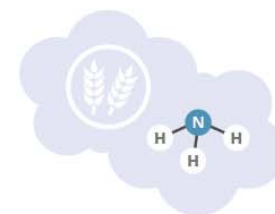
NITROGEN OXIDES

Primarily created by combustion in road transport. Nitrous oxide is an important global warming contributor, whilst nitrogen dioxide is involved in ground-level ozone forming reactions, and is also a component of smog.



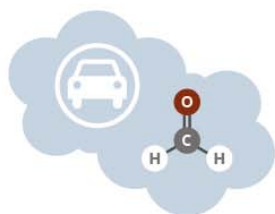
SULFUR DIOXIDE

The primary source of sulfur dioxide is the burning of fossil fuels to generate electricity. It can contribute to smog, reacts with water to produce acid rain, and can also cause wheezing and breathing problems for asthmatics.



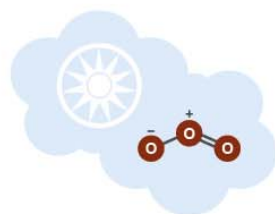
AMMONIA

Ammonia's primary atmospheric source is from its use in agriculture, such as manure & fertilisers. It can react with other pollutants to produce particulate matter. It also has the ability to over-enrich ecosystems with nitrogen.



VOCs

VOCs (volatile organic compounds) are emitted naturally by vegetation. Amongst significant human sources is road transport, as well as solvents. They can contribute to formation of ground-level ozone and smog.



OZONE

The ozone layer shields us from UV radiation, but ground-level ozone is a major pollutant. It's formed from other pollutants in the presence of sunlight. Ozone is a major component of smog, and can also cause health effects.



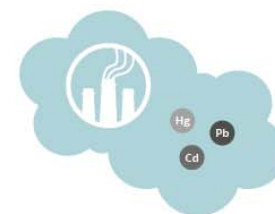
POPs

POPs (persistent organic pollutants) are volatile chemicals released into the atmosphere, often from agricultural or industrial uses. They persist in the environment and can have health effects on both wildlife & humans.



PARTICULATE MATTER

Particulate matter is composed of a huge number of different components. Some are directly emitted, while others are generated by reactions in the atmosphere. They cause haze and can also cause lung problems if inhaled.

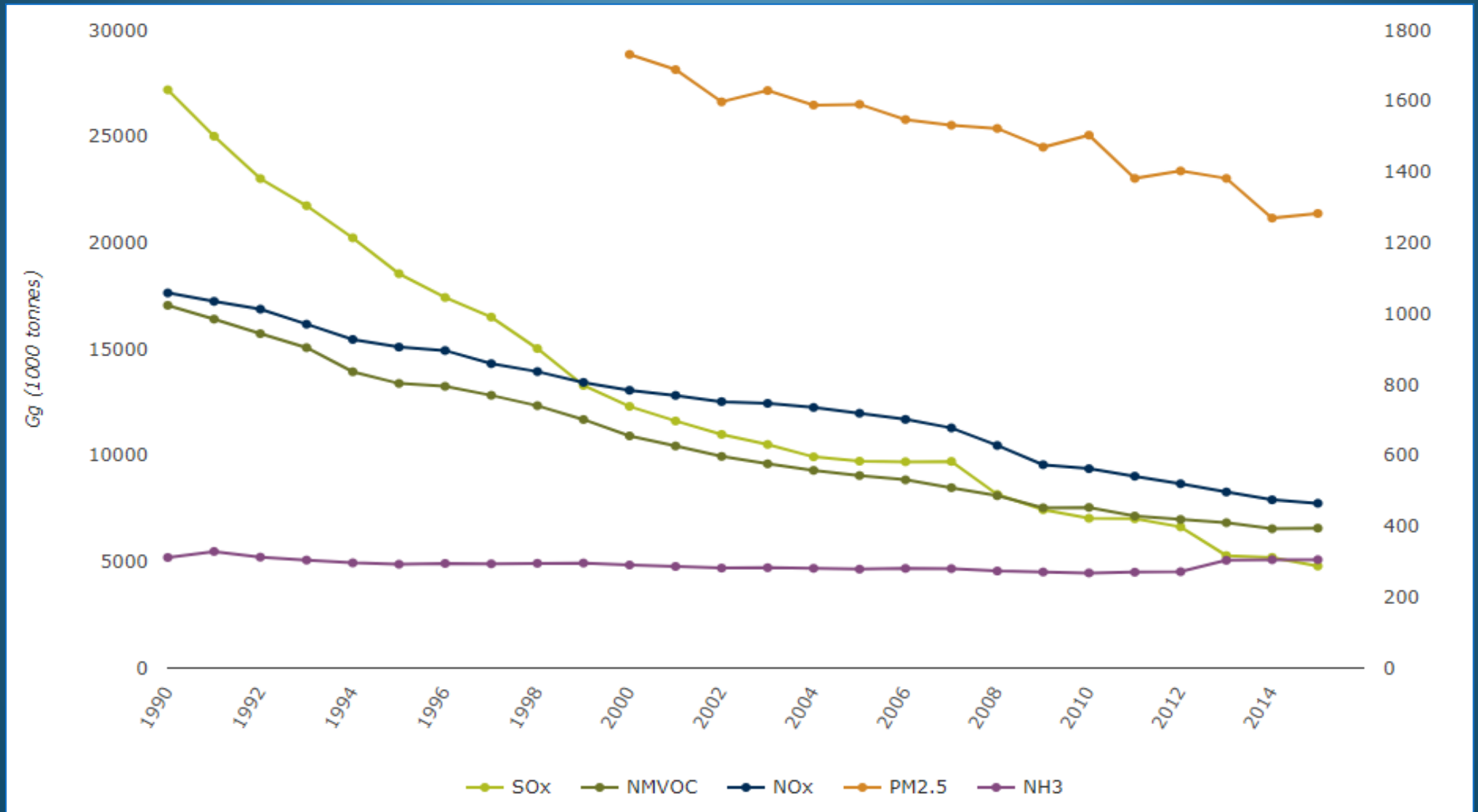


HEAVY METALS

Heavy metals are released into the atmosphere from a range of sources, including burning of fossil fuels and road transport emissions. Some, such as mercury and lead, have toxic health effects in humans.



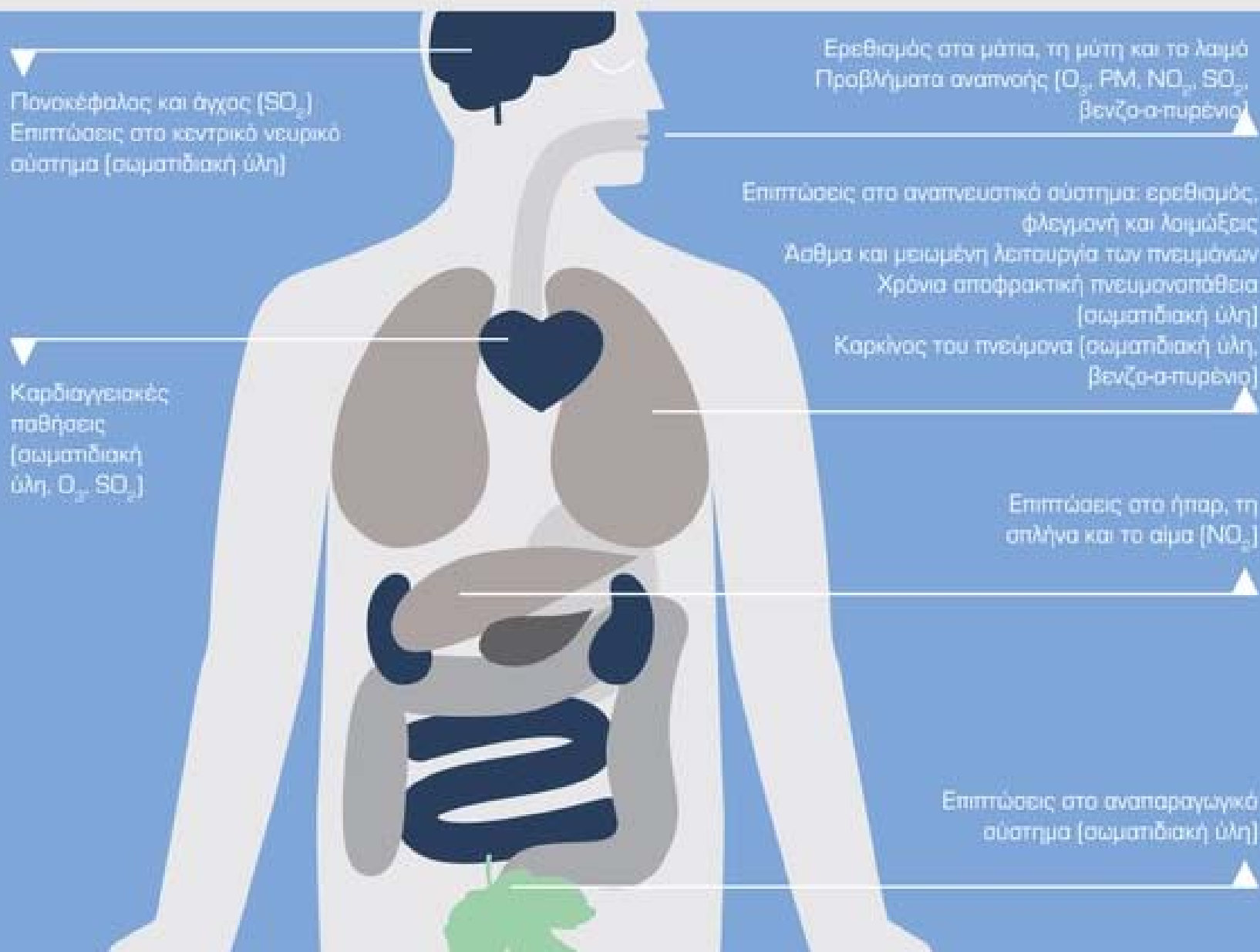
Οι σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι και η σταδιακή μείωση τους με το πέρασμα των χρόνων



Πηγή: Ε.Ο.Π., 2017. Οι εκπομπές PM2.5 εμφανίζονται στον δευτερεύοντα άξονα γ

Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία

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

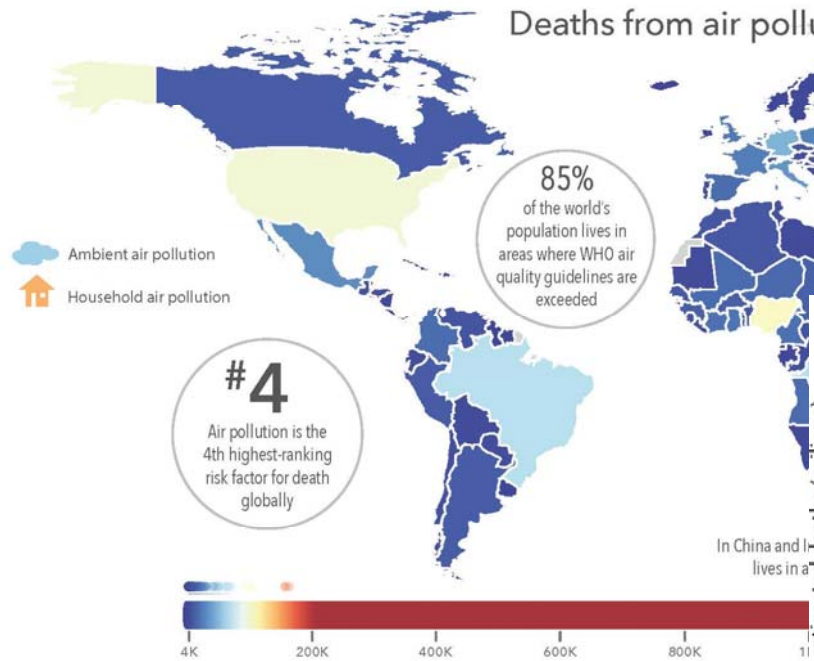


Ατμοσφαιρική ρύπανση

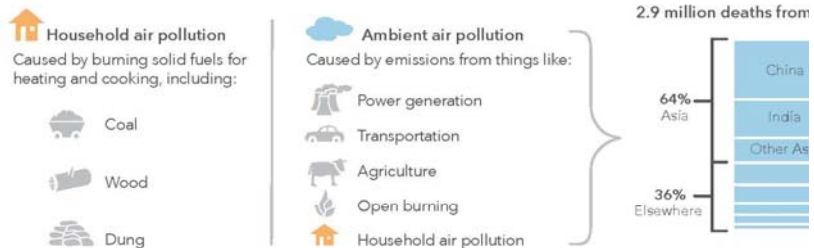
Ένας σιωπηλός θάνατος

Global Burden of

Deaths from air pollution



Air pollution was responsible for 5.5 million deaths in 2015

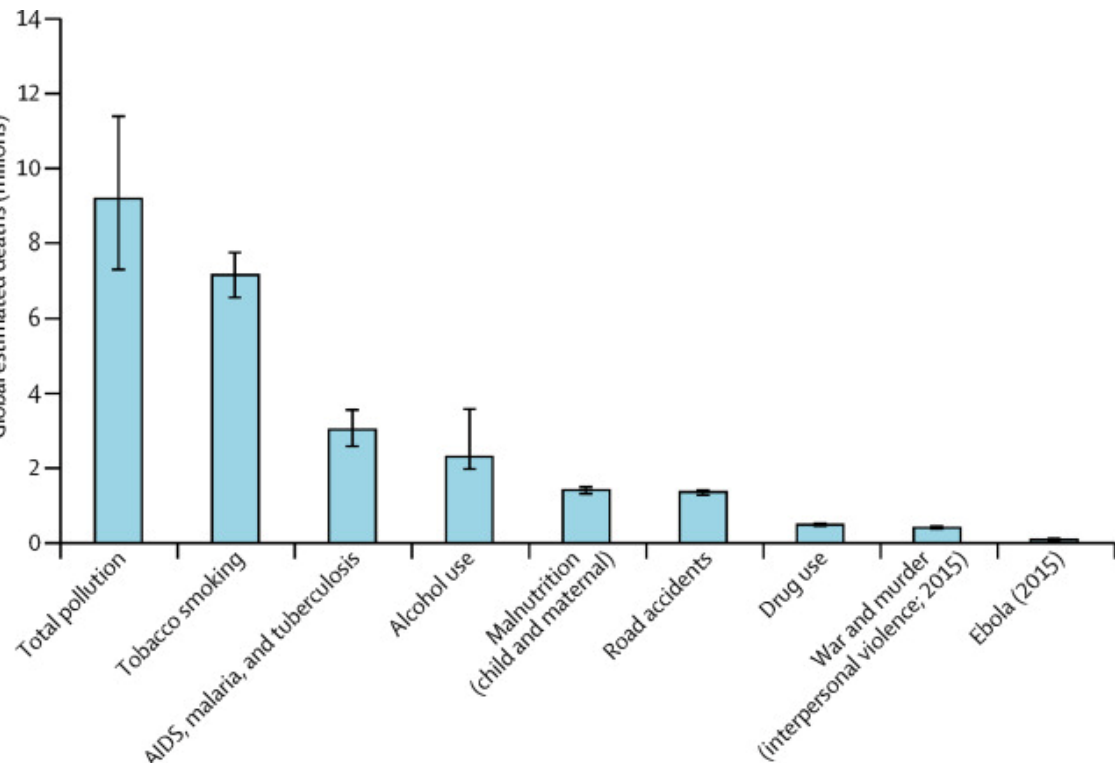


9 εκατομμύρια πρόωροι θάνατοι το 2015

Το 16% όλων των θανάτων παγκοσμίως

3 Χ περισσότεροι από ότι από AIDS, TB και ελονοσία μαζί

15 Χ περισσότερο από ό,τι από όλους τους πολέμους και άλλες μορφές βίας



Risk factors and causes

Source:

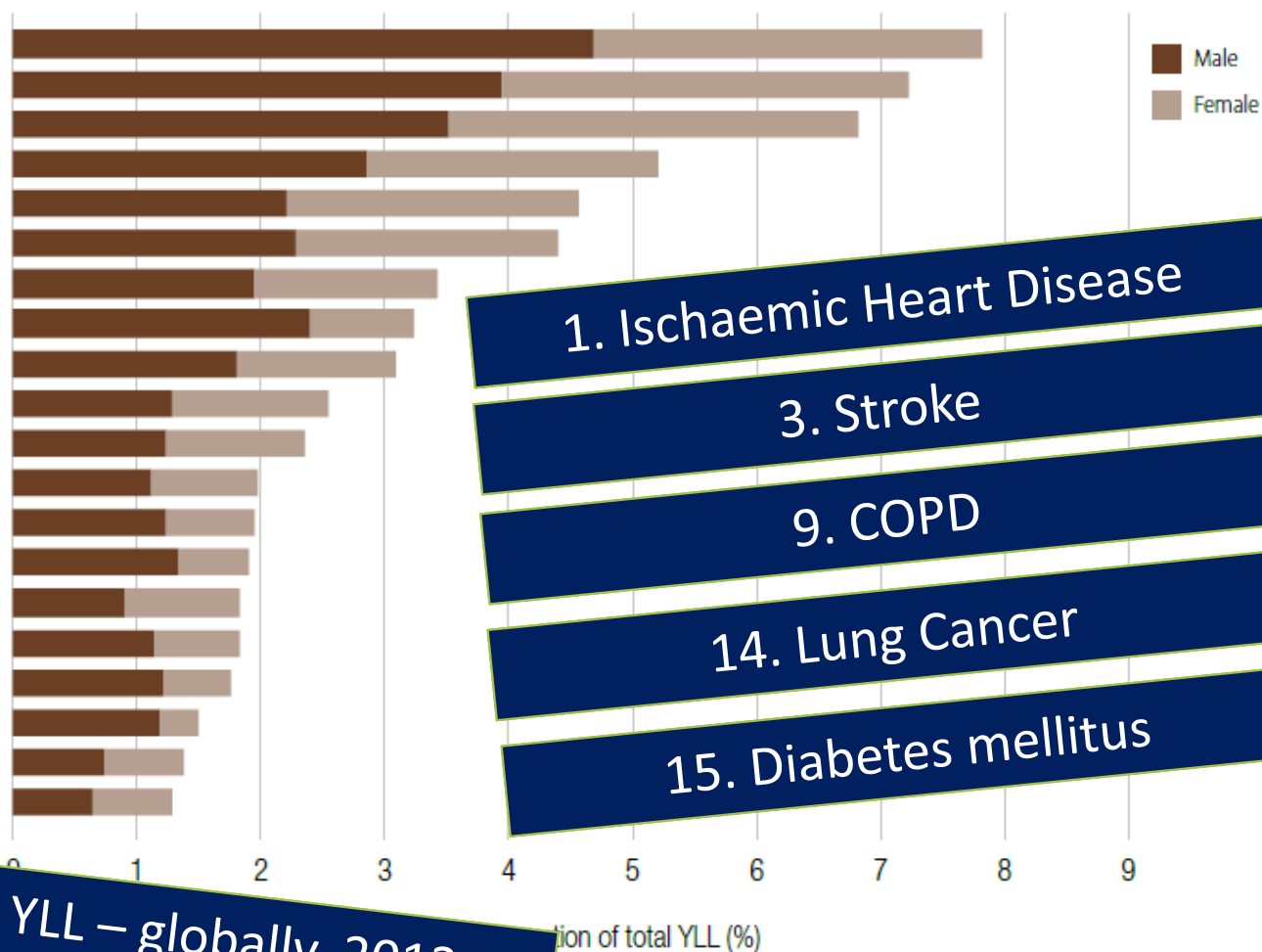
1. Forouzanfar MH, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioral, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*. 2015 Dec 5;386(10010):2287-323.

2. Brauer M, et al. Ambient air pollution exposure estimation for the Global Burden of Disease 2013. *Environmental Science & Technology*. 2016 Jan 5;50(1):79-88.

Source: [www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(17\)32345-0/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(17)32345-0/fulltext)

Years of life lost (YLL) due to premature mortality – trends and causes worldwide

1. Ischaemic heart disease
2. Lower respiratory infections
3. Stroke
4. Preterm birth complications
5. Diarrhoeal diseases
6. HIV/AIDS
7. Birth asphyxia and birth trauma
8. Road injury
9. Chronic obstructive pulmonary disease
10. Malaria
11. Congenital anomalies
12. Neonatal sepsis and infections
13. Self-harm
14. Trachea, bronchus, lung cancers
15. Diabetes mellitus
16. Tuberculosis
17. Cirrhosis of the liver
18. Interpersonal violence
19. Meningitis
20. Protein-energy malnutrition



1. Ischaemic Heart Disease

3. Stroke

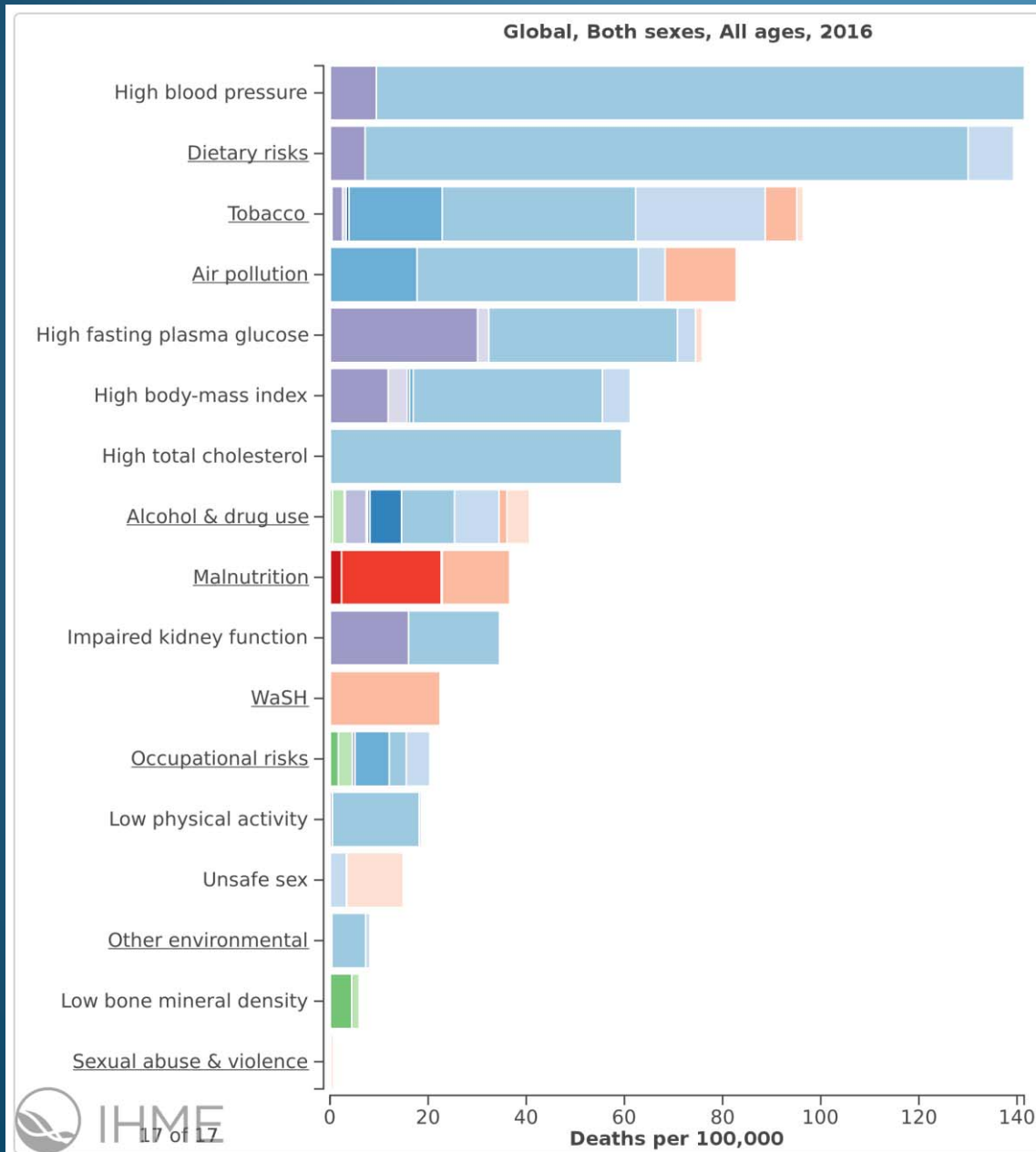
9. COPD

14. Lung Cancer

15. Diabetes mellitus

The 20 leading causes of YLL – globally, 2012

Βαρύτητα της νόσου - Υποκείμενες αιτίες και παράγοντες κινδύνου



Υψηλή πίεση του αίματος

Διατροφικοί κίνδυνοι

Κάπνισμα

Ρύπανση αέρα

Υψηλή γλυκόζη πλάσματος νηστείας

Υψηλός δείκτης σώματος-μάζας

Υψηλή χοληστερόλη

Αλκοόλ και χρήση ναρκωτικών

Υποσιτισμός

Διαταραχές της λειτουργίας των νεφρών

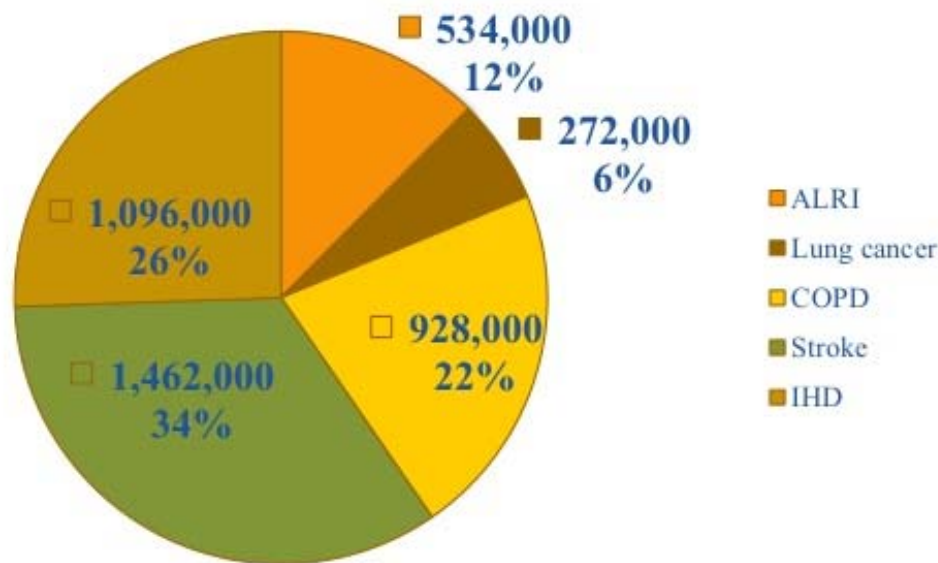
Επαγγελματικοί κίνδυνοι

Έλλειψη σωματικής δραστηριότητας

Η επιβάρυνση προέρχεται από τη ρύπανση τόσο του εσωτερικού όσο και του εξωτερικού αέρα



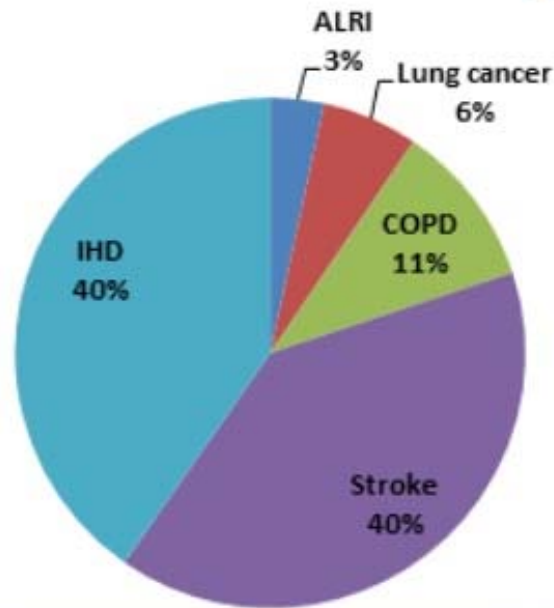
4.3 million deaths were attributed to household air pollution exposure in 2012



- **Over half** of deaths from childhood pneumonia are attributed to the exposure to HAP
- **88%** of these deaths are to non-communicable diseases like cardiovascular disease and chronic obstructive pulmonary disease (COPD).



3.7 million deaths were attributed to ambient air pollution exposure in 2012



Breakdown of by disease

~21 % of **all** deaths from ischaemic heart disease (IHD)

~23% of **all** deaths due to stroke

~13 % of **all** deaths to chronic obstructive pulmonary disease (COPD)



ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ Ή ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΑ (AEROSOLS)

Τα αιωρούμενα σωματίδια ή 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 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.

Διείσδυση σωματιδίων στο αναπνευστικό

- Εισπνεύσιμα
- Θωρακικά
- Αναπνεύσιμα

μύτια, δέρμα, μαλλιά
>10 μm

λάρυγγας
5 ... 10 μm

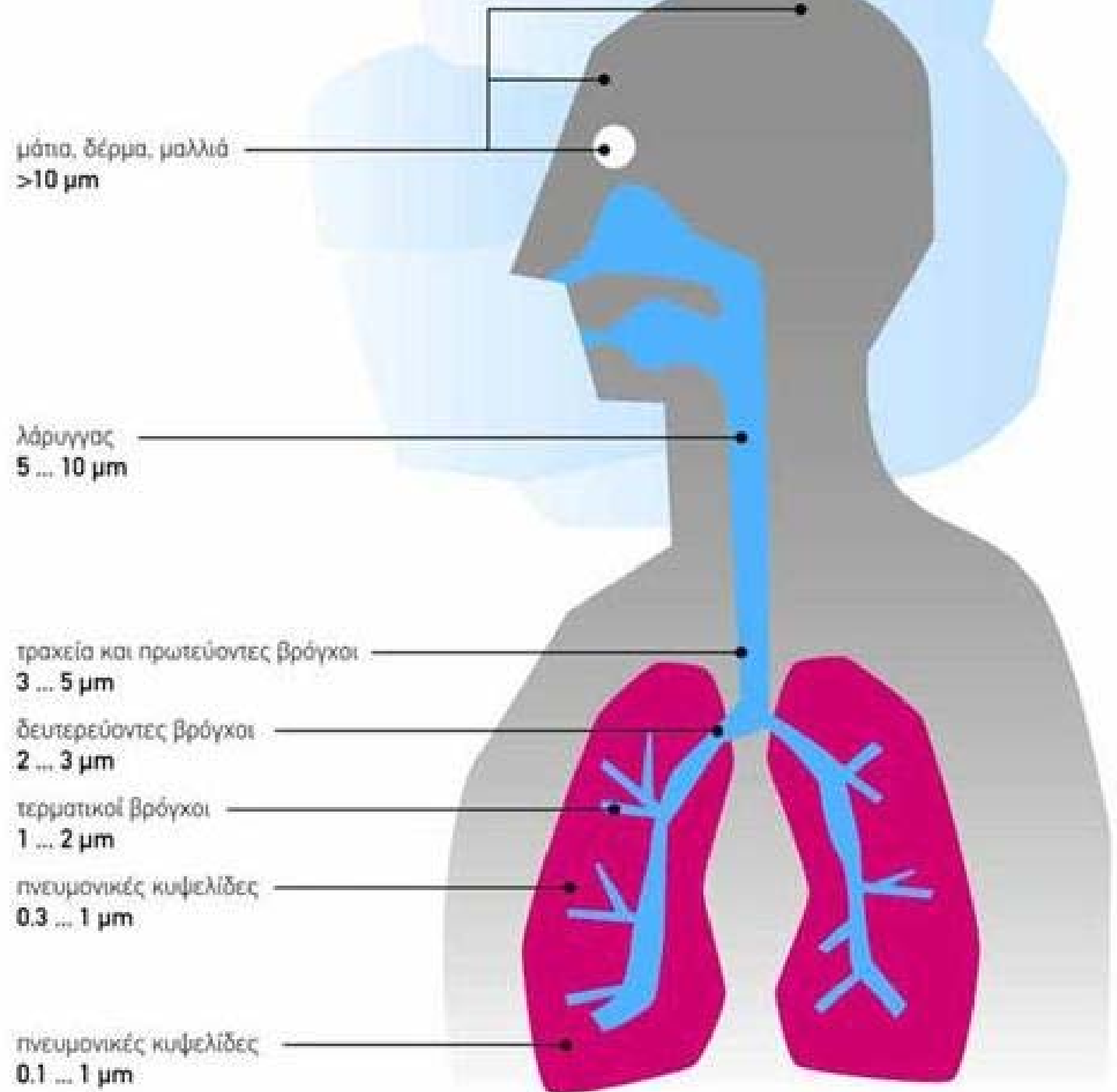
τραχεία και πρωτεύοντες βρόγχοι
3 ... 5 μm

δευτερεύοντες βρόγχοι
2 ... 3 μm

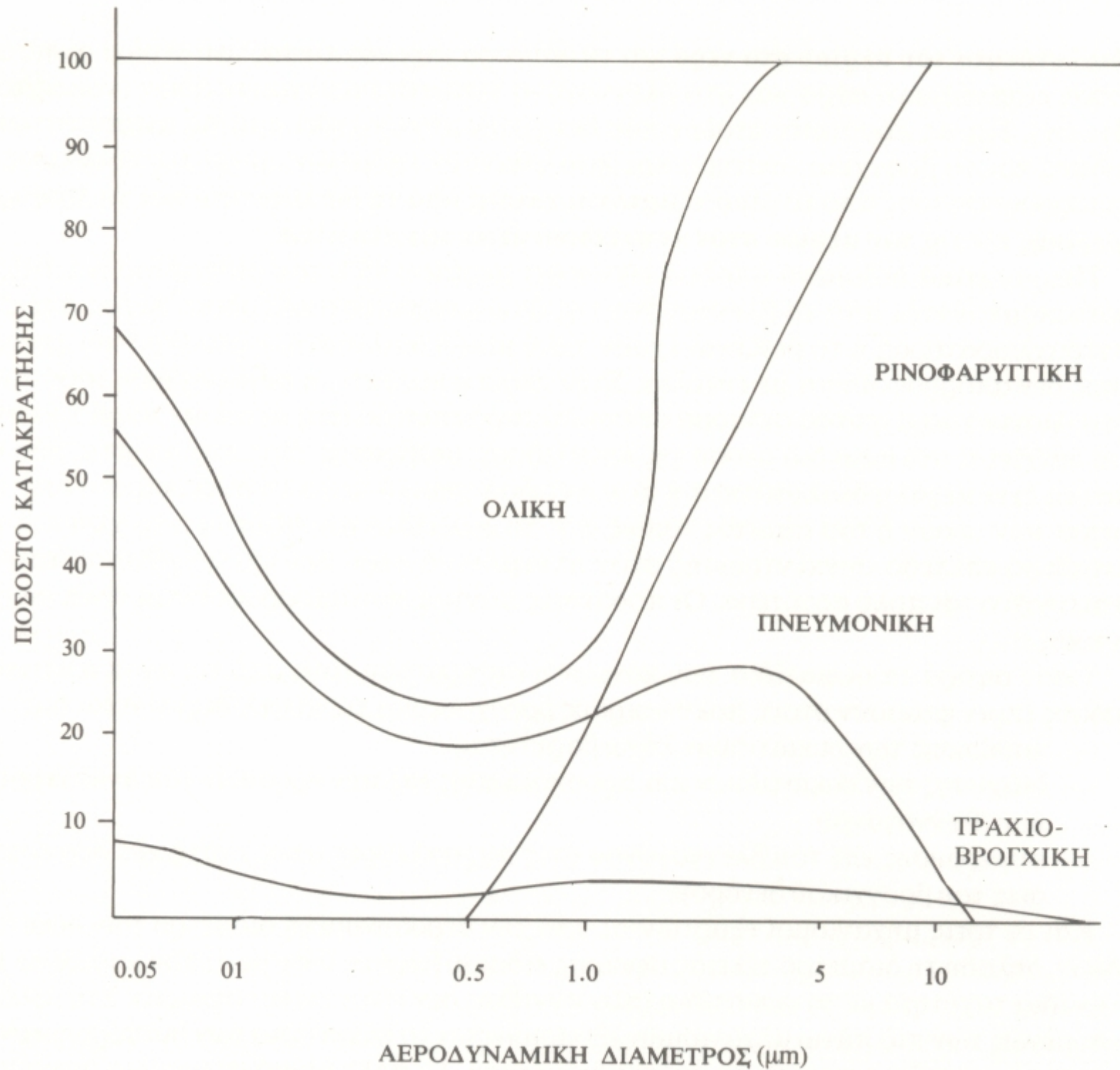
τερματικοί βρόγχοι
1 ... 2 μm

πνευμονικές κυψελίδες
0.3 ... 1 μm

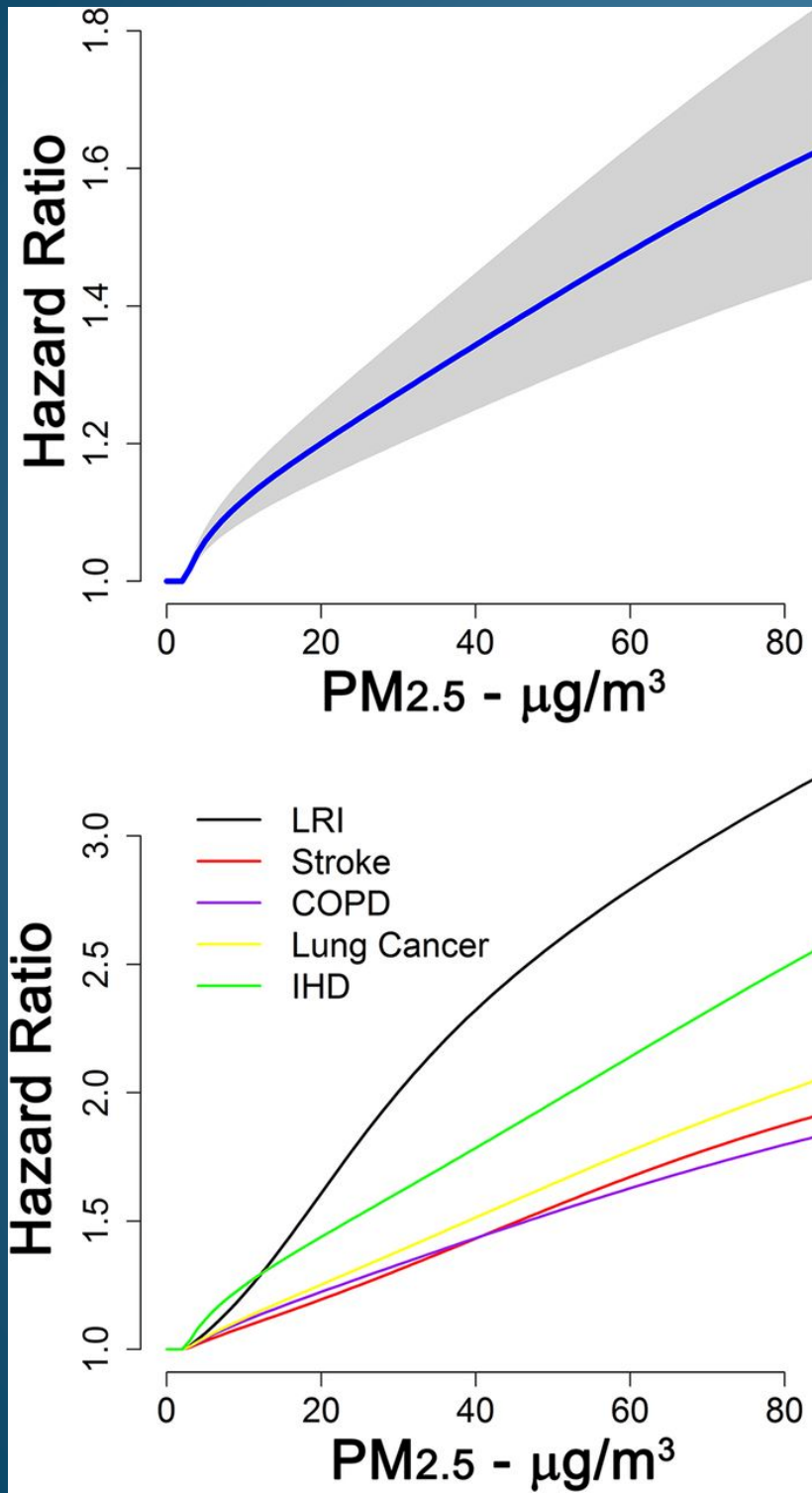
πνευμονικές κυψελίδες
0.1 ... 1 μm



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΚΑΤΑΚΡΑΤΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΝΕΩΝ



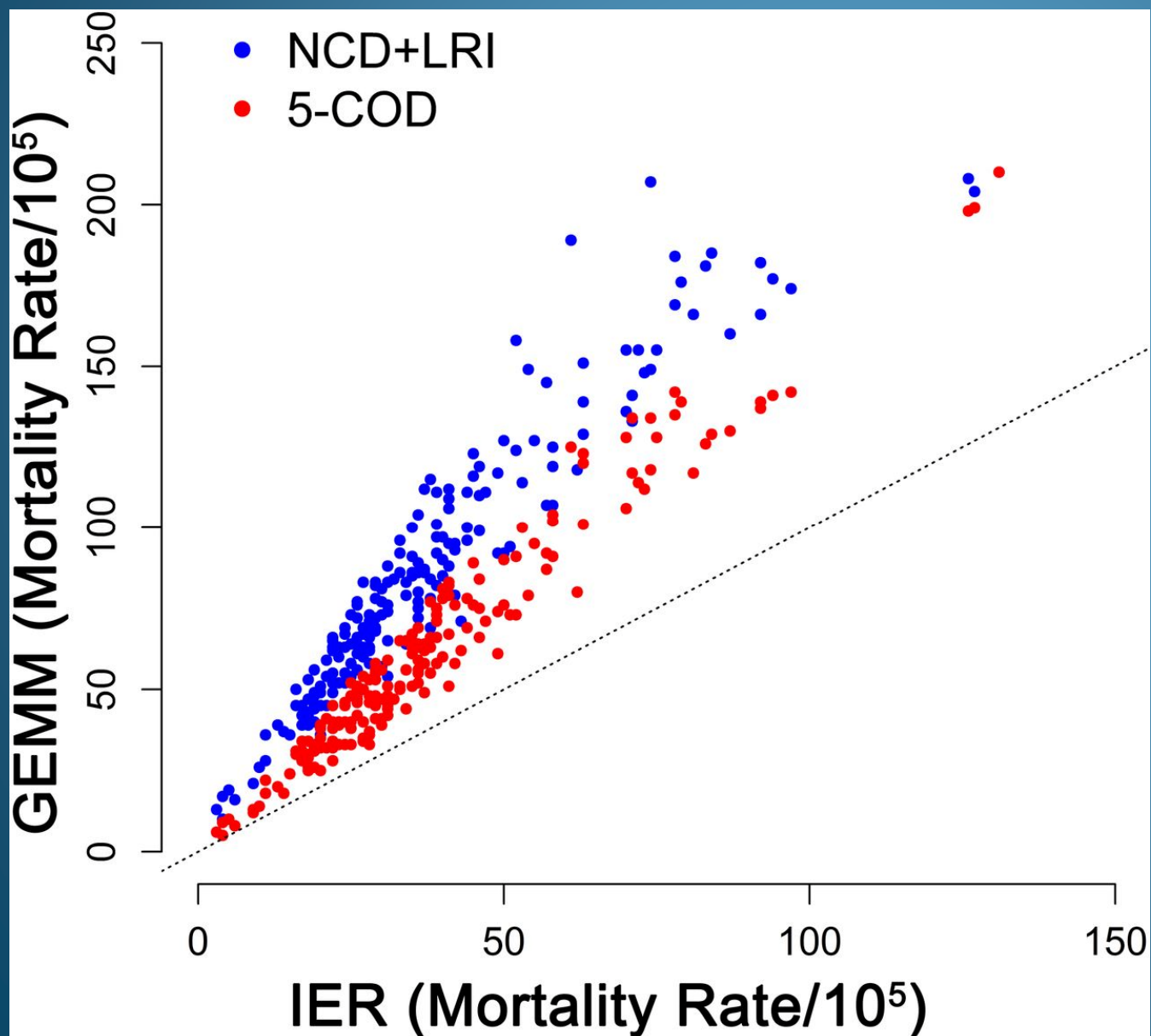
Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter
Burnett et al PNAS published ahead of print September 4, 2018



GEMM hazard ratio predictions over $\text{PM}_{2.5}$ exposure range for noncommunicable diseases plus LRIs (NCD+LRI). (*Top*) With 95% confidence interval (gray shaded area). (*Bottom*) GEMM predictions for each of the five causes of death displayed. GEMM NCD+LRI, GEMM IHD, and GEMM stroke were based on the 60- to 64-y-old age group.

Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter

Burnett et al PNAS published ahead of print September 4, 2018



Country-specific estimates of excess mortality rates associated with 100% reduction to the counterfactual concentration in population-weighted country average fine particulate matter concentrations by age-adjusted GEMM NCD+LRI vs. IER (blue dots) and GEMM 5 Causes of Death (COD) vs. IER (red dots). Dotted line represents 1:1 association.



Η διαμονή κοντά σε δρόμους υψηλής κυκλοφορίας μπορεί να είναι υπεύθυνη για 15-30% της επίπτωσης του άσθματος στα παιδιά και της COPD και CHD σε ενήλικες >65 ετών.

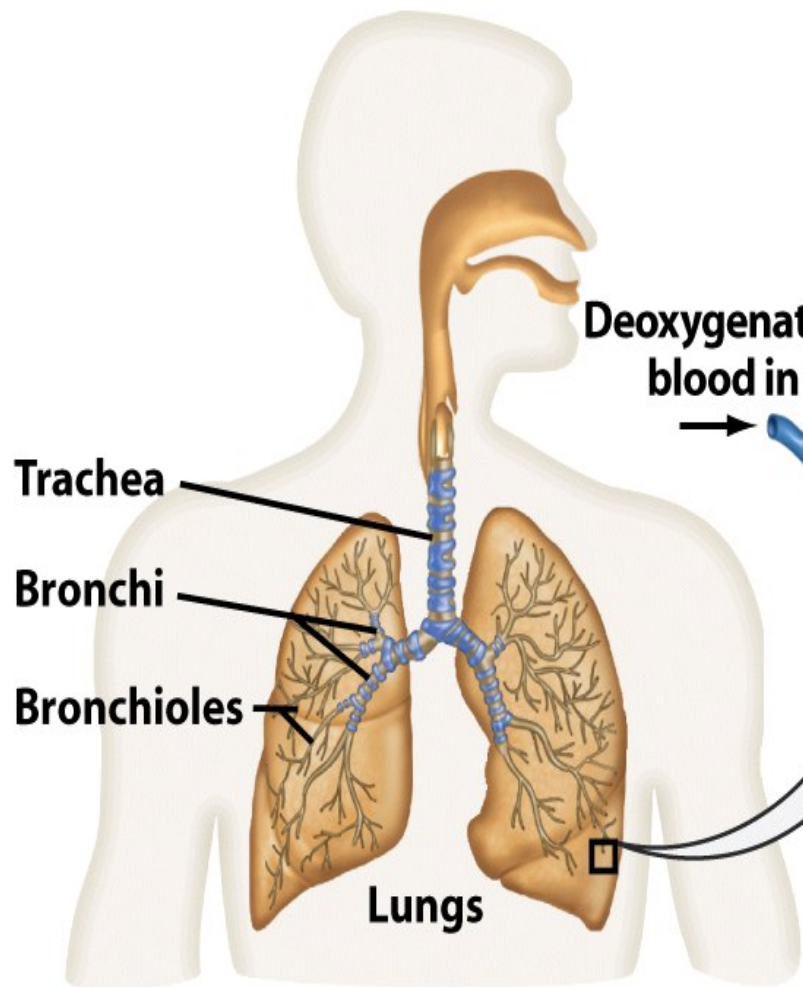
Η οικονομική επιβάρυνση υπολογίζεται σε 300 εκατ. € κάθε χρόνο

Αύξηση προσδόκιμ
25 πόλεις του δικτύ
τη συμμόρφωση εκ
όριο της WHO (10 µg/m³)

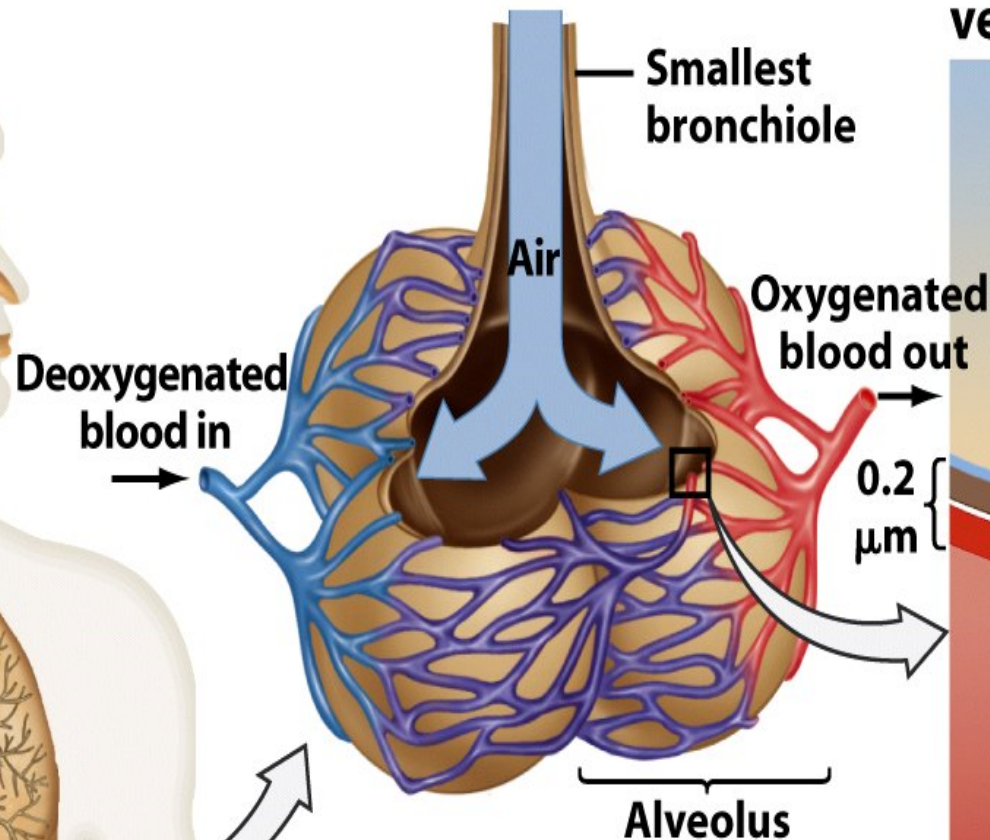
15000 απο καρδιαγγειακες
παθήσεις
31,5 δις € κόστος στην υγεία

Ο
ων οι

(a) Airways into the lung



(b) Alveoli



(c) The alveolar ventilatory surface

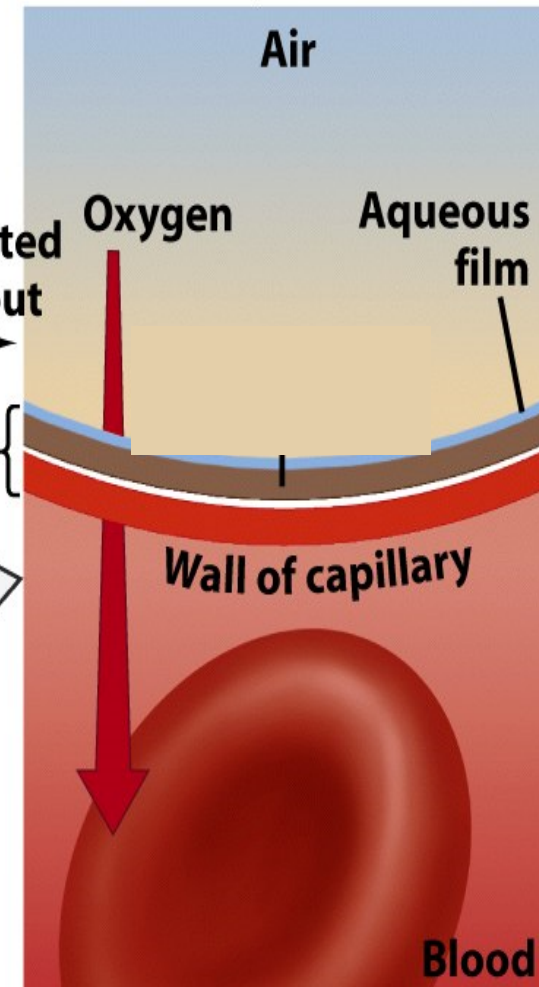
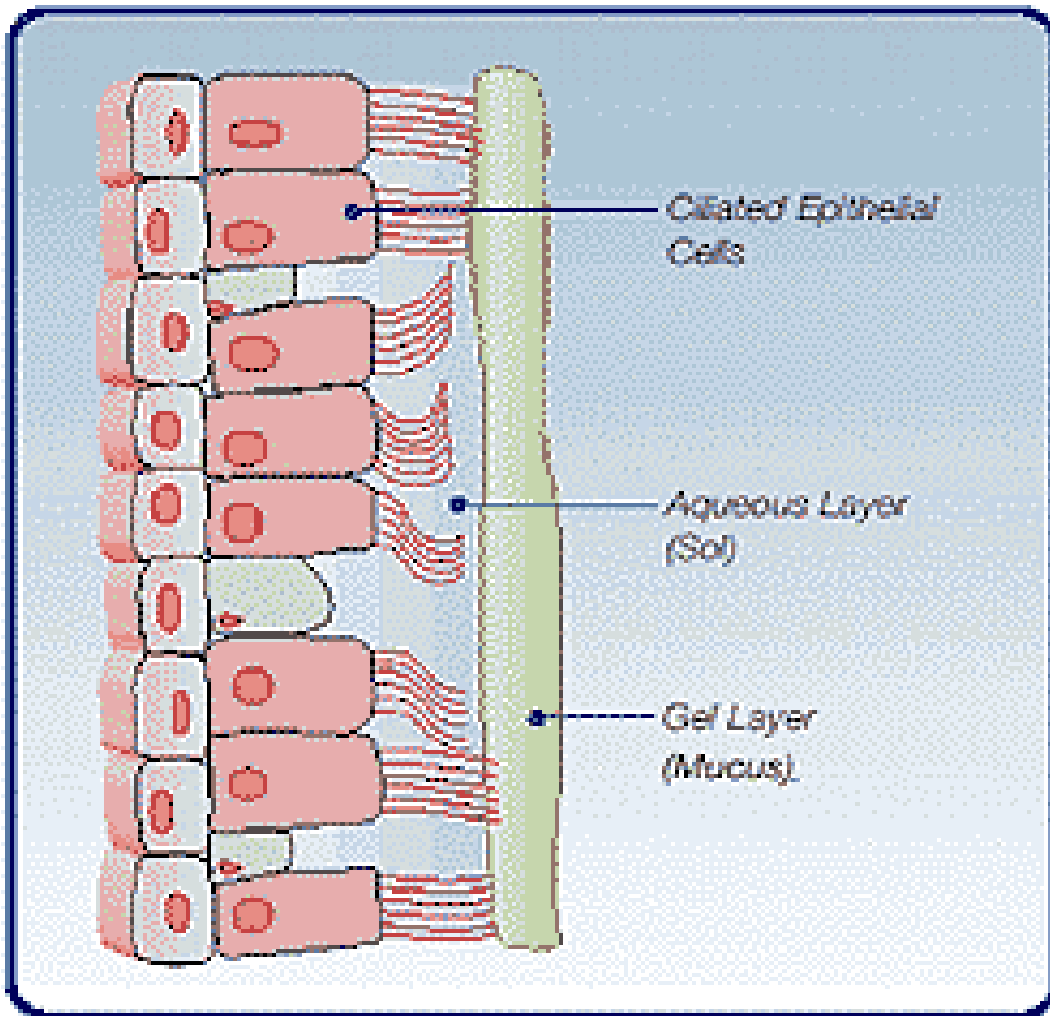


Figure 44-8 Biological Science, 2/e
© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Τα μικρά σωματίδια αερολύματος μπορούν να διεισδύσουν μέσω του τοιχώματος των κυψελίδων

Αναπνευστικό Σύστημα



Μηχανισμοί φυσικής προστασίας έναντι των σωματιδίων

ΡΙνο-φαρυγγικό (HAR)

- Ρινικές τρίχες (φίλτραση σωματιδίων)
- Βήχας, φτέρνισμα
- Στοματική έναντι ρινικής αναπνοής

Τραχειοβρογχικό (TBR)

- Βλεννοκροσσωτή συσκευή ή κλίμακα
- Βρογχική στένωση

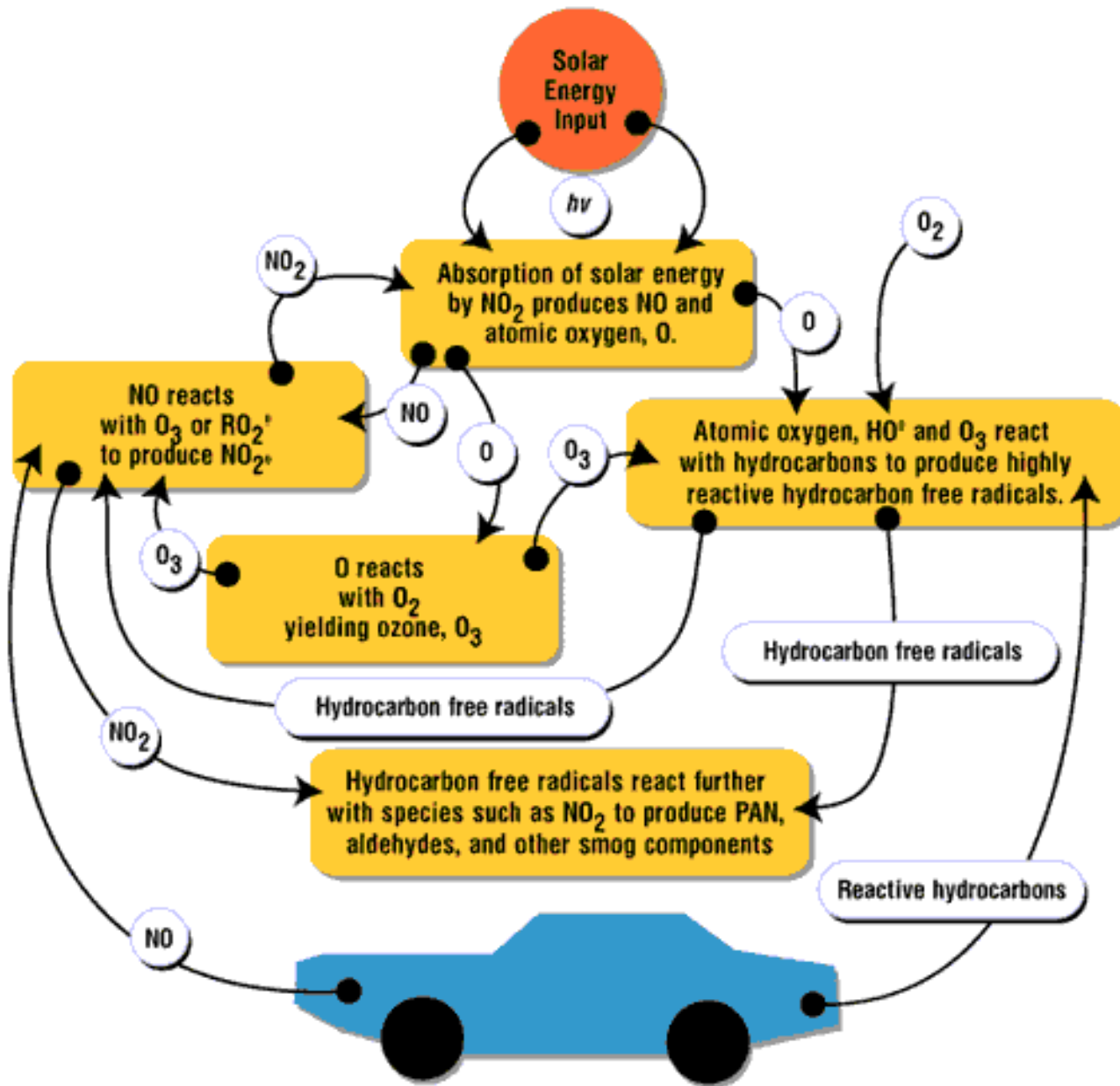
Πνευμονικές Κυψελίδες (GER)

- Μακροφάγα (φαγοκυττάρωση)
- Δεν υπάρχουν κροσσοί στις κυψελίδες

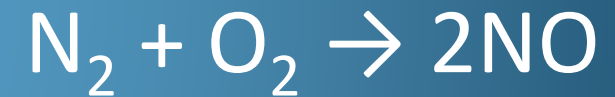
Μηχανισμοί κάθαρσης των σωματιδίων

Μηχανισμός	Σημείο	Ρυθμός κάθαρσης
Βήχας	Τραχεία, Βρόγχοι	Στιγμιαία
Κροσσωτός	Κύριος βρόγχος Βρογχικό δέντρο Αεραγωγοί βρογχιολίων	0.5 ώρα 3 ώρες 6 ώρες
Μακροφάγα	Κυψελίδες	24 ώρες
Λεμφικός	Πνευμονικός Ιστός	Μήνες, έτη

NO & NO₂ : NO_x



Κύρια πηγή οι
μηχανές
εσωτερικής
καύσης :



Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)

- Το 40% περίπου του NO₂ συγκρατείται από το βλεννογόνο της μύτης και φάρυγγα.
- Σε περίπτωση όμως σωματικής κόπωσης με υπέρπνοια, το 80 - 90% του NO₂ φθάνει μέχρι τα τελικά βρογχίδια.
- Πειραματικά αποδείχθηκε ότι το NO₂ ή παράγωγα παραμένουν επί μακρόν 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.

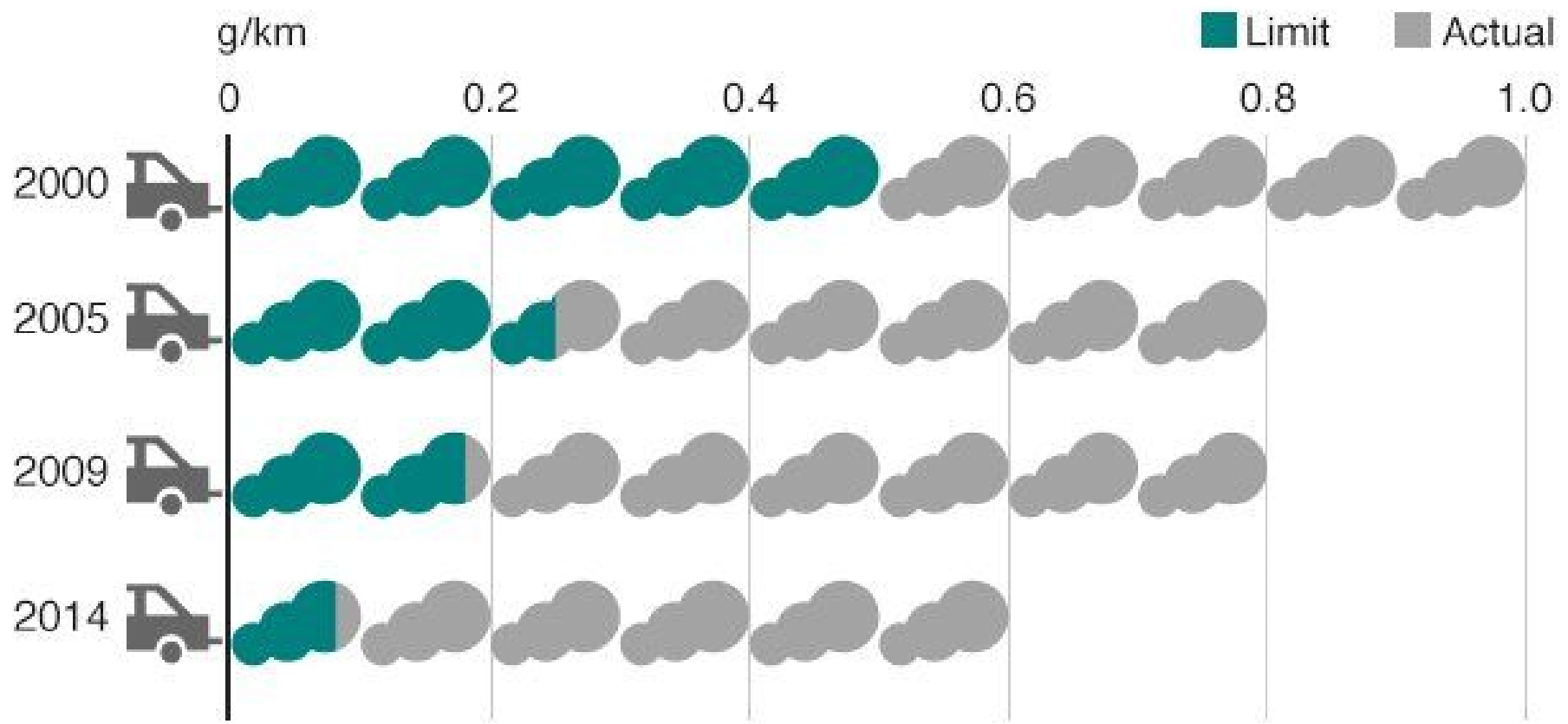
Τοξικές επιπτώσεις από τα NOx

- NO₂ πιο τοξικό από NO.
- Το NO₂ σε εξωτερικούς χώρους σπανίως φθάνει υψηλά επίπεδα. Σε ατυχήματα με απελευθέρωση NO₂ παρατηρούνται τοξικές επιπτώσεις ή και θάνατος.
- Βραχεία έκθεση σε 50-100 ppm NO₂ προκαλεί φλεγμονή των πνευμόνων για 6-8 εβδομάδες.
- Έκθεση σε 100-500 ppm προκαλεί θανατηφόρα φλεγμονή των πνευμόνων μετά από 3-5 εβδομάδες (*bronchiolitis fibrosa obliterans*).
- Έκθεση σε >500 ppm προκαλεί θάνατο σε 2-10 ημέρες



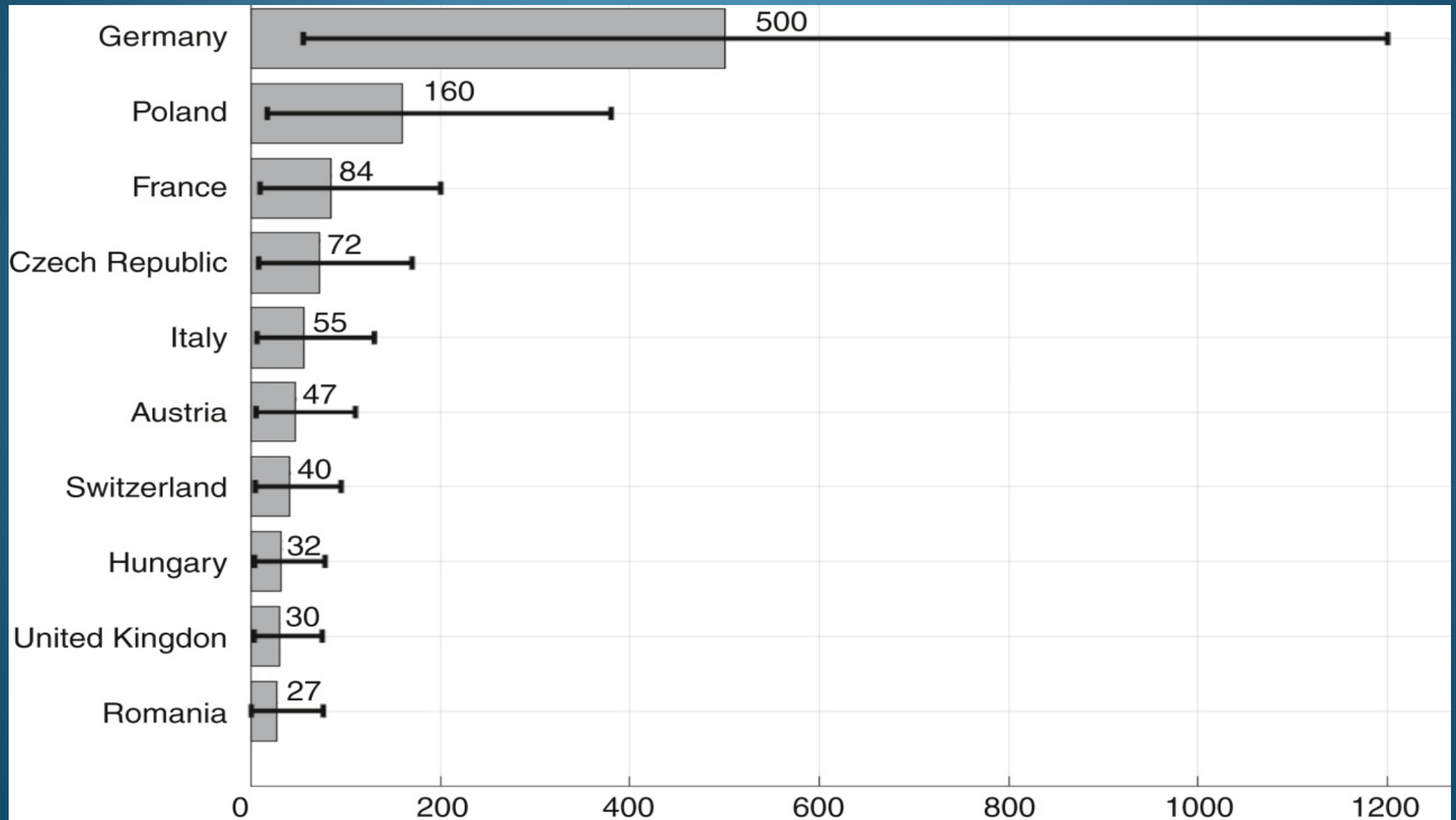
DieselGate

Diesel cars break nitrogen oxide emission limits

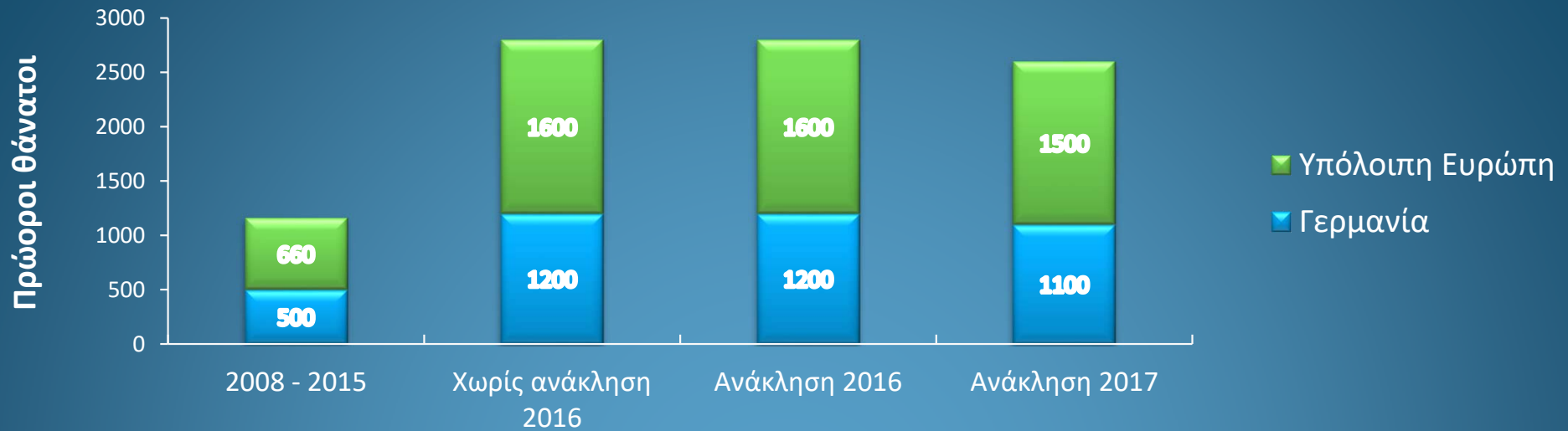


Source: ICCT

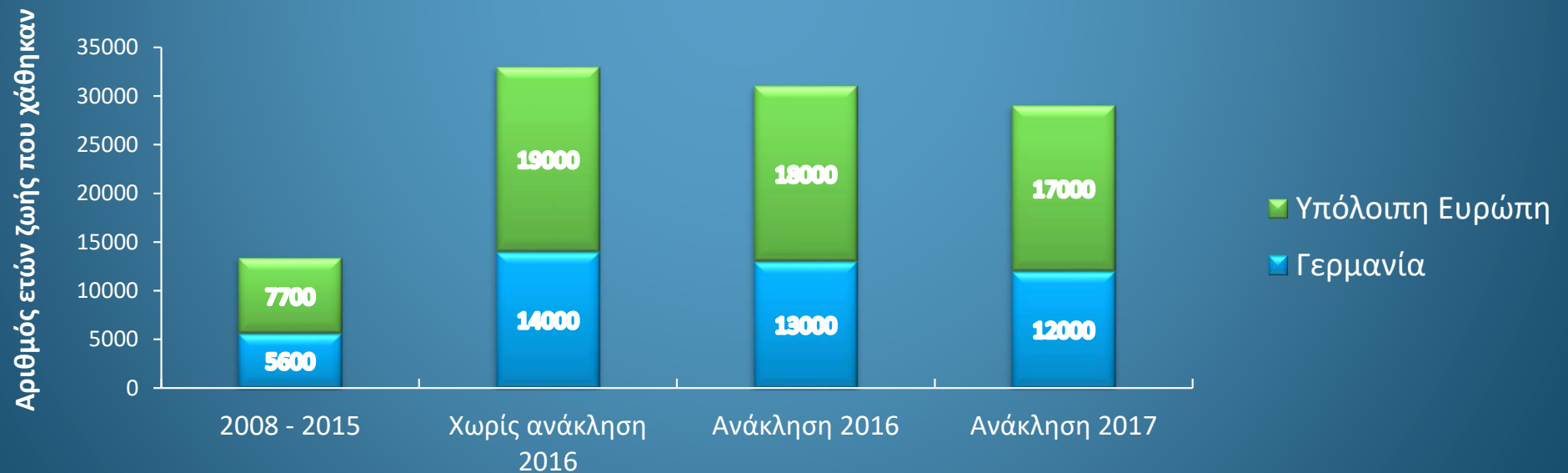
Αριθμός πρόωρων θανάτων στις δέκα πιο πληγείσες χώρες, που οφείλονται στην περίσσεια NO_x, 2008-2015



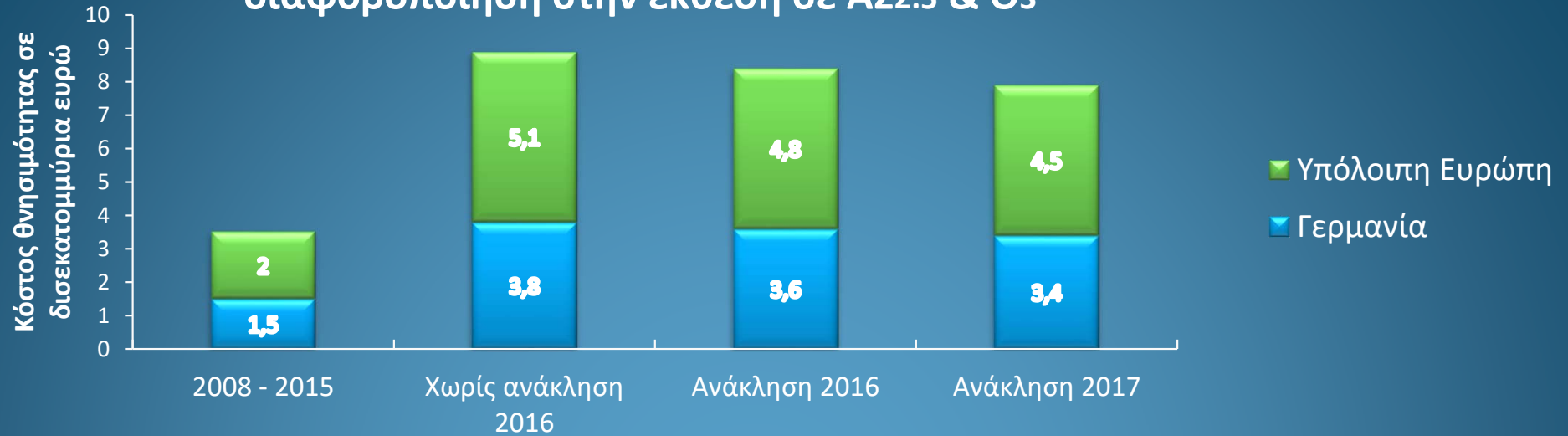
Πρώροι θάνατοι από την έκθεση στην επιπλέον εκπομπή NOX



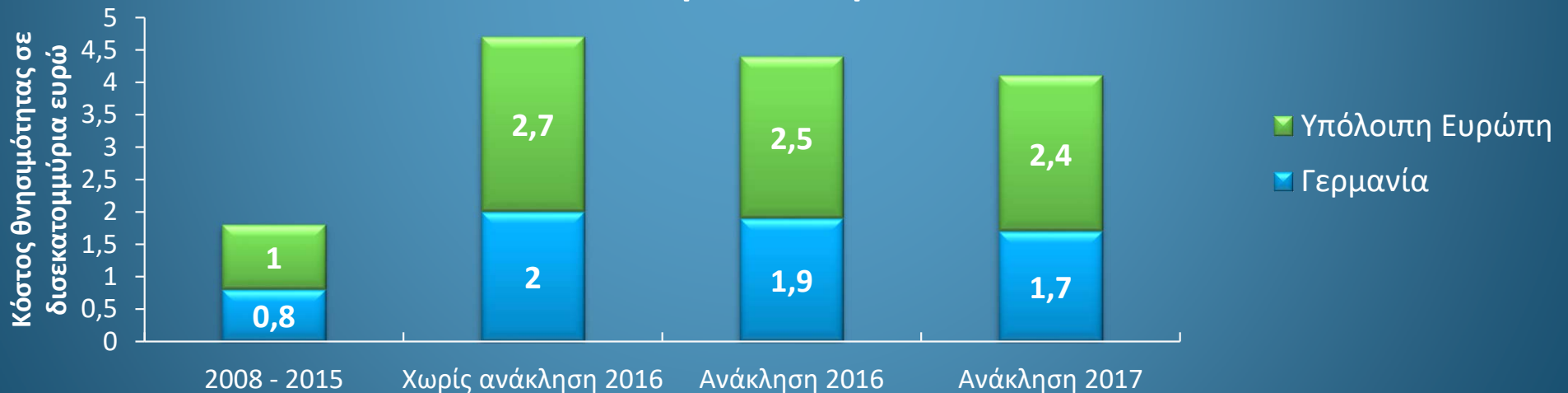
Έτη ζωής που χάθηκαν από την έκθεση στην επιπλέον εκπομπή NOX



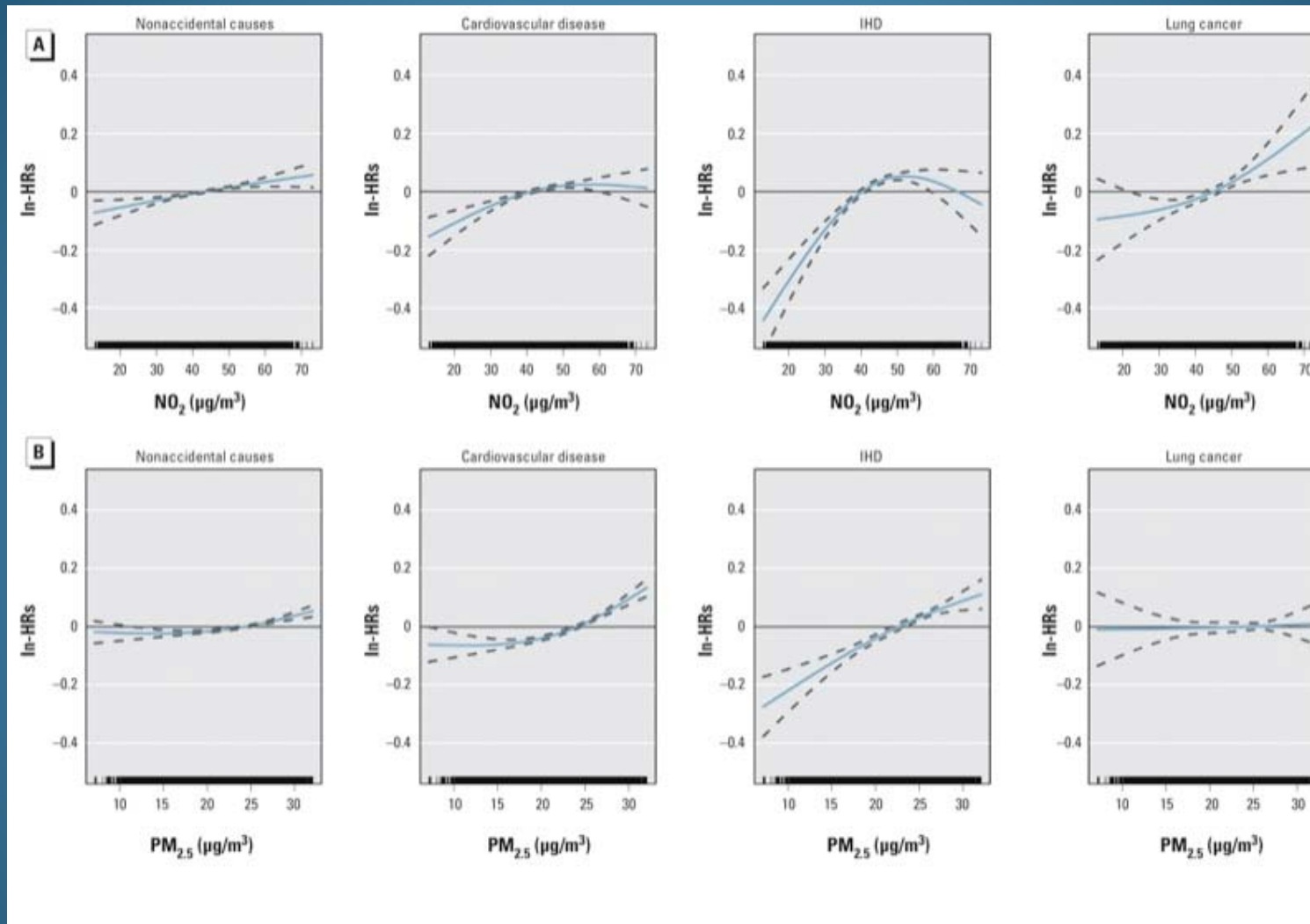
Υπολογιζόμενο Κόστος θνησιμότητας (VSL) από τη διαφοροποίηση στην έκθεση σε ΑΣ2.5 & Ο3



Υπολογιζόμενο Κόστος θνησιμότητας (VOLY) από τη διαφοροποίηση στην έκθεση σε ΑΣ2.5 & Ο3



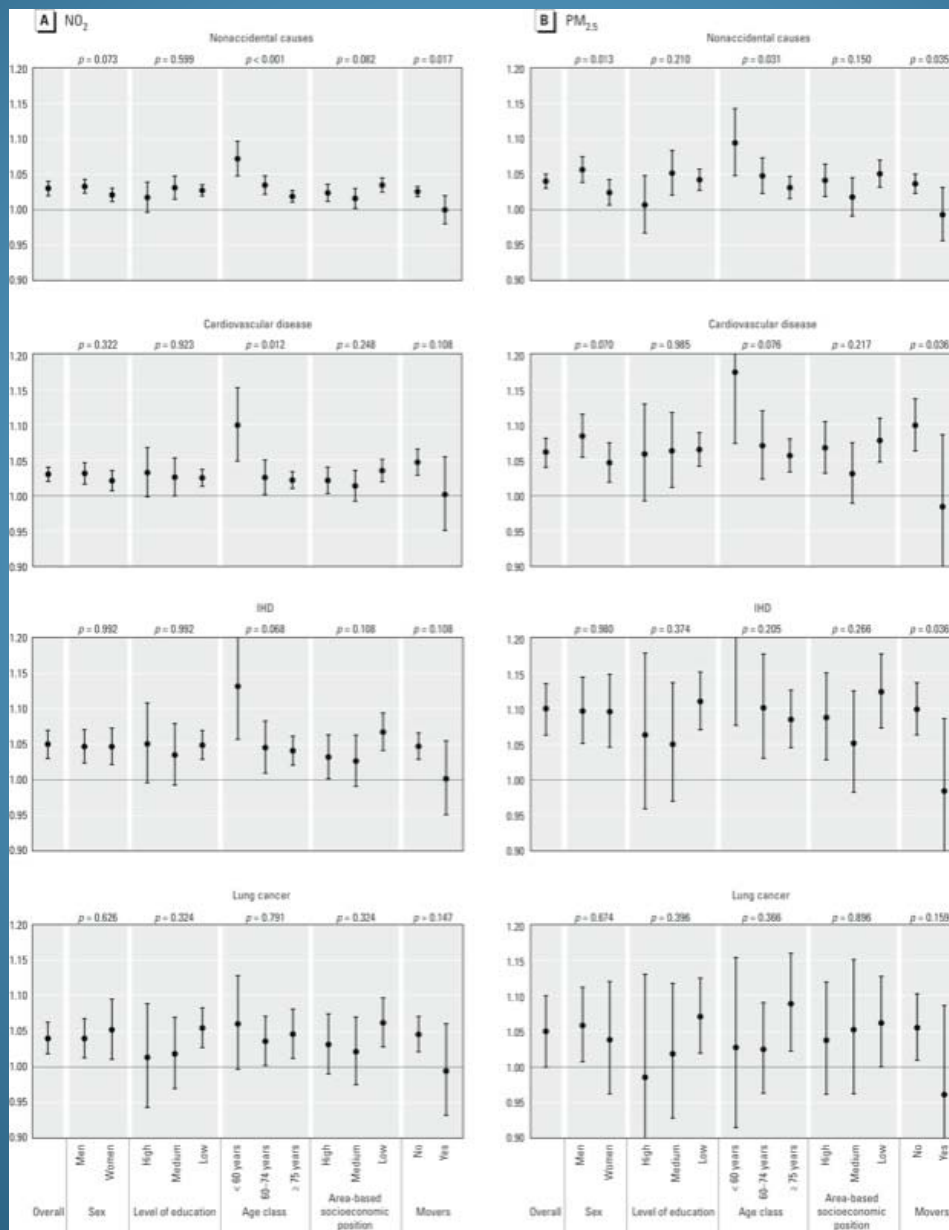
VSL & VOLY, είναι μέθοδοι που βασίζονται σε εκτιμήσεις της νομισματικής αξίας των μεταβολών του κινδύνου θνησιμότητας από την έκθεση στους ρύπους ΑΣ2.5 & Ο3, υπολογιζόμενη ως τιμή μιας στατιστικής ζωής και ως αξία ενός έτους απώλειας ζωής αντίστοιχα.



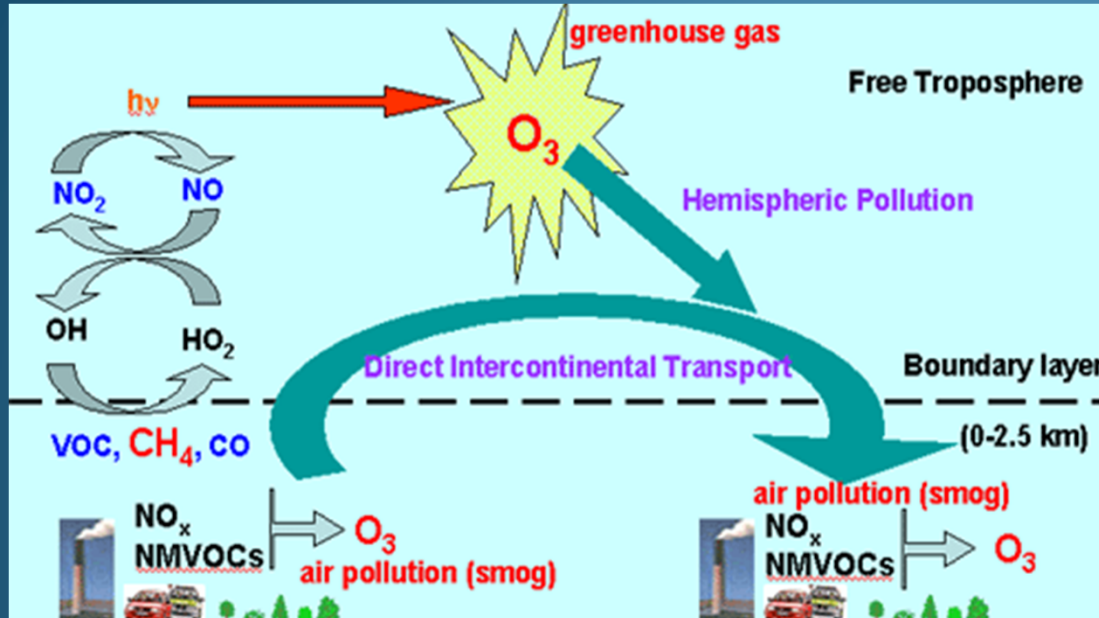
Εκτιμώμενες καμπύλες συγκέντρωσης-απόκρισης (συμπαγείς γραμμές) και 95% CIs (διακεκομμένες γραμμές) για αιτίες πλην ατυχημάτων, καρδιαγγειακές παθήσεις, IHD και καρκίνο πνεύμονα για το NO₂ (A) και τα PM_{2.5}

(B). Μοντέλα Cox προσαρμοσμένα για το φύλο, την οικογενειακή κατάσταση, τον τόπο γέννησης, την εκπαίδευση, το επάγγελμα και την κοινωνικοοικονομική θέση σε δείγμα 20% της κοόρτης.

Adjusted HRs (95% CIs) and p -values for interaction for cause-specific mortality per 10- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ elevation in NO_2 (A) and $\text{PM}_{2.5}$ concentrations (B), by population characteristics and cause of death.



Τροποσφαιρικό Όζον



Γιατί το τροποσφαιρικό όζον είναι επιβλαβές;

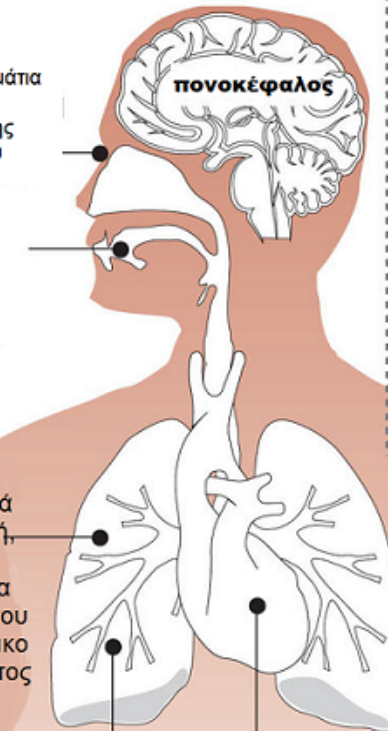
Το όζον είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους ατμοσφαιρικούς ρύπους και από τους πιο επικίνδυνους.

Επιπτώσεις στην υγεία

Κάψιμο στα μάτια και το λαιμό. Ερεθισμός της βλεννογόνου

Δύσπνοια, συριγμός, βήχας

Κρίσεις άσθματος, πόνος στο στήθος κατά την εισπνοή, αυξημένος κίνδυνος για ασθένειες του αναπνευστικού ή συστήματος



Πώς σχηματίζεται το όζον;

- 1 Οξυγόνο στην ατμόσφαιρα
- 2 Οξείδιο του αζώτου, υποπροϊόν καύσης
- 3 Το φως του ήλιου διασπά το οξείδιο του αζώτου
- 4 Το όζον σχηματίζεται από τρία άτομα οξυγόνου

U.S. ozone limits

In parts per billion

• 1997-2008	84
• 2008-present	75
• New EPA proposal	60-70

© 2010 MCT

Source: American Lung Association, State of the Air 2008, AP Graphic: Staff

Όζον & Άσθμα

Μελέτη κοορτής: Παιδιά που αθλούνται, εκτίθενται σε όζον.

↑ χρόνος σε εξωτερικό χώρο, ↑ άσθμα

Επιπτώσεις

- Περισσότεροι ασθενείς με άσθμα
- Περισσότερες κρίσεις άσθματος
- Περισσότερη χρήση φαρμάκων για άσθμα
- Περισσότερες επισκέψεις σε ιατρούς, και μονάδες επειγόντων
- Περισσότερα παιδιά και ηλικιωμένοι στα νοσοκομεία
- Περισσότερες ημέρες απουσίας από σχολείο
- Περισσότερες ημέρες απουσίας από εργασία

Όζον: Άλλες Επιπτώσεις



Αλλεργίες



Λοιμώξεις αναπνευστικού



Λοιμώξεις ωτών



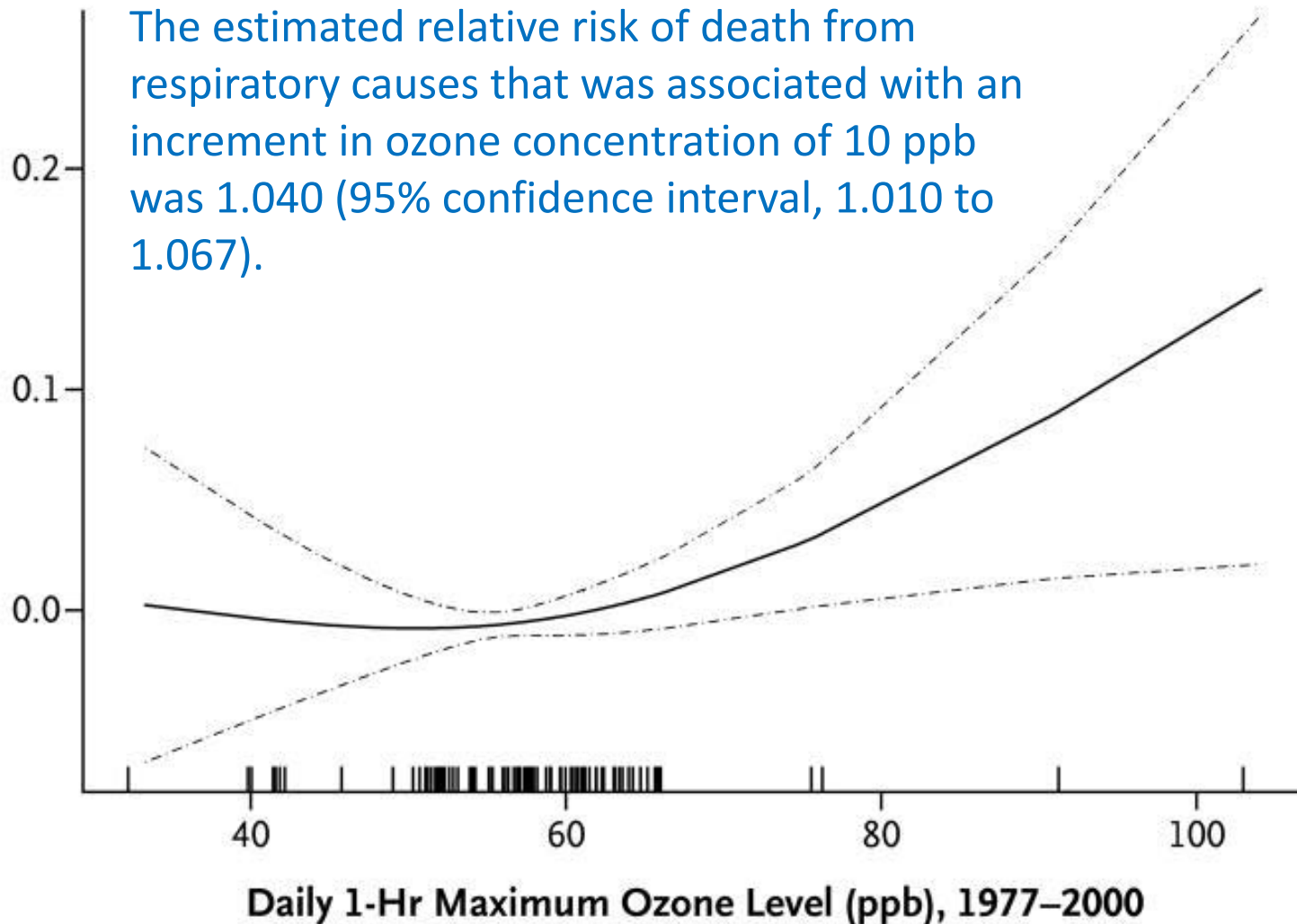
Εμφύσημα



Θάνατοι

The estimated relative risk of death from respiratory causes that was associated with an increment in ozone concentration of 10 ppb was 1.040 (95% confidence interval, 1.010 to 1.067).

Residual Risk



cohort of the American Cancer Society Cancer Prevention Study II. Air pollution data from 96 metropolitan statistical areas in the United States. Data were analyzed from 448,850 subjects, with 118,777 deaths in an 18-year follow-up period.

Jerrett et al.,
NEJM, 2009)

Exposure–Response Curve for the Relation between Exposure to Ozone and the Risk of Death from Respiratory Causes. The curve is based on a natural spline with 2 df estimated from the residual relative risk of death within a metropolitan statistical area (MSA) according to a random-effects survival model. The dashed lines indicate the 95% confidence interval of fit, and the hash marks indicate the ozone levels of each of the 96 MSAs.

Short-term exposure to ozone, mortality and hospital admissions

European cities in the APHENA study

Outcome	Per cent increase in deaths/admissions (95% CI) per 10 µg/m ³ increment in daily maximum 1-hour ozone concentrations	
	Single pollutant	Adjusted for PM ₁₀
All-cause mortality ^a	0.18 (0.07–0.30)	0.21 (0.10–0.31)
Cardiovascular mortality: 75 years and older ^a	0.22 (0.00–0.45)	0.21 (-0.01–0.43)
Cardiovascular mortality: younger than 75 years ^a	0.35 (0.12–0.58)	0.36 (0.10–0.62)
Respiratory mortality ^b	0.19 (-0.06–0.45)	0.21 (-0.08–0.50)
Cardiac admissions: older than 65 years ^a	-0.10 (-0.46–0.27)	0.64 (0.36–0.91)
Respiratory admissions: older than 65 years ^b	0.19 (-0.28–0.67)	0.32 (0.05–0.60)

^a lag 0-1 results; ^b lag 1 results

Διοξείδιο του θείου (SO_2)

- Το SO_2 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 επίδρασή 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 και 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.

Συμπτώματα - Βιοδείκτες

A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework

<https://doi.org/10.1183/13993003.00419-2016>

Eur Respir J 2017; 49: 1600419

Κλινικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση (αναπνευστικά)

Αύξηση θνησιμότητας από αναπνευστικά αίτια

Αύξηση επίπτωσης κακοηθειών της αναπνευστικής οδού

Αύξηση επίπτωσης, επιπολασμού ή συχνότητας παροξύνσεων σε χρόνια πνευμονική νόσο: άσθμα, ΧΑΠ και κυστική ίνωση

Αύξηση επίπτωσης ή σοβαρότητας λοιμώξεων ανώτερης και κατώτερης αναπνευστικής οδού

Αύξηση αναπνευστικών συμπτωμάτων που επηρεάζουν την ποιότητα ζωής: βήχας, φλέγμα, συριγμός, δύσπνοια και ρινική ξηρότητα.

Κλινικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση (αναπνευστικά)

Αύξηση πρόωρων τοκετών, λιποβαρών νεογνών ή μειωμένης ανάπτυξης που οδηγεί σε πνευμονική υποπλασία.

Μειωμένη ανάπτυξη πνευμονικής λειτουργίας στα παιδιά

Παροδική (ώρες) μείωση λειτουργίας των πνευμόνων που σχετίζεται με συμπτώματα σε υγιή άτομα

Επιπλέον μείωση λειτουργίας των πνευμόνων για ορισμένο χρονικό διάστημα σε ευαισθητοποιημένα άτομα (π.χ. παιδιά με σοβαρό άσθμα)

Διαρκής ή χρόνια (εβδομάδες, μήνες ή χρόνια) μείωση λειτουργίας των πνευμόνων

Παραδείγματα βιο-μαρτύρων για δυνητικά αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του αναπνευστικού συστήματος

- Αυξημένα επίπεδα δεικτών φλεγμονής των αεραγωγών (π.χ. PMNs ή φλεγμονωδών κυτοκινών σε BAL ή πτύελα)
- Αυξημένα επίπεδα δεικτών βλάβης των αεραγωγών ή φλεγμονής στην εκπνοή (π.χ. αυξημένη οξύτητα του συμπυκνώματος εκπνοής ή αυξημένη FeNO σε ασθματικούς)
- Αυξημένα επίπεδα δεικτών αίματος για τραυματισμό των πνευμόνων (π.χ. 8-Ισο Προσταγλανδίνη)

Παραδείγματα βιο-μαρτύρων για δυνητικά αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του αναπνευστικού συστήματος

- Απεικονιστικά ευρήματα για πνευμονική βλάβη ή μειωμένο όγκο πνεύμονα
- Μειωμένη ανταλλαγή πνευμονικών αερίων (π.χ. DLCO, DLNO, PaO₂)
- Αυξημένη ανταπόκριση των αεραγωγών σε μη ειδικά ερέθισμα πχ εισπνοή ψυχρού αέρα
- Αυξημένη υπερ-αντιδραστικότητα των αεραγωγών σε ασθενείς με βρογχικό άσθμα π.χ σε ισταμίνη η και μεταχολίνη
- PMN: πολυμορφοπύρρηνα λευκοκύτταρα. BAL: βρογχοκυψελιδική πλύση. FeNO: κλάσμα εκπνεόμενου νιτρικού οξειδίου. DLCO: ικανότητα διάχυσης του πνεύμονα για το μονοξείδιο του άνθρακα. DLNO: ικανότητα διάχυσης του πνεύμονα για το οξείδιο του αζώτου. PaO₂: αρτηριακή πίεση οξυγόνου.

Κλινικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την αέρια ρύπανση (καρδιαγγειακά)

- Θνησιμότητα των καρδιαγγειακών νοσημάτων
- Έμφραγμα μυοκαρδίου
- Εγκεφαλικό
- Αυξημένη αρτηριακή πίεση
- Αρρυθμίες
- Εισαγωγή στο νοσοκομείο για συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια

Χαρακτηριστικά παραδείγματα βιομαρτύρων για καρδιαγγειακές επιπτώσεις

- Μειωμένη μεταβλητότητα καρδιακού ρυθμού
- Μεταβολές στην εκπόλωση και επαναπόλωση του Ηλεκτροκαρδιογραφήματος
- Αυξημένο πάχος του έσω-μέσου χιτώνα των καρωτίδων αρτηριών
- Αυξημένη ασβεστοποίηση στεφανιαίας αρτηρίας
- Στένωση της καρωτιδικής αρτηρίας
- Αυξημένη ασβεστοποίηση αορτής

Χαρακτηριστικά παραδείγματα βιομαρτύρων για καρδιαγγειακές επιπτώσεις

- Αυξημένη αορτική δυσκαμψία
- Ενδοθηλιακή δυσλειτουργία
- Διαταραχές της Αιμόστασης
- Αυξημένη θρομβογένεση
- Αυξημένοι δείκτες συστημικής φλεγμονής, ενδοθηλιακής λειτουργίας, μεταβολισμού οξειδίου αζώτου, οξείδωσης κλπ.

Criteria Air Pollutants: Air Quality Index (AQI)

- **AQI is the highest magnitude of the PM, SO₂, CO, and O₃ individual Index values**

AQI Value	Air Quality	24 hr PM2.5 (µg/m³)	24 hr SO₂ (ppm)	8 hr CO (ppm)	8 hr O₃ (ppm)
0-50	Good	0-15.4	0.0 - .034	0.0-4.4	.000-.064
51-100	Moderate	15.5-40.4	.035-.144	4.5-9.4	.065-.084
101-150	Unhealthy to Sensitive	40.5-65.4	.145-.224	9.5-12.4	.085-.104
151-200	Unhealthy	65.5-150.4	.225-.304	12.5-15.4	.105-.124
201-300	Very Unhealthy	150.5-250.4	.305-.604	15.5-30.4	.125-.374
NAAQS		35 µg/m³	0.14 ppm	9 ppm	.08 ppm

http://airnow.gov/index.cfm?action=aqiconc_aqi_calc

Hazardous Air Pollutant: Dioxins



Comparative Photos Showing Ukraine's
Viktor Yushchenko Immediately Prior
To And Immediately Following Dioxin
Poisoning

http://en.wikipedia.org/wiki/Viktor_Yushchenko

(Note: this is an extreme case of dioxin
poisoning)

- **Varying toxicity**
 - Problems with high exposures
 - Exact effects of low exposures not known
- **Health Effects**
 - **Carcinogenic**
 - Some are “known human carcinogen” (2,3,7,8 tetrachlordibenzo-p-dioxin, TCDD)
 - Other dioxins are “reasonably anticipated to be a Human Carcinogen”
 - Reproductive and developmental effects
 - Chloracne

