



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η ποιότητα του αστικού ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος στην Ελλάδα

Κωνσταντίνη Σαμαρά
Καθηγήτρια Τμήματος Χημείας ΑΠΘ,
Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος

54124 Θεσσαλονίκη
Tel.: ++302310 997805,
Fax: ++302310 997747,
email: csamara@chem.auth.gr

Βιώσιμη ανάπτυξη & περιβάλλον

- **Βιώσιμη ανάπτυξη** σημαίνει οικονομία φιλική προς το περιβάλλον, προστασία φυσικών πόρων, διασφάλιση της υγείας και της ευημερίας των πολιτών.
- Η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί πρωταρχικό στόχο για την ΕΕ, η οποία έχει δεσμευτεί για ένα «υψηλό επίπεδο προστασίας και βελτίωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος» (Άρθρο 3 της Συνθήκης για την ΕΕ).
- Η **ποιότητα του περιβάλλοντος** αντιμετωπίζει πολλά σοβαρά προβλήματα που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, τη μη βιώσιμη κατανάλωση και παραγωγή και τη ρύπανση.
- Τα προβλήματα είναι πιο σύνθετα στο **αστικό περιβάλλον** (ρύπανση, δυσοσμία, ηχορύπανση, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, πυκνή οδική κυκλοφορία, εγκαταλειμμένες περιοχές, άναρχη δόμηση, απορρίμματα, λύματα).

Ατμοσφαιρικό περιβάλλον

ΣΤΟΧΟΣ

Όσο το δυνατόν πιο καθαρός αέρας για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος

Οδηγία 2008/50/EC (SO_2 , NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, O_3 , CO , C_6H_6 , Pb)
Οδηγία 2004/107/EC (Hg , As , Cd , Ni , BaP)

- ✓ Καθορίζονται **οριακές τιμές** και τιμές-στόχοι για την εκτίμηση των επιπέδων ρύπανσης.
- ✓ Οι εθνικές αρχές οφείλουν να εφαρμόζουν **σχέδια για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα** στην περίπτωση που τα επίπεδα της ρύπανσης σε μια συγκεκριμένη περιοχή υπερβαίνουν τα προβλεπόμενα όρια. Τα σχέδια αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν:
 - ✓ μακροπρόθεσμα μέτρα π.χ. για την προστασία ευαίσθητων ομάδων
 - ✓ βραχυπρόθεσμα μέτρα αντιμετώπισης επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης (περιορισμός οδικής κυκλοφορίας, βιομηχανικών δραστηριοτήτων, ανοικτών καύσεων, οικοδομικών εργασιών, κ.ά.).
- ✓ Οι εθνικές αρχές οφείλουν να μεριμνούν για την **ενημέρωση του κοινού**, αλλά και άλλων φορέων όπως οι αρμόδιοι για την υγεία φορείς, περιβαλλοντικές οργανώσεις, οργανώσεις καταναλωτών.
- ✓ Τα κράτη-μέλη οφείλουν να **δημοσιεύουν** ετήσιες εκθέσεις για όλους τους ρύπους που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της νομοθεσίας και να ενημερώνουν την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος (ΕΕΑ).



Όρια EU & καθοδηγητικές τιμές WHO

Ρύπος	Μονάδες	Περίοδος αναφοράς	Όριο EU	Όριο WHO
PM_{2.5}	μg/m ³	Έτος	20	10
PM₁₀	μg/m ³	24 h	50	20
O₃	μg/m ³	8 h	120	100
NO₂	μg/m ³	Έτος	40	40
BaP	ng/m ³	Έτος	1	0.12*
SO₂	μg/m ³	24 h	125	20
CO	mg/m ³	8 h	10	10
Pb	μg/m ³	Έτος	0.5	0.5
C₆H₆	μg/m ³	Έτος	5	1.7*

Τα όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι πιο ελαστικά από τις καθοδηγητικές τιμές της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (WHO) επειδή, εκτός από την υπάρχουσα επιστημονική γνώση σχετικά με τις βλαβερές επιδράσεις στην υγεία, λαμβάνονται υπόψη **τεχνολογικές** και **οικονομικές** παράμετροι.

