

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΗΣ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Χ. Βλαχοκόστας*, Ν. Μουσιόπουλος, Χ. Αχίλλας, Γ. Μπανιάς και Κ. Καλογερόπουλος

Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής – Τμήμα
Μηχανολόγων Μηχανικών Α.Π.Θ. – Πανεπιστημιούπολη, Θυρίδα 483, 54124 Θεσσαλονίκη
– Τηλ: 2310 996011, E-mail: vlahoco@aix.meng.auth.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία εκτιμώνται οι επιπτώσεις της σωματιδιακής και φωτοχημικής αέριας ρύπανσης στη δημόσια υγεία και το κοινωνικό κόστος που αυτή συνεπάγεται στην Ευρύτερη Περιοχή της Θεσσαλονίκης (ΕΠΘ). Η ανάλυση πραγματοποιείται σε μια περιοχή 50 km × 50 km που περιβάλλει την πόλη της Θεσσαλονίκης. Η εκτίμηση των επιπτώσεων στη δημόσια υγεία για τον πληθυσμό που εκτίθεται σε αέρια ρύπανση σε αστική κλίμακα στην ΕΠΘ πραγματοποιείται για το έτος 2002 στη βάση διαθέσιμων πεδίων συγκεντρώσεων των ρύπων PM₁₀ και O₃. Το κοινωνικό κόστος αποδεικνύεται ότι είναι σημαντικό και ο κύριος συντελεστής είναι μακράν η μείωση του προσδόκιμου βίου λόγω χρόνιας έκθεσης στη βάση του δείκτη των Χαμένων Ετών Ζωής εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε PM₁₀. Σε κάθε περίπτωση είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η μείωση του σημαντικά υψηλού εξωτερικού κόστους που αποδίδεται στις επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης στη δημόσια υγεία των κατοίκων της ΕΠΘ, δικαιολογεί την απόφαση για την εφαρμογή πολιτικών με στόχο τη μείωση της αέριας ρύπανσης στην περιοχή.

Λέξεις κλειδιά: Αστική Αέρια Ρύπανση, Επιπτώσεις στη Δημόσια Υγεία, Εξωτερικότητες, Χαμένα Έτη Ζωής, Αιωρούμενα Σωματίδια, Όζον.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, διαφαίνεται σταδιακά μια ομοφωνία μεταξύ των ειδικών σε ζητήματα δημόσιας υγείας. Είναι κοινά αποδεκτό ότι η αέρια ρύπανση επιτείνει τη νοσηρότητα (ειδικά σε καρδιαγγειακές και αναπνευστικές παθήσεις) και είναι δυνατό να οδηγήσει σε μείωση του προσδόκιμου βίου (π.χ. Dockery and Pope, 2006; Hurley et al., 2005; WHO, 2003; Katsouyanni et al., 2001; Künzli et al., 2000). Η προαναφερθείσα ομοφωνία βασίζεται στις επιδημιολογικές μελέτες της τελευταίας εικοσαετίας, τόσο στην Ευρώπη, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, οι οποίες καταμετρούν αυξήσεις στη θνησιμότητα, αλλά και στη νοσηρότητα που σχετίζονται με την αέρια ρύπανση.

Ορισμένες επιπτώσεις είναι δυνατό να σχετίζονται με τη βραχυχρόνια έκθεση, ενώ άλλες λογίζονται αντίστοιχα ως επιπτώσεις μακροχρόνιας έκθεσης. Παρόλο που οι μηχανισμοί με τους οποίους οι ρύποι επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία δεν είναι πλήρως κατανοητοί, όπως επίσης και οι συνέργειες μεταξύ των ρύπων αποτελούν αντικείμενο συνεχούς μελέτης, οι περισσότερες πρόσφατες επιστημονικές έρευνες κατέδειξαν τα PM ως τον κύριο «ένοχο» που θέτει σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία. Η συγκέντρωση όλο και περισσότερο απτών αποδείξεων και τεκμηριωμένων επιστημονικών μελετών, που αφορούν στις δυσμενείς επιδράσεις της

αέριας ρύπανσης στη δημόσια υγεία, έχει οδηγήσει κυβερνήσεις και άλλους αρμόδιους φορείς σε παγκόσμιο επίπεδο στη χρήση δεδομένων επιδημιολογικών μελετών για την ενίσχυση της λήψης αποφάσεων με τη χρήση ποσοτικών εκτιμήσεων των επιπτώσεων.

Μεθοδολογία

Στα πλαίσια της παρούσας ανάλυσης ποσοτικοποιούνται, τόσο η μείωση του προσδόκιμου ζωής για το σύνολο του πληθυσμού της ΕΠΘ, όσο και για περιστατικά συγκεκριμένων ανεπιθύμητων περιπτώσεων νοσηρότητας. Η ανάλυση επιπτώσεων δημόσιας υγείας πραγματοποιείται στη βάση της χρήσης επιλεγμένων συναρτησιακών σχέσεων συγκέντρωσης ρύπου – επίπτωσης στον αποδέκτη (Concentration – Response Functions – CRFs). Η εστίαση πραγματοποιείται κυρίως στις επιπτώσεις των PM₁₀, αλλά περιλαμβάνονται και συσχετίσεις των εισαγωγών σε νοσοκομεία για αναπνευστικές παθήσεις με το O₃. Δεν αποτιμώνται άμεσα οι επιπτώσεις στην υγεία βαρέων μετάλλων όπως Ni, As, Pb ή άλλων ρύπων όπως τα PAHs, καθώς δεν υπάρχουν τα δεδομένα εκπομπών για την παραγωγή πεδίων συγκεντρώσεων.

Τα απαραίτητα δημογραφικά δεδομένα (ηλικιακή κατανομή και χαρακτηριστικά του πληθυσμού), η χωρική κατανομή του πληθυσμού και ο αριθμός των συνολικών περιστατικών θνησιμότητας και νοσηρότητας που απαιτούνται για τον υπολογισμό των αντίστοιχων CRF για την ΕΠΘ ελήφθησαν από την ΕΣΥΕ. Για την ΕΠΘ γίνεται η παραδοχή μη ποσοτικοποίησης των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία για συγκεντρώσεις των PM₁₀ χαμηλότερες από αυτές του φυσικού υποβάθρου, εξαιτίας της φυσικής προέλευσής τους. Για μια μεσογειακή περιοχή όπως η ΕΠΘ, πηγές αιωρούμενων σωματιδίων όπως η αφρικανική σκόνη, η επαναιώρηση φυσικής σκόνης και η αιώρηση θαλάσσιου άλατος, πολύ πιθανόν συνεισφέρουν περισσότερο από 17 μg/m³ στις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις (Moussiopoulos et al., 2009), η συγκέντρωση των 20 μg/m³ στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης ορίζεται ως το κατώτερο όριο πάνω από το οποίο εμφανίζονται επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

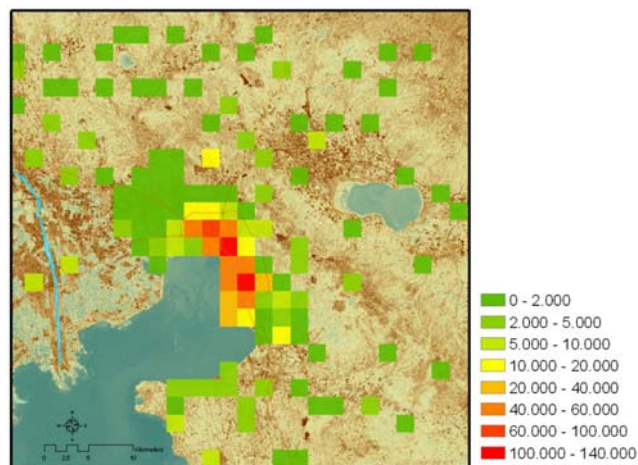
Στα πλαίσια της εργασίας έλαβε χώρα η χρήση των παραγόμενων πεδίων συγκεντρώσεων από το μοντέλο OFIS, το οποίο αποτελεί ένα εύχρηστο υπολογιστικό εργαλείο σχετικά με την αξιολόγηση της ποιότητας αέρα σε αστικές περιοχές. Στόχος της εφαρμογής του OFIS αποτέλεσε αρχικά η αποτύπωση της χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων και του αριθμού των υπερβάσεων των υπό εξέταση ρύπων για το έτος 2002. Η αναλυτική περιγραφή όλων των απαραίτητων δεδομένων εισόδου (απογραφή εκπομπών, ορογραφία, μετεωρολογία, συγκεντρώσεις υποβάθρου κτλ) που οδήγησαν στην παραγωγή των διαθέσιμων πεδίων συγκεντρώσεων είναι δυνατόν να αναζητηθεί σε άλλη εργασία (Moussiopoulos et al., 2009). Τα πεδία των συγκεντρώσεων PM₁₀ και O₃ για το έτος 2002 είναι διαθέσιμα από τις προσομοιώσεις που πραγματοποιηθήκαν με το OFIS για το υπό εξέταση πλέγμα.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία θέτει ως στόχο την αξιόπιστη εκτίμηση των ζημιών που η αέρια ρύπανση προκαλεί και του κοινωνικού οφέλους που προέρχεται από τη μείωση των επιπέδων των εκπομπών. Βασική αρχή που υιοθετείται ως προτεραιότητα της ανάλυσης είναι η αξιοπιστία της ποσοτικοποίησης που θα βασίζεται μόνο σε στοιχεία ευρείας συναίνεσης της επιστημονικής κοινότητας. Στον Πίνακα 1 συνοψίζονται οι CRFs που υιοθετούνται για την παραγωγή των χαρτών δημόσιας υγείας. Για την ποσοτικοποίηση της νοσηρότητας από τις Εισαγωγές σε νοσοκομεία για καρδιακές παθήσεις (Cardiac Hospital Admissions – CHA) και τις Εισαγωγές σε νοσοκομεία για αναπνευστικές παθήσεις RHA (Respiratory Hospital Admissions – RHA) αποδιδόμενες στην αέρια ρύπανση της ΕΠΘ, χρησιμοποιήθηκε το υφιστάμενο επίπεδο αναφοράς των εν λόγω επιπτώσεων για το έτος 2002.

Το πλέγμα στο οποίο θα παραχθούν οι χάρτες επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης στη δημόσια υγεία, αποτελεί μια έκταση 50 km × 50 km που περιβάλλει την πόλη της Θεσσαλονίκης. Η χωρική κατανομή του πληθυσμού της ΕΠΘ για το έτος αναφοράς απεικονίζεται στην Εικόνα 1. Είναι εμφανές ότι η πλειοψηφία του πληθυσμού στην ΕΠΘ είναι συγκεντρωμένη στο κέντρο της πόλης της Θεσσαλονίκης και προς τα δυτικά προάστια.

Πίνακας 1: Συναρτησιακές σχέσεις συγκέντρωσης-επίπτωσης για τη ΕΠΘ

Επίπτωση	Ρύπος	Συναρτησιακή σχέση συγκέντρωσης ρύπου - επίπτωσης στον αποδέκτη
Σύνολο πληθυσμού (Όλες οι ηλικίες)		
Πρόωρη Θνησιμότητα	PM ₁₀	$R_{CM, PM_{10}} = 4,0 \cdot 10^{-4}$
Εισαγωγές σε νοσοκομεία για καρδιακές παθήσεις	PM ₁₀	$R_{CHA, PM_{10}} = 1,14 \cdot 10^{-5}$
Εισαγωγές σε νοσοκομεία για αναπνευστικές παθήσεις	PM ₁₀ , O ₃	$R_{RHA, PM_{10}} = 1,31 \cdot 10^{-5}$
		$R_{RHA, O_3} = 3,43 \cdot 10^{-6}$
Ενήλικες		
Χρόνια Βρογχίτιδα (27+)	PM ₁₀	$R_{CB, PM_{10}} = 2,65 \cdot 10^{-5}$
Ημέρες περιορισμένης δραστηριότητας (18-64)	PM ₁₀	$R_{RAD, PM_{10}} = 9,4 \cdot 10^{-2}$



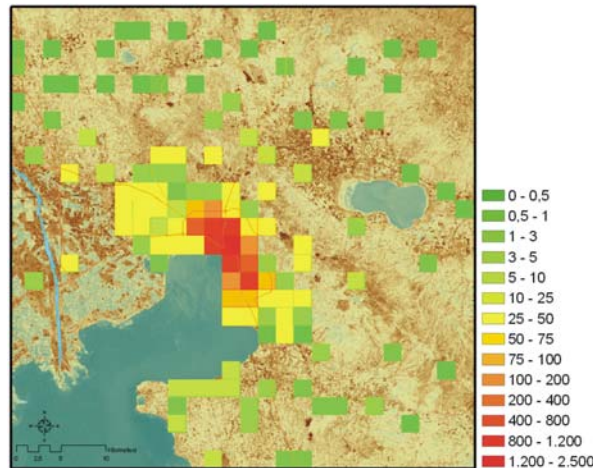
Εικόνα 1: Χωρική κατανομή του πληθυσμού της ΕΠΘ για το 2002

Σχηματίζεται ένα γεωγραφικό πλέγμα διακριτότητας 2 km × 2 km στο οποίο είναι κατανεμημένος ο πληθυσμός της ΕΠΘ. Το εργαλείο GIS επιτρέπει τον υπολογισμό στη βάση των CRF του Πίνακα 1 για κάθε περίπτωση κατηγορίας επίπτωσης και το συνδυασμό τους με τα πεδία συγκεντρώσεων του OFIS για τους υπό εξέταση ρύπους και της αντίστοιχης πληθυσμιακής πυκνότητας των αποδεκτών. Με τον τρόπο αυτό ποσοτικοποιούνται σε κάθε κελί οι αντίστοιχες δυσμενείς επιδράσεις και διατίθεται ένα περιβάλλον φιλικό προς το χρήστη προκειμένου να διευκολυνθεί η πρόσβαση στη χωρική κατανομή των επιπτώσεων με τη μορφή δεδομένων και εικόνων, ώστε ο χρήστης να είναι σε θέση να γνωρίζει την αριθμητική τιμή τους σε κάθε σημείο της περιοχής ενδιαφέροντος.

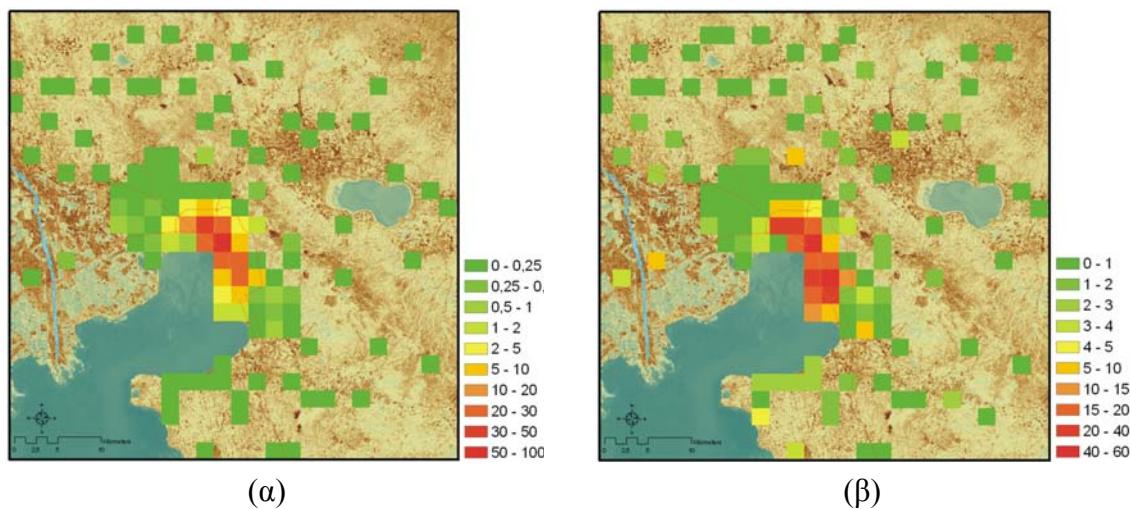
Αποτελέσματα και συζήτηση

Για το έτος 2002 υπολογίζονται περισσότερα από 10.200 Χαμένα Έτη Ζωής (Years of Life Lost – YOLL) που είναι δυνατόν να αποδοθούν στη μακροχρόνια έκθεση στα αντίστοιχα επίπεδα ρύπανσης των PM₁₀. Η χωρική κατανομή των YOLL απεικονίζεται στην Εικόνα 2. Επίσης εκτιμώνται περίπου 450 νέα περιστατικά χρόνιας βρογχίτιδας σε ενήλικες ηλικίας 27 ετών και άνω (ποσοστό 66% του συνολικού πληθυσμού για την ΕΠΘ), που είναι δυνατόν να αποδοθούν στη μακροχρόνια έκθεση στα αντίστοιχα επίπεδα ρύπανσης των PM₁₀.

Αναφορικά με τις CHA και για όλες τις ηλικίες, εκτιμώνται 290 εισαγωγές. Επιπρόσθετα είναι δυνατό να αποδοθούν περίπου 335 RHA λόγω της έκθεσης στα αντίστοιχα επίπεδα ρύπανσης των PM_{10} (Εικόνα 3(α)) και περίπου 480 RHA λόγω της αυξημένης έκθεσης σε O_3 (Εικόνα 3(β)), δίνοντας συνολικά 815 RHA. Αναφορικά με τις ημέρες περιορισμένης δραστηριότητας (Restricted Activity Days – RADs), η μακροχρόνια έκθεση σε PM_{10} ευθύνεται για περίπου 1,6 εκατομμύρια ημέρες (περίπου 1,5 ημέρα/κατοικο) για το υπό εξέταση έτος.



Εικόνα 2: Χωρική κατανομή YOLL στην ΕΠΘ για το έτος αναφοράς



Εικόνα 3: Χωρική κατανομή των περιστατικών RHA στην ΕΠΘ που αποδίδονται στην έκθεση στα επίπεδα ρύπανσης του έτους αναφοράς: (α) των PM_{10} (β) του O_3

Οι οικονομικές τιμές που αποτιμώνται (κυρίως για την πρόωγη θνησιμότητα) δημιουργούν ένα πεδίο αντιπαράθεσης μεταξύ των επιστημόνων. Οι ενδεικτικές τιμές οικονομικής αποτίμησης επιπτώσεων αέριας ρύπανσης που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας για την αποτίμηση του κοινωνικού κόστους προέρχονται από το πρόγραμμα Clean Air For Europe (CAFÉ) (Hurley et al., 2005) και αποτελούν μέσες εκτιμήσεις για την Ευρώπη. Στη βάση των τιμών αυτών προκύπτει για την ΕΠΘ ο Πίνακας 2. Τα αποτελέσματα του Πίνακα 2 υποδεικνύουν ότι το «κοινωνικό κόστος» που αποδίδεται στην αέρια ρύπανση είναι εξαιρετικά υψηλό για το έτος 2002 και αγγίζει τα 751 Μ€ (περισσότερο από 5% του ΑΕΠ της ΕΠΘ για το ίδιο έτος). Ο υπολογισμός βασίζεται στη διάμεση τιμή της Αξίας του Χαμένου Έτους (Value of a Life Year – VOLY) που ανέρχεται σε € 52.000 / YOLL. Ο κύριος συντελεστής είναι μακράν η μείωση του προσδόκιμου βίου που αποδίδεται στη χρόνια

έκθεση στη σωματιδιακή ρύπανση στη βάση του δείκτη YOLL μακροχρόνιας έκθεσης σε PM₁₀. Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται αποδίδουν περισσότερα από 10.200 YOLL πρόωρης θνησιμότητας στην αυξημένη έκθεση σε PM₁₀ τα οποία μπορούν να αποτιμηθούν ως 530 Μ€ βασισμένα στη διάμεση τιμή της VOLY.

Πίνακας 2: Οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία για το έτος 2002

Επίπτωση	Περιστατικά	Μονάδα Μέτρησης	Συνολικό Κόστος (Μ€)
YOLL	10.208	Έτη	530,80
Χρόνια Βρογχίτιδα	446	Νέα περιστατικά	84,80
CHAs	290	Εισαγωγές	1,11
RHAs	814	Εισαγωγές	1,63
RADs	1.596.419	Ημέρες	132,50
		Σύνολο:	750,85

Η πιο σημαντική επίπτωση ανεπιθύμητης νοσηρότητας μακροχρόνιας έκθεσης σε PM₁₀ είναι τα περιστατικά χρόνιας βρογχίτιδας, με συνεισφορά περίπου 85 Μ€ στο κοινωνικό κόστος. Επιπρόσθετα, η παρούσα ανάλυση καταδεικνύει ότι οι RADs συνεισφέρουν εξίσου σημαντικά στο εξωτερικό κόστος της αέριας ρύπανσης. Εκτιμώνται περίπου 1,5 RAD/κάτοικο, ή με άλλα λόγια απώλειες παραγωγικότητας της τάξης των 132 Μ€ που μπορούν να αποδοθούν στη χαμηλή ποιότητα αέρα της ΕΠΘ για το έτος 2002. Οι CHAs και RHAs υπερβαίνουν αθροιστικά μόλις τα 2,5 Μ€, δηλαδή ένα ελάχιστο ποσοστό του συνολικού εξωτερικού κόστους.

Συμπεράσματα

Η εκτίμηση του εξωτερικού κόστους που επωμίζονται οι κάτοικοι της ΕΠΘ από την έκθεση σε υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης αποδεικνύει ότι η συντριπτική πλειοψηφία του εξωτερικού κόστους, κυρίως εξαιτίας της μείωσης του προσδόκιμου βίου, οφείλεται στη μακροχρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα PM₁₀. Το O₃ λόγω του χωρικού πεδίου που παρουσιάζει (υψηλές τιμές μακριά από περιοχές με υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα – περισσότερο ρύπος περιφερειακής κλίμακας) και των ισχυρών συσχετίσεων μόνο με RHA, αποδεικνύεται «φθηνός» ρύπος, όσον αφορά στο εξωτερικό κόστος σε σύγκριση με τα PM₁₀.

Είναι αναγκαίο να τονιστεί ότι υπάρχουν έμφυτες αβεβαιότητες στις εκτιμήσεις των επιπτώσεων στην υγεία που προέρχονται π.χ. από τις αβεβαιότητες των δεδομένων εισόδου στο υπολογιστικό εργαλείο OFIS, αβεβαιότητα για τη συνεργία μεταξύ των ρύπων, αλλά και από την ιδιοσυγκρασία του αναλυτή στην ερμηνεία αμφίσημης ή ελλιπούς πληροφορίας. Αναφορικά με την ανάλυση επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης στη δημόσια υγεία προβληματίζει η εφαρμογή των σχετικών κινδύνων που προήλθαν από τη μελέτη σε ένα πληθυσμό (τον επιδημιολογικά υπό εξέταση πληθυσμό) για την εκτίμηση επιπτώσεων σε έναν άλλο πληθυσμό (τον υπό μελέτη πληθυσμό), ενώ και υποθέσεις για την κλίση και τη γραμμικότητα των CRFs (π.χ. με ή χωρίς κατώτατο όριο) συνεισφέρουν στις εγγενείς αβεβαιότητες. Επιπρόσθετα, δεν είναι ξεκάθαρο σε ποιο βαθμό οι προφανείς επιπτώσεις των PM₁₀ είναι στην πραγματικότητα μια αντανάκλαση επιπτώσεων του NO₂ ή του SO₂ ή αντίστροφα, ή εάν η παρουσία άλλων ρύπων επηρεάζει την τοξικότητα των PM₁₀.

Σκοπός της συνεχιζόμενης έρευνας είναι η κάλυψη περισσότερων επιπτώσεων και η αναθεώρηση της μεθοδολογίας για τη μείωση των αβεβαιοτήτων. Διαύγεια στον ορισμό αυτών των παραμέτρων είναι προαπαιτούμενη για την κατάλληλη ερμηνεία των αποτελεσμάτων σε πολιτικό επίπεδο. Σε κάθε περίπτωση είναι σημαντικό να τονιστεί ως βασικό συμπέρασμα ότι η μείωση του σημαντικά υψηλού εξωτερικού κόστους που

αποδίδεται στις επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης στη δημόσια υγεία των κατοίκων της ΕΠΘ, δικαιολογεί την απόφαση για την εφαρμογή πολιτικών αντιρρύπανσης στην περιοχή.

Βιβλιογραφία

- Dockery D.W., Pope C.A. (critical review), *J. Air Waste Manage. Assoc.* 56 (2006) 709.
- Hurley F., Hunt A., Cowie H., Holland M., Miller B., Pye S., Watkiss P.. Methodology for the Cost-Benefit Analysis for CAFE: Volume 2: Health Impact Assessment. Didcot, UK, AEA Technology Environment, 2005.
- Katsouyanni K., Touloumi G., Samoli E., Gryparis A., Le Tertre A., Monopoli Y., Rossi G., Zmirou D., Ballester F., Boumghar A., Anderson H.R, Wojtyniak B., Paldy A., Braunstein R., Pekkanen J., Schindler C., Schwartz J.. *Epidemiology* 12(5), (2001) 521.
- Künzli N., Kaiser R., Medina S., Studnicka M., Chanel O., Herry M., Horak F., Puybonnieux-Texier V., Quinel P., Schneider J., Seetaler R., Vergnaud J.-C. and Sommer H.. *Lancet* 356 (2000) 795.
- Moussiopoulos N., Vlachokostas Ch., Tsilingiridis G., Douros I., Hourdakis E., Naneris C., Sidiropoulos C., *Sci. Total Environ* 407 (2009) 1268-1285.
- World Health Organisation (WHO). Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Report on a WHO Working Group, Bonn, Germany, 2003.

HEALTH EFFECTS AND SOCIAL COSTS OF PARTICULATE AND PHOTOCHEMICAL URBAN AIR POLLUTION IN THE GREATER THESSALONIKI AREA

Ch. Vlachokostas*, N. Moussiopoulos, Ch. Achilles, G. Baniyas and K. Kalogeropoulos

Laboratory of Heat Transfer and Environmental Engineering, Department of Mechanical Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, Box 483, 54124 Thessaloniki, Greece –
Tel: 2310 996011, E-mail: vlahoco@aix.meng.auth.gr

Abstract

This study aims at presenting a methodological approach in order to estimate health damages from particulate and photochemical urban air pollution, depict their spatial resolution in an urban area and assess the order of magnitude as regards the corresponding social costs in urban scale. The analysis is conducted within an area of 50 km × 50 km surrounding the city of Thessaloniki, Greece. The area is selected on the grounds that Thessaloniki is considered one of the most polluted -if not the most polluted- cities within Europe, especially with respect to airborne particles. The methodology presented asserts with confidence that air pollution causes damage to human receptors at least as great as quantified, and that reductions in air pollution lead to widely accepted quantifiable benefits. Concentration-Response functions are estimated and social cost of health damages in Thessaloniki turns out to be significant. The main contributor is by far premature mortality due to chronic exposure to anthropogenic PM₁₀. The results could be of importance for local authorities since they provide an insight on the economic social benefit of emission reductions in the examined area.

Keywords: Urban Air Pollution; Health Effects; Externalities; Years of Life Lost, PM₁₀, O₃.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΗΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΗΣ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



Δρ. Χρίστος Βλαχοκύστας
Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Α.Π.Θ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

- Το πρόβλημα της υποβάθμισης ποιότητας αέρα αστικής κλίμακας.
- Μεθοδολογικό πλαίσιο διαχείρισης ποιότητας αέρα (εκπομπές, μετεωρολογία, επίπεδα ποιότητας αέρα).
- Μεθοδολογικό πλαίσιο ανάλυσης επιπτώσεων δημόσιας υγείας και εκτίμησης του κοινωνικού κόστους.
- Εφαρμογή στην Ευρύτερη Περιοχή Θεσσαλονίκης (ΕΠΘ).
- Περαιτέρω έρευνα για την ΕΠΘ.

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ ΣΕ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Βασικά χαρακτηριστικά αστικής κλίμακας:

- Αστικοποίηση → Περιβαλλοντική Υποβάθμιση → Αέρια Ρύπανση
→ Επιπτώσεις στη Δημόσια Υγεία
- Κύριες πηγές
 - Βιομηχανία ή/και ηλεκτροπαραγωγή
 - Μεταφορές
 - Κτίρια
- Το φαινόμενο της αστικής χαράδρας



ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

- Έλλειψη χωροταξικού πλαισίου με συνέπειες:
 - Κακή ρυμοτομία.
 - Έλλειψη σχεδιασμού και βασικών υποδομών.
 - Έλλειψη θεσμοθετημένων χρήσεων γης και πρασίνου.
 - Βιομηχανική δραστηριότητα εκτείνεται πολύ κοντά ή ακόμα και εντός των οικιστικών ζωνών.
- Η οικονομική ανάπτυξη συνδέεται με την αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας.
- Υψηλός μέσος όρος ηλικίας οχημάτων και κυκλοφοριακά προβλήματα.
- Συνεισφορά του φυσικού υποβάθρου.
- Αστική νήσος θερμότητας.
- Μειωμένος αριθμός βροχοπτώσεων.

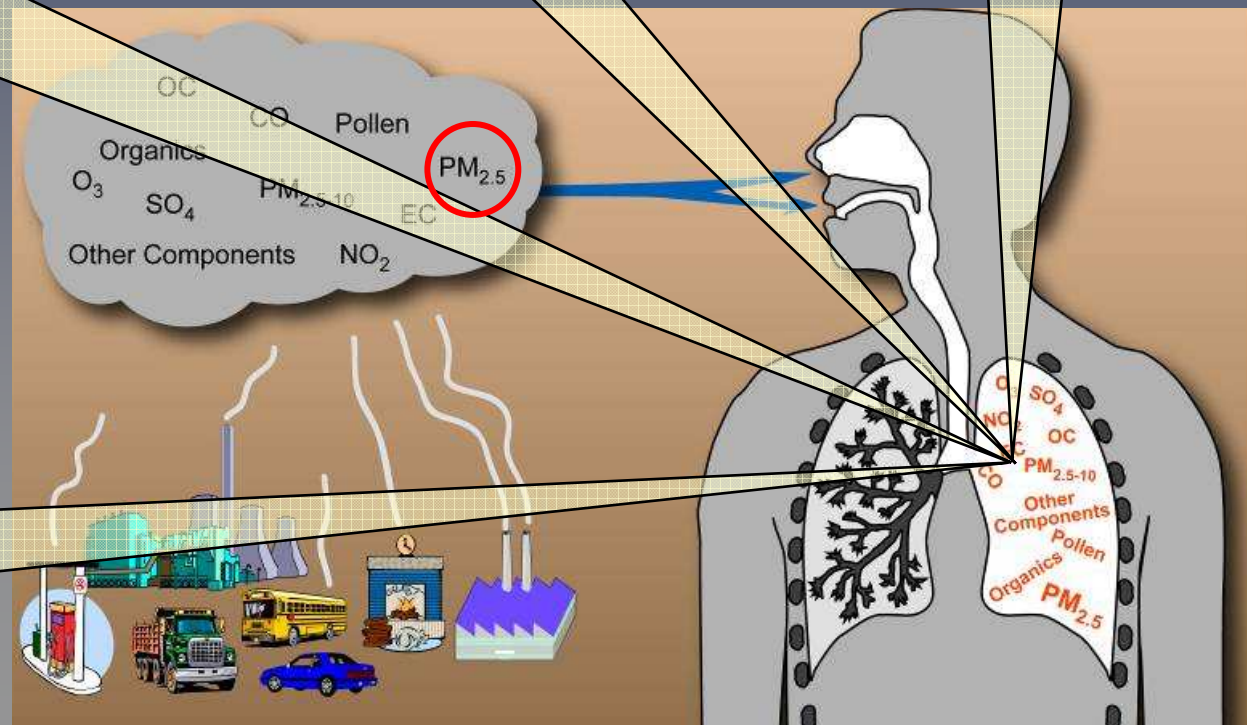
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα & καρδιαγγειακές παθήσεις

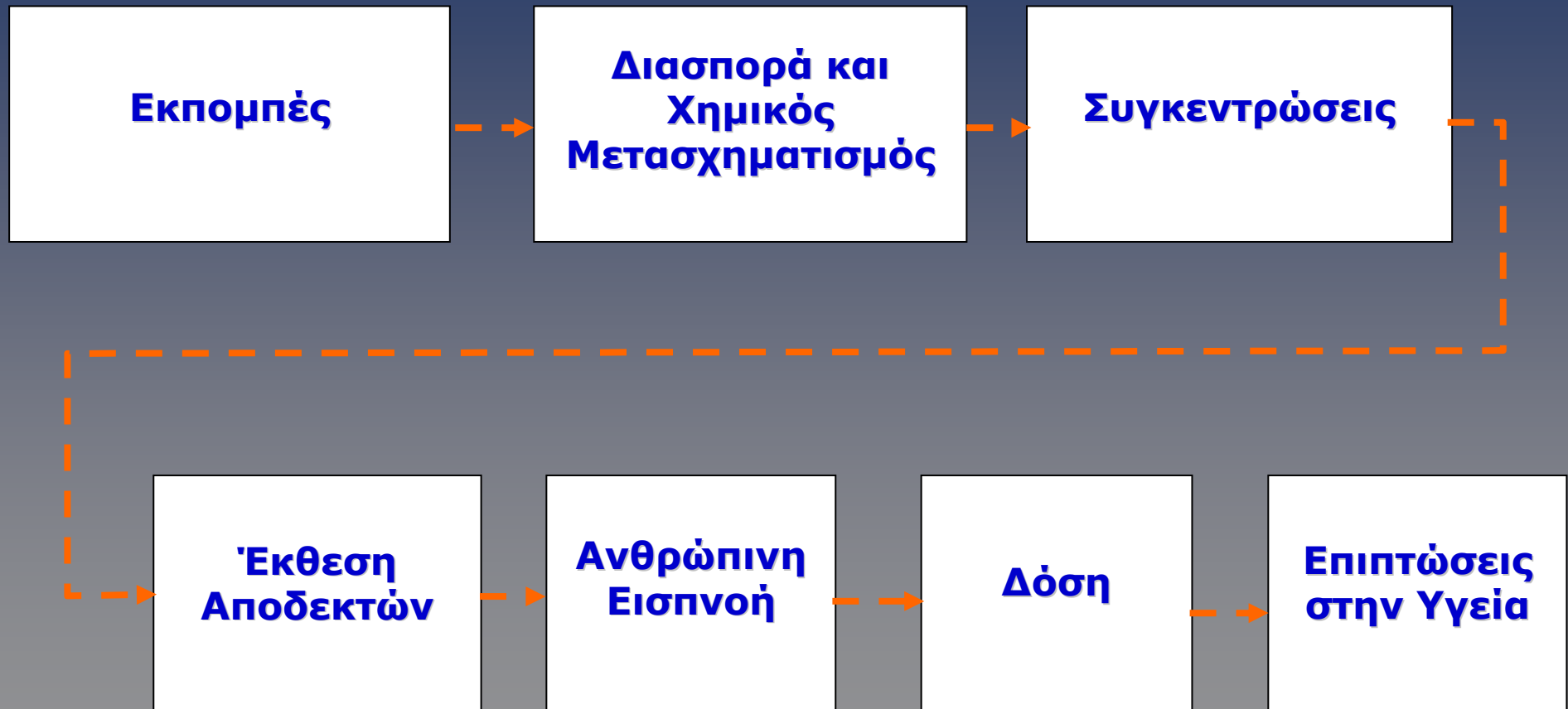
Σχετίζεται με την παρουσίαση άσθματος σε παιδιά

Συμβάλλει στην αύξηση της νοσηρότητας

Οδηγεί σε πρόωρη θνησιμότητα



ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ



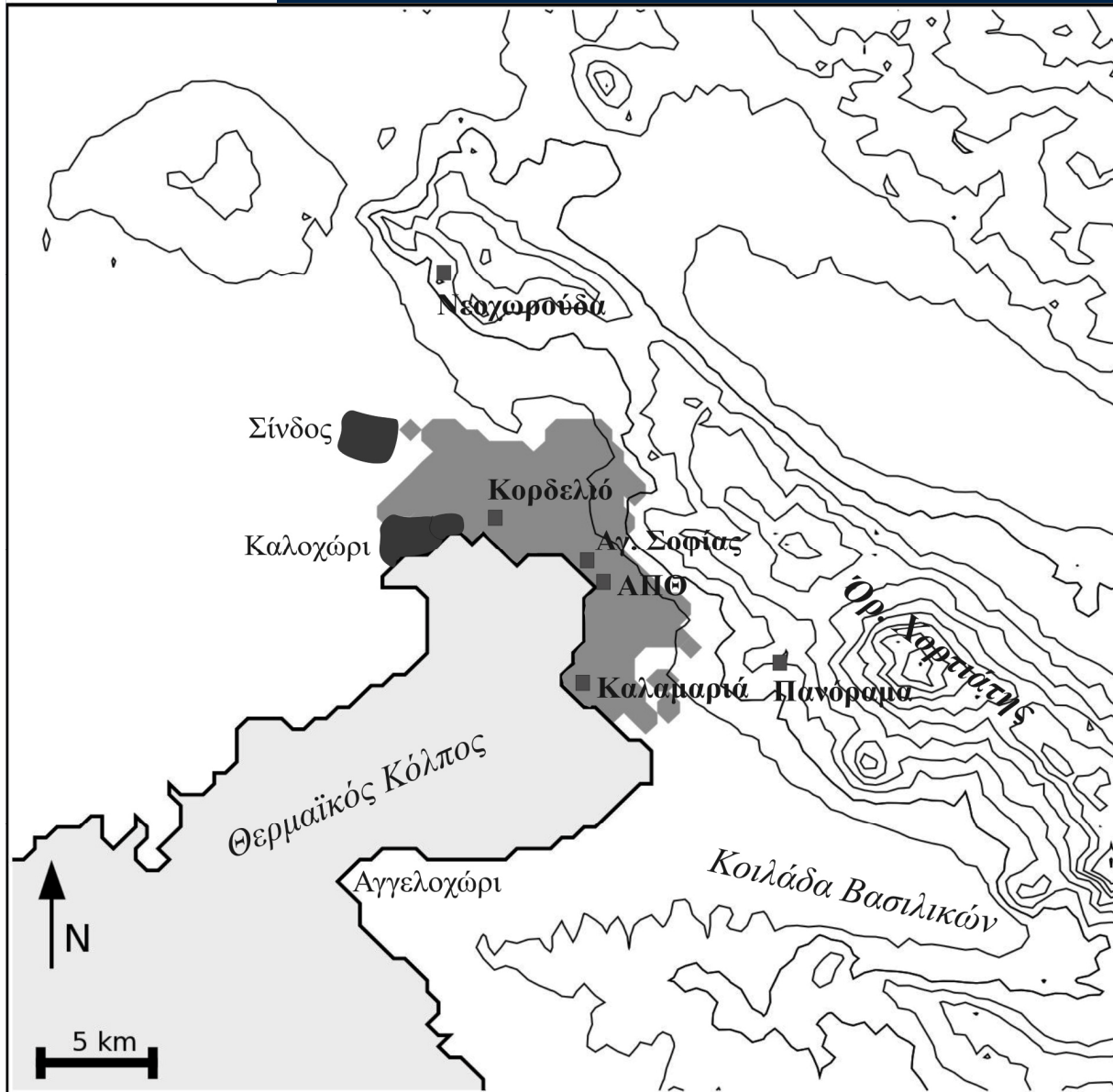
National Research Council, 1998, *Research Priorities for Airborne Particulate Matter: I - Immediate Priorities and a Long-Range Research Portfolio*



ΕΣΤΙΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



➤ Κατοικημένες (γκρίζες) και βιομηχανικές (μαύρες) περιοχές.

➤ Σταθμοί του Δικτύου Ελέγχου Αέριας Ρύπανσης της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (ΔΕΑΡ/ΠΚΜ).

Βασικά προβλήματα:

PM & O₃

Θεσσαλονίκη

Εγνατία: Συνθήκες
κίνησης σε ώρες
αιχμής



Λιμάνι: ΡΜ που
προέρχεται από
φορτία σκόνης
άνθρακα



ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (1/2)



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Τομεακή ανάλυση εκπομπών αερίων ρύπων στην ΕΠΘ για το έτος αναφοράς 2002 (Moussiopoulos et al., 2009)

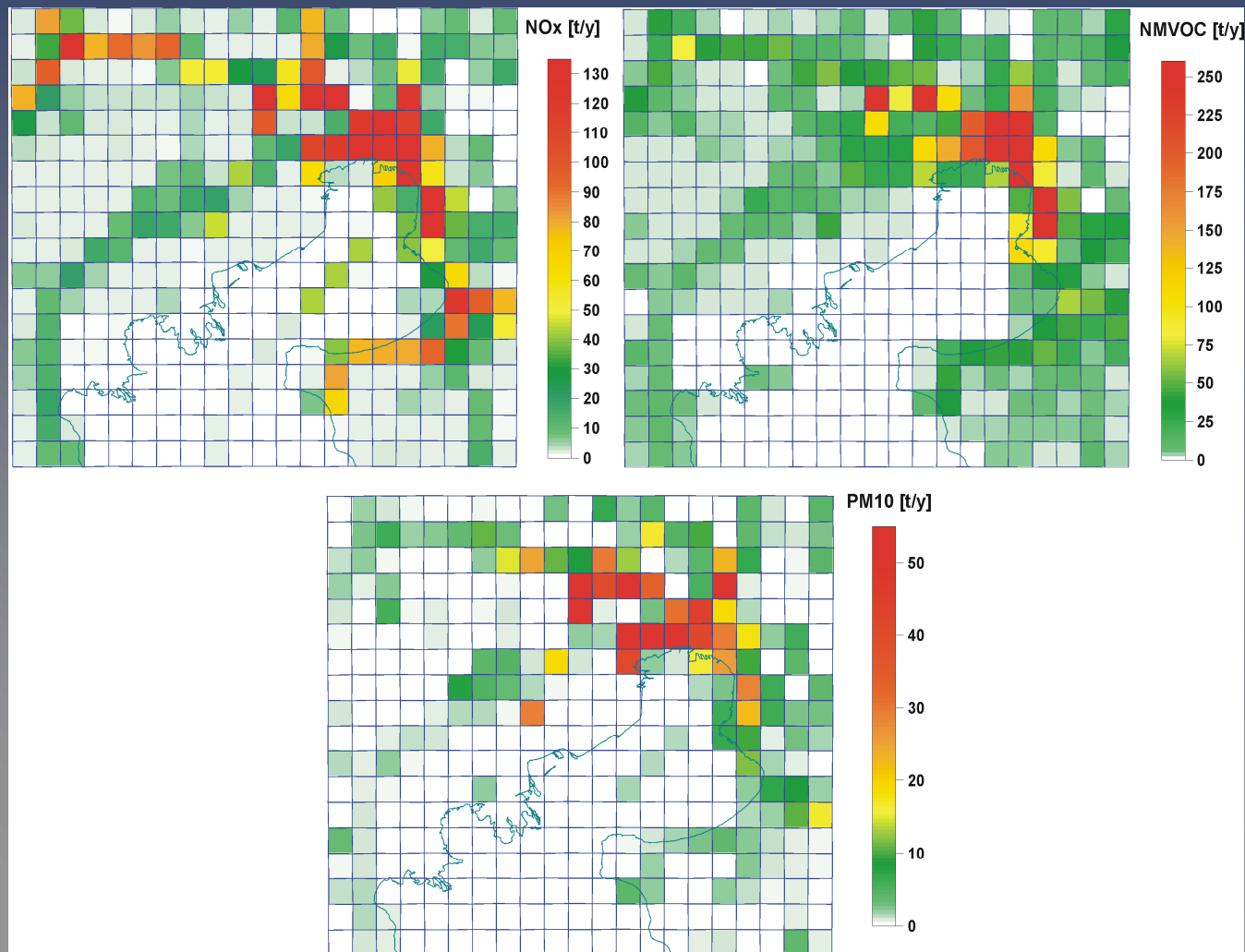
Κατηγορία πηγών	NO _x	NMVOC	PM ₁₀
Θέρμανση Εσωτερικών Χώρων	4,2%	1,4%	10,9%
Βιομηχανία	18,9%	14,4%	69,3%
Αποθήκευση και Διανομή Βενζίνης	0,0%	3,2%	0,0%
Χρήση Διαλυτών	0,0%	23,0%	0,0%
Οδικές Μεταφορές	64,5%	52,4%	15,5%
Άλλες Μεταφορές	4,8%	0,9%	1,3%
Κατασκευές	2,5%	0,4%	0,9%
Γεωργία	5,1%	3,6%	2,1%
Διάθεση Αποβλήτων	0,0%	0,0%	0,0%
Δάση	0,0%	0,7%	0,0%
Συνολικά (t/a)	24.720	28.090	4.720

ΑΠΟΓΡΑΦΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (2/2)



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

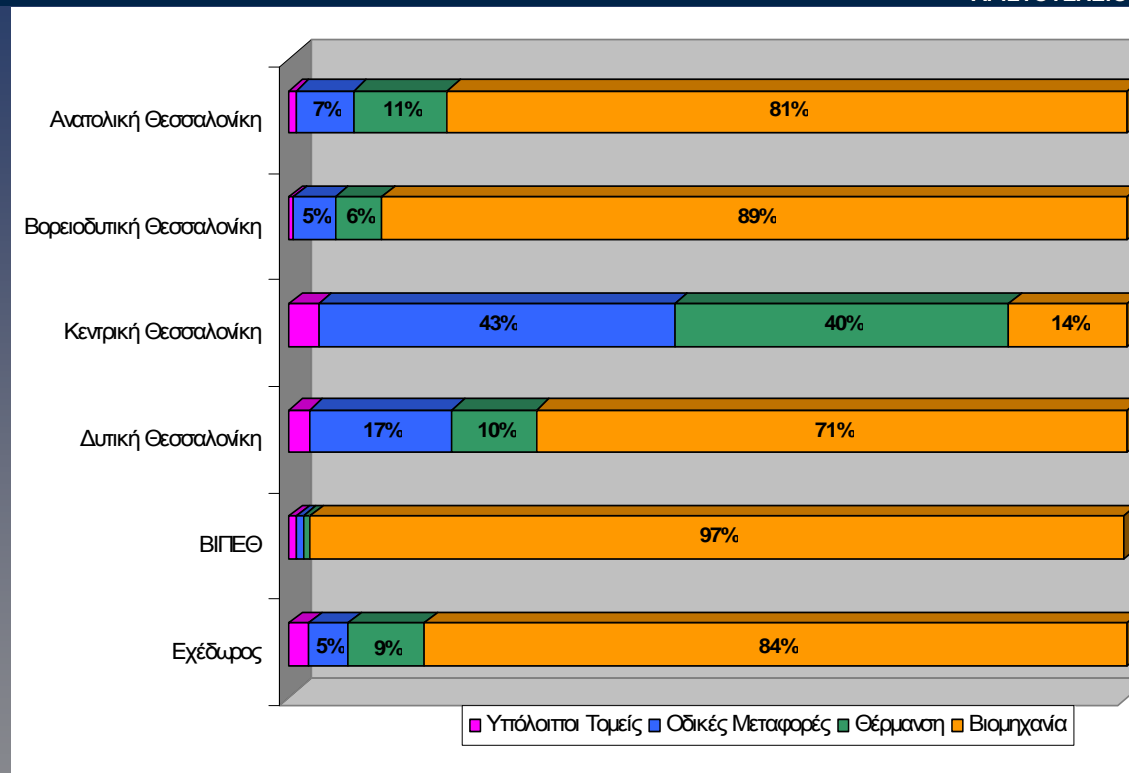
Χωρικές κατανομές των εκπομπών NO_x , NMVOCs και PM_{10} εντός του πλέγματος της ΕΠΘ (21x18 κελιά με διαστάσεις κελιού 2x2 km²).



ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΓΙΑ ΤΑ PM_{10}



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



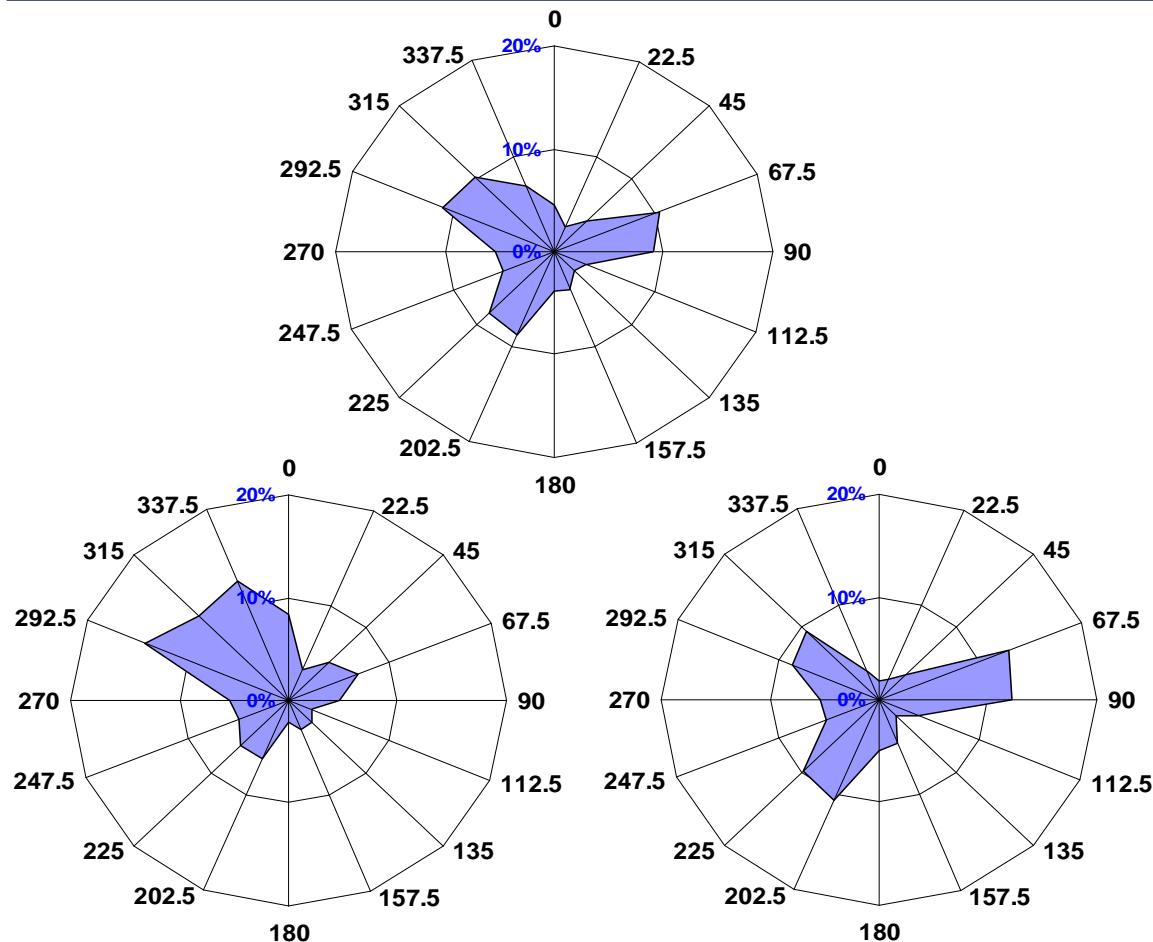
- Ποσοστό $> 80\%$ των συνολικών PM_{10} από τη βιομηχανία, προέρχονται από τη ΒΙΠΕΘ, τη Δυτική και Βορειοδυτική περιοχή.
- Ωστόσο στην Κεντρική Θεσσαλονίκη μεγαλύτερη είναι η συνεισφορά της οδικής κυκλοφορίας και μάλιστα σε επίπεδο δρόμου.

ΤΥΠΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

- Κατανομή συχνοτήτων διεύθυνσης ανέμου τυπικής μετεωρολογίας στην ΕΠΘ (σταθμός Κορδελιού) για το έτος 2001 (πάνω), για το χειμερινό εξάμηνο του έτους 2001 (κάτω αριστερά) και για το θερινό εξάμηνο του έτους 2001 (κάτω δεξιά).



- Η συγκεκριμένη περιοχή επηρεάζεται σε μικρό βαθμό από φαινόμενα τοπικής κυκλοφορίας ανέμου.

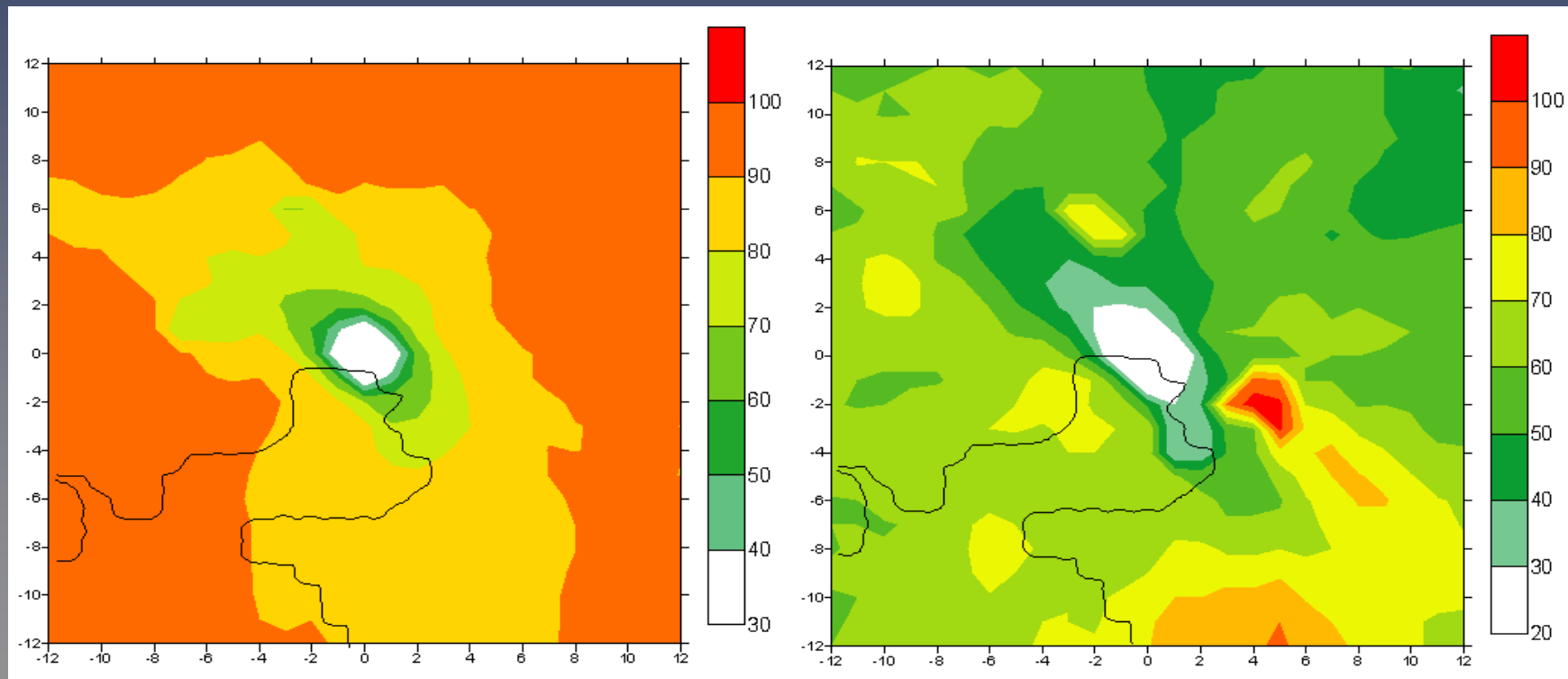
- Αρχικές και οριακές συνθήκες από το μοντέλο περιφερειακής κλίμακας Unified EMEP για την ΕΠΘ (χωρική διακριτότητα της τάξης των 50 km).

ΧΩΡΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΤΟΥΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟ O_3



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων O_3 (δεξιά) και ημερήσιων υπερβάσεων (αριστερά) στην ΕΠΘ για το έτος 2002:



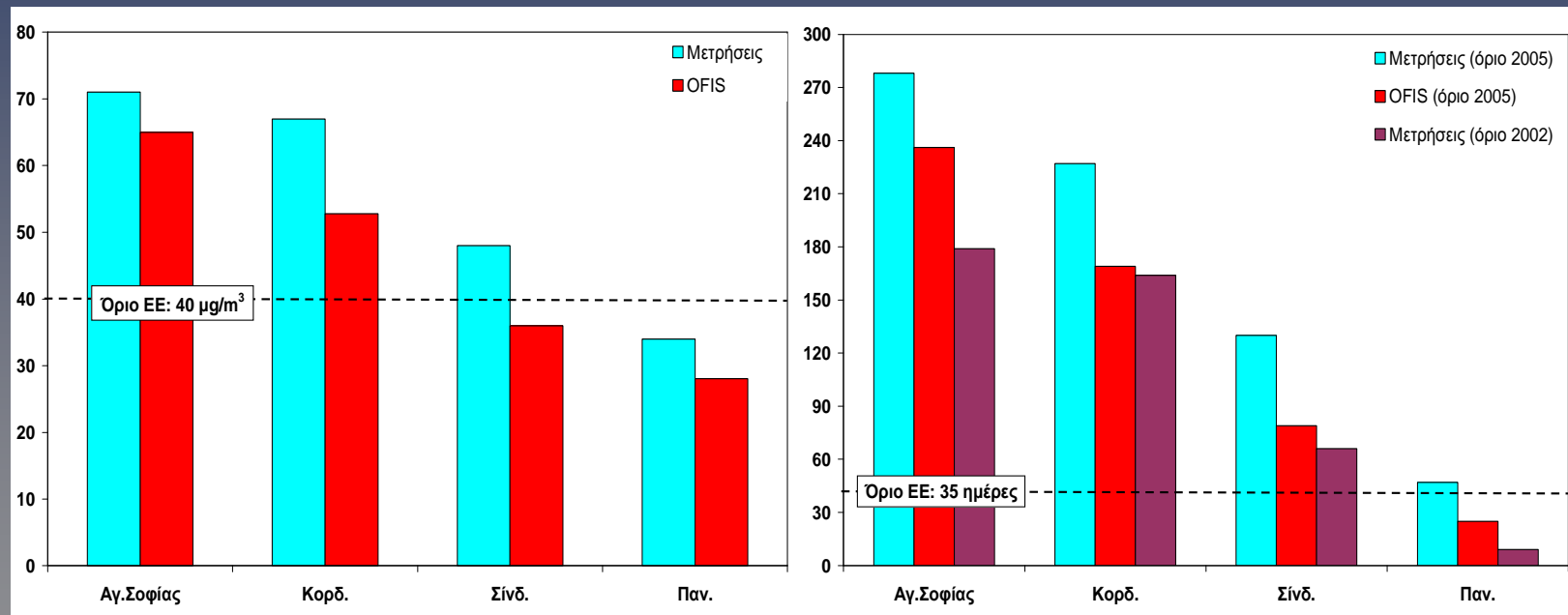
Υψηλή συνεισφορά του περιφερειακού - ηπειρωτικού υποβάθρου για την περίπτωση του O_3 .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΤΟΥΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΑ PM₁₀



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σύγκριση μετρημένων (ΔΕΑΡ/ΠΚΜ) και υπολογισμένων (OFIS) μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων και ετήσιου αριθμού ημερήσιων υπερβάσεων για τα PM₁₀ στην ΕΠΘ για το έτος 2002:



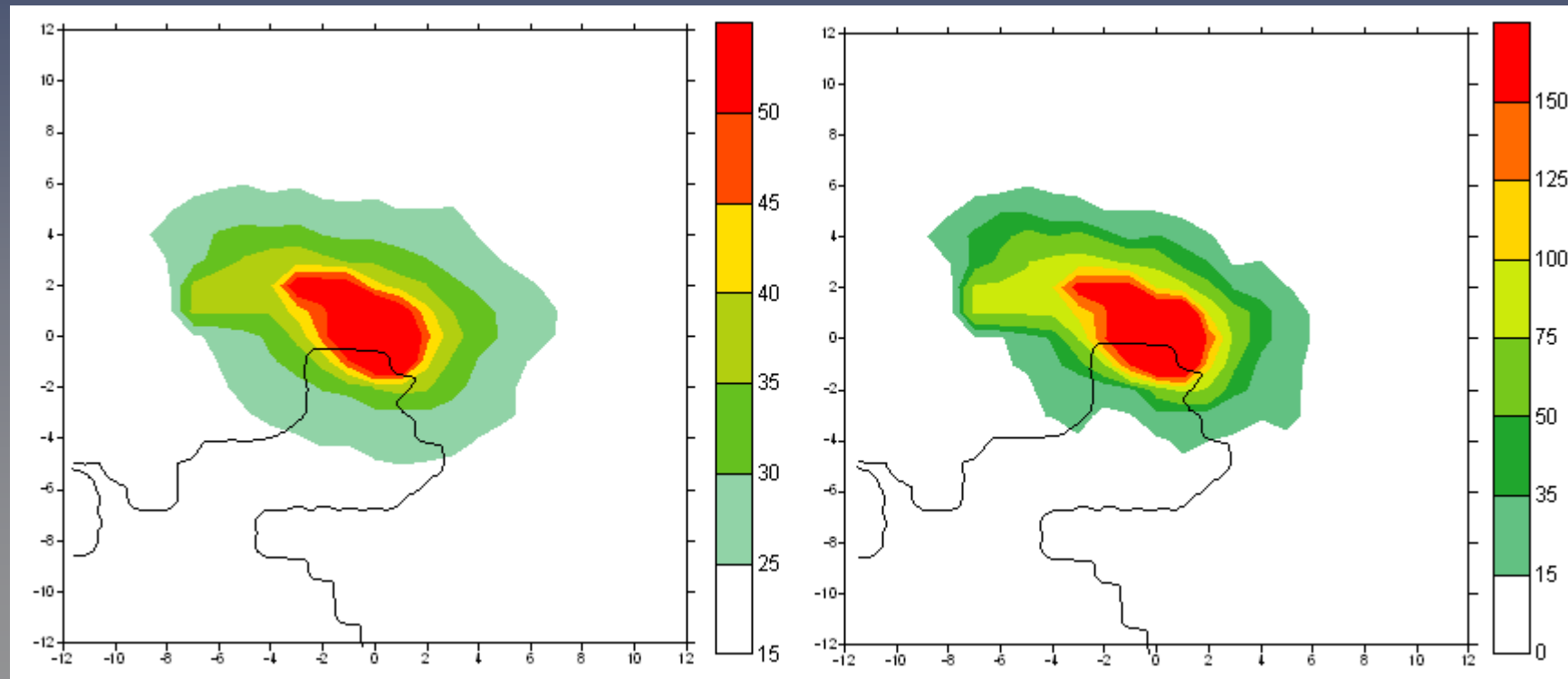
Άμεση ανάγκη λήψης μέτρων για τον περιορισμό των εκπομπών PM₁₀!

ΧΩΡΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΤΟΥΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΑ PM_{10}



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Χωρική κατανομή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων (αριστερά) και του αριθμού ημερήσιων υπερβάσεων της οριακής τιμής των $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (δεξιά) στην ΕΠΘ για το έτος 2002:



ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΕΠΘ - ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT 407 (2009) 1268–1285

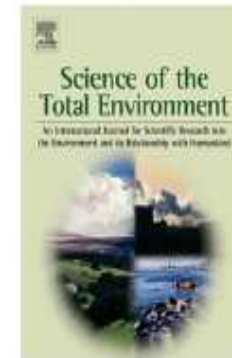


ELSEVIER

available at www.sciencedirect.com



www.elsevier.com/locate/scitotenv



Air quality status in Greater Thessaloniki Area and the emission reductions needed for attaining the EU air quality legislation

N. Moussiopoulos^a, Ch. Vlachokostas^{a,*}, G. Tsilingiridis^b, I. Douros^a, E. Hourdakis^a,
C. Naneris^a, C. Sidiropoulos^b

^aLaboratory of Heat Transfer and Environmental Engineering, Aristotle University, Thessaloniki, Box 483, 54124 Thessaloniki, Greece

^bProcess Equipment Design Laboratory, Aristotle University, Thessaloniki, Box 487, 54124 Thessaloniki, Greece



- Χρήση δεδομένων επιδημιολογικών μελετών προς ενημέρωση των ληπτών απόφασης με ποσοτικές εκτιμήσεις της επίπτωσης της αέριας ρύπανσης στη δημόσια υγεία.
- Η αποτίμηση των επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία είναι μια περιοχή αλληλεπίδρασης επιστήμης και πολιτικής, όπου οι ποσοτικές μέθοδοι ανάλυσης επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης στη δημόσια υγεία (Health Impact Assessment - HIA) / ανάλυσης κόστους οφέλους (Cost Benefit Analysis - CBA) είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθούν.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΕ ΑΕΡΙΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ (1/3)



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Μεταβολές στα επίπεδα ποιότητας αέρα

Συνθήκες αναμενόμενης εξέλιξης

Σενάριο ελέγχου με προκρινόμενες παρεμβάσεις

Μετρήσεις

Εκτιμήσεις με μοντέλα ποιότητας αέρα

Εκτιμήσεις επιπτώσεων υγείας

Μείωση στα επίπεδα αέριας ρύπανσης που εκτίθεται ο αστικός πληθυσμός

Μείωση στην εμφάνιση επιπτώσεων στην υγεία (περιστατικά θνησιμότητας και νοσηρότητας)

Εκτιμήσεις επιπτώσεων (επιδημιολογία)

Κατανομή πληθυσμού

Δεδομένα παρακολούθησης υγείας σε μια αστική περιοχή

Οικονομική Αποτίμηση

Οικονομική ωφέλεια από τη μείωση της εμφάνισης των επιπτώσεων στην υγεία

«Συναρτήσεις» οικονομικής αποτίμησης

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΕ ΑΕΡΙΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ (2/3)



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

$$\Delta_{cases,hi} = \Delta C_{jp} \cdot ERF_{hi,p} \cdot Pop_j$$

$$C_{jp} \geq LOAEL$$

Μείωση
Θνησιμότητας /
Νοσηρότητας

=

Βελτίωση
ποιότητας
αέρα

*

Εκτίμηση
σχετικού
ρίσκου

*

Εκτίμηση
υποβάθρου

*

Πληθυσμός

Μεταβολή στη μέση
ετήσια
συγκέντρωση
(ΣΑΕ – σενάριο
ελέγχου)
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ποσοστιαία
μεταβολή στην
εμφάνιση των
περιστατικών
υγείας ανά
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Συνολικός ετήσιος
ρυθμός
περιστατικών
θνησιμότητας /
νοσηρότητας
(περιστατικά /
πληθυσμό και
έτος)

Συγκεκριμένες
ηλικιακές
ομάδες ή
άτομα με
καθορισμένη
χρόνια πάθηση

➤ Παραδοχή άθροισης των εκτιμώμενων επιπτώσεων των PM με αυτές του O₃.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΕ ΑΕΡΙΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ (3/3)



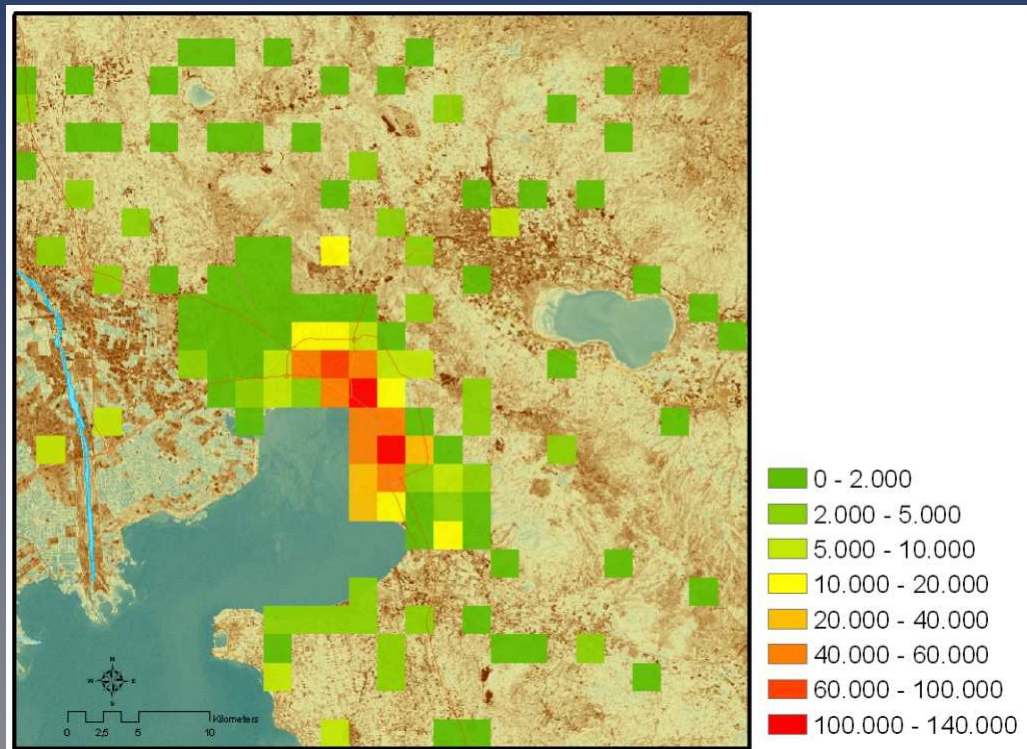
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

- Η μεταφορά RR από μια περιοχή, όπου έλαβε χώρα μια επιδημιολογική μελέτη, σε μια άλλη, όπου υιοθετείται το RR, δέχεται κριτική και προβληματίζει ευρύτερα την επιστημονική κοινότητα.
- Η παρούσα εφαρμογή βασίζεται σε ERFs διεθνών επιστημονικών μελετών.
- Η μεθοδολογία που παρουσιάζεται είναι εφαρμόσιμη για οποιαδήποτε περίπτωση ρύπου με αξιόπιστες εκτιμήσεις ρίσκου και επιλογή της αντίστοιχης ERF.
- Προτίμηση σε μείωση του προσδόκιμου βίου σε σχέση με περιστατικά πρόωρης θνησιμότητας.

ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΠΘ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



- Έκταση 50 km x 50 km που περιβάλλει τη Θεσσαλονίκη (πλέγμα 2 km x 2 km).
- Η πλειοψηφία του πληθυσμού στην ΕΠΘ είναι συγκεντρωμένη στο κέντρο της πόλης και προς τα δυτικά προάστια (Συνολικός πληθυσμός 1.033.000 κάτοικοι το 2002).
- Η χωρική κατανομή, η ηλικιακή κατανομή και τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού της περιοχής παρέχονται από την ΕΣΥΕ.

ΣΥΝΑΡΤΗΣΙΑΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ - ΕΠΙΠΤΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΘ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

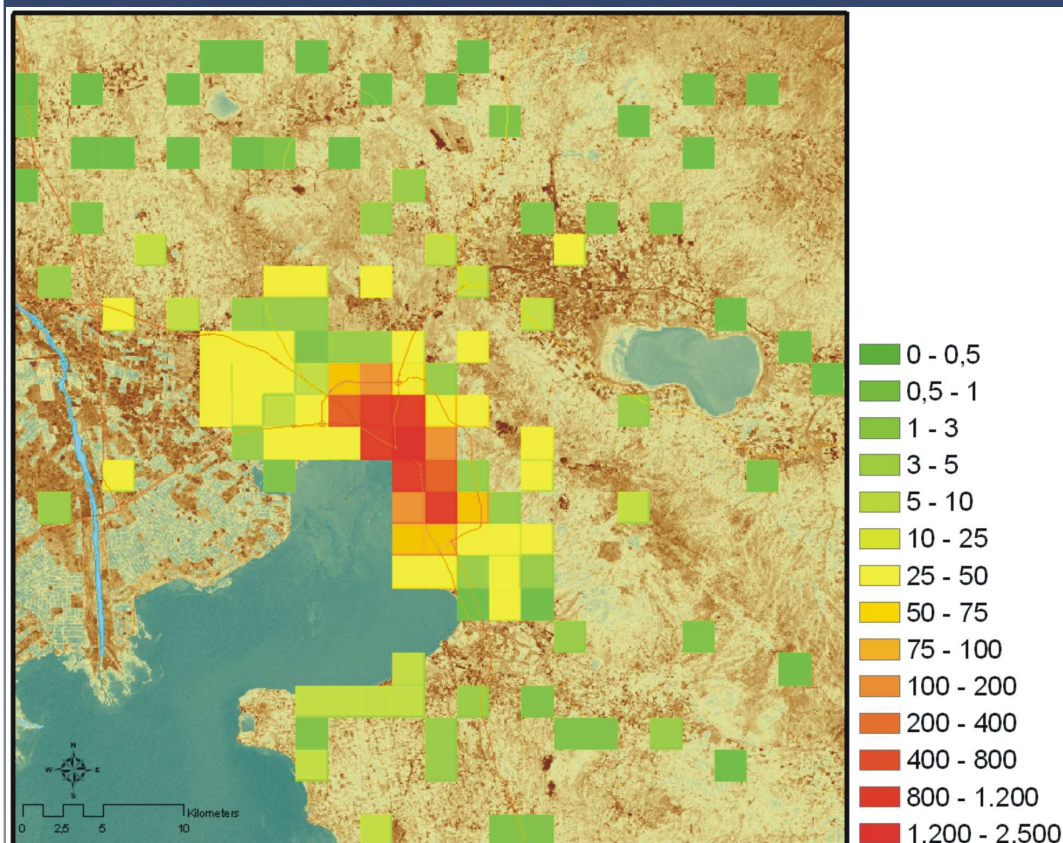
Επίπτωση	Πηγή αναφοράς	Ρύπος	Συναρτησιακή σχέση συγκέντρωσης ρύπου - επίπτωσης στον αποδέκτη
Σύνολο πληθυσμού (Όλες οι ηλικίες)			
Πρόωρη Θνησιμότητα	ExternE, 2005	PM ₁₀	$R_{CM, PM_{10}} = 4,0 \cdot 10^{-4}$
	Kunzli et al., 2000		$R_{CM, PM_{10}} = 3,14 \cdot 10^{-5}$
Εισαγωγές σε νοσοκομεία για καρδιακές παθήσεις	Le Tetre et al., 2002; Hurley et al., 2005	PM ₁₀	$R_{CHA, PM_{10}} = 1,14 \cdot 10^{-5}$
Εισαγωγές σε νοσοκομεία για αναπνευστικές παθήσεις	Hurley et al., 2005	PM ₁₀ , O ₃	$R_{RHA, PM_{10}} = 1,31 \cdot 10^{-5}$
			$R_{RHA, O_3} = 3,43 \cdot 10^{-6}$
Ενήλικες			
Χρόνια Βρογχίτιδα (27+)	ExternE, 2005, Hurley et al., 2005	PM ₁₀	$R_{CB, PM_{10}} = 2,65 \cdot 10^{-5}$
Ημέρες περιορισμένης δραστηριότητας (18-64)	Kunzli et al., 2000	PM ₁₀	$R_{RAD, PM_{10}} = 9,4 \cdot 10^{-2}$

$$\frac{YOLL \text{ ή περιστατικά ή ημέρες}}{\text{έτος} \cdot \text{αποδέκτη} \cdot \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}}$$

ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΧΑΜΕΝΩΝ ΕΤΩΝ ΖΩΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΘ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



➤ Για το 2002 εκτιμώνται περίπου:

10.200 Χαμένα Έτη Ζωής

που είναι δυνατόν να αποδοθούν στη μακροχρόνια έκθεση στα επίπεδα ρύπανσης των PM_{10} .

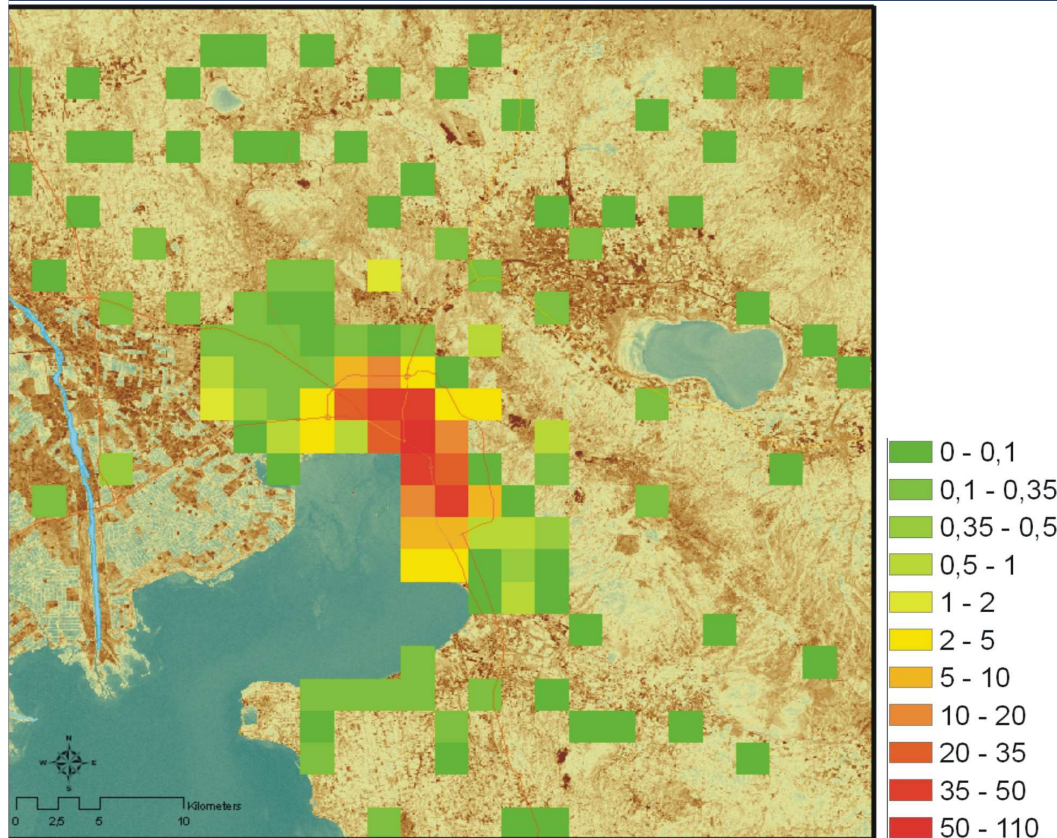
➤ Ο «αντίστοιχος» ετήσιος ρυθμός επιπλέον περιστατικών πρόωρης θνησιμότητας οδηγεί σε 800 περίπου περιστατικά.

Πρόωρη θνησιμότητα που μεταφράζεται σε περίπου 10 μήνες μείωσης του προσδόκιμου βίου, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η φυσική συνεισφορά PM_{10} .

ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΧΡΟΝΙΑΣ ΒΡΟΓΧΙΤΙΔΑΣ ΕΝΗΛΙΚΩΝ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



➤ Για το 2002 εκτιμώνται περίπου:

450 Περιστατικά

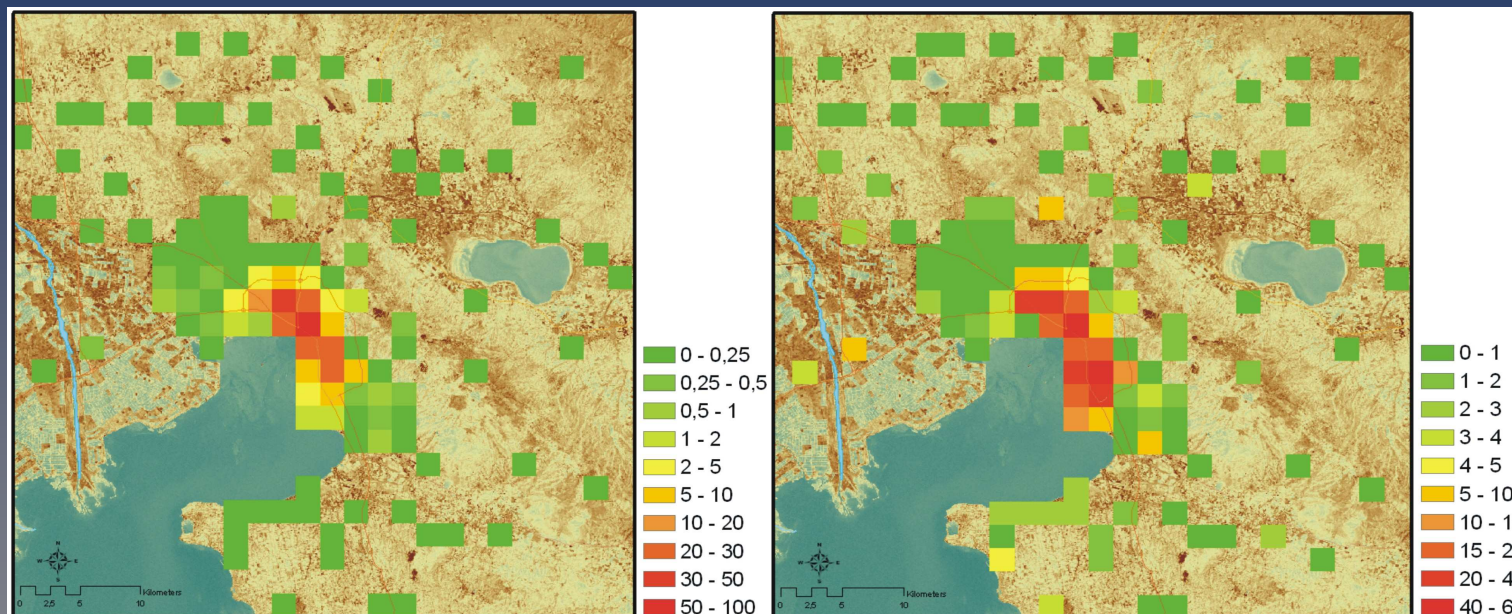
που είναι δυνατόν να αποδοθούν στη μακροχρόνια έκθεση στα επίπεδα ρύπανσης των PM_{10} .

➤ Οι ενήλικες (27+) αποτελούν το 66% του πληθυσμού της ΕΠΘ.

ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΙΣΑΓΩΓΩΝ ΣΤΑ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ ΓΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



(α)

(β)

Για το 2002 εκτιμώνται περίπου:

290 Περιστατικά CHA (PM₁₀)

335 Περιστατικά RHA PM₁₀ (α) + **480 Περιστατικά** RHA O₃ (β) =

815 Περιστατικά RHA (συνολικά)

που είναι δυνατόν να αποδοθούν στη βραχυχρόνια έκθεση στα επίπεδα
ρύπανσης των PM₁₀ και O₃

ΗΜΕΡΕΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

➤ Το ποσοστό του εργατικού δυναμικού για την ΕΠΘ (18-64 ετών) αποτελούν το 67% του πληθυσμού της ΕΠΘ.

➤ Για το 2002 εκτιμώνται περίπου:

1,6 εκατομμύρια ημέρες (περίπου 1,5 ημέρα / κάτοικο)

που είναι δυνατόν να αποδοθούν στη βραχυχρόνια έκθεση στα επίπεδα ρύπανσης των PM_{10} .

➤ Τα αποτελέσματα αποφέρουν σημαντικές μειώσεις κερδών σε εταιρίες, ιδιώτες και ευρύτερα στην παραγωγικότητα της ΕΠΘ.

ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Ενδεικτικές τιμές οικονομικής αποτίμησης επιπτώσεων αέριας ρύπανσης. Πηγή CAFÉ/CBA (Hurley et al., 2005).

Θνησιμότητα	Βασισμένη σε διάμεσες τιμές		Βασισμένη σε μέσες τιμές
	Value of a Statistical Life (VSL)	€ 980.000 /θάνατο	
Value of Life Year (VOLY)	€ 52.000 /έτος		€ 120.000 /έτος
Νοσηρότητα	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή
Χρόνια βρογχίτιδα (CB)	€ 120.000 / περιστατικό	€ 190.000 / περιστατικό	€ 250.000 / περιστατικό
Εισαγωγές σε νοσοκομεία για αναπνευστικές παθήσεις (RHA)		€ 2.000 / εισαγωγή	
Εισαγωγές σε νοσοκομεία για καρδιακές παθήσεις (CHA)		€ 3.840 / εισαγωγή	
Ημέρα περιορισμένης δραστηριότητας (RHA)		€ 83 /ημέρα	

➤ Η οικονομική αποτίμηση της ανθρώπινης ζωής παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλη δυσκολία (ηθικό ζήτημα).

➤ Η «πλήρης» τιμή VSL αποδίδεται σε μια αιτία που είναι κατανοητό ότι αποτελεί ένα μέρος της μείωσης της προσδόκιμης διάρκειας ζωής.

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Στοιχείο Κόστους	Περιστατικά	Μονάδα Μέτρησης	Συνολικό Κόστος (Μ€)	
			Διάμεσος	Μέση Τιμή
YOLL	10.208	Έτη	530,80	1.224,93
Χρόνια Βρογχίτιδα	446	Νέα περιστατικά	84,80	
CHAs	290	Εισαγωγές	1,11	
RHAs	814	Εισαγωγές	1,63	
RADs	1.596.419	Ημέρες	132,50	
		Σύνολο:	750,85	1.444,98

- Σε κάθε περίπτωση ένα σημαντικό ποσοστό της τάξης του 5% - 10% του ΑΕΠ της ΕΠΘ είναι δυνατό να εσωτερικευτεί και να αποδοθεί στη ζημία της αέριας ρύπανσης.

ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Στόχοι μελλοντικής διερεύνησης για την ΕΠΘ:

- Αποτίμηση έκθεσης των ανθρωπίνων αποδεκτών στη βάση αναλυτικής κατανομής (π.χ. μετακινήσεις για εργασία ή ψυχαγωγία).
- Παρόμοια εφαρμογή για τα λεπτότερα σωματίδια $PM_{2,5}$, στη βάση της ανάλυσης της χημικής σύστασης και των φυσικών χαρακτηριστικών των σωματιδίων (σχεδιασμός δικτύου μέτρησης για επιδημιολογικές μελέτες).
- Παρόμοια εφαρμογή σε επικίνδυνους ρύπους που δε μετρώνται συστηματικά, όπως το C_6H_6 ή τα PAHs (Μελέτη ρύπων οδικής κυκλοφορίας).
- Προσδιορισμός τοπικών εκτιμήσεων RR για την ΕΠΘ και σύγκριση με άλλες πόλεις σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Διαθεσιμότητα βάσεων δεδομένων για την ΕΠΘ σχετικά με τη φυσική συνεισφορά των PM ή επίπεδα $PM_{2,5}$ (Σταθμοί μέτρησης).

Εν κατακλείδι ...



Η συνεκτίμηση της επικινδυνότητας έκθεσης ανθρωπίνων αποδεκτών σε αέριους ρύπους αστικής κλίμακας και κατ' επέκταση ο υπολογισμός της μείωσης του εξωτερικού κόστους που οφείλεται στη βέλτιστη στρατηγική που προκρίνεται, μετατοπίζει το πρόβλημα στην πραγματική αιφόρο βάση του.

✓ Υπερβαίνει την οπτική γωνία του ρυπαίνοντος που επιθυμεί τη μείωση των εκπομπών σε επίπεδα που να ελαχιστοποιούν τη συνάρτηση του κόστους αντιρρύπανσης, με περιορισμό τα ανώτερα επιτρεπτά όρια αέρα της νομοθεσίας και δίνει τη δυνατότητα πραγματικής διαπραγμάτευσης στον αποδέκτη του επικίνδυνου φορτίου για τη δημόσια υγεία.



Science of the Total Environment 407 (2009) 5937–5948

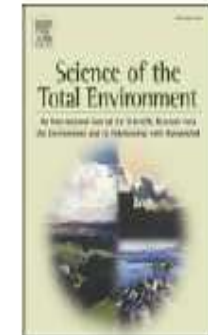


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Decision support system for the evaluation of urban air pollution control options: Application for particulate pollution in Thessaloniki, Greece

Ch. Vlachokostas^{a,*}, Ch. Achillas^a, N. Moussiopoulos^a, E. Hourdakis^a, G. Tsilingiridis^b, L. Ntziachristos^c,
G. Banias^a, N. Stavrakakis^a, C. Sidiropoulos^b

^a Laboratory of Heat Transfer and Environmental Engineering, Aristotle University, Thessaloniki, Box 483, 54124 Thessaloniki, Greece

^b Process Equipment Design Laboratory, Aristotle University, Thessaloniki, Box 487, 54124 Thessaloniki, Greece

^c Laboratory of Applied Thermodynamics, Aristotle University, Thessaloniki, Box 458, 54124 Thessaloniki, Greece