

Ποιότητα
Ατμόσφαιρας

Η ποιότητα της ατμόσφαιρας αποτελεί ένα κρίσιμο ζήτημα για τη δημόσια υγεία, την οικονομία και το περιβάλλον γενικότερα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση συνιστά περιβαλλοντικό παράγοντα ισχυρής διακινδύνευσης για την ανθρώπινη υγεία και συνδέεται με καρδιο-αναπνευστικές παθήσεις και κακοήθη νοσήματα. Ταυτόχρονα, επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομία, καθώς αυξάνει το ιατρικό κόστος και πλήττει την παραγωγικότητα. Πολλαπλές είναι και οι αρνητικές επιδράσεις της στο φυσικό περιβάλλον, καθώς επηρεάζει την ποιότητα του νερού και του εδάφους, τις καλλιέργειες και τις υπηρεσίες των οικοσυστημάτων. Επίσης, η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σαφή αλληλεπίδραση με το κλίμα, καθώς αρκετοί κύριοι ατμοσφαιρικοί ρύποι συμπεριφέρονται ως οιονεί αέρια του θερμοκηπίου. Στην **ενότητα 1** περιγράφονται οι σημαντικότερες επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία, στα οικοσυστήματα και στο κλίμα.

Η διαχείριση και ο μετριασμός του σοβαρού περιβαλλοντικού και κοινωνικού προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αποτελούν πολύπλευρα ζητήματα. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι εκπέμπονται από πολυάριθμες πηγές, ανθρώπινες και φυσικές. Μπορούν να εκλύονται άμεσα ως πρωτογενείς ρύποι ή να σχηματίζονται δευτερογενώς, μέσω πολύπλοκων φυσικο-χημικών διεργασιών στην ατμόσφαιρα, στις οποίες συμμετέχουν άλλοι πρόδρομοι ρύποι. Τόσο για τους ανθρωπογενούς όσο και για τους φυσικής προέλευσης ρύπους παρατηρείται η μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις, η οποία επηρεάζει μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Τέλος, σημαντική παράμετρο αποτελεί η φυσική κατάσταση των ρύπων, καθώς μπορούν να είναι αέριες ενώσεις ή να βρίσκονται στη σωματιδιακή φάση.

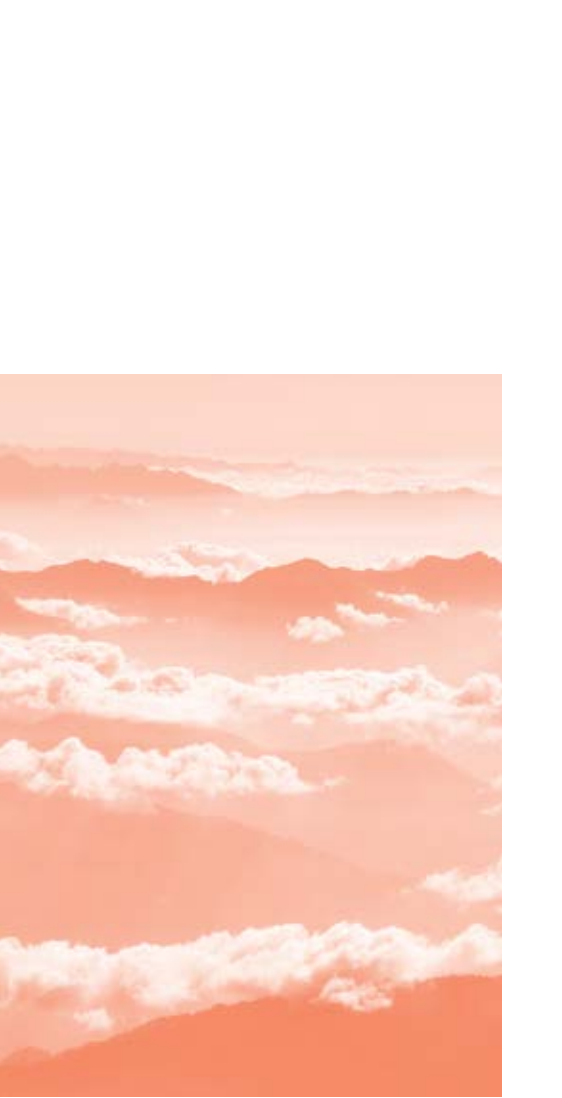
Το 7ο Ευρωπαϊκό Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Δράσης (ΕΕ, 2013) αναγνωρίζει ως μακροπρόθεσμο στόχο την επίτευξη επιπέδων ποιότητας του αέρα τα οποία δεν οδηγούν σε σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις, είτε στην ανθρώπινη υγεία είτε στο περιβάλλον. Το πλέγμα πολιτικών για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, που καθορίσθηκε το 2013 και περιλαμβάνει το Πρόγραμμα “Καθαρός αέρας για την Ευρώπη” (Clean Air for Europe Programme) θέτει τον φιλόδοξο αρχικό στόχο για πλήρη συμμόρφωση με την υπάρχουσα νομοθεσία έως το 2020 και στη συνέχεια προβλέπει την περαιτέρω βελτίωση, ώστε το 2030 ο αριθμός των πρόωρων θανάτων που αποδίδονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση να έχει περιορισθεί στο μισό των αντιστοίχων του 2005 (EC, 2013). Για την επίτευξη των στρατηγικών στόχων, η ευρωπαϊκή νομοθεσία ακολουθεί μια συνδυαστική προσέγγιση, με τη θέσπιση και εφαρμογή προτύπων ποιότητας του αέρα, αλλά και με τον έλεγχο και περιορισμό των εκπομπών ρύπων. Στο **Παράρτημα** του κεφαλαίου περιλαμβάνεται αναλυτική περιγραφή της ευρωπαϊκής, διεθνούς και εθνικής νομοθεσίας σχετικά με την ποιότητα της ατμόσφαιρας και τις εκπομπές.

Στην Ελλάδα, ιδίως στις αστικές περιοχές, οι κάτοικοι εκτίθενται σε ένα σύνθετο μίγμα ατμοσφαιρικών ρύπων, με αντίστοιχα πολυάριθμες και διαφοροποιημένες πηγές προέλευσης. Κατά την τελευταία δεκαετία, έχει παρατηρηθεί η σταδιακή βελτίωση της ποιότητας του αέρα, κυρίως ως αποτέλεσμα του περιορισμού των εκπομπών πρωτογενών ρύπων. Παρά την παρατηρούμενη μείωση των εκλύσεων - συνδυαστικό αποτέλεσμα των στρατηγικών νομοθετικών πρωτοβουλιών σε ευρωπαϊκό επίπεδο, καθώς και της οικονομικής ύφεσης - εξακολουθούν να καταγράφονται υπερβάσεις των προβλεπόμενων οριακών τιμών για την προστασία της υγείας.

Η κατανόηση της κατάστασης και των τάσεων που επηρεάζουν την ποιότητα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος στη χώρα αποτελεί ένα κρίσιμο πρώτο στάδιο για την αντιμετώπιση του ζητήματος. Στο παρόν κεφάλαιο, πραγματοποιείται η ανασκόπηση και ανάλυση της κατάστασης και των διαχρονικών τάσεων, τόσο σχετικά με τις πρωτογενείς εκπομπές από πηγές (**ενότητες 2 και 3**), όσο και με τις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις ρύπων στα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας (**ενότητα 4**).

Για τις εκπομπές - όπως αναφέρονται προς τους διεθνείς οργανισμούς στο πλαίσιο των απογραφικών υποχρεώσεων της χώρας - η εξέταση της κατάστασης αφορά στο 2015, ενώ οι τάσεις παρακολουθούνται για τα έτη από το 1990 και έπειτα. Σχετικά με τα επίπεδα συγκεντρώσεων στον αέρα, αναλύονται τα διαθέσιμα δεδομένα μέτρησης, από τους σταθμούς του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ), κατά την περίοδο 2001-2016.

Χρησιμοποιούνται περιβαλλοντικοί δείκτες για την ατμοσφαιρική ρύπανση, που έχουν καθορισθεί από το Ευρωπαϊκό Γραφείο Περιβάλλοντος και αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για την παρακολούθηση της συντελούμενης προόδου προς την επίτευξη των στόχων που προβλέπονται από τη νομοθεσία, τόσο σχετικά με τα όρια εκπομπών (οδηγία ΕΕ 2016/2284)[ΕΕ,2016], όσο και με την ποιότητα της ατμόσφαιρας (οδηγίες 2008/50/ΕΚ και 2004/107/ΕΚ)[ΕΚ, 2004; ΕΚ,2008]. Η μελέτη των δεικτών μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό τομέων όπου είναι απαραίτητες στρατηγικές παρεμβάσεις και κατάλληλα μέτρα.



1. Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης

1.1. Επιπτώσεις στην υγεία

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα περιβαλλοντικής διακινδύνευσης στην Ευρώπη. Πέρα από την αύξηση της πρόωρης θνησιμότητας, η οποία συνδέεται με τα καρδιαγγειακά και αναπνευστικά νοσήματα, η έκθεση σε επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ακόμα και όταν αυτά είναι σχετικά χαμηλά, αυξάνει τη συχνότητα εμφάνισης βραχυπρόθεσμων και χρόνιων συμπτωμάτων.

Πέρα από τα καρδιο-αναπνευστικά προβλήματα, υπάρχουν ενδείξεις επίδρασης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην εμφάνιση πρόσθετων προβλημάτων, σχετιζόμενων με την αναπαραγωγική υγεία, καθώς και με την ανάπτυξη του νευρικού συστήματος και των γνωστικών ικανοτήτων των παιδιών. Επίσης, πιθανολογείται η διασύνδεση με την εμφάνιση διαβητικής νόσου σε ενήλικους και με εκφυλιστικές διαταραχές του νευρικού συστήματος (ΕΕΑ, 2017).

Αν και τα πρότυπα ποιότητας της ατμόσφαιρας εστιάζουν στα επίπεδα ρύπων που μετρούνται στο εξωτερικό περιβάλλον, έχει αναγνωρισθεί η σύνδεση της ρύπανσης του αέρα εσωτερικών χώρων με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία. Η ενσωμάτωση επικινδύνων ατμοσφαιρικών ρύπων στην τροφική αλυσίδα, μέσω διαδικασιών εναπόθεσης και συσσώρευσης αποτελεί μια πρόσθετη, έμμεση, διαδικασία επίδρασης.

Ως αποτέλεσμα της προόδου που έχει συντελεστεί στις επιδημιολογικές μεθόδους κατά τα τελευταία χρόνια και του μεγάλου αριθμού επιδημιολογικών μελετών που πραγματοποιούνται διεθνώς, η τρέχουσα γνώση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη δημόσια υγεία βρίσκεται σε καλύτερο επίπεδο από ποτέ. Ταυτόχρονα όμως, επισημαίνεται η ιδιαίτερη δυσκολία του προσδιορισμού των σχέσεων μεταξύ έκθεσης-αποτελέσματος, καθώς η ατομική έκθεση του πληθυσμού σε ατμοσφαιρικούς ρύπους διαφοροποιείται σημαντικά από τα απόλυτα επίπεδα ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων οι οποίες καταγράφονται. Επίσης, είναι σχετικά βραδύτερη η πρόοδος των τοξικολογικών μεθόδων προς τον ακριβή προσδιορισμό των μηχανισμών πρόκλησης των επιπτώσεων στην υγεία (Maynard, 2009).

Με την εξαίρεση των υπέρλεπτων (ultrafine) σωματιδίων, που επίσης αποτελούν σημαντικό πεδίο διερεύνησης (WHO, 2013), οι επιδημιολογικές έρευνες εστιάζουν κυρίως στους ρύπους-κριτήρια, για τους οποίους είναι θεσπισμένα όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας, με στόχο την προστασία του πληθυσμού. Στη συνέχεια, συνοψίζονται οι συνέπειες της έκθεσης σε ρύπους που περιλαμβάνονται στα ευρωπαϊκά πρότυπα ποιότητας της ατμόσφαιρας (ΕΚ, 2008; ΕΚ 2004α), οι οποίες, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, έχουν διαπιστωθεί με βεβαιότητα ή θεωρούνται ισχυρά πιθανές.

Τα **αιωρούμενα σωματίδια** συνιστούν ίσως τον πιο σύνθετο ατμοσφαιρικό ρύπο, καθώς αποτελούνται από πολυάριθμες χημικές ενώσεις με διαφοροποιημένες ιδιότητες και μέγεθος. Τα σωματιδιακά κλάσματα για τα οποία υπάρχουν θεσπισμένες οριακές τιμές συγκέντρωσης είναι τα **PM₁₀** και τα **PM_{2,5}** (λεπτά σωματίδια). Η διαφορά των δύο συνιστά το κλάσμα των PM_{10-2,5} (αδρά σωματίδια). Αντίστοιχα πολυσύνθετη όσο και η σύσταση τους, είναι και η προέλευση των σωματιδίων από πηγές άμεσης εκπομπής και δευτερογενείς διαδικασίες. Για τα σωματίδια PM_{2,5}, είναι επιβεβαιωμένη η αιτιώδης σχέση της βραχυχρόνιας και μακροχρόνιας ανθρώπινης έκθεσης με την εμφάνιση καρδιαγγειακών επιπτώσεων (Brook et al., 2010; EPA, 2012). Για την αυξημένη βραχυχρόνια έκθεση, τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών μελετών αναφέρουν αρρυθμίες, ισχαιμικά συμπτώματα και περιστατικά καρδιακής ανεπάρκειας (Cesaroni et al., 2014). Είναι επίσης θεμελιωμένη η διασύνδεση της βραχυχρόνιας και μακροχρόνιας έκθεσης σε PM_{2,5}, με την αύξηση της θνησιμότητας (Beelen et al., 2014). Θεωρείται ισχυρά πιθανή η διασύνδεση της έκθεσης σε PM_{2,5} με την εμφάνιση αναπνευστικών συμπτωμάτων (Bell, 2012). Διερευνάται επίσης, η πιθανή συσχέτιση της έκθεσης σε αδρά σωματίδια (PM_{10-2,5}) με επιπτώσεις στην υγεία (Brunekreef and Forsberg, 2005).

Το **διοξείδιο του αζώτου (NO₂)** αποτελεί δείκτη των ολικών οξειδίων του αζώτου, τα οποία εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από κάθε διαδικασία καύσης, με σημαντικότερες για την ανθρώπινη έκθεση, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές, τις εκπομπές από την κυκλοφορία οχημάτων. Είναι επιβεβαιωμένη η αιτιώδης σχέση μεταξύ βραχυχρόνιας έκθεσης σε NO₂ και επιπτώσεων στο αναπνευστικό σύστημα, με πλέον χαρακτηριστική την ασθματική αντίδραση (EPA, 2016). Επίσης, θεωρείται ισχυρά πιθανή η συσχέτιση της μακροχρόνιας έκθεσης σε NO₂ με την πρόκληση άσθματος (Anderson et al., 2013). Καθώς το NO₂, γενικά, περιορίζεται στις αεροφόρους οδούς και δεν εισέρχεται εύκολα στο κυκλοφορικό σύστημα, η πιθανή σύνδεση του με μη αναπνευστικά συμπτώματα παραμένει υπό διερεύνηση.

Το **διοξείδιο του θείου (SO₂)** εκπέμπεται κατά τη χρήση καυσίμων που περιέχουν θείο, με τις καύσεις ορυκτών υλών για την παραγωγή ενέργειας να αποτελούν τη σημαντικότερη διαδικασία εκπομπής. Η βραχυχρόνια έκθεση σε SO₂ συνδέεται με την εμφάνιση αναπνευστικών συμπτωμάτων. Χαρακτηριστικό του SO₂ αποτελεί ότι, κατά μεγάλο βαθμό, απορροφάται κατά την αναπνοή στις επιφάνειες της ρινικής κοιλότητας. Για αυτόν τον λόγο, παρά την αυξημένη χημική του δραστικότητα, η διέλευση του προς το κυκλοφορικό σύστημα δυσχεραίνεται. Για ομάδες πληθυσμού όμως, που εμφανίζουν υψηλότερους ρυθμούς δραστηριότητας, η στοματική αναπνοή είναι εντονότερη, με αποτέλεσμα την αυξημένη διείσδυση του SO₂ στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα και την συνεπαγόμενη έξαρση αναπνευστικών συμπτωμάτων, ιδιαίτερα ασθματικού τύπου (Sunyer et al., 2003; EPA, 2017α). Αναφέρεται επίσης η σύνδεση της έκθεσης σε SO₂ με κεφαλαλγίες και αίσθημα δυσφορίας και άγχους.

Το **μονοξειδίο του άνθρακα (CO)** αποτελεί προϊόν της τελούς καύσης και η έκθεση του πληθυσμού σε αυτό πραγματοποιείται μέσω των εκπομπών που προέρχονται από την κυκλοφορία οχημάτων. Το CO κατά την εισπνοή δεσμεύεται στην αιμογλοβίνη, η οποία μεταφέρει οξυγόνο από το αναπνευστικό σύστημα στο ιστούς. Η σχηματιζόμενη καρβοξυ-αιμογλοβίνη (CO_{hb}) παρεμποδίζει τη διαδικασία οξυγόνωσης στον οργανισμό. Κύριο αποτέλεσμα της βραχυχρόνιας έκθεσης σε CO είναι η πρόκληση καρδιαγγειακής νοσηρότητας, με χαρακτηριστικότερο σύμπτωμα την ασκησηογενή στηθάγχη (EPA, 2010). Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα ενδέχεται να οδηγήσει σε βλάβες του κεντρικού νευρικού συστήματος.

Το **τροποσφαιρικό όζον (O₃)** αποτελεί δευτερογενή ένωση, παραγόμενη από φωτοχημικές αντιδράσεις στις οποίες συμμετέχουν πρωτογενείς ρύποι, όπως οξειδία του αζώτου, πτητικές οργανικές ενώσεις και μονοξείδιο του άνθρακα. Η έκθεση σε όζον στο αστικό περιβάλλον είναι μεγαλύτερη για κατοίκους περιοχών που βρίσκονται σε απόσταση από τις πηγές άμεσης εκπομπής πρόδρομων ενώσεων. Η παρουσία του όζοντος, μιας ισχυρά οξειδωτικής ένωσης, στο αναπνευστικό σύστημα, οδηγεί στην παραγωγή δευτερογενών προϊόντων οξειδωσης, τα οποία προκαλούν μείωση της αναπνευστικής λειτουργίας, φλεγμονή των αεραγωγών και βρογχική αντιδραστικότητα (Mudway and Kelly, 2000). Η αυξημένη βραχυχρόνια έκθεση σε όζον συνδέεται άμεσα με την παρατήρηση ευρέος φάσματος αναπνευστικών συμπτωμάτων, τόσο σε υγιείς όσο και σε ευαίσθητες υποομάδες του πληθυσμού (Samoli et al., 2017), ενώ ισχυρά πιθανή είναι η γενική και καρδιο-αναπνευστική θνησιμότητα (Katsouyanni et al., 2009). Ισχυρά πιθανή θεωρείται και η πρόκληση αναπνευστικής νοσηρότητας (Zanobetti et al., 2011) και πιθανή η αύξηση της θνησιμότητας (Di et al., 2017), ως αποτελέσματα της μακροχρόνιας έκθεσης.

Το **βενζόλιο (C₆H₆)** είναι αρωματικός υδρογονάνθρακας που εκπέμπεται, κυρίως, ως παραπροϊόν της καύσης κλασμάτων του πετρελαίου και ιδίως από τις εκπομπές των οχημάτων. Το βενζόλιο στον οργανισμό έχει αιμοτοξική δράση και η χρόνια έκθεση συνδέεται με την καταστολή της λειτουργίας του μυελού των οστών. Επίσης είναι αναγνωρισμένη καρκινογόνος ένωση και πιθανά γενotoξική (EC, 1998).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχουν θεσπισμένα πρότυπα ποιότητας της ατμόσφαιρας για μια σειρά από βαρέα μέταλλα (μόλυβδος - **Pb**, νικέλιο - **Ni**, κάδμιο - **Cd** και το μεταλλοειδές αρσενικό - **As**). Τα συγκεκριμένα στοιχεία, τα οποία με την εν μέρει εξαίρεση του αρσενικού, απαντούν στη σωματιδιακή φάση, περιέχονται κυρίως σε εκπομπές από την παραγωγή ενέργειας και τη βιομηχανική δραστηριότητα. Ο μόλυβδος έχει νευροτοξική δράση (Lanphear et al., 2005) και επίσης συνδέεται με την εμφάνιση καρδιαγγειακών, αιματολογικών και αναπαραγωγικών διαταραχών (EPA, 2013). Το αρσενικό, το κάδμιο και ορισμένες ενώσεις του νικελίου έχουν αναγνωρισμένη καρκινογόνο δράση (IARC, 2013). Στην οδηγία για τα As, Cd, Ni (2004/107/EK) περιλαμβάνεται και ο υδράργυρος (**Hg**) που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, ό οποίος μεταφέρεται και εναποτίθεται σε μεγάλες αποστάσεις και συσσωρεύεται στην τροφική αλυσίδα.

Τέλος, στην ΕΕ προβλέπεται η παρακολούθηση των επιπέδων των **πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων** (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons - PAHs), με αντιπροσωπευτική ένωση για την οποία προβλέπεται τιμή-στόχος το **βενζο(α) πυρένιο (B[a]P)**. Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα PAHs δυνητικά προκαλεί και προάγει την ανάπτυξη της κακοήθους νόσου του αναπνευστικού συστήματος (EC, 2001).

1.2. Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα

Η ατμοσφαιρική ρύπανση επιδρά άμεσα στη βλάστηση, στην πανίδα καθώς και στην ποιότητα του νερού και του εδάφους. Οι επιπτώσεις σχετίζονται κυρίως με την **εναπόθεση** αέριων και σωματιδιακών ενώσεων του αζώτου και του θείου στο έδαφος και στους υδάτινους αποδέκτες. Η ξηρή ή υγρή εναπόθεση του αζώτου πραγματοποιείται κυρίως με τη μορφή αμμωνιακών και νιτρικών ενώσεων (οι οποίες παράγονται δευτερογενώς από την αμμωνία και τα οξείδια του αζώτου) και του θείου με τη μορφή θειικών ενώσεων (αντίστοιχα παραγόμενων από τη δευτερογενή μετατροπή του διοξειδίου του θείου). Καθώς οι εν λόγω ενώσεις βρίσκονται κυρίως στη σωματιδιακή φάση, τα αιωρούμενα σωματίδια συμμετέχουν εμμέσως στις διαδικασίες εναπόθεσης (Jacobson, 2002).

Ένα από τα σημαντικότερα αποτελέσματα της εναπόθεσης ατμοσφαιρικού αζώτου και θείου είναι η **οξίνιση** των εδαφών και των υδάτινων αποδεκτών, ο βαθμός της οποίας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η τοπογραφία, η υδρογεωχημική σύσταση και η χρήση-κάλυψη γης. Η οξίνιση του εδάφους είναι μια φυσική διαδικασία, η οποία επιταχύνεται κατά την εναπόθεση ενώσεων αζώτου και θείου, οι οποίες μπορούν να ελαττώσουν τη συγκέντρωση ατων ανταλλάξιμων κατιόντων. Η βιολογική επίδραση της οξίνισης προκύπτει ως αποτέλεσμα της περιορισμένης δυνατότητας των φυτών να προσλάβουν τα απαραίτητα κατιόντα και της αυξημένης τοξικότητας λόγω της έκλυσης τρισθενούς αργιλίου. Στα υδάτινα οικοσυστήματα, η επίδραση της εναπόθεσης αζώτου και θείου στη χημική σύσταση του νερού είναι μεγάλη, με αποτέλεσμα να απειλούνται τα είδη που έχουν αυξημένη ευαισθησία στις όξινες συνθήκες. Η μείωση του pH και της ικανότητας εξουδετέρωσης οξέων, συνεπάγεται ελάττωση των πληθυσμών ζωοπλαγκτόν, μακροασπονδύλων και ψαριών. Η χρόνια οξίνιση σχετίζεται κυρίως με την εναπόθεση ενώσεων του θείου, ενώ η εναπόθεση των ενώσεων του αζώτου αποτελεί το κύριο αίτιο επεισοδίων έντονης οξίνισης, τα οποία, παρότι είναι μικρής διάρκειας, μπορούν να επιφέρουν υπολογίσιμες μακροπρόθεσμες βιολογικές επιπτώσεις (EPA, 2017β). Λόγω των σημαντικών μειώσεων στις εκπομπές οξειδίων του θείου - τα οποία έχουν μεγαλύτερο δυναμικό οξίνισης σε σχέση με τις ενώσεις αζώτου - οι επιπτώσεις της οξίνισης στην Ευρώπη έχουν περιορισθεί σημαντικά, κατά τα τελευταία έτη (EEA, 2017).

Η εναπόθεση των αζωτούχων ενώσεων (κυρίως οξειδίων του αζώτου και αμμωνίας) έχει ως αποτέλεσμα τη διαταραχή των υδάτινων και χερσαίων οικοσυστημάτων και λόγω του εμπλουτισμού των υδάτινων αποδεκτών σε θρεπτικά άλατα του αζώτου, που υπό συνθήκες οδηγεί στην αύξηση της παραγωγής φυτοπλαγκτόν και αλγών και την εκδήλωση **ευτροφισμού**. Οι συνέπειες του ευτροφισμού περιλαμβάνουν τη χειροτέρευση της ποιότητας του νερού, με την εμφάνιση υποξικών ζωνών, και την αύξηση της θνησιμότητας των υδρόβιων οργανισμών (EPA, 2008). Η εναπόθεση ατμοσφαιρικού αζώτου μεταβάλλει, επίσης, τους βιογεωχημικούς κύκλους του αζώτου και του άνθρακα στα χερσαία οικοσυστήματα, με επιπτώσεις στην αφθονία και σύνθεση των φυτικών πληθυσμών (Vallero, 2006). Σε αντίθεση με την οξίνιση, ο ευτροφισμός αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα στις ευρωπαϊκές χώρες, καθώς εκτιμάται ότι πάνω από το 70% των οικοσυστημικών περιοχών εκτίθεται σε εναπόθεση αζωτούχων ενώσεων, που υπερβαίνει τη δυνατότητα τους να τις απορροφήσουν χωρίς αρνητικές επιπτώσεις (EEA, 2017).

Διαπιστωμένο αποτέλεσμα των διαδικασιών οξίνισης, ευτροφισμού και χερσαίας εναπόθεσης πλεονασματικού αζώτου είναι η **απώλεια της βιοποικιλότητας** των οικοσυστημάτων, με τον περιορισμό του πληθυσμού ή την πλήρη εξαφάνιση κάποιων ειδών, καθώς και την εισχώρηση χωροκατακτητικών ξενικών ειδών. Πέρα από την απώλεια μοναδικών ειδών ζωντανών οργανισμών, η ελάττωση της βιοποικιλότητας είναι επιζήμια, εφόσον απειλείται ένας ρυθμιστικός παράγοντας για τη σταθερότητα των οικοσυστημάτων και για τη δυνατότητα τους να είναι χρήσιμα στον άνθρωπο.

Οι έμμονοι οργανικοί ρύποι (POPs) και τα βαρέα μέταλλα (As, Cd, Pb, Hg, Ni), επίσης προξενούν σημαντικές βλάβες στα φυσικά οικοσυστήματα, λόγω της αυξημένης τοξικότητας τους και της τάσης τους για **βιοσυσσώρευση**. Οι συγκεκριμένοι ρύποι δεν αποσυντίθενται κατά την εναπόθεση και μεταβολίζονται δύσκολα από τους οργανισμούς, οι οποίοι μπορούν μακροπρόθεσμα να προσλαμβάνουν μεγάλες δόσεις, έστω και αν εκτίθενται σε χαμηλά επίπεδα (EEA, 2016).

Τέλος, η ατμοσφαιρική ρύπανση βλάπτει και περιορίζει την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών - σε καλλιέργειες και δάση - κατά την απ’ ευθείας έκθεση τους σε αέρια ρύπανση μέσω μηχανισμών απορρόφησης. Δεδομένη θεωρείται η **φυτοτοξικότητα** του όζοντος, των οξειδίων του αζώτου και του διοξειδίου του θείου. Για τις συγκεκριμένες ενώσεις, στην ΕΕ, έχουν θεσπισθεί κρίσιμες τιμές για την προστασία της βλάστησης (ΕΚ, 2008). Τα επίπεδα όζοντος - του κύριου ρύπου που σχετίζεται με παρόμοιες φθορές - που παρατηρούνται στην Ελλάδα (ιδίως στο νότιο τμήμα), χαρακτηρίζονται ως επισφαλή, τόσο για τις καλλιέργειες, όσο και για τις δασικές εκτάσεις (EEA, 2017).

1.3. Επιπτώσεις σχετικές με την κλιματική αλλαγή

Είναι αυτονόητη η διασύνδεση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής, καθώς τα αέρια του θερμοκηπίου παράγονται σε μεγάλο βαθμό από κοινές πηγές και διαδικασίες με τους ατμοσφαιρικούς ρύπους που κυρίως εξετάζονται λόγω της επίδρασης τους στην ανθρώπινη υγεία και το φυσικό περιβάλλον. Όπως όμως προκύπτει, κάποιοι αέριοι ρύποι καθώς και βασικά χημικά συστατικά των αιωρούμένων σωματιδίων, αν και έχουν σύντομο χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα, συμμετέχουν στις διαδικασίες που συνδέονται με τις κλιματικές μεταβολές. Ρύποι που συνεισφέρουν στη **θέρμανση** του κλίματος είναι το τροποσφαιρικό **όζον**, αλλά και ο **“μαύρος άνθρακας”** (Black Carbon - **BC**), ένα από τα κύρια συστατικά των αιωρούμένων σωματιδίων. Άλλα σωματιδιακά συστατικά, όπως ο οργανικός άνθρακας και τα θειικά, νιτρικά και αμμωνιακά σωματίδια, έχουν ψυκτική επίδραση (IPCC, 2013). Επισημαίνεται επίσης και η έμμεση επίδραση των αιωρούμενων σωματιδίων στο κλίμα, καθώς επιδρούν στις μικροφυσικές **ιδιότητες των νεφών**, μεταβάλλοντας την ανακλαστικότητα τους καθώς και τους κύκλους των βροχοπτώσεων (EEA, 2014).

Η σχέση ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κλιματικής αλλαγής είναι αμφίδρομη, καθώς οι κλιματικές μεταβολές προκαλούν αλλαγές των μετεωρολογικών παραμέτρων, οι οποίες επηρεάζουν τις διαδικασίες σχηματισμού, διασποράς και μεταφοράς των ρύπων στην ατμόσφαιρα. Για παράδειγμα, η αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται να οδηγήσει σε ενίσχυση των βιογενών εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων. Κατά συνέπεια, τα ζητήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής πρέπει να αντιμετωπίζονται συνδυαστικά. Με αυτόν τον τρόπο θα αποφεύγεται η λήψη μέτρων που έχουν παράπλευρες αρνητικές συνέπειες για ένα εκ των δύο μερών. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν, η αυστηροποίηση των ορίων εκπομπών CO₂ από τα αυτοκίνητα χωρίς αντίστοιχη μείριμα για τις εκπομπές PM και NO_x, καθώς και η προώθηση της χρήσης καύσιμης ανανεώσιμης βιομάζας, χωρίς ύπαρξη επαρκούς πλαισίου ελέγχου εκπομπών.

2. Περιβαλλοντικοί δείκτες που αφορούν στις πιέσεις

Στη συνέχεια, παρατίθενται συγκεντρωτικά αποτελέσματα από τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών δεικτών σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση, όπως έχουν καθορισθεί, κατά τα πρόσφατα έτη, από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος. Ο υπολογισμός πραγματοποιείται για το χρονικό διάστημα 1990-2015. Εξετάζεται η μεταβολή των δεικτών ως προς το αρχικό έτος βάσης (1990), ως προς το έτος αναφοράς της προηγούμενης εθνικής έκθεσης για την κατάσταση του περιβάλλοντος στην Ελλάδα (2009) [ΜΟΠΠΕΡ, 2013] και ως προς το έτος αναφοράς (2005), το οποίο προβλέπεται από την πρόσφατη οδηγία (ΕΕ) 2016/2284 σχετικά με τη μείωση των εθνικών εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων (NO_x, SO₂, NH₃, NMVOC, PM_{2.5}).

Τα δεδομένα για τις εθνικές εκπομπές NO_x, SO₂, NH₃, NMVOC, CO, PM₁₀ και PM_{2.5} - συνολικές και ανά τομέα δραστηριότητας - προέρχονται από την επίσημη εθνική αναφορά στο πλαίσιο της οδηγίας NECD (EIONET, 2017), διαθέσιμη από το κεντρικό διαδικτυακό αποθετήριο του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος. Τα δεδομένα για τις εκπομπές μεθανίου (CH₄), αντίστοιχα, προέρχονται από τις επίσημες αναφορές στο πλαίσιο της σύμβασης UNFCCC (UNFCCC, 2017).

Επισημαίνεται η μικρή διαφοροποίηση των απογραφομένων στοιχείων κατά NECD και UNFCCC στις αναφερόμενες εκπομπές από τον τομέα των αεροπορικών μεταφορών, εγχώριων (στις αναφορές προς την UNFCCC εντάσσονται και οι εκπομπές κατά την πτήση και όχι μόνο κατά την απογείωση-προσγείωση) και διεθνών (στις αναφορές προς την UNFCCC εξαιρούνται από το εθνικό σύνολο, ενώ στις αντίστοιχες προς NECD/CLRTAP συμπεριλαμβάνεται και πάλι ο κύκλος προσγείωσης-απογείωσης). Ωστόσο, η επίδραση της συγκεκριμένης διαφοράς στα δεδομένα εκπομπών CH₄, τα μόνα που αντλούνται από τη βάση της UNFCCC, είναι ελάχιστη και δεν επηρεάζει τη σύγκριση με τους υπόλοιπους ρύπους που προέρχονται από τις αναφορές στο πλαίσιο της NECD.

Διευκρινίζεται ότι η αναφορά σε εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO₂) αντιστοιχεί στο σύνολο των εκπομπών οξειδίων του θείου (SO_x), οι οποίες αναφέρονται ως kt SO₂. Αντίστοιχα τα οξείδια του αζώτου NO_x υπολογίζονται σε kt NO₂.

Οι εκπομπές και οι αντίστοιχες τιμές των δεικτών αναφέρονται συνολικά και ξεχωριστά για τους ακόλουθους τομείς δραστηριότητας (ταξινόμηση κατά NFR/CLRTAP): α) παραγωγή και διανομή ενέργειας, β) χρήση ενέργειας στη βιομηχανία, γ) βιομηχανικές διεργασίες, δ) οδικές μεταφορές, ε) μη-οδικές μεταφορές, στ) εμπορικές-οικιακές χρήσεις, ζ) χρήση διαλυτών και προϊόντων, η) γεωργικές χρήσεις και θ) διαχείριση αποβλήτων.

2.1. Απλοί δείκτες που αφορούν στις πιέσεις

2.1.1. Εκπομπές διοξειδίου του θείου

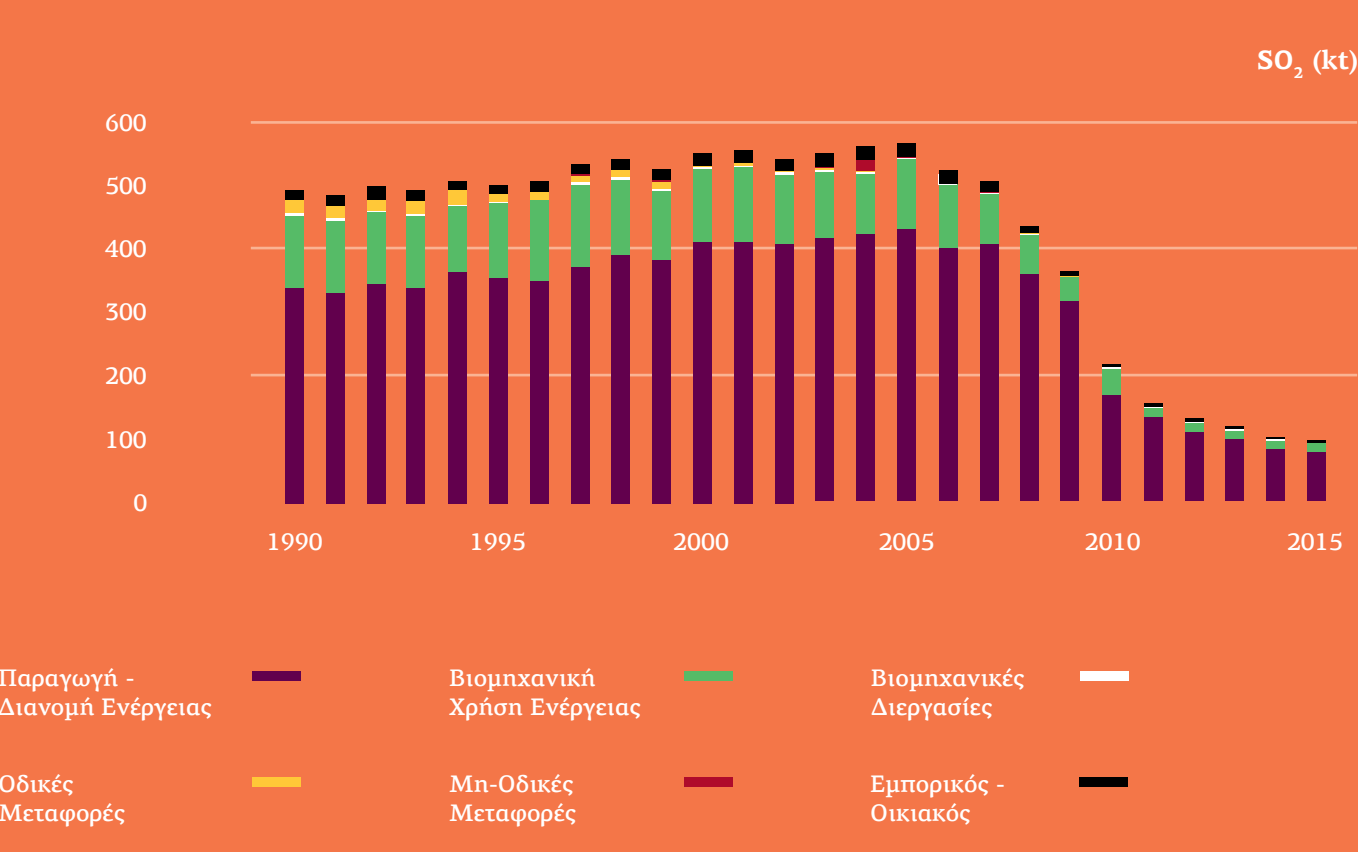
Σημαντικό τμήμα της ευρωπαϊκής νομοθεσίας για το ατμοσφαιρικό περιβάλλον στοχεύει στον μετριασμό των εκπομπών θειούχων ενώσεων, μέσω του δραστικού περιορισμού του περιεχομένου θείου στα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στις οδικές μεταφορές, στη βιομηχανία και στη ναυτιλία, αλλά και με τις οδηγίες που αφορούν στις μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης και στις εφαρμοζόμενες βιομηχανικές πρακτικές γενικότερα. Το αποτέλεσμα ήταν η βαθμιαία μείωση των εκπομπών σε σημαντικό βαθμό ώστε όλα τα κράτη-μέλη (ΕΕ-28) πέτυχαν τους στόχους που προβλέπονταν από την οδηγία για τα εθνικά όρια εκπομπών (National Emission Ceilings Directive - NECD). Η νέα οδηγία NECD προβλέπει νέες δεσμεύσεις μειώσεων για την περίοδο 2020-2029 αλλά και μετά το 2030, καθιστώντας κρίσιμη την καταγραφή των διαχρονικών τάσεων.

Με τον δείκτη EEA APE 001 παρακολουθείται η διαχρονική εξέλιξη των ανθρωπογενών εκπομπών οξειδίων του θείου, από το 1990 και έπειτα. Η διαχρονική εξέλιξη των εκπομπών απεικονίζεται στο Γράφημα 2.2.1. Περιλαμβάνονται οι δραστηριότητες από τις οποίες υπάρχει αναφορά εκπομπών. Για τις εκπομπές του 2015 (99kt), σε σχέση με το 1990, καταγράφεται μείωση της τάξης του 80%, η οποία κυρίως σημειώνεται από το 2007 και έπειτα. Σε σχέση με το έτος αναφοράς της προηγούμενης έκθεσης (2009), οι εκπομπές έχουν μειωθεί κατά 73%. Ήδη από το 2007, αναφέρονται εκπομπές (509kt) χαμηλότερες από το προβλεπόμενο εθνικό ανώτατο όριο (523 kt) της οδηγίας 2001/81/ΕΚ (NECD). Για το έτος 2015, η διαφορά από το συγκεκριμένο ανώτατο όριο ανάγεται πλέον σε 424kt (81% μείωση).

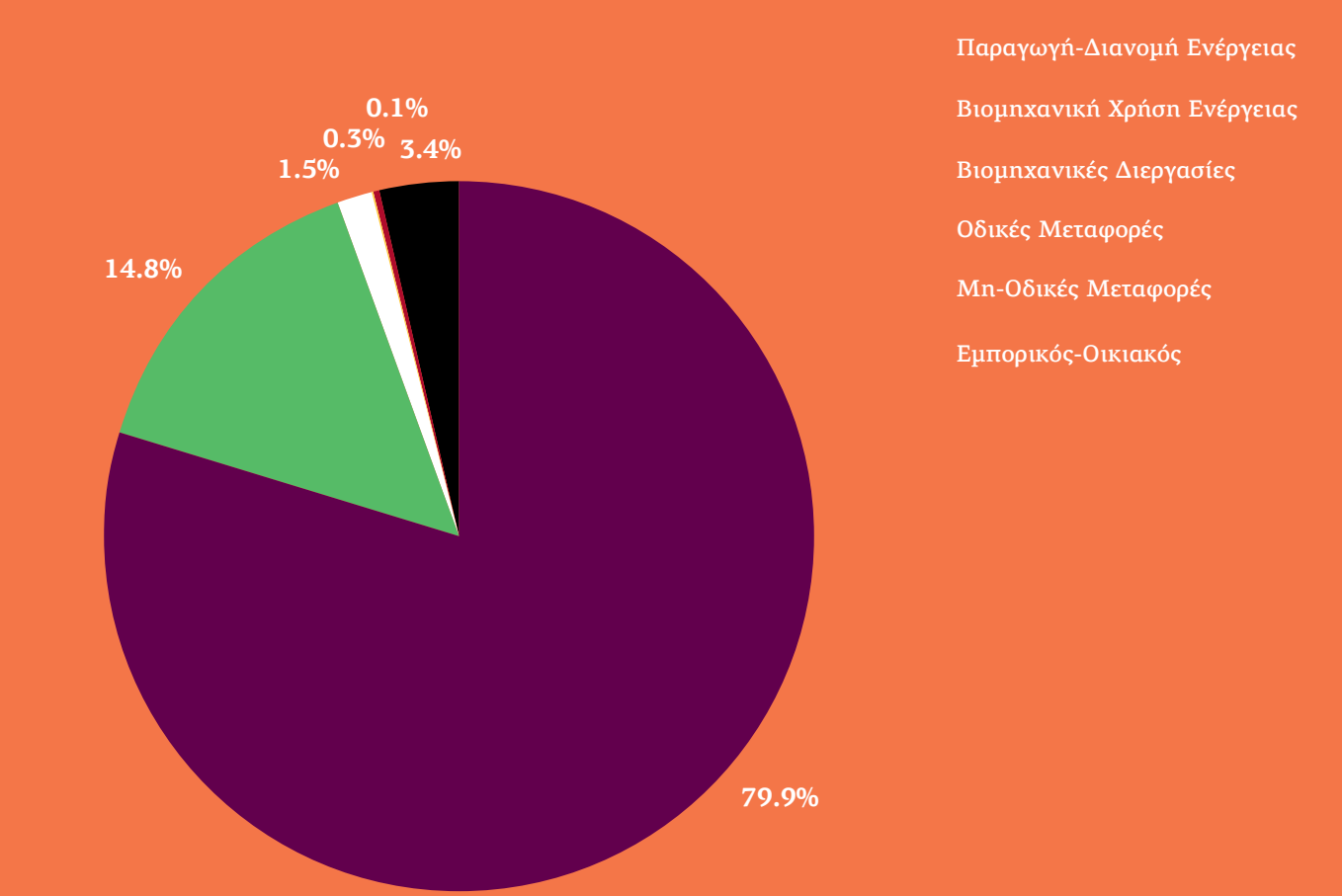
Η μείωση που καταγράφεται για το 2015 σε σχέση με το έτος αναφοράς 2005, το οποίο αποτελεί το έτος βάσης για τις προβλεπόμενες μελλοντικές μειώσεις σύμφωνα με τη νέα οδηγία (ΕΕ) 2016/2284 για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών, είναι 83%. Η οδηγία αναφέρει τη δέσμευση για μείωση εθνικών εκπομπών σε σχέση με το 2005, κατά 74% για το διάστημα 2020-2029 και 88% για τα έτη μετά το 2030. Κατά συνέπεια, η χώρα βρίσκεται σε τροχιά επίτευξης των στόχων της πρώτης φάσης της αναθεωρημένης οδηγίας NECD.

Παρουσιάζεται η συμμετοχή των διαφόρων τομέων δραστηριότητας στις εκπομπές (Γράφημα 2.2.2), κατά το 2015. Ο τομέας της ενέργειας εμφανίζει τη μεγαλύτερη συμμετοχή, παράγοντας τα 4/5 των εκπομπών (80%), ενώ σημαντική είναι και η συμμετοχή του βιομηχανικού τομέα, με συνδυαστική συνεισφορά από χρήση ενέργειας και βιομηχανικές διεργασίες, που αντιστοιχεί περίπου στο 1/6 των εκπομπών. Επισημαίνεται η ελάχιστη συνεισφορά των εκπομπών από τον τομέα των μεταφορών, καθώς, όπως αυτές υπολογίζονται με βάση την πωληθείσα ποσότητα καυσίμων, η συμμετοχή τους στις ολικές δεν υπερβαίνει το 1%.

Γράφημα 2.2.1
Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO₂) στην Ελλάδα.



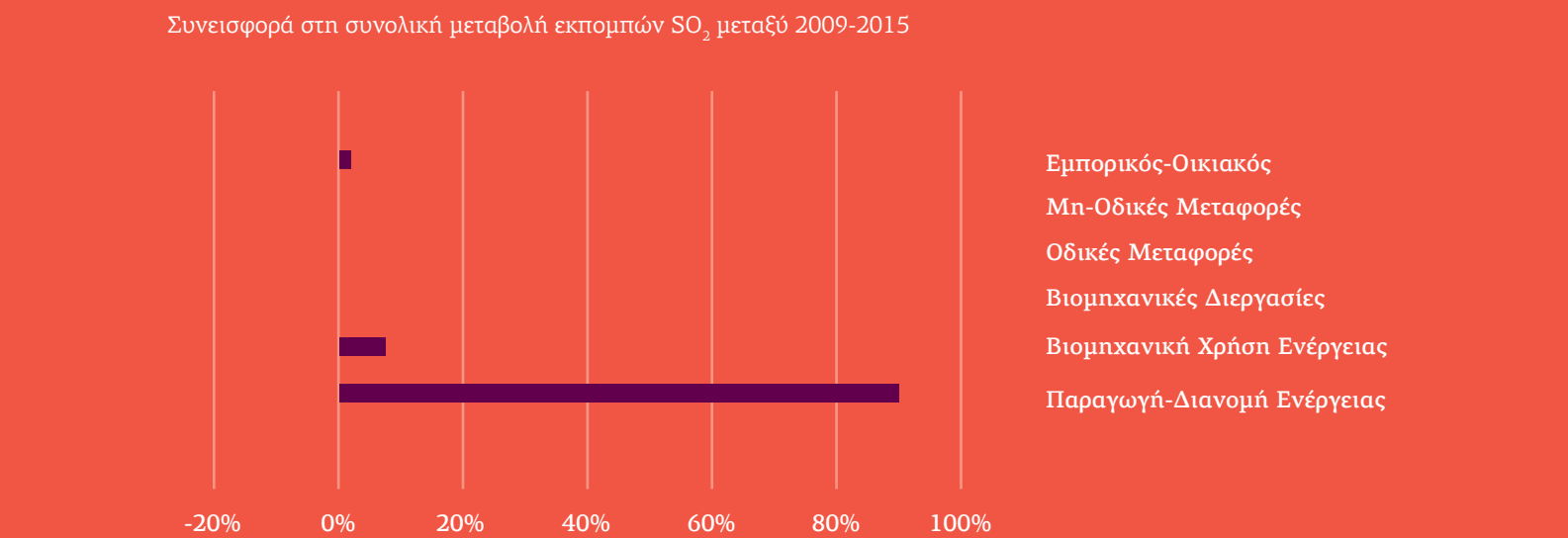
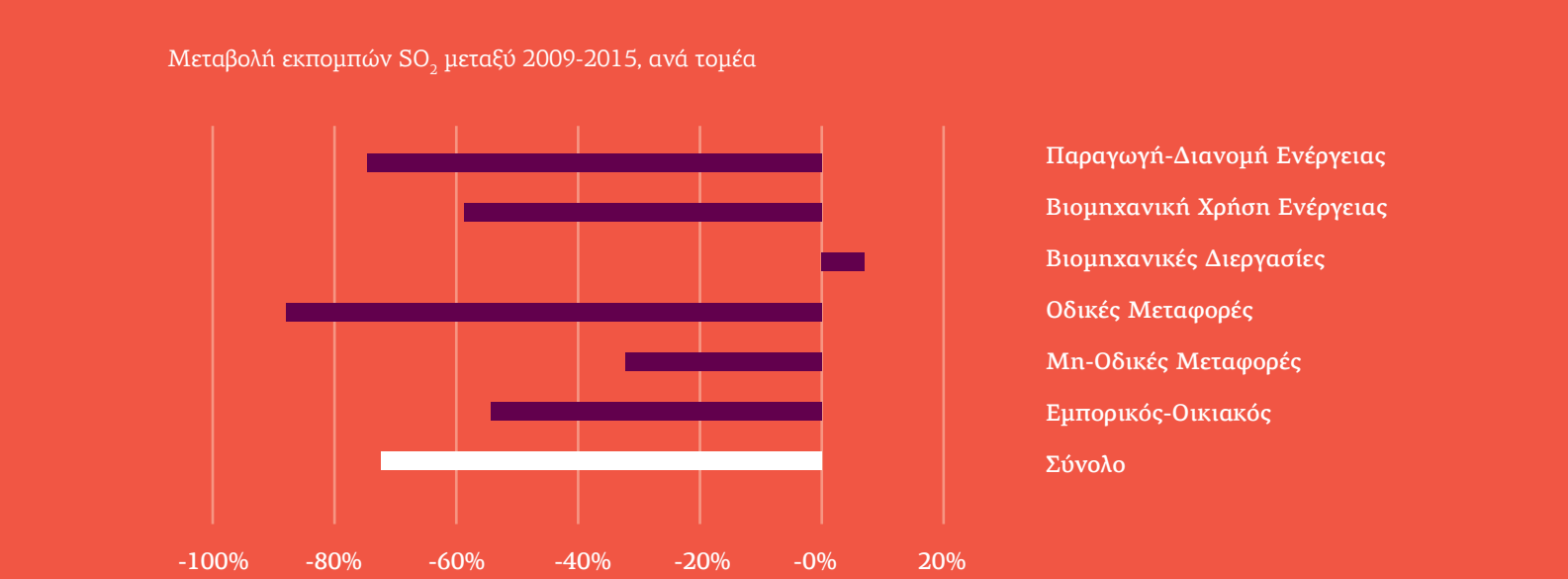
Γράφημα 2.2.2
Συμμετοχή των διαφόρων τομέων δραστηριότητας στις εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO₂), για το έτος 2015



Η σχετική μείωση των εκπομπών, για την περίοδο 2009-2015, ανά τομέα δραστηριότητας, καθώς και η συνεισφορά κάθε τομέα στη συνολική μείωση των εκπομπών, απεικονίζονται στο Γράφημα 2.2.3. Πάνω από 50% έχουν μειωθεί οι εκπομπές από την παραγωγή και βιομηχανική χρήση ενέργειας, τον οδικό τομέα και τις εμπορικές- οικιακές δραστηριότητες. Η αύξηση του μεριδίου των μονάδων φυσικού αερίου και ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας και ο εκσυγχρονισμός παλαιότερων ρυπογόνων μονάδων, τα μέτρα για περιορισμό του περιεχομένου θείου

στα υγρά καύσιμα (ΕΚ, 2003) και η αυξημένη χρήση φυσικού αερίου ως καύσιμο στον εμποροβιομηχανικό τομέα αλλά και για οικιακή θέρμανση (σε συνδυασμό με την μειωμένη κατανάλωση), ερμηνεύουν την παρατηρούμενη κάμψη των εκπομπών. Το 90% της συνολικής μείωσης των εκπομπών αποδίδεται στη μείωση των εκπομπών από την παραγωγή ενέργειας ενώ υπολογίσιμη είναι και η συνεισφορά της μείωσης των εκπομπών από τη βιομηχανική χρήση ενέργειας (8%).

Γράφημα 2.2.3
Μεταβολή εκπομπών SO₂ για το 2015, σε σχέση με το 2009



2.1.2. Εκπομπές οξειδίων του αζώτου

Παρά τον σταδιακό περιορισμό των εκπομπών οξειδίων του αζώτου στις χώρες της ΕΕ, ιδίως στον τομέα των μεταφορών με την χρήση τριοδικών καταλυτών στα οχήματα, οι συνολικές μειώσεις δεν ήταν αντίστοιχες με αυτές των οξειδίων του θείου, καθώς αρκετά κράτη δεν πέτυχαν την τήρηση των ορίων εθνικών εκπομπών, για το 2010. Τα επίπεδα του διοξειδίου του αζώτου σε αστικές περιοχές εξακολουθούν να παραμένουν υψηλά και καταγράφονται υπερβάσεις των αντιστοίχων οριακών τιμών για την ποιότητα του αέρα. Κατά συνέπεια, τα εκπεμπόμενα οξείδια του αζώτου αναδεικνύονται σε παράγοντα περιβαλλοντικής πίεσης με υψηλή προτεραιότητα.

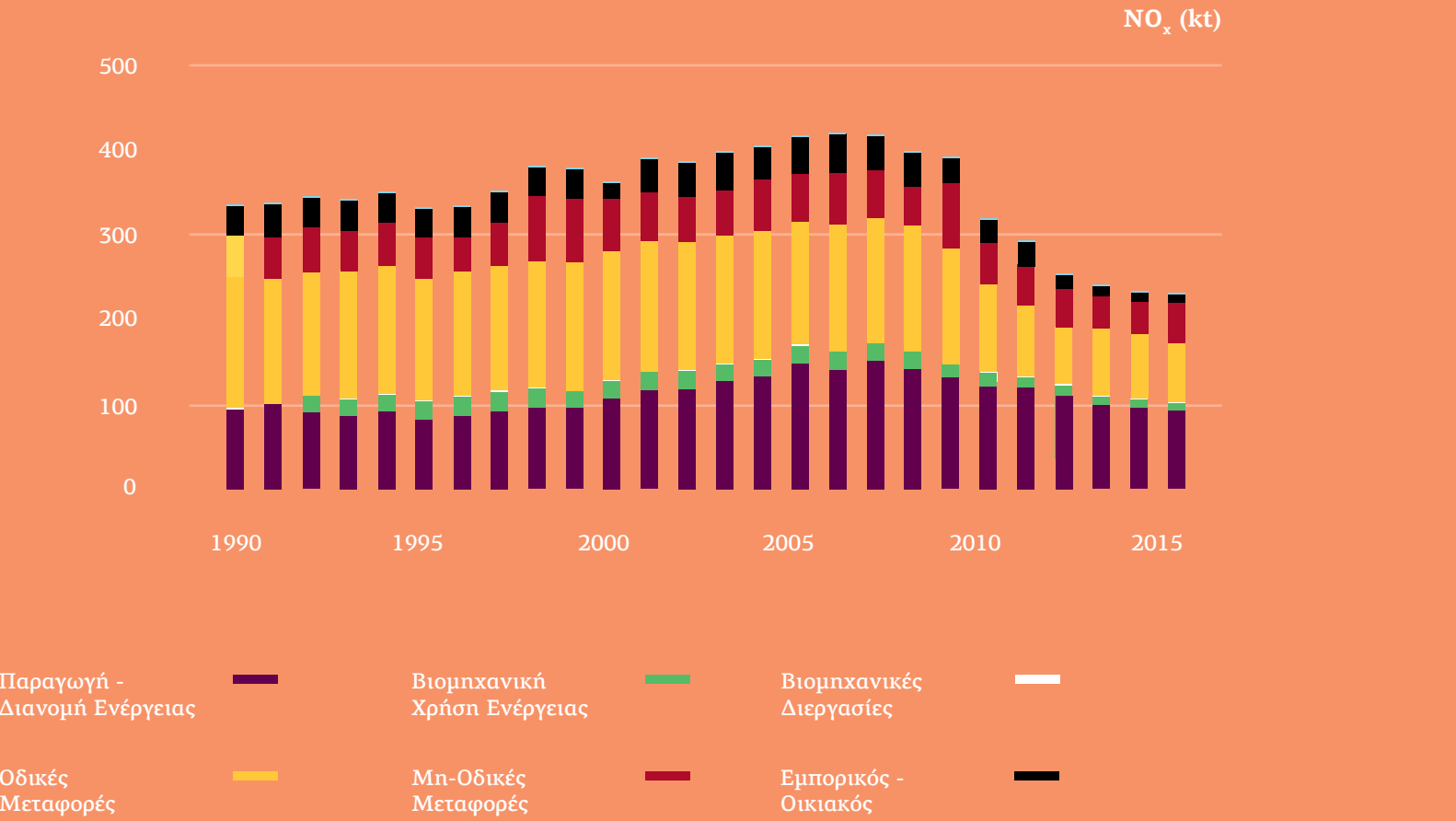
Αντίστοιχα με τον δείκτη ΕΕΑ ΑΡΕ 001, ο δείκτης ΕΕΑ ΑΡΕ 002 παρακολουθεί την διαχρονική εξέλιξη των ανθρωπογενών εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO_x), από το 1990 και έπειτα, παρέχοντας πληροφορίες για τις εκπομπές συνολικά και ανά τομέα. Οι εκπομπές αναφέρονται σύμφωνα με τα προβλεπόμενα για την αξιολόγηση της συμμόρφωσης με τις εθνικές δεσμεύσεις βάσει της οδηγίας (ΕΕ) 2016/2284 (κατά συνέπεια εξαιρούνται από τις ολικές εκπομπές κάποιες υποκατηγορίες του γεωργικού τομέα).

Η ανά τα έτη μεταβολή των εκπομπών NO_x παρουσιάζεται στο Γράφημα 2.2.4. Παρατηρείται ότι η διαχρονική πτωτική τάση από τα μέσα της προηγούμενης δεκαετίας δεν είναι του ίδιου μεγέθους με την καταγραφόμενη για τις εκπομπές οξειδίων του θείου. Οι ετήσιες εκπομπές μειώνονται σημαντικά από το 2009 έως και το 2012, ενώ σταθεροποιούνται κατά την τριετία 2013-2015.

Οι εκπομπές του 2015 (234kt) είναι μειωμένες κατά 31%, σε σχέση με το 1990. Σε σύγκριση με το έτος αναφοράς της προηγούμενης έκθεσης (2009), η παρατηρούμενη μείωση ανέρχεται σε 41%. Κατά το 2010, φαίνεται να έχει επιτευχθεί η τιμή στόχος για το εθνικό ανώτατο όριο (344 kt) της οδηγίας 2010/81/ΕΚ.

Αναφορικά με το έτος βάσης της νέας οδηγίας (ΕΕ) 2016/2284 για τα ανώτατα εθνικά όρια εκπομπών (2005), οι εκπομπές του 2015 καταγράφονται μειωμένες κατά 44%. Η οδηγία αναφέρει τη δέσμευση για μείωση εθνικών εκπομπών σε σχέση με το 2005, κατά 31% για τα έτη 2020-2029 και 55% για τα έτη από το 2030 και έπειτα. Διαφαίνεται η δυνατότητα επίτευξης του στόχου της αναθεωρημένης οδηγίας ΝΕCD για το 2020.

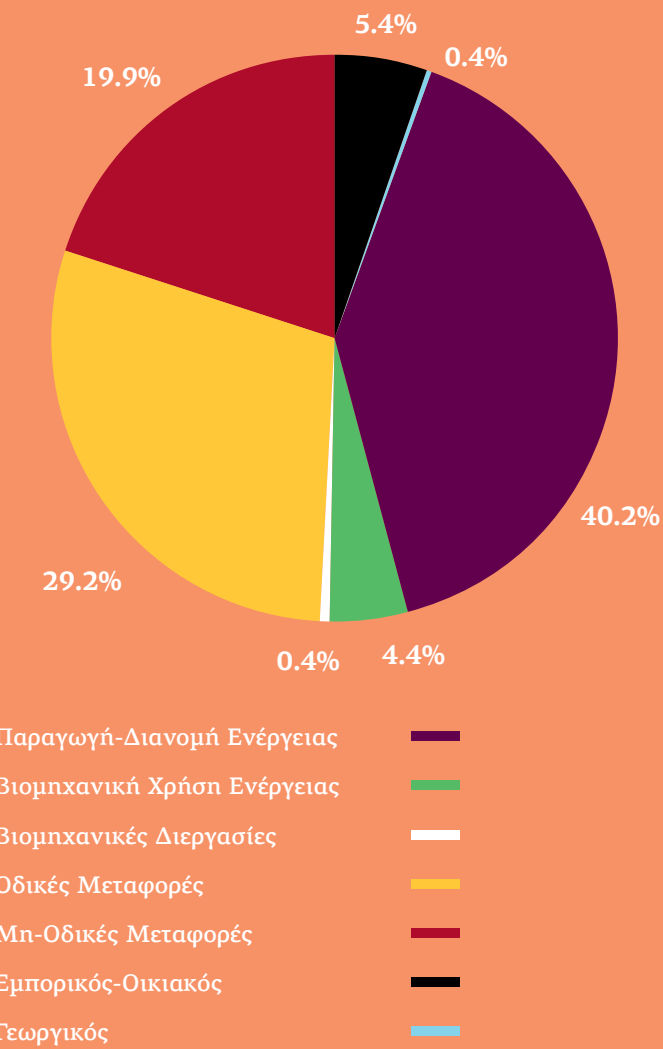
Γράφημα 2.2.4
Διαχρονική μεταβολή των εθνικών εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO_x) στην Ελλάδα



Η συμμετοχή των διαφόρων τομέων δραστηριότητας στις εκπομπές NO_x του έτους 2015, απεικονίζεται στο Γράφημα 2.2.5. Παρατηρείται μια πιο ισομερής κατανομή συμμετοχής των τομέων στις ολικές εκπομπές NO_x, σε σύγκριση με τα οξείδια του θείου. Αν και η παραγωγή ενέργειας παραμένει η κατηγορία με τη μεγαλύτερη συμμετοχή (40%), σημαντική εμφανίζεται η συνεισφορά των εκπομπών από τον οδικό τομέα (29%).

Η συνεισφορά των εκπομπών από τον οδικό τομέα έχει περιοριστεί σημαντικά σε σχέση με τις δύο προηγούμενες δεκαετίες, ως αποτέλεσμα της βαθμιαίας ανανέωσης του στόλου, με την πλήρη επικράτηση των καταλυτικών οχημάτων και την αυξημένη συμμετοχή οχημάτων νέα τεχνολογίας για τα οποία προβλέπονται χαμηλότερες εκπομπές NO_x από την ευρωπαϊκή νομοθεσία (ΕΚ, 2007; ΕΚ, 2009α). Παρά την αυξημένη χρήση φυσικού αερίου και ΑΠΕ για την παραγωγή ενέργειας, καθώς και τη χρήση εξελιγμένων τεχνολογιών στις διεργασίες καύσης και στις εγκαταστάσεις αντιρρύπανσης, η μείωση των εκπομπών από τον τομέα παραγωγής ενέργειας υπήρξε μικρότερη κατά την τελευταία δεκαετία σε σχέση με την αντίστοιχη από τον τομέα οδικών μεταφορών.

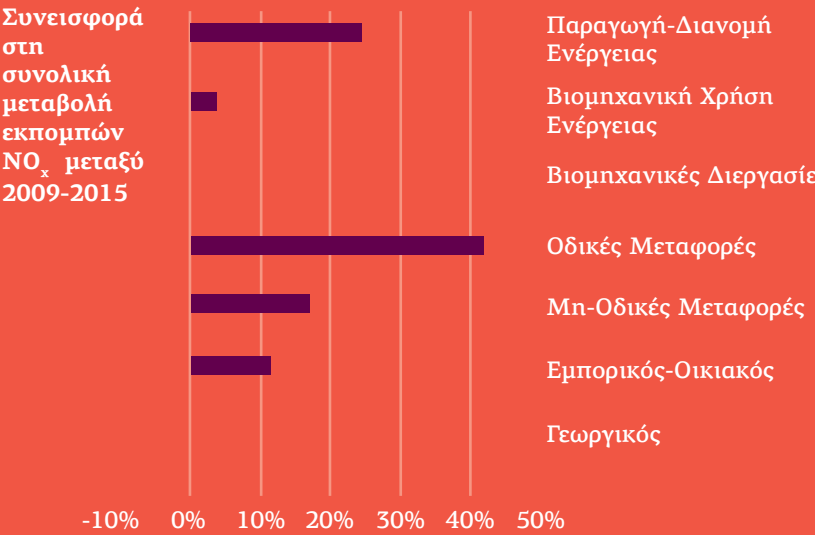
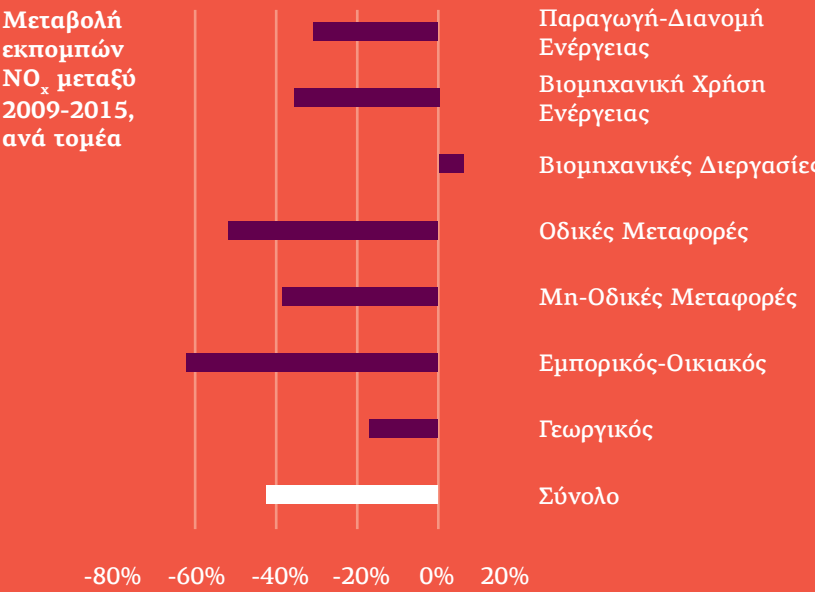
Γράφημα 2.2.5
Συμμετοχή των διαφόρων τομέων δραστηριότητας στις εθνικές εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x), για το έτος 2015



Η σχετική μείωση των εκπομπών, για την περίοδο 2009-2015 ανά τομέα δραστηριότητας, καθώς και η συνεισφορά κάθε τομέα στη συνολική μείωση των εκπομπών απεικονίζονται στο Γράφημα 2.2.6.

Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται για τις οικιακές και εμπορικές εκπομπές NO_x, η οποία προσεγγίζει το 80%. Πάνω από 40% είναι η μείωση των εκπομπών για τον τομέα των οδικών μεταφορών, στην οποία αποδίδεται και το μεγαλύτερο ποσοστό (44%) της μείωσης των συνολικών εκπομπών. Οι μειώσεις των εκπομπών από την παραγωγή και τη βιομηχανική χρήση ενέργειας είναι μικρότερες και συνδυαστικά αντιστοιχούν περίπου στο 1/4 της μείωσης των συνολικών εκπομπών. Η παρατηρούμενη αύξηση των εκπομπών από τον γεωργικό τομέα δεν επιφέρει ουσιώδες αποτέλεσμα, με δεδομένη την ελάχιστη συμμετοχή (0,6%) του τομέα στις συνολικές εκπομπές, όπως αυτές προσμετρώνται στο εθνικό σύνολο.

Γράφημα 2.2.6
Μεταβολή εθνικών εκπομπών NO_x για το 2015, σε σχέση με το 2009

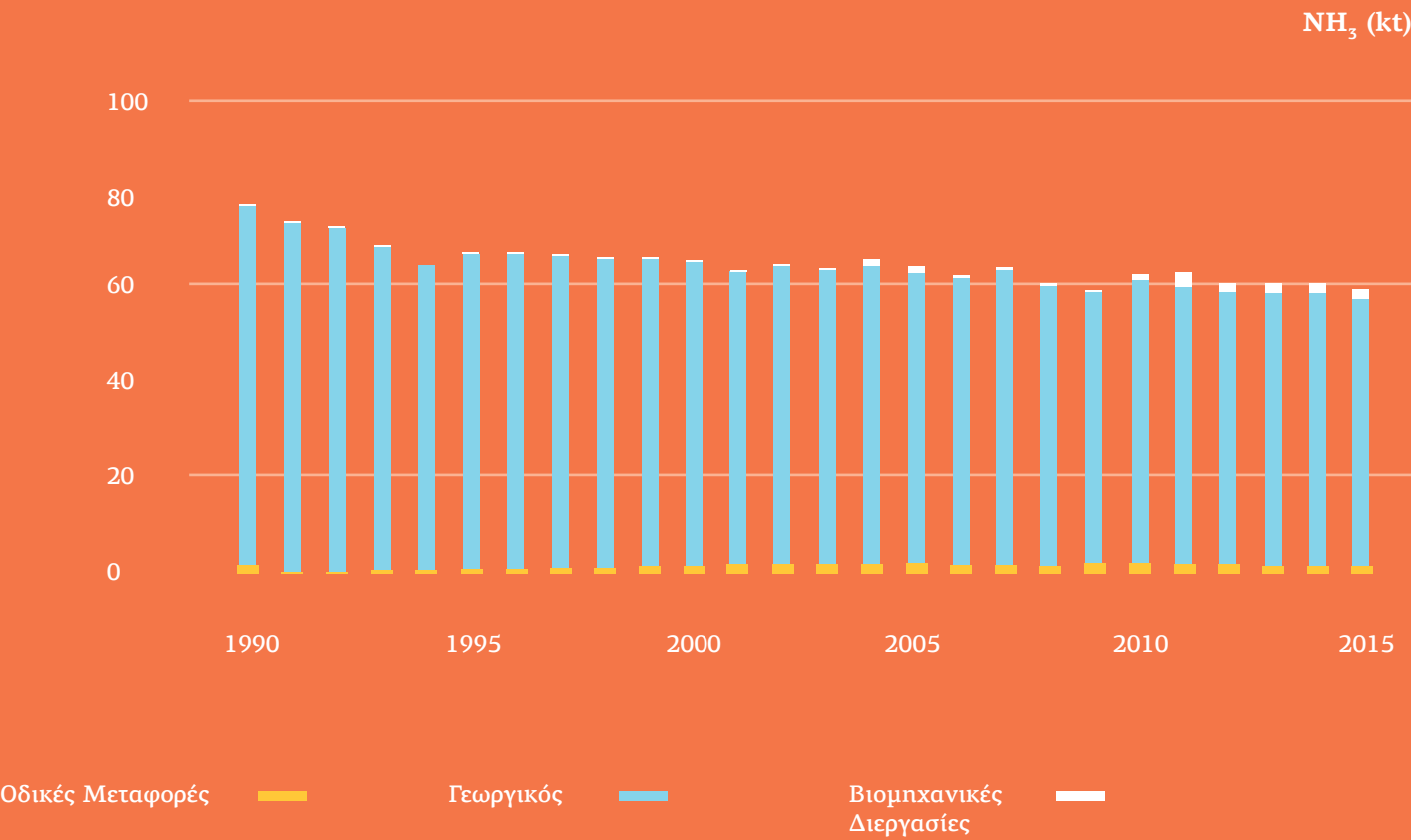


2.1.3. Εκπομπές αμμωνίας

Αν και ο ρυθμός μείωσης των εκπομπών αμμωνίας στις ευρωπαϊκές χώρες υπήρξε αρκετά πιο βραδύς, σε σχέση με την αντίστοιχη για τα οξείδια θείου και αζώτου, στη μεγάλη πλειοψηφία των κρατών οι εκπομπές του 2010 ήταν εντός των προβλεπόμενων ανώτατων ορίων της οδηγίας NECD. Στην περίπτωση της αμμωνίας, το μεγαλύτερο τμήμα (> 90%) των εκπομπών προέρχεται από έναν κύριο τομέα - αυτόν της γεωργίας - με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η άμεση παρατήρηση της αποτελεσματικότητας συγκεκριμένων πολιτικών για τον περιορισμό των ολικών εκπομπών.

Ο δείκτης EEA APE 003 παρακολουθεί τη διαχρονική εξέλιξη των ανθρωπογενών εκπομπών αμμωνίας (NH₃) στην ατμόσφαιρα, από το 1990 και μετά, συνολικά και ανά τομέα (Γράφημα 2.2.7). Οι δραστηριότητες για τις οποίες αναφέρονται εκπομπές NH₃ εμπίπτουν σε τρεις τομείς από τους εξεταζόμενους, και συγκεκριμένα στον γεωργικό τομέα, στις οδικές μεταφορές και στις βιομηχανικές διεργασίες.

Γράφημα 2.2.7
Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών αμμωνίας (NH₃) στην Ελλάδα



Τα επίπεδα εκπομπών αμμωνίας παρουσιάζουν σχετική διαχρονική σταθερότητα, καθώς για το 2015, η μείωση ως προς το 1990 περιορίζεται σε 22%, ενώ είναι πρακτικά αμετάβλητες σε σχέση με το 2009. Η οδηγία 2001/81/ΕΚ προέβλεπε ετήσιο ανώτατο εθνικό όριο εκπομπών 73kt NH₃, σε σχέση με το οποίο οι εκπομπές του 2015 αναφέρονται χαμηλότερες κατά 17% (13kt). Η δέσμευση της Ελλάδας για μείωση των εκπομπών αμμωνίας, σε σχέση με το 2005, όπως περιγράφεται στην οδηγία (ΕΕ) 2016/2284, είναι 7% για τα έτη μεταξύ 2020-2029 και 10% από το 2030 και έπειτα. Για το 2015, το αναφερόμενο ποσοστό μείωσης εκπομπών NH₃ ως προς το 2005 είναι 7,3%, και προβλέπεται επίτευξη του στόχου για το 2020.

Το κύριο τμήμα των εκπομπών αμμωνίας προέρχεται από τον γεωργικό τομέα, του οποίου η συμμετοχή για το έτος 2015 ανέρχεται σε 93,4%. Η μείωση των εκπομπών για το 2015 από τον τομέα σε σχέση με το έτος βάσης διαμορφώνεται σε 25%, αν και οι εκπομπές παρουσιάζονται μόνο κατά 1,4% μειωμένες από το 2009 και έπειτα. Στην Ελλάδα, η διαχρονική αυτή μείωση συνδέεται με τον περιορισμό της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων και την παράλληλη ανάπτυξη της βιολογικής γεωργίας, καθώς και με την εφαρμογή καλών αγροτικών πρακτικών, ενώ λιγότερο σημαντική είναι η επίδραση των μεταβολών στον κτηνοτροφικό τομέα.

Αν και η συμμετοχή τους στις συνολικές εκπομπές είναι μικρή (2,5%), οι εκπομπές αμμωνίας από τον οδικό τομέα έχουν σταδιακά αυξηθεί σε σχέση με τη δεκαετία του 1990. Οι αναφερόμενες εκπομπές προέρχονται από τα καυσάερια των επιβατικών αυτοκινήτων, καθώς αμμωνία παράγεται από σειρά αντιδράσεων στους τριοδικούς καταλύτες. Κατά το 2009, αναφέρονται οι υψηλότερες εκπομπές από τον οδικό τομέα (2,3kt), οι οποίες έως το 2015 παρουσιάζονται να έχουν μειωθεί κατά 34%. Μικρό τμήμα των εκπομπών NH₃ (3,8%) αποδίδεται σε χημικές βιομηχανικές διεργασίες και συγκεκριμένα στην παραγωγή νιτρικού αμμωνίου για χρήση σε λιπάσματα.



2.1.4. Εκπομπές μη - μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων

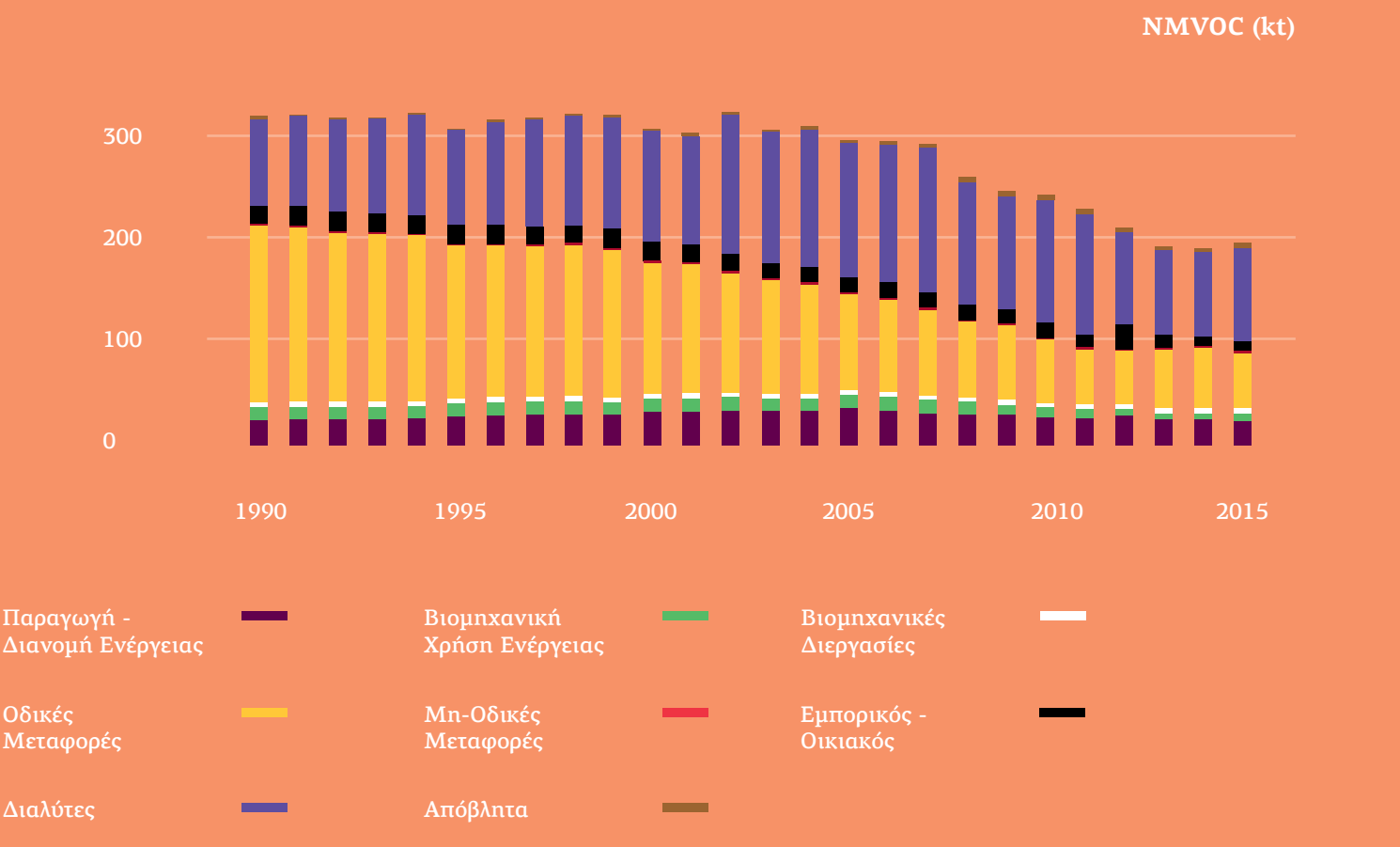
Σε αντίθεση με τους αέριους ρύπους, που ήδη αναφέρθηκαν (SO₂, NO_x, NH₃), οι μη-μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOCs - Non-Methane Volatile Organic Compounds), αποτελούν μια πολύ ευρύτερη κατηγορία ενώσεων. Οι διάφορες πτητικές οργανικές ενώσεις εκπέμπονται από μεγάλο αριθμό διαφοροποιημένων πηγών, όμως εμφανίζουν παρεμφερή συμπεριφορά στην ατμόσφαιρα. Εκτός από τη συμμετοχή τους στις διαδικασίες σχηματισμού τροποσφαιρικού όζοντος, οι NMVOCs περιέχουν χημικά είδη και ομάδες ενώσεων οι οποίες είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία, και κατά συνέπεια οι ολικές τους εκπομπές μπορούν να παρέχουν ενδείξεις και για τις τάσεις των πλέον επιβλαβών μεμονωμένων οργανικών ουσιών.

Ο δείκτης ΕΕΑ ΑΡΕ 004 περιγράφει τη μεταβολή των ανθρωπογενών εκπομπών μη-μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων, κατά την περίοδο 1990-2015. Σε αντιστοιχία με τα NO_x, οι εκπομπές NMVOC αναφέρονται σύμφωνα με τα προβλεπόμενα για την αξιολόγηση της συμμόρφωσης με τις εθνικές δεσμεύσεις βάσει της οδηγίας (ΕΕ) 2016/2284 (εξαιρούνται από τις ολικές εκπομπές κάποιες υποκατηγορίες του γεωργικού τομέα). Τα αποτελέσματα της διαχρονικής εξέλιξης των εκπομπών παρουσιάζονται στο Γράφημα 2.2.8.

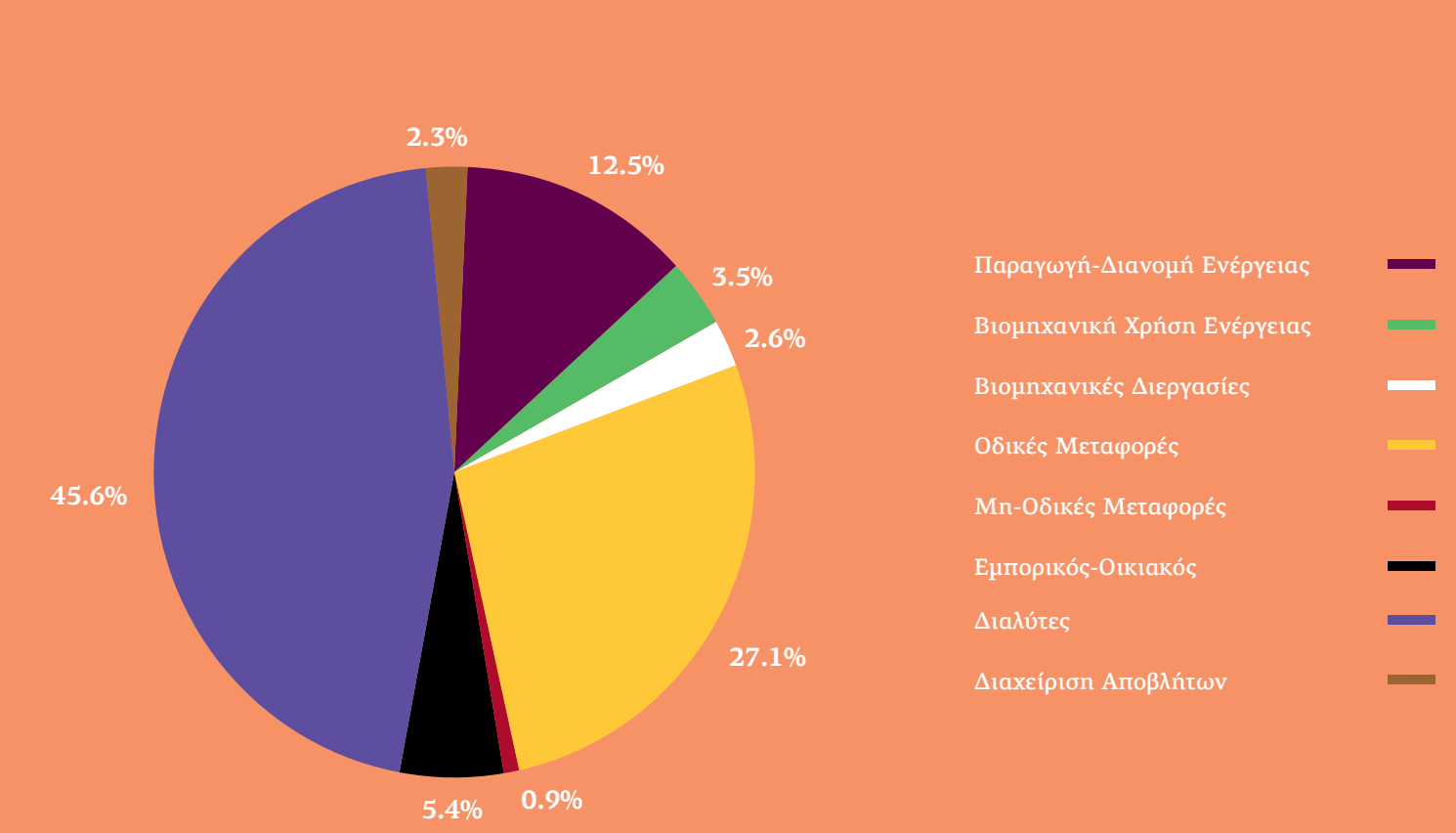
Οι εκπομπές NMVOC για το 2015 εμφανίζονται μειωμένες κατά 38% σε σχέση με το 1990 και κατά 20% σε σχέση με το 2009. Από το 2007 ως το 2013 σημειώνεται συνεχής πτώση των επιπέδων, ενώ κατά το διάστημα 2013-2015 παρατηρείται σταθεροποίηση. Ο προβλεπόμενος στόχος της οδηγίας 2001/81/ΕΚ (261kt), φαίνεται να έχει επιτευχθεί από το 2009. Η οδηγία (ΕΕ) 2016/2284 προβλέπει τη μείωση εκπομπών NMVOC, ως προς το έτος αναφοράς 2005, κατά 54% για τα έτη μεταξύ 2020-2029 και 62% για τα έτη από το 2030 και έπειτα. Τα δεδομένα που αναφέρονται για το 2015 υποδεικνύουν μείωση κατά 34% σε σχέση με το 2005, συνεπώς διαφαίνεται ότι υπάρχει αρκετή απόσταση να καλυφθεί.

Η χρήση προϊόντων που περιέχουν ή χρησιμοποιούν οργανικούς διαλύτες και η κυκλοφορία οχημάτων είναι οι κατηγορίες με τη μεγαλύτερη συνεισφορά στις εκπομπές NMVOC (46 και 27%, κατά το 2015, αντίστοιχα). Οι σχετικές συνεισφορές για το έτος 2015 συνοψίζονται στο Γράφημα 2.2.9.

Γράφημα 2.2.8
Διαχρονική μεταβολή των εθνικών εκπομπών μη-μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων (NMVOC) στην Ελλάδα



Γράφημα 2.2.9
Συμμετοχή των διαφόρων τομέων δραστηριότητας στις εθνικές εκπομπές μη-μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων (NMVOC), για το έτος 2015



Η μείωση που έχει καταγραφεί στις εκπομπές από τα οχήματα, ως αποτέλεσμα της ευρωπαϊκής νομοθεσίας για τις εκπομπές από νέα οχήματα και τη σταδιακή ανανέωση του επιβατικού και επαγγελματικού στόλου, ερμηνεύει σε μεγάλο βαθμό την παρατηρούμενη μείωση των ολικών εκπομπών. Οι εκπομπές NMVOC από τους διαλύτες, αν και δεν απέχουν πολύ από τα επίπεδα του 1990, έχουν μειωθεί σημαντικά σε σχέση με τις πολύ υψηλότερες τιμές που καταγράφονταν στο μέσο της προηγούμενης δεκαετίας, ως αποτέλεσμα και των στοχευμένων νομοθετικών παρεμβάσεων (Solvents Directive - 1999/13/EK, Paints Directive - 2004/32/EK). Οι εκπομπές που εμπίπτουν στον κλάδο παραγωγής και διανομής ενέργειας σχετίζονται, κατά κύριο λόγο, με διαφεύγουσες εκπομπές από τη διύλιση πετρελαίου και την αποθήκευση πετρελαιοειδών και λιγότερο με άμεσες εκπομπές από τις διεργασίες παραγωγής.

Στο Γράφημα 2.2.10 παρουσιάζεται η μεταβολή των εκπομπών NMVOC ανά τομέα, μεταξύ 2009-2015, καθώς και η συνεισφορά ενός εκάστου στη συνολική μεταβολή.

Σχεδόν σε όλους τους τομείς καταγράφονται μειώσεις, τα ποσοστά των οποίων υπερβαίνουν το 30% για τη βιομηχανική χρήση ενέργειας και τις μη-οδικές μεταφορές (κυρίως εκπομπές από τη ναυτιλία που προσμετρώνται στις εθνικές εκπομπές). Ο τομέας των βιομηχανικών διεργασιών είναι ο μόνος που παρουσιάζει αυξητική τάση, η οποία αποδίδεται στην αύξηση των εκπομπών από τη βιομηχανία τροφίμων. Η μεταβολή των εκπομπών από τον οδικό τομέα και τη χρήση διαλυτών έχουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στην ολική παρατηρούμενη μείωση.

2.1.5. Εκπομπές ρύπων από τις μεταφορές

Ο τομέας των μεταφορών συνεισφέρει σημαντικά στις εκπομπές αέριων και σωματιδιακών ρύπων. Για τα NO_x και NMVOC έχει ήδη αναφερθεί ως μια από τις σημαντικότερες κατηγορίες δραστηριότητας, ενώ αντίρροπες τάσεις εμφανίζονται σχετικά με την επίδραση του στις εκπομπές SO₂ (ραγδαία μείωση) και NH₃ (βαθμιαία αύξηση). Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀ και PM_{2,5}) αποτελούν ρύπους, η παρουσία των οποίων

στο αστικό περιβάλλον είναι συνδεδεμένη με τις εκπομπές από τις μεταφορές και ιδιαίτερα από τον οδικό τομέα σε συνθήκες αυξημένης κυκλοφορίας.

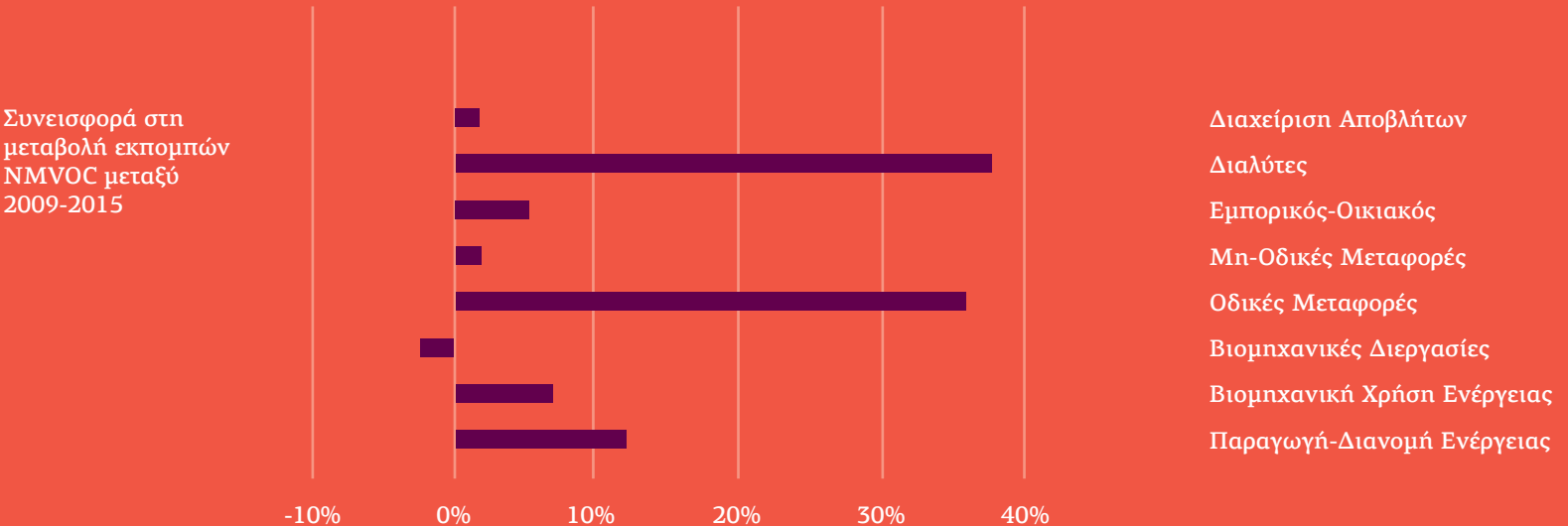
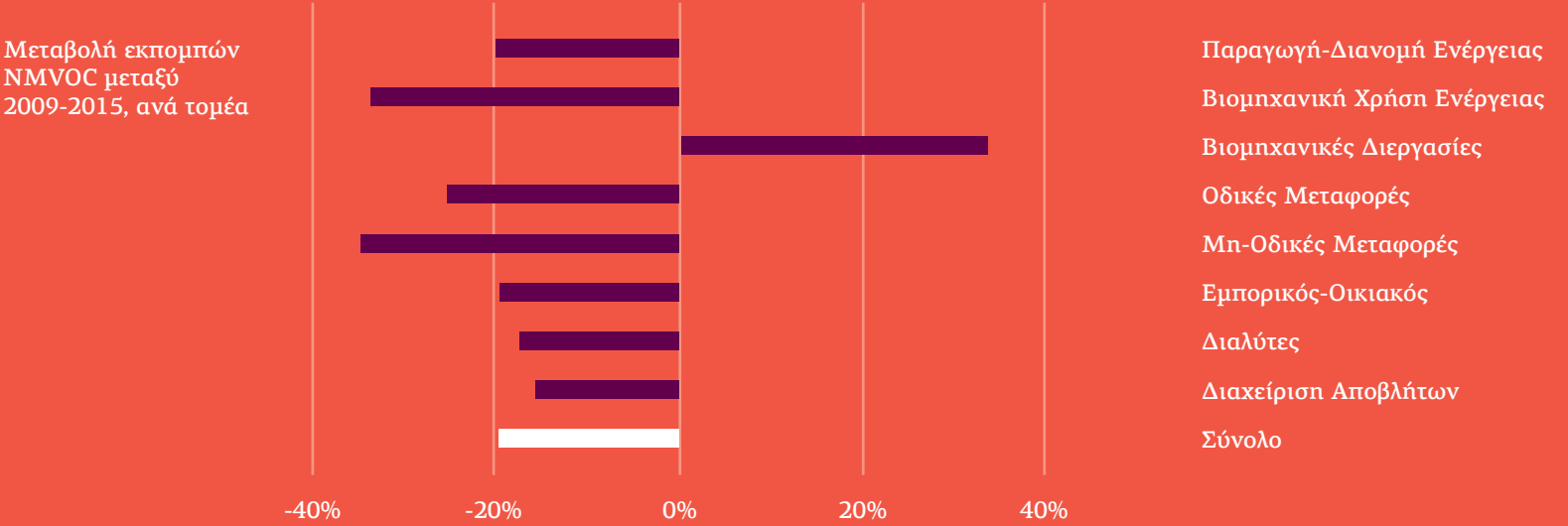
Ο δείκτης EEA TERM 003 αναλύει τη διαχρονική μεταβολή των εκπομπών CO, NO_x, NMVOC, PM₁₀, PM_{2,5} και SO₂, οι οποίες προέρχονται από τον τομέα των μεταφορών. Οι συγκεκριμένοι ρύποι ομαδοποιούνται σε ουσίες οξίνισης (NO_x, SO₂), προπομπούς όζοντος (NO_x, NMVOC και CO) και ενώσεις σχετιζόμενες με την παραγωγή αιωρουμένων σωματιδίων (πρωτογενή σωματίδια - PM₁₀ και PM_{2,5} - και προπομπούς δευτερογενών σωματιδίων - NO_x και SO₂). Οι εκπομπές παρουσιάζονται αθροιστικά για τις δραστηριότητες που εμπίπτουν στους τομείς των οδικών και μη-οδικών μεταφορών, οι οποίες προσμετρώνται στο εθνικό σύνολο.

Στο Γράφημα 2.2.11 απεικονίζονται οι ετήσιες εκπομπές ουσιών οξίνισης από τις μεταφορές, ως ποσοστό επί του αρχικού έτους (1990). Η μείωση των επιπέδων διοξειδίου του θείου είναι ραγδαία, καθώς οι εκπομπές του 2015 αποτελούν μόλις το 2% των αντιστοίχων του 1990, και το 34% αυτών

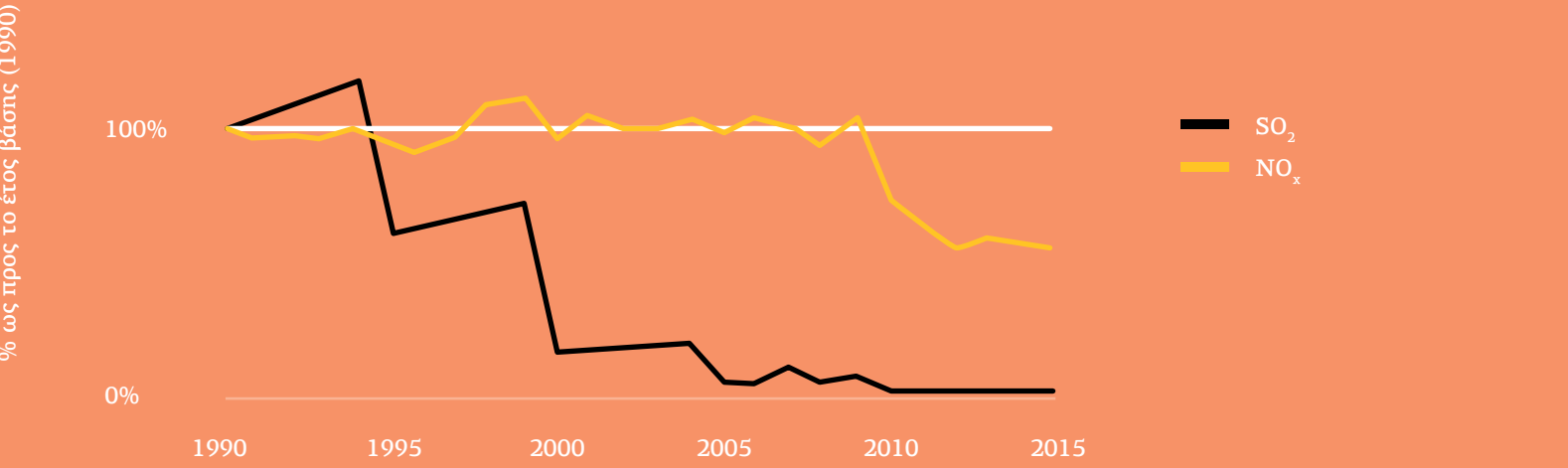
του 2009, αντικατοπτρίζοντας την επιτυχία σε βάθος χρόνου των στρατηγικών περιορισμού τους, μέσω της μείωσης του περιεχομένου θείου στα καύσιμα. Αντίθετα, οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου εμφανίζουν μια πιο ομαλή διαχρονική διακύμανση και κατά το 2015 αντιστοιχούν στο 56% αυτών του 1990, με την κάμψη να εμφανίζεται από το 2009 και έπειτα.

Σε αντίθεση με τα οξείδια του αζώτου, οι άλλες ενώσεις προπομποί του όζοντος που εξετάζονται από τον δείκτη, χαρακτηρίζονται από σταθερή διαχρονικά ελάττωση των εκπομπών τους (Γράφημα 2.2.12). Οι εκπομπές NMVOC και CO για το 2015 είναι μειωμένες κατά 68% και 73%, αντίστοιχα, σε σχέση με το 1990, υποδεικνύοντας την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των κανονισμών ορίων εκπομπών στα οχήματα, τουλάχιστον για τους συγκεκριμένους ρύπους. Επισημαίνεται ότι οι εκπομπές NMVOC από τον οδικό τομέα, εκτός από τις απ' ευθείας εκλύσεις καυσαερίων, προέρχονται και από την εξάτμιση των καυσίμων, ιδιαίτερα κατά την επικράτηση θερμών καιρικών συνθηκών.

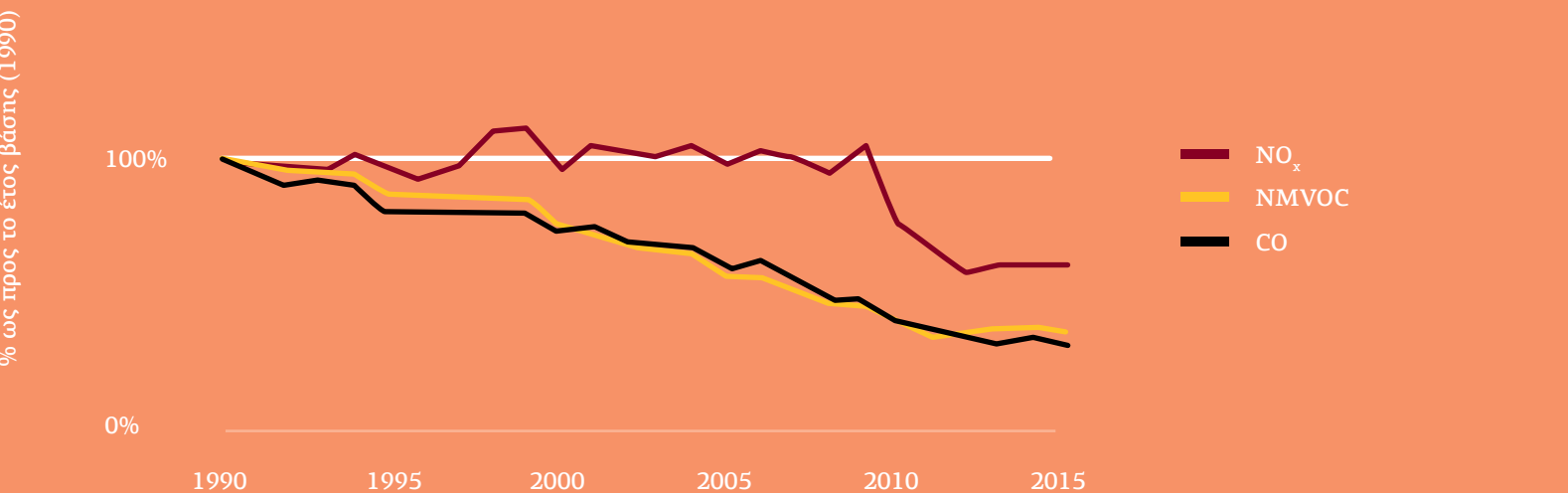
Γράφημα 2.2.10
Μεταβολή εθνικών εκπομπών NMVOC για το 2015, σε σχέση με το 2009



Γράφημα 2.2.11
Διαχρονική μεταβολή εκπομπών ουσιών οξίνισης, από τον τομέα των μεταφορών



Γράφημα 2.2.12
Διαχρονική μεταβολή εκπομπών προπομπών όζοντος, από τον τομέα των μεταφορών



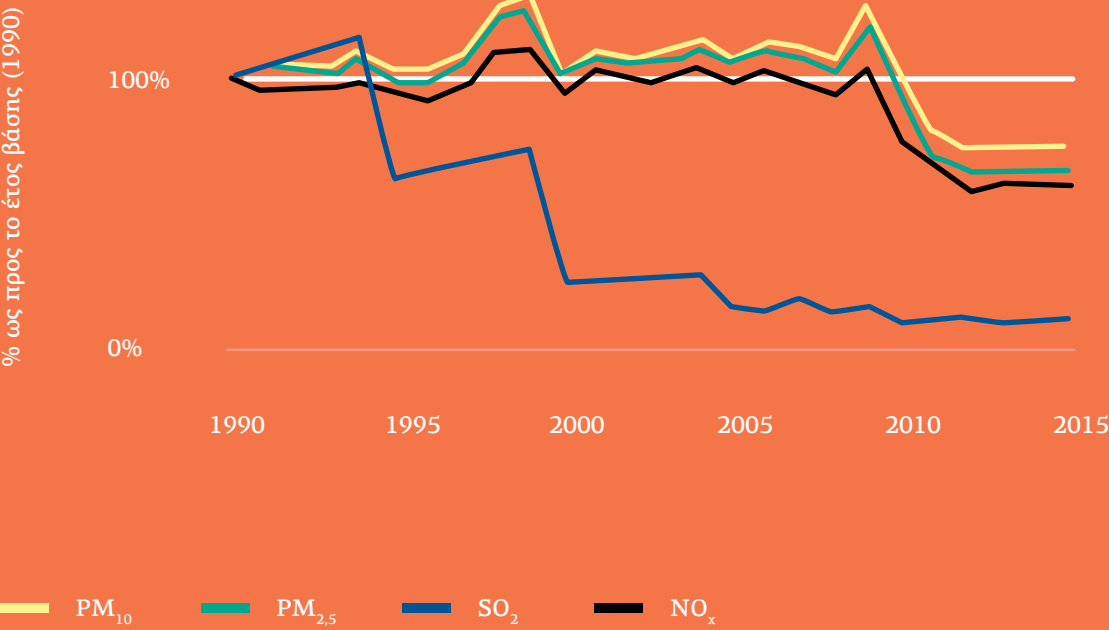
Οι εκπομπές πρωτογενών αιωρουμένων σωματιδίων από τον τομέα των μεταφορών, μετά από μια περίοδο περιορισμένης διακύμανσης (1990-2009), έχουν βαθμιαία ελαττωθεί από το 2010 και μετά, ώστε το 2015 να εμφανίζονται μειωμένες κατά 28% και 38% σε σχέση με το 1990, για τα PM₁₀ και τα PM_{2,5} αντίστοιχα (Γράφημα 2.2.13).

Οι εκπομπές πρωτογενών αιωρουμένων σωματιδίων από τον τομέα των οδικών μεταφορών δεν περιορίζονται μόνο στα καυσάερια που απελευθερώνονται άμεσα στην ατμόσφαιρα, αλλά σε ένα σημαντικό βαθμό μπορούν να περιλαμβάνουν σωματίδια που προέρχονται από τη φθορά υλικών πέδησης, ελαστικών και μηχανικών μερών των οχημάτων, αλλά και από τη φθορά του οδοστρώματος λόγω της κυκλοφορίας. Αυτές οι εκπομπές που δε σχετίζονται με καύσεις, αφορούν κυρίως τα σωματίδια PM₁₀, αλλά σε μικρότερο βαθμό περιέχουν και PM_{2,5}.

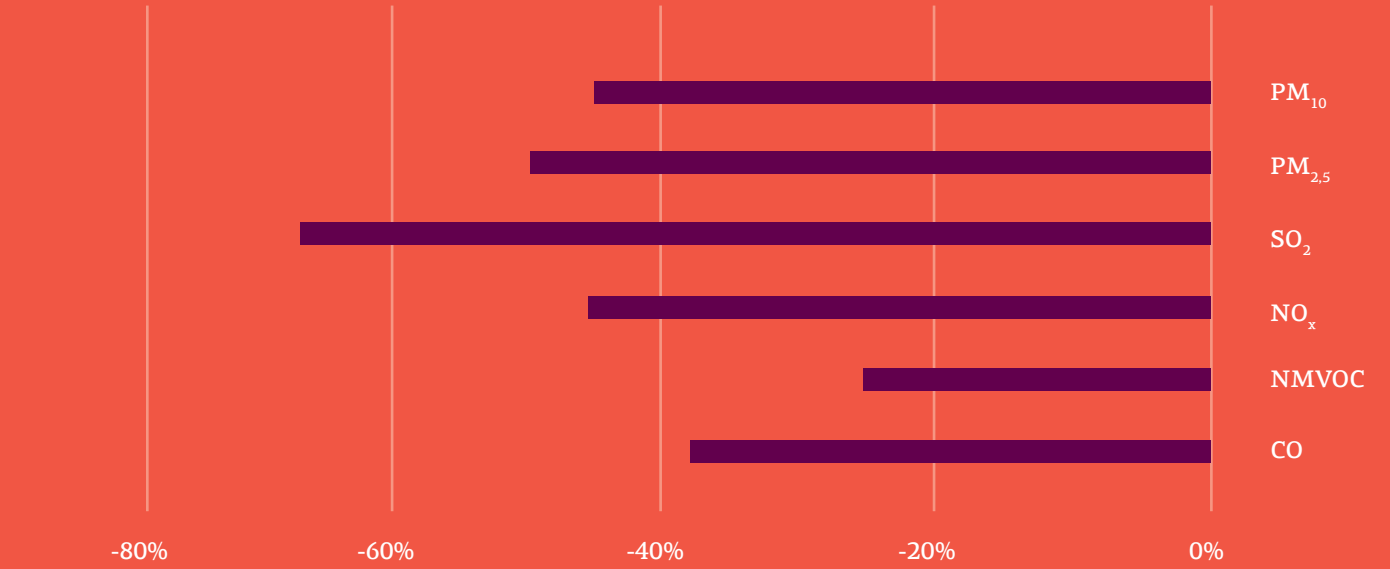
Σε σχέση με το 2009, όλοι οι εξεταζόμενοι από τον δείκτη ρύποι εμφανίζουν μείωση, για τις αναφερόμενες το 2015, εκπομπές από τον τομέα των μεταφορών (Γράφημα 2.2.14). Η μείωση των εκπομπών SO₂, η οποία υπερβαίνει το 60%, αποδίδεται κατά κύριο λόγο στη μείωση των εκπομπών από οδικές μεταφορές.

Η σχετική συμμετοχή του τομέα μεταφορών στις ολικές εκπομπές των διαφόρων ρύπων, για το 2015, παρουσιάζεται στο Γράφημα 2.2.15. Ενώ για το SO₂ η συνεισφορά περιορίζεται στο 0,4%, για τα NO_x, NMVOC και CO, ο συνδυασμένος τομέας μεταφορών έχει τη μεγαλύτερη συμβολή στις συνολικές εκπομπές (28, 49 και 54% αντίστοιχα).

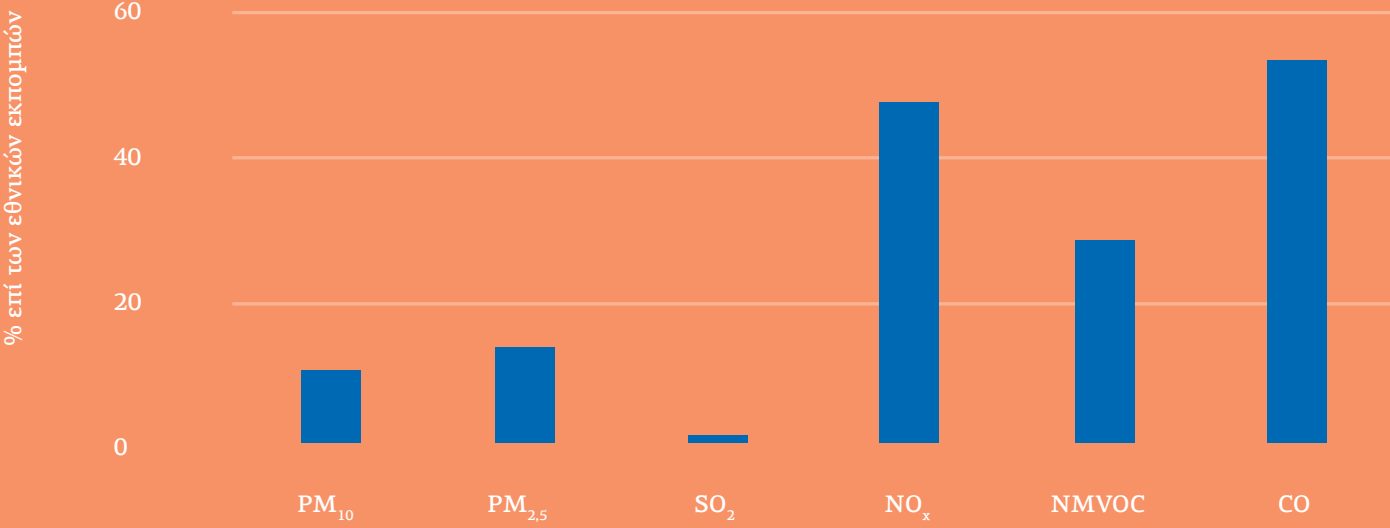
Γράφημα 2.2.13
Διαχρονική μεταβολή εκπομπών πρωτογενών σωματιδίων και προπομπών δευτερογενών σωματιδίων, από τον τομέα των μεταφορών



Γράφημα 2.2.14
Μεταβολή εκπομπών ρύπων, από τον τομέα των μεταφορών, μεταξύ 2009-2015



Γράφημα 2.2.15
Συμμετοχή τομέα μεταφορών στις εθνικές εκπομπές ρύπων για το 2015



2.2.1. Ολικές εκπομπές ουσιών οξίνισης και εκπομπές ουσιών οξίνισης που σχετίζονται με την ενέργεια.

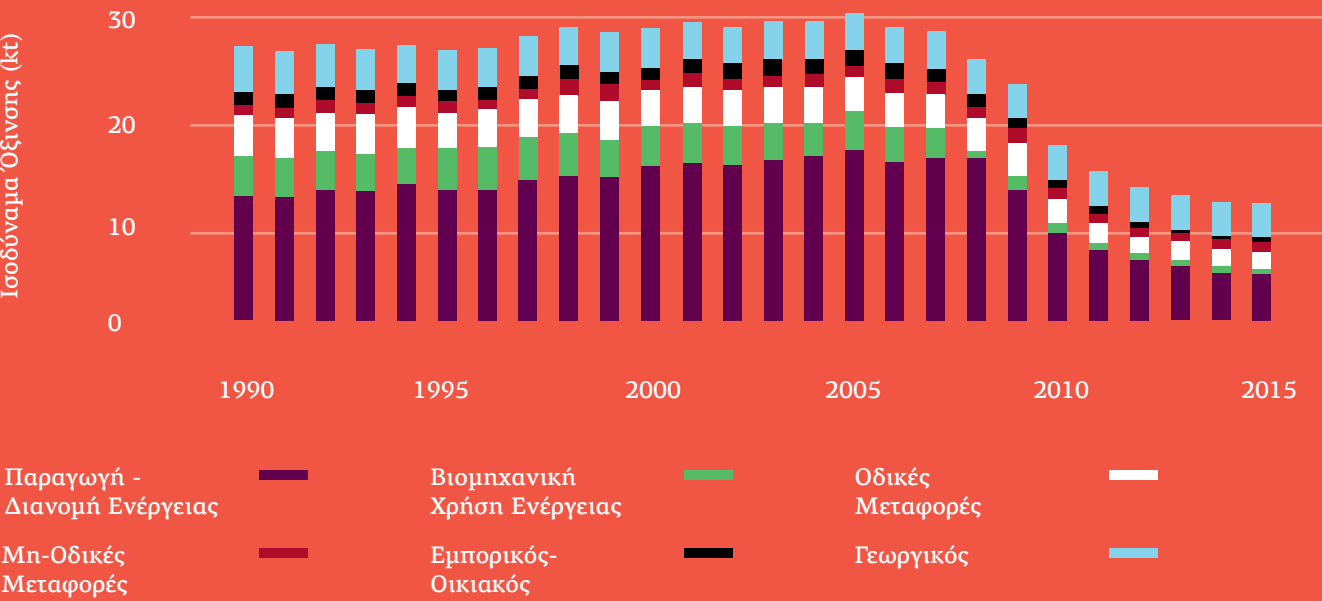
Οι δείκτες EEA CSI 001 και EEA ENER 006 καταγράφουν τις συνολικές και ανά τομέα εκπομπές των ατμοσφαιρικών ρύπων (SO₂, NO_x και NH₃), οι οποίοι προκαλούν οξίνιση (acidification) κατά την εναπόθεση τους και συνδέονται με σειρά αρνητικών επιπτώσεων στα οικοσυστήματα και με φθορές σε κτήρια και υλικά. Η συμμετοχή των εκπομπών κάθε ρύπου στον υπολογισμό του δείκτη σταθμίζεται με βάση συντελεστές δυνητικής οξίνισης. Η τιμή του συντελεστή είναι 0,3125 για τις εκπομπές SO₂, 0,02174 για τις εκπομπές NO_x και 0,05882 για τις εκπομπές αμμωνίας (de Leeuw, 2002). Ο δείκτης εκφράζεται σε “ισοδύναμα οξίνισης” (kt). Αναλυτικά:

$$E_{AC} = 0,3125 * E(SO_2) + 0,02174 * E(NO_x) + 0,05882 * E(NH_3)$$

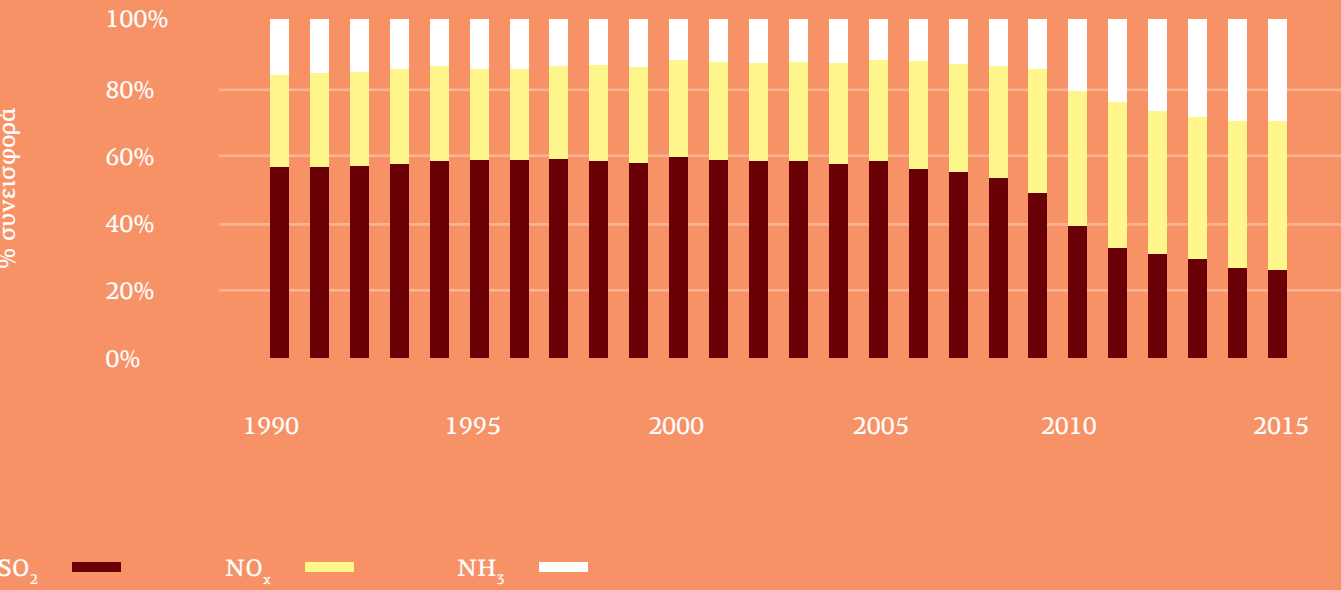
ι) Η μεταβολή των συνολικών εκπομπών ουσιών οξίνισης (δείκτης EEA CSI 001), κατανεμημένη στους τομείς δραστηριότητας, απεικονίζεται στο Γράφημα 2.2.16, για την περίοδο 1990-2015. Καταγράφεται μείωση των συνολικών εκπομπών, πάνω από το ήμισυ (57%) του έτους βάσης, η οποία κυρίως παρατηρείται από το 2008 και μετά. Κατά την περίοδο 2012-2015 εξομαλύνεται η πτωτική τάση.

Η σχετική συμμετοχή των τριών ατμοσφαιρικών ρύπων στο υπολογιζόμενο δυναμικό οξίνισης παρουσιάζεται στο Γράφημα 2.2.17. Έως και το 2010 οι εκπομπές οξειδίων του θείου αποτελούσαν τον κυριότερο παράγοντα οξίνισης, έχοντας υποσκελισθεί από το 2011 και μετά από τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου, οι οποίες ελαττώνονται με σχετικά βραδύτερο ρυθμό. Η συμμετοχή των εκπομπών αμμωνίας, που εμφανίζουν μεγαλύτερη διαχρονική σταθερότητα, έχουν σταδιακά υπερβεί το 1/4 των ολικών.

Γράφημα 2.2.16
Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών ουσιών οξίνισης στην Ελλάδα

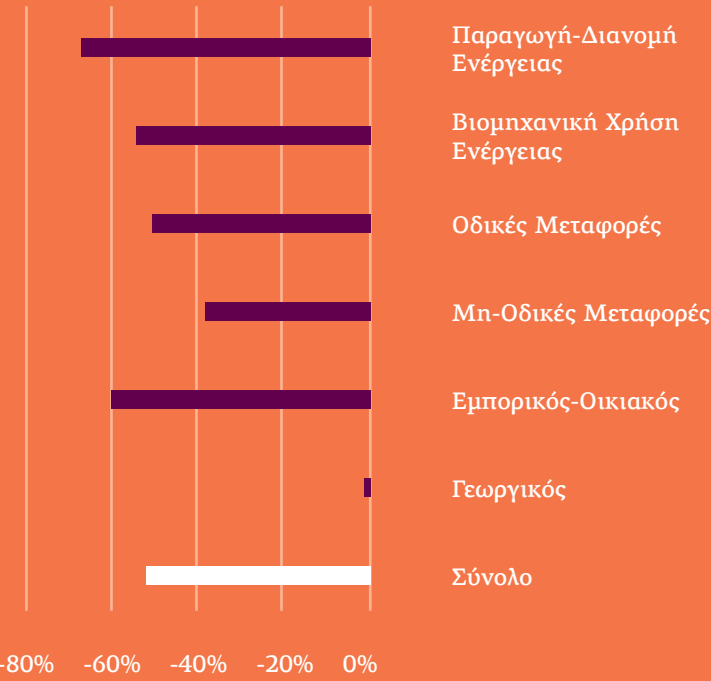


Γράφημα 2.2.17
Σχετική συμμετοχή ατμοσφαιρικών ρύπων στο ολικό δυναμικό οξίνισης



Σε σχέση με το 2009, οι ολικές εκπομπές ουσιών οξίνισης έχουν μειωθεί κατά 50%. Η μεταβολή ανά τομέα δραστηριότητας περιγράφεται στο Γράφημα 2.2.18. Παρατηρείται σημαντική μείωση των εκπομπών από τομείς που περιλαμβάνουν τη χρήση καυσίμων υλών (για παραγωγή ενέργειας, οδικές μεταφορές και βιομηχανικές/εμπορικές/οικιακές χρήσεις), η μείωση των οποίων υπερβαίνει το 50%. Επισημαίνεται η σχετική διαχρονική σταθερότητα των εκπομπών από τον γεωργικό τομέα, των οποίων η συνολική μεταβολή σε σχέση με το 1990 ανέρχεται σε 25%.

Γράφημα 2.2.18
Μεταβολή εκπομπών ουσιών οξίνισης μεταξύ 2009-2015, ανά τομέα



ii) Οι μεταβολές στις εκπομπές ουσιών οξίνισης που σχετίζονται με την ενέργεια περιγράφονται από τον δείκτη EEA ENER 006. Οι τομείς δραστηριότητας που συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό του δείκτη είναι η παραγωγή-διανομή ενέργειας, η χρήση ενέργειας στη βιομηχανία, οι οδικές και μη-οδικές μεταφορές και η εμπορική-οικιακή χρήση ενέργειας.

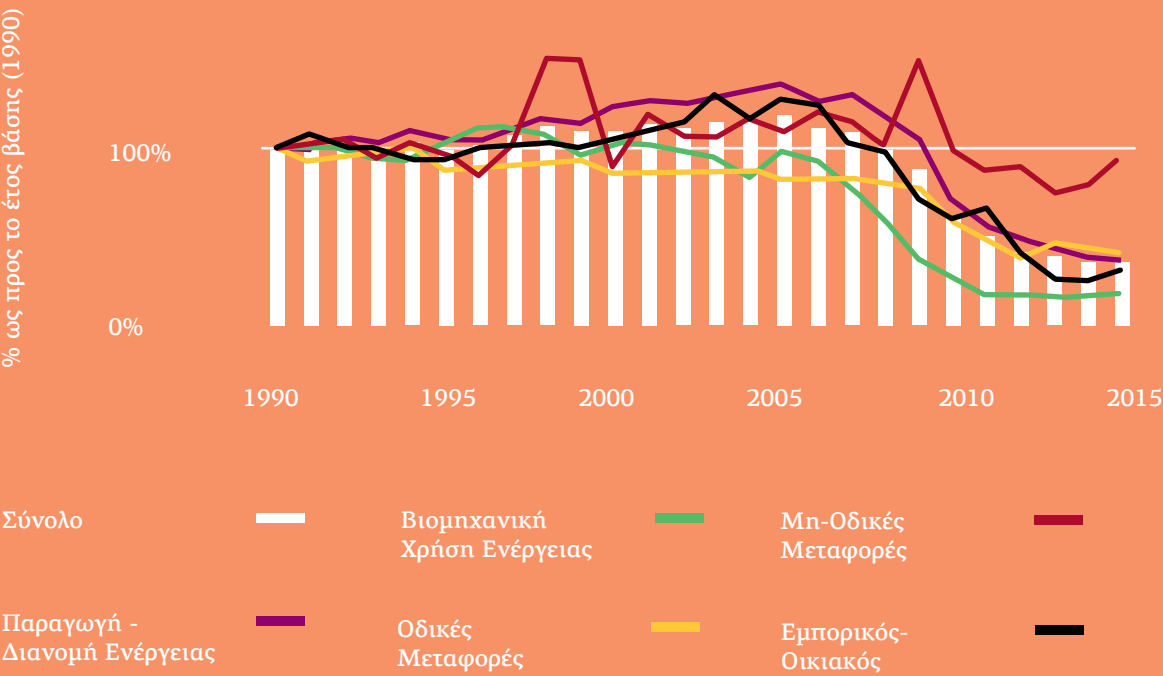
Στο Γράφημα 2.2.19 απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των ολικών και ανά τομέα εκπομπών ουσιών οξίνισης που σχετίζονται με την ενέργεια, ως ποσοστό επί του έτους βάσης (1990).

Η ελάττωση των ολικών εκπομπών από τους ενεργειακούς τομείς είναι σημαντική, με τις εκπομπές για το 2015 να παρουσιάζονται υποδιπλασιασμένες σε σχέση με το 1990, καταγράφοντας μείωση 64%, η οποία σημειώνεται μετά το 2009.

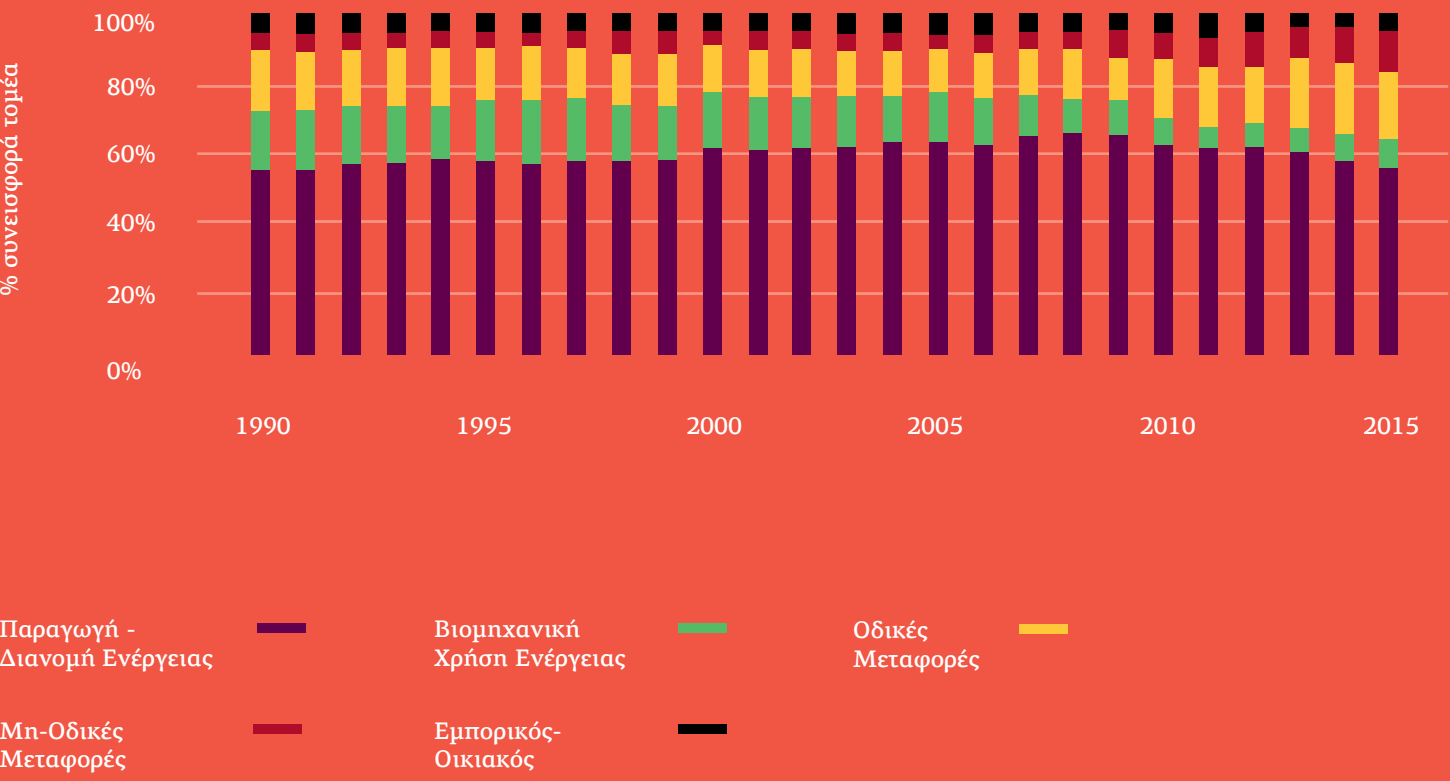
Οι εκπομπές από παραγωγή και διανομή ενέργειας, η οποία αποτελεί τον παράγοντα με την μεγαλύτερη συνεισφορά στον δείκτη (Γράφημα 2.2.20), έως και το 2009 υπερέβαιναν τις αντίστοιχες του έτους βάσης. Στην ραγδαία μείωση τους, κατά την περίοδο που ακολουθεί, αποδίδεται σε μεγάλο βαθμό (71%) η μείωση και των ολικών εκπομπών.

Οι εκπομπές από τη βιομηχανική και εμπορική/οικιακή χρήση ενέργειας έχουν ελαττωθεί σε μεγάλο βαθμό, ώστε να αιτιολογούν το 7% και 5%, αντίστοιχα, της μείωσης των ολικών εκπομπών, μεταξύ 2009-2015. Επίσης, η μείωση των εκπομπών από τις οδικές μεταφορές μεταξύ 2009-2015 (49%), αντιστοιχεί στο 12% της μείωσης των ολικών εκπομπών. Οι εκπομπές από τον τομέα των μη-οδικών μεταφορών παρουσιάζουν μεγάλο εύρος διακύμανσης και σχετικά μικρότερη μείωση, καθώς κατά το 2015 εκτιμώνται στο 93% των αντίστοιχων του 1990.

Γράφημα 2.2.19
Διαχρονική μεταβολή εκπομπών ουσιών οξίνισης που σχετίζονται με την ενέργεια, ως προς το έτος βάσης (1990)



Γράφημα 2.2.20
Συνεισφορά τομέων στις συνολικές εκπομπές ουσιών οξίνισης που σχετίζονται με την ενέργεια



2.2.2. Ολικές εκπομπές προπομπών του όζοντος και εκπομπές προπομπών του όζοντος που σχετίζονται με την ενέργεια.

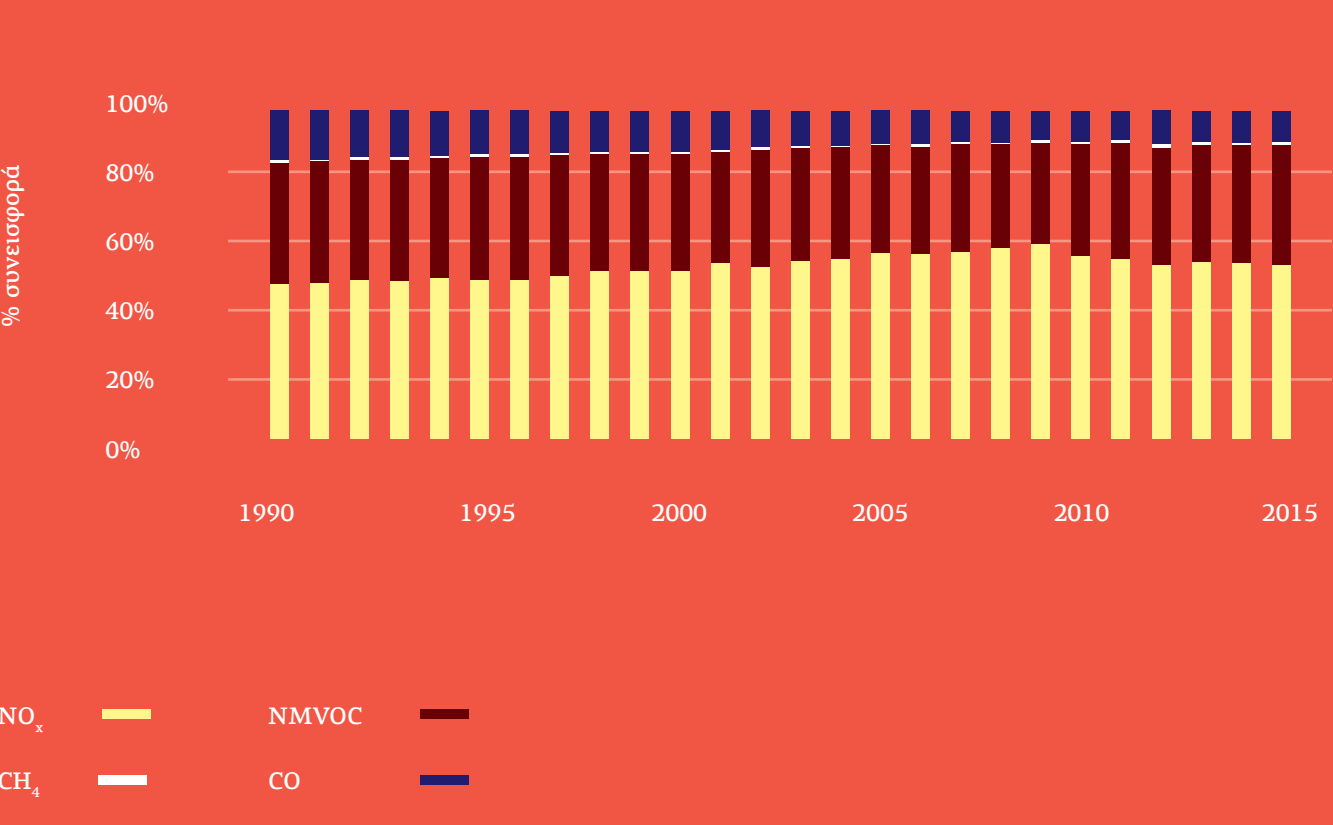
Η έκθεση του πληθυσμού - ιδιαίτερα των πλέον ευαίσθητων ομάδων, όπως παιδιά, ασθματικοί και ηλικιωμένοι - σε συγκεντρώσεις όζοντος συνδέεται με σημαντικές επιπτώσεις στην αναπνευστική λειτουργία. Επίσης, οι υψηλές συγκεντρώσεις τροποσφαιρικού όζοντος σχετίζονται με φθορές στις καλλιέργειες και γενικότερα στη βλάστηση. Οι δείκτες EEA CSI 002 και EEA ENER 005 καταγράφουν τις συνολικές και ανά τομέα εκπομπές των ατμοσφαιρικών ρύπων (NO_x, NMVOC, CO και CH₄) που συμβάλουν στον σχηματισμό του τροποσφαιρικού όζοντος. Η συμμετοχή των εκπομπών κάθε ρύπου στον υπολογισμό του δείκτη σταθμίζεται με βάση συντελεστές δυνητικού σχηματισμού O₃. Η τιμή του συντελεστή είναι 1,22 για τις εκπομπές NO_x, 1 για τις εκπομπές NMVOC, 0,11 για τις εκπομπές CO και 0,014 για τις εκπομπές CH₄ (de Leeuw, 2002). Ο δείκτης εκφράζεται σε “ισοδύναμα NMVOC” (kt). Αναλυτικά:

- E_{oz} = 1,22*E(NO_x) + 1*E(NMVOC) + 0,11*E(CO)+0,014*E(CH₄)
- i) Ο δείκτης EEA CSI 002 παρακολουθεί τη μεταβολή των συνολικών εκπομπών προπομπών όζοντος, η οποία απεικονίζεται, κατά τα έτη 1990-2015, ανά τομέα δραστηριότητας (Γράφημα 2.2.21). Σε σχέση με το έτος βάσης, το ολικό δυναμικό σχηματισμού όζοντος από πρόδρομες ενώσεις, για το 2015, εμφανίζεται μειωμένο κατά 38%, μείωση που πραγματοποιείται κυρίως μεταξύ 2009-2013.

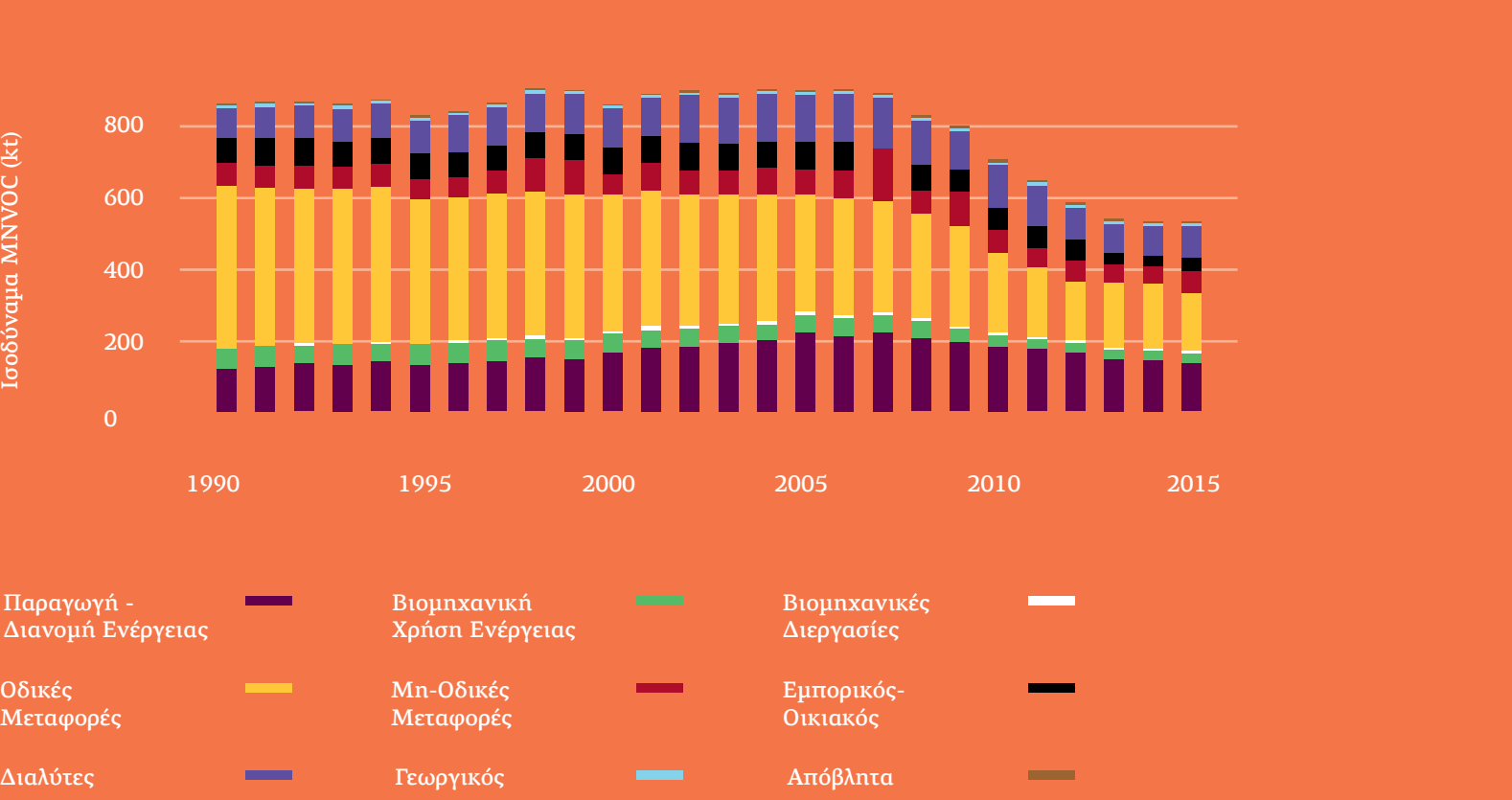
Τα οξειδία του αζώτου αποτελούν την πρόδρομη ένωση τροποσφαιρικού όζοντος με την μεγαλύτερη σχετική συνεισφορά (Γράφημα 2.2.22), η οποία διαχρονικά παρουσιάζεται αυξημένη (κατά 6% για το 2015 ως προς το 1990). Η σχετική συνεισφορά των εκπομπών οργανικών ενώσεων εμφανίζει μικρή ανάκαμψη (6%) μετά το 2009. Παρά τη σημαντική διαχρονική μείωση τους, οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, εξακολουθούν να συνεισφέρουν περί το 9% στο συνολικό δυναμικό σχηματισμού τροποσφαιρικού όζοντος. Η συνεισφορά των εκπομπών μεθανίου κυμαίνεται περί το 1%, λόγω της περιορισμένης συμμετοχής του στις δευτερογενείς αντιδράσεις παραγωγής O₃.

Κατά την περίοδο 2009-2015, οι μεγαλύτερες μειώσεις στις εκπομπές προπομπών όζοντος καταγράφονται για τους τομείς δραστηριότητας που σχετίζονται με τη χρήση ενέργειας και καυσίμων (Γράφημα 2.2.23). Αντίθετα, στους υπόλοιπους τομείς παρατηρείται ελαφρά μείωση που δεν υπερβαίνει το 20% (18%, 12% και 11% για διαλύτες, γεωργία και απόβλητα, αντίστοιχα) ή αύξηση (27% για τις εκπομπές από τον τομέα βιομηχανικών διεργασιών).

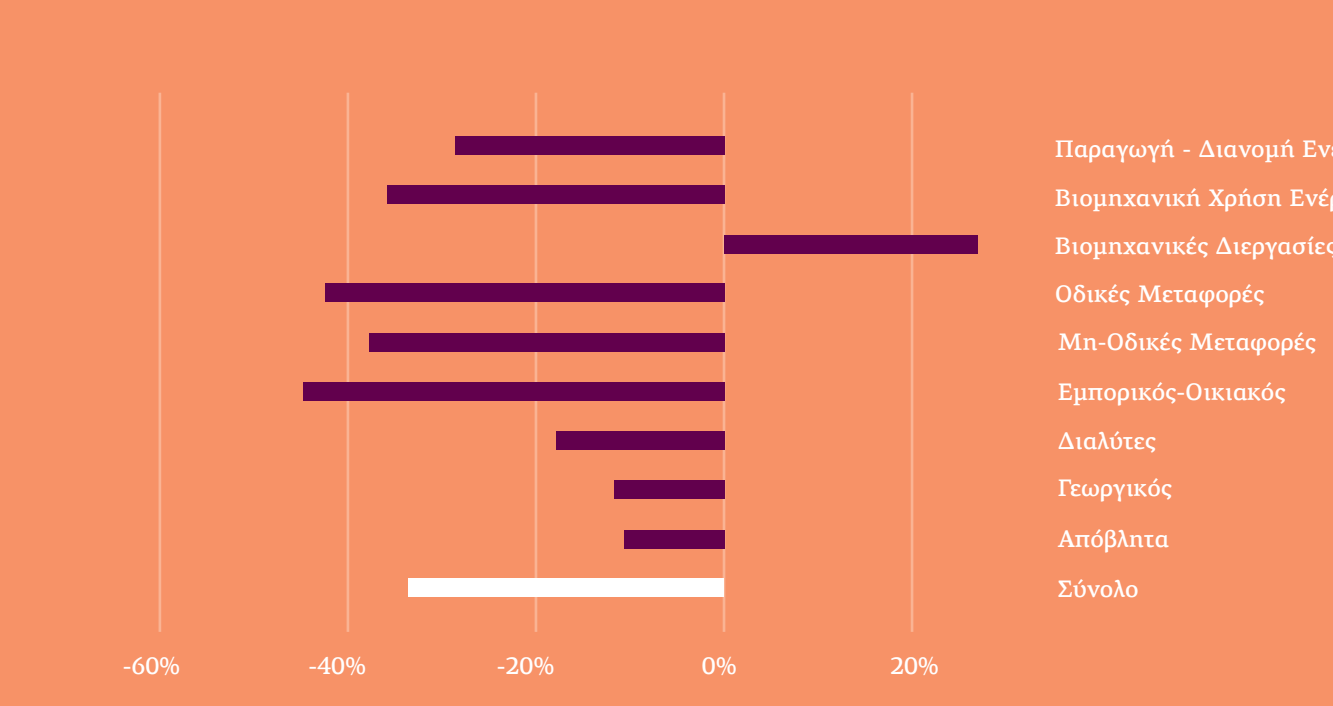
Γράφημα 2.2.22
Σχετική συμμετοχή ατμοσφαιρικών ρύπων στο ολικό δυναμικό σχηματισμού τροποσφαιρικού όζοντος



Γράφημα 2.2.21
Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών προπομπών όζοντος στην Ελλάδα



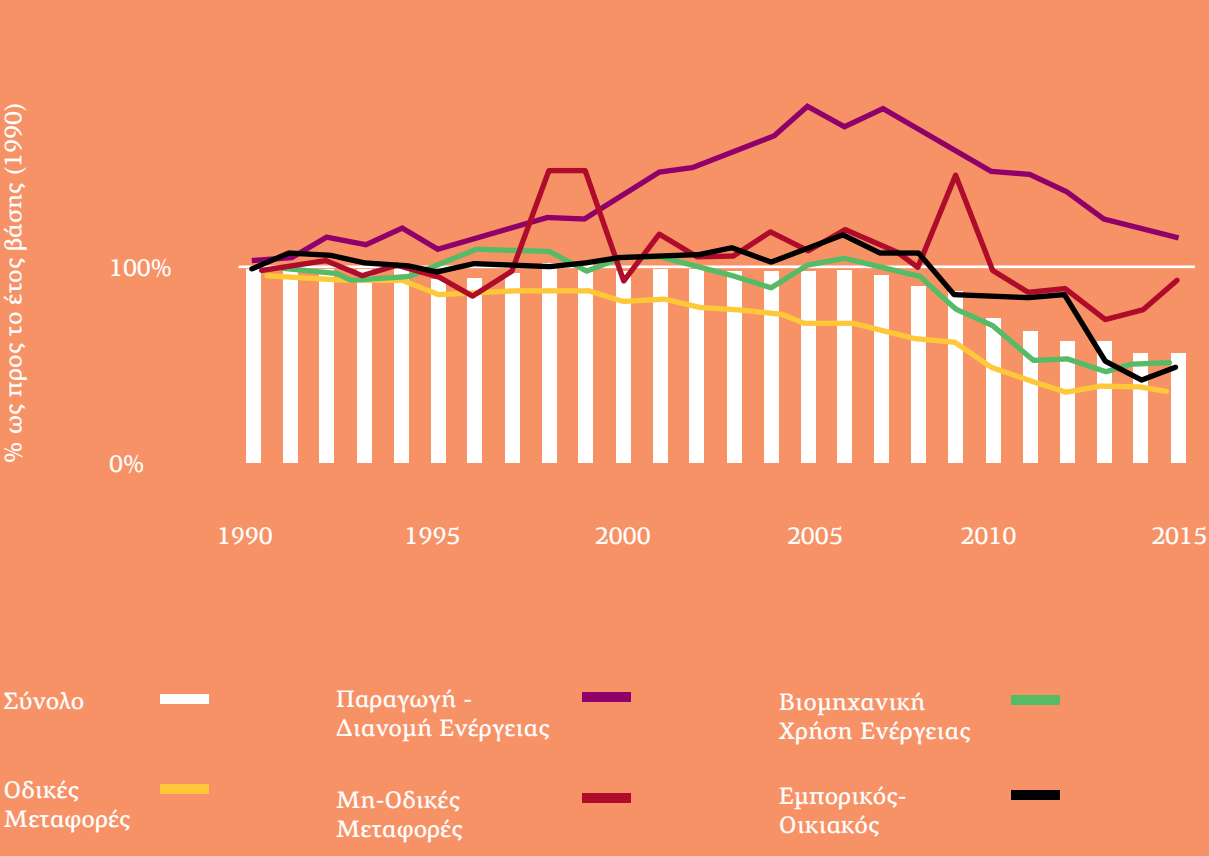
Γράφημα 2.2.23
Μεταβολή εκπομπών προπομπών όζοντος, μεταξύ 2009-2015, ανά τομέα



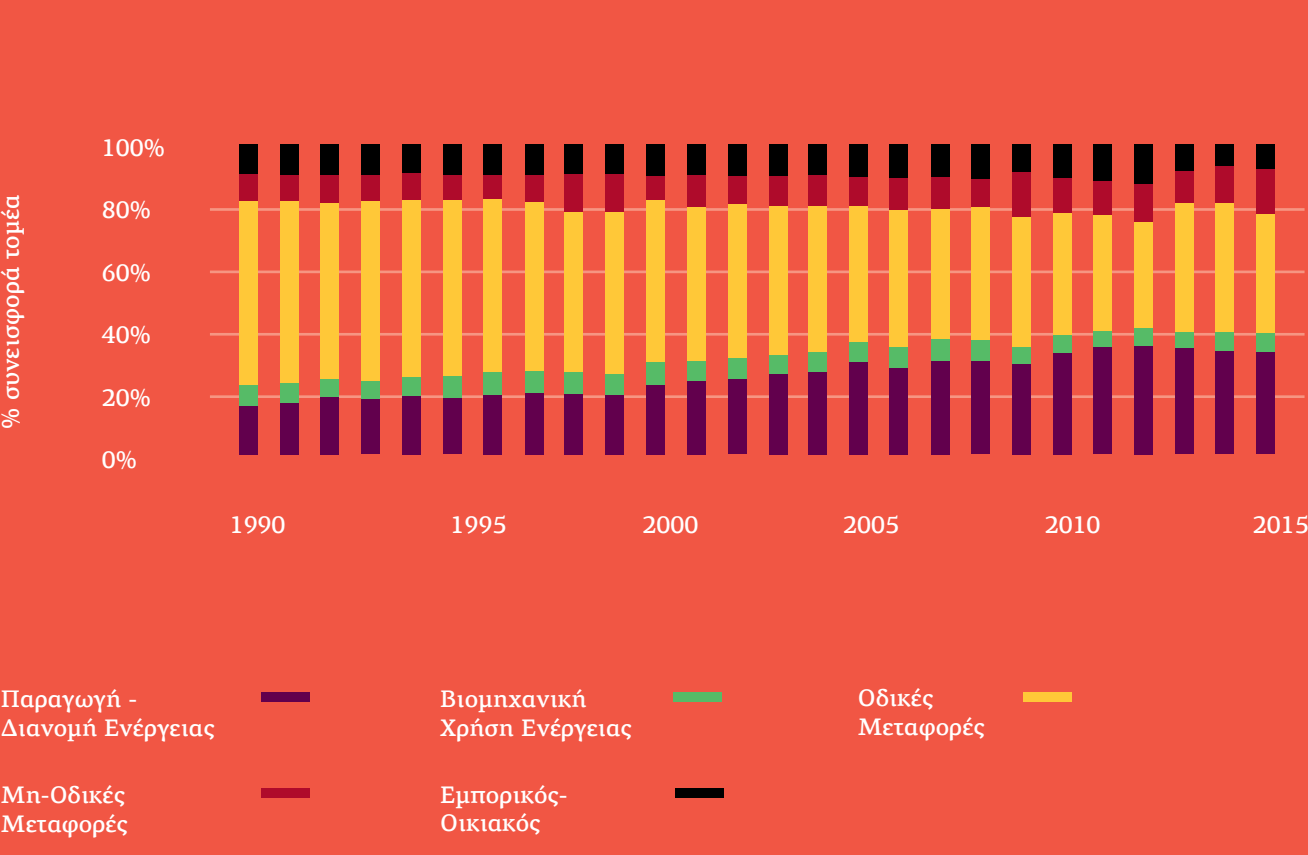
ii) Όπως προκύπτει, οι εκπομπές πρόδρομων ενώσεων που σχετίζονται με την ενέργεια έχουν καθοριστική συνεισφορά στη μεταβολή του συνολικού δυναμικού σχηματισμού O₃, η οποία, για την παρατηρούμενη μείωση κατά την περίοδο 2009-2015, ανέρχεται σε 93%. Κατά συνέπεια, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η ξεχωριστή εξέταση των μεταβολών τους (Γράφημα 2.2.24), η οποία προβλέπεται από τον δείκτη ΕΕΑ ENER 005. Στην περιγραφή του δείκτη λαμβάνονται υπόψη οι ίδιες δραστηριότητες