* Επιπλέον κίνδυνος εφ' όρου ζωής 1×10^{-5}

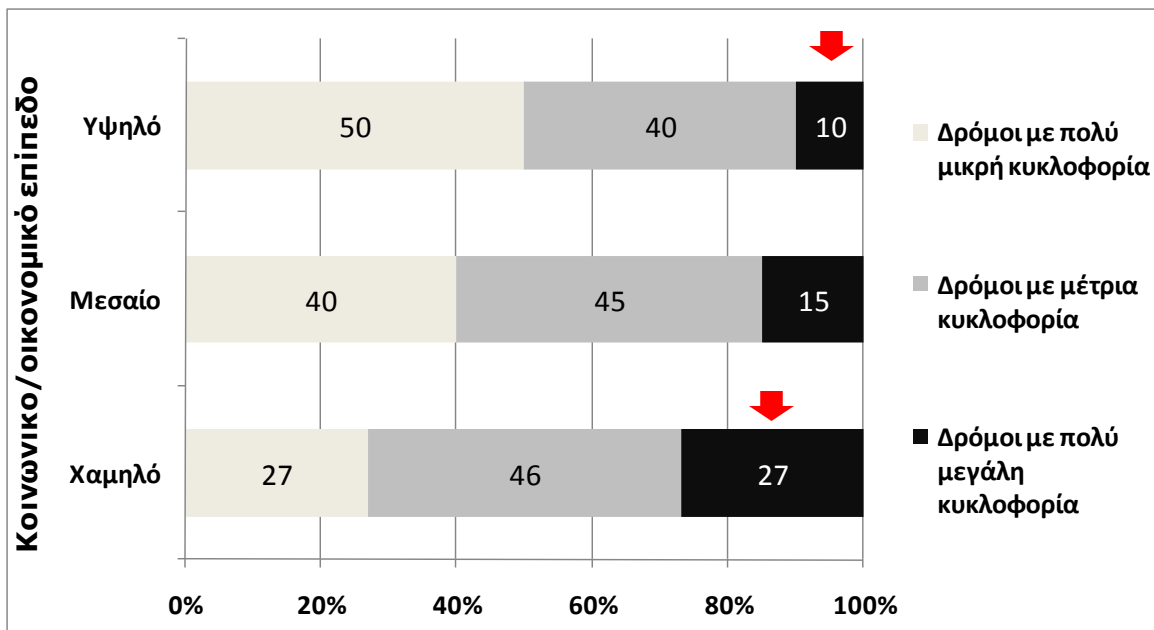
Έκθεση του Ευρωπαϊκού πληθυσμού (EU-28) σε συγκεντρώσεις πάνω από τα όρια (2012-2014)

	EU (%)	WHO (%)
PM_{2.5}	8-12	85-91
PM₁₀	16-21	50-63
O₃	8-17	96-98
NO₂	7-9	7-9
BaP	20-24	88-91
SO₂	<1	35-49
CO	<2	<2
Pb	<1	<1
C₆H₆	<1	12-13



Κοινωνικές ανισότητες της έκθεσης σε ατμοσφαιρικούς ρύπους

Οι περιβαλλοντικές και κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες που καθορίζουν τον κίνδυνο του πληθυσμού να νοσήσει και τη δυνατότητα πρόληψης και πρόσβασης σε θεραπεία είναι άνισα κατανομημένες.



Ευαίσθητες ομάδες πληθυσμού

- Παιδιά
- Ηλικιωμένοι
- Πνευμονοπαθείς & καρδιοπαθείς
- Κοινωνικο-οικονομικά αδύναμοι

Έκθεση παιδιών ηλικίας 3-14 ετών σε ρύπους της οδικής κυκλοφορίας
(Federal Environment Agency, UBA, 2009)

Επιδράσεις στην υγεία & οικονομικό κόστος



Τομέας ρύπανσης

Κόστος (€)

Οι 10.000 πιο ρυπογόνες βιομηχανίες της Ευρώπης (Μητρώο Εκπομπών Ρύπων 2009)

102 - 169 δις €
(για το 50% του συνολικού κόστους είναι υπεύθυνες μόλις 191 βιομηχανίες)

Οδικές μεταφορές

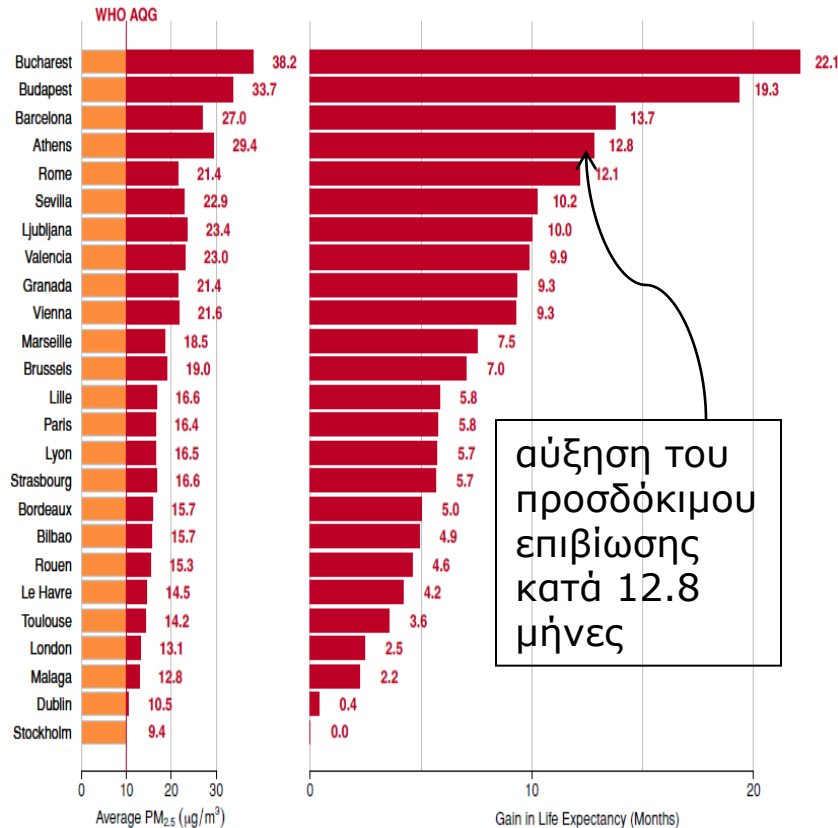
100 δις € συνολικά (περίπου 43-46 δις € οφείλεται στις εξατμίσεις από φορτηγά και νταλίκες)

Τόπος κατοικίας

>300 εκατομ. € το χρόνο από χρόνιες ασθένειες που προκαλούνται από τη διαμονή σε περιοχές με μεγάλη οδική κυκλοφορία

Η μείωση της ρύπανσης έχει όφελος για τη δημόσια υγεία, αλλά και για την οικονομία

Arhcom Project, 2008-11
(39 εκατ. κάτοικοι από 25
πόλεις σε 12 χώρες)



Μείωση της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης PM_{2.5} στην καθοδηγητική τιμή της WHO (από 25 σε 10 µg/m³) θα είχε ως αποτέλεσμα:

- **19000 λιγότερους πρόωρους θανάτους το χρόνο** (15000 από καρδιαγγειακά)
- **δημοσιονομικό όφελος 31,5 δις € το χρόνο** (εξοικονόμηση κονδυλίων για την υγεία, τη μείωση των ημερών απουσίας από την εργασία και από μη-μετρήσιμα κόστη όπως ευζωία, μακροζωία και ποιότητα ζωής).

Πολιτικές βελτίωσης της ποιότητας του αέρα

Στόχοι για το 2020
σε σύγκριση με το
2000

6° Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Δράσης

Μείωση της απώλειας προσδόκιμου επιβίωσης που προκαλεί η έκθεση σε PM κατά 47%

Μείωση της οξείας θνησιμότητας λόγω έκθεσης στο O₃ κατά 10%

Μείωση της όξινης απόθεσης κατά 74% στις δασικές περιοχές και κατά 39% στα επιφανειακά νερά

Μείωση των οικοσυστημάτων που εκτίθενται σε ευτροφισμό κατά 43%

Στόχος για το 2030

7° Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Δράσης

Μείωση του αριθμού των πρόωρων θανάτων κατά 50% σε σύγκριση με το 2005

Μείωση
εκπομπών μέχρι
το 2020

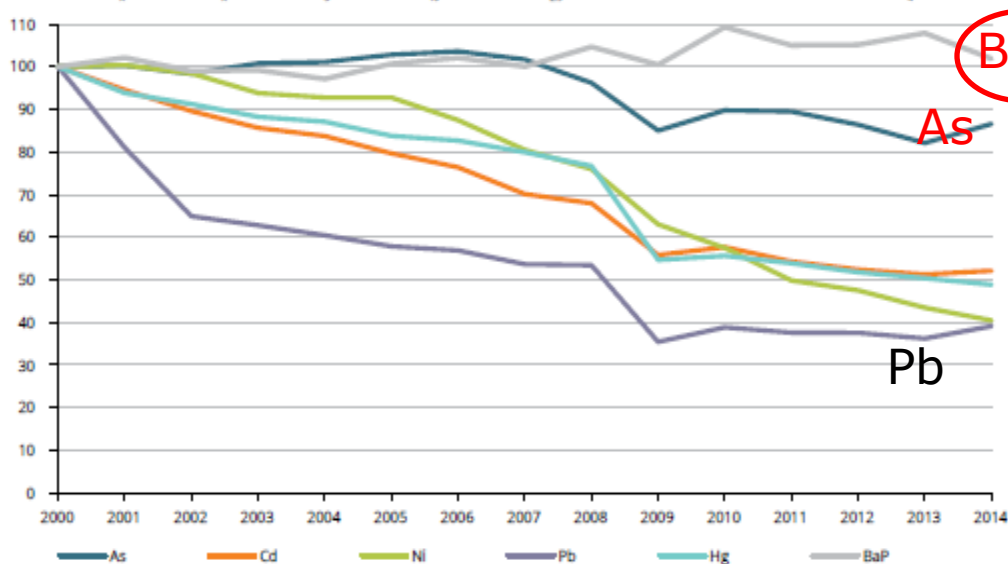
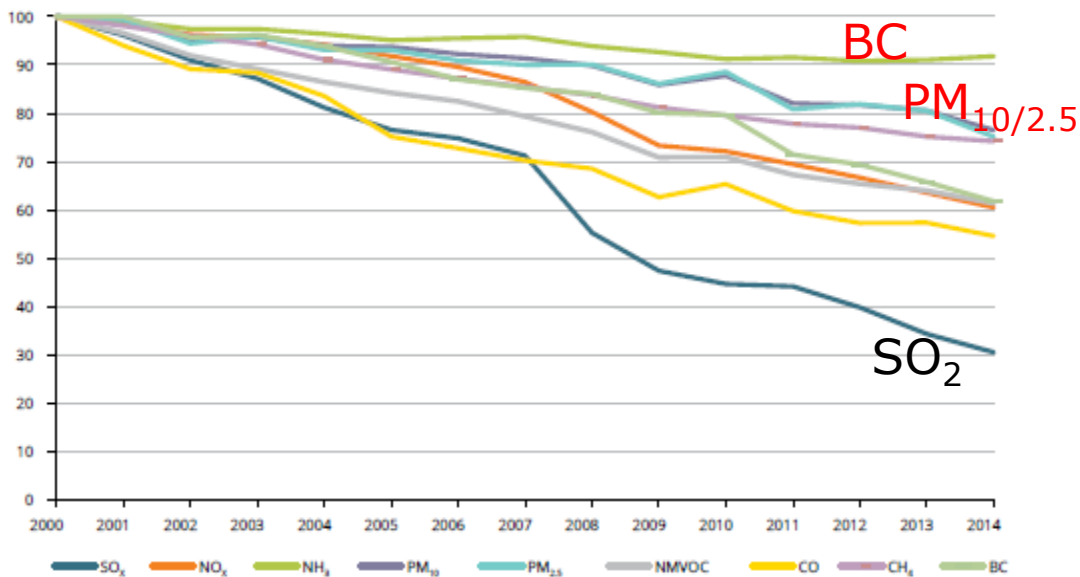
	%
πρωτογενή PM _{2.5}	59%
NO _x	60%
NMVOCS	51%
SO ₂	82%
NH ₃	27%

Περιορισμός των εκπομπών

Νομοθεσία περιορισμού των εκπομπών

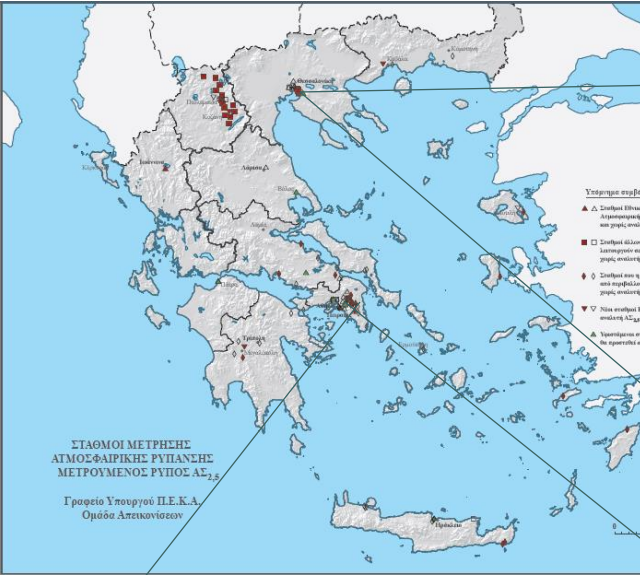
Πολιτικές	Ρύποι υπό περιορισμό
Ευρωπαϊκές Οδηγίες για τη μείωση των εκπομπών από βιομηχανικές πηγές και οχήματα	PM, O ₃ , NO _x , NH ₃ , SO ₂ , CO, VOCs, NMVOC, heavy metals (Cd, Tl, Hg, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)
Ευρωπαϊκές Οδηγίες για την ποιότητα των καυσίμων	S, Pb, BaP, benzene, VOC
Διεθνείς συνθήκες	PM, NO _x , NH ₃ , SO ₂ , CO, NMVOC, Cd, Hg, Pb, BaP

Εξέλιξη εκπομπών στην ΕU-28 (2000-2014)



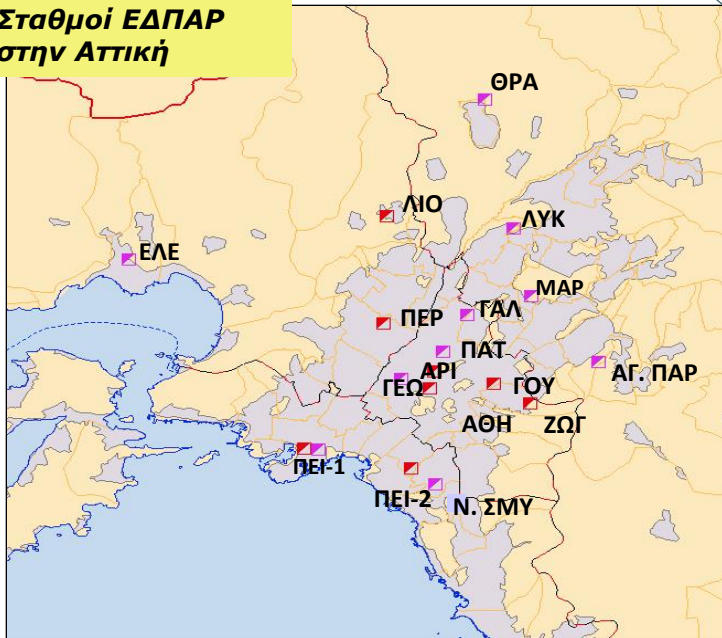
Η καύση βιομάζας για οικιακή θέρμανση αυξήθηκε σημαντικά στις περισσότερες χώρες λόγω της οικονομικής κρίσης (προ κρίσης, λόγω πολιτικών επένδυσης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας)

Η παρακολούθηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα στην Ελλάδα



Σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ΕΠΘ
 (PKM: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας-ΕΔΠΑΡ, ΔΘ: Δήμος Θεσσαλονίκης)

Σταθμοί ΕΔΠΑΡ στην Αττική



- ΣΤΑΘΜΟΙ**
- Αστικός-Κυκλοφορίας
 - Αστικός-Υποβάθρου
 - Περιαστικός-Υποβάθρου
 - Περιαστικός-Βιομηχανικός
 - Υποβάθρου

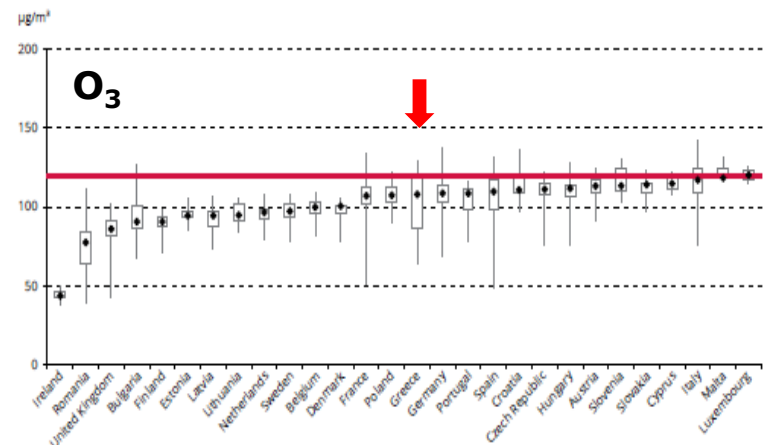
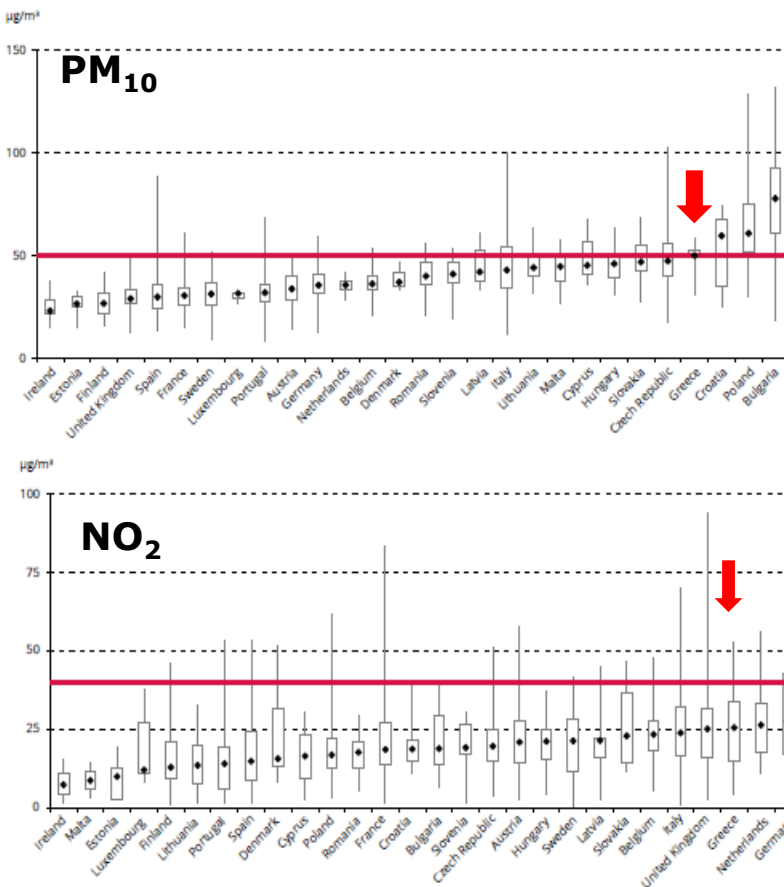
Η παρακολούθηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα στην Ελλάδα

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

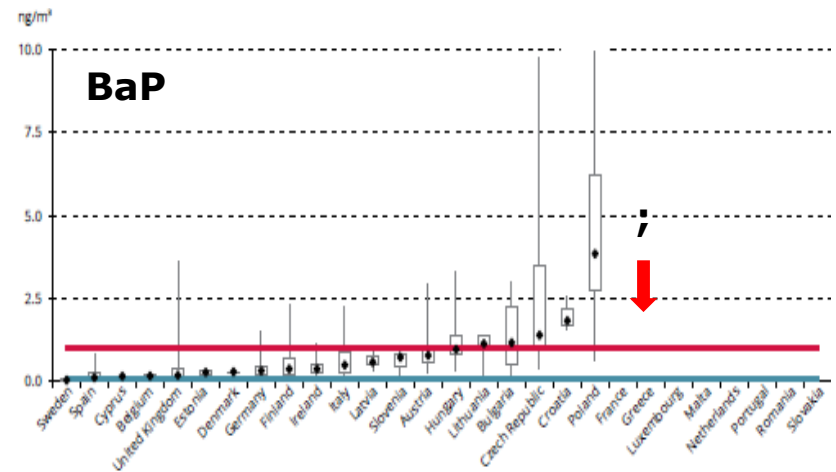
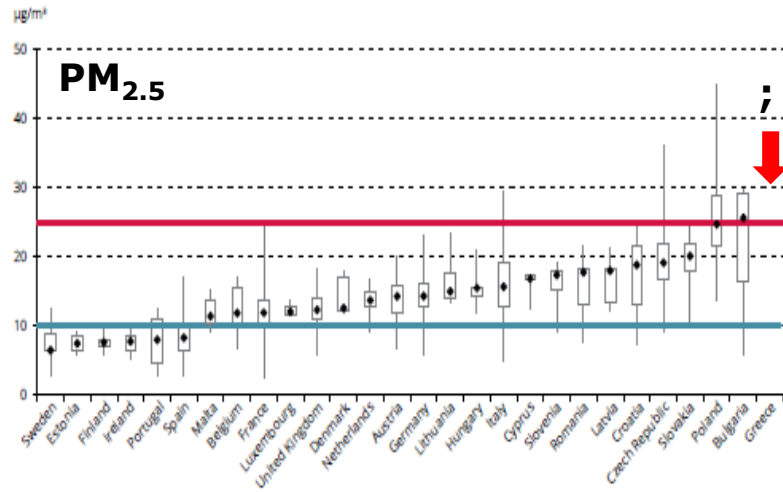
- Ελλιπής παρακολούθηση των ρύπων της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ (π.χ., μετρήσεις $PM_{2.5}$ και C_6H_6 πραγματοποιούνται σε λίγους μόνον σταθμούς)
- Η παρακολούθηση των ρύπων της Οδηγίας 2004/104/ΕΚ (As, Ni, Cd & BaP) γίνεται μόνο περιστασιακά
- Ελλιπή δεδομένα προς την ΕΕΑ
- Ανεπαρκής συνεργασία μεταξύ ΕΔΠΑΡ και τοπικών δικτύων σταθμών

Κατάταξη ως προς την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα (ΕΕΑ, 2016)

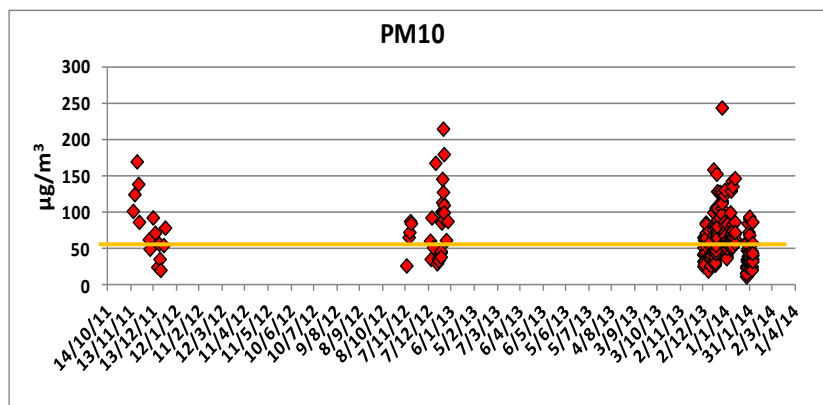
Τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ελλάδα βρίσκονται συχνά πάνω από το μέσο όρο των EU-28 ακόμη και όταν υπάρχει συμμόρφωση με τα όρια.



Η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα στην Ελλάδα (ΕΕΑ, 2016)



Οικονομική κρίση & ατμοσφαιρική ρύπανση



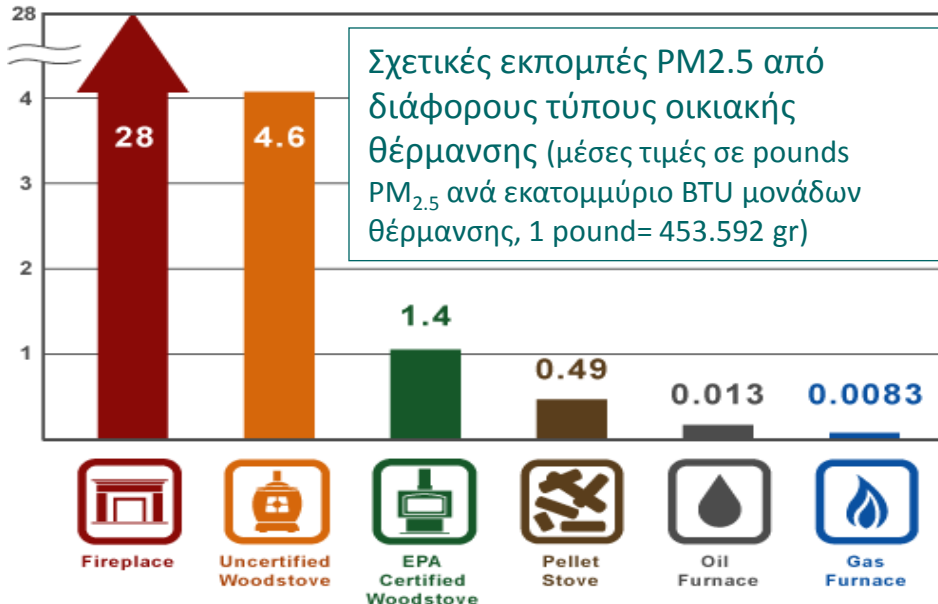
Ημερήσιες συγκεντρώσεις PM₁₀ στη Θεσσαλονίκη κατά τη χειμερινή περίοδο 2011-14

- Από το 2010, η μεγάλη αύξηση της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης οδήγησε πολλά Ελληνικά νοικοκυριά στη χρήση βιομάζας (ξύλο, πέλλετ).
- Το χειμώνα του 2013, περίπου 40% των σπιτιών στη Θεσσαλονίκη θερμάνθηκαν αποκλειστικά με συμβατικά τζάκια και ξυλόσομπες.
- Η καύση βιομάζας, συχνά ακατάλληλης, σε συνδυασμό με τις δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες (άπνοια και θερμοκρασιακή αναστροφή) είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση επεισοδίων με πολύ υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων PM₁₀ & PM_{2.5}, τόσο στη Θεσσαλονίκη, όσο και σε άλλες πόλεις, και αποπνικτική ατμόσφαιρα ιδιαίτερα κατά τις βραδινές ώρες.

Συντελεστές εκπομπής ρύπων από καύση βιομάζας

	PM10 g GJ ⁻¹	NO _x g GJ ⁻¹	NMVOG g GJ ⁻¹	SO ₂ g GJ ⁻¹	CO g GJ ⁻¹	PAH mg GJ ⁻¹
Open fireplace	500	70	5,650	13	5,650	280
Traditional oven, closed fireplace or insert	250	70	1,130	13	5,650	280
Innovative low emission system and boiler	150	60	560	13	2,260	280
Pellets plant or BAT system burning wood	50	65	85	13	800	0.2
Natural gas	0.2	50	5.0	0.5	25	n.a.
Gas oil	5.0	50	3.0	100	20	75
Fuel oil	40	150	10	150	16	75

- Το φυσικό αέριο έχει τους χαμηλότερους συντελεστές εκπομπής για αέριους ρύπους (NO_x, NMVOG, SO₂, CO), σωματίδια (PM10) και πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAH)
- Σε σύγκριση με το πετρέλαιο, η καύση pellet πλεονεκτεί στις εκπομπές SO₂, αλλά μειονεκτεί στις εκπομπές NO_x, NMVOG, SO₂, CO και σωματιδίων



-
- καύση ξύλου σε συμβατικό τζάκι
 - καύση ξύλου σε συμβατική ξυλόσομπα
 - καύση ξύλου σε πιστοποιημένη ξυλόσομπα
 - καύση ξύλου σε ενεργειακό τζάκι
 - καύση πέλλετ
 - καύση πετρελαίου
 - καύση φυσικού αερίου

Επικινδυνότητα εκπομπών από καύση βιομάζας

ΑΤΕΛΗΣ ΚΑΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ

CO, NO_x, C_xH_y (αιθυλένιο, ακετυλένιο, **Βενζόλιο**, αιθάνιο, **φορμαλδεΐδη**, ακρολεΐνη, κ.ά.)

ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ

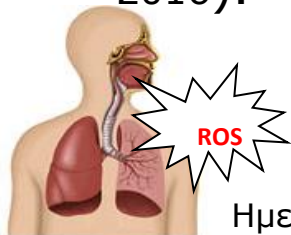
- Αιθάλη (BC)
- Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (**BaP**)
- Διοξίνες/φουράνια (**PCDD/Fs**)
- Οργανικές ενώσεις υψηλού βαθμού οξειδωσης (**HULIS**)
- Ιχνοστοιχεία & **βαρέα μέταλλα** (Na, K, S, Zn, Ti, Fe)
- SVOCs (φαινόλες, αλδεΐδες, κετόνες, οξέα, αλκοόλες, κ.ά.)
- Ανυδρίτες σακχάρων (λεβογλυκοζάνη)
- Ιόντα (K⁺, θειικά, νιτρικά, οξικά, φορμικά, κ.ά.)

Η οικιακή καύση ξύλου μπορεί να αυξήσει τη μέση συγκέντρωση του BaP κατά 8.8 ng/m³

Αύξηση κατά 1 ng/m³ αυξάνει κατά 5% την πιθανότητα ανάπτυξης καρκίνου των πνευμόνων.

Αποτελέσματα μετρήσεων στη Θεσσαλονίκη

- Η μέση χειμερινή συγκέντρωση των $PM_{2.5}$ κατά την τριετία της κρίσης (2010-12) αυξήθηκε σε σύγκριση με την τριετία προκρίσης (2007-09) κατά 20% και 30%, αντίστοιχα, στο κέντρο και στο αστικό υπόβαθρο της Θεσσαλονίκης (Petrakakis et al., 2013).
- Τον χειμώνα του 2013, στο Επταπύργιο, το καρκινογόνο BaP και οι δείκτες καύσης βιομάζας (λεβογλυκοζάνη, K^+) ήταν 2-10 φορές υψηλότερα σε σύγκριση με το 2012, σε αντίθεση με τους δείκτες καύσης πετρελαίου (Ni και V) που ήταν μειωμένοι κατά 20-30% (Safari et al., 2013).
- Η **οξειδωτική δραστηριότητα** των σωματιδίων ήταν μεγαλύτερη το βράδυ και συσχετιζόταν με τους δείκτες καύσης βιομάζας
- Η συνεισφορά της καύσης βιομάζας στην **οξειδωτική δραστηριότητα** των υπέρλεπτων σωματιδίων $PM_{0.5}$ υπολογίσθηκε σε 82% για περιοχή αστικού υποβάθρου σε σύγκριση με ~20% για το κέντρο της πόλης (Argyropoulos et al., 2016).



Συμπεράσματα

- Η ποιότητα του αστικού ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος στην Ελλάδα σήμερα δεν είναι ακόμη στα επίπεδα που προβλέπονται από τη νομοθεσία ή επιθυμούν οι πολίτες.
- Η οικονομική κρίση οδήγησε σε αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατά τις χειμερινές περιόδους με συνέπεια την αύξηση της έκθεσης του πληθυσμού σε επικίνδυνους ρύπους, όπως μικροσωματίδια, οξειδωτικά συστατικά και καρκινογόνο ΒaP.



Προτάσεις

Πλήρης εφαρμογή των Ευρωπαϊκών Οδηγιών

- ✓ **Συστηματική παρακολούθηση** όλων των νομοθετημένων ρύπων & υπεύθυνη και έγκαιρη ενημέρωση των πολιτών
- ✓ **Έλεγχος** των εκπομπών από τη βιομηχανία και τις οδικές μεταφορές
- ✓ **Έλεγχος** της ποιότητας των καυσίμων

Στοχευμένες και στρατηγικά σχεδιασμένες περιβαλλοντικές και ενεργειακές εθνικές πολιτικές

- ✓ **Βραχυπρόθεσμα σχέδια δράσης** για την αντιμετώπιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ΚΥΑ-ΦΕΚ/23.12.2013) - αξιολόγηση της απόδοσής τους
- ✓ **Μακροπρόθεσμα μέτρα και σχέδια δράσης** για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα
- ✓ Εξασφάλιση **φθηνών και μη-ρυπογόνων καυσίμων** για οικιακή θέρμανση - Έλεγχος ποιότητας και πιστοποίηση βιομάζας - Ενημέρωση των πολιτών για **ορθή χρήση βιομάζας**
- ✓ Διεύρυνση της πρόσβασης σε προγράμματα **εξοικονόμησης ενέργειας**
- ✓ Παρακολούθηση & αντιμετώπιση της ρύπανσης του αέρα από μη-νομοθετημένους ρύπους (π.χ. **δυσσομία**)



Ο καθαρός αέρας

είναι βασικό ανθρώπινο και κοινωνικό δικαίωμα.
Είναι υποχρέωση της πολιτείας να τον εξασφαλίζει
στους πολίτες, αλλά και των πολιτών να τον
διατηρούν καθαρό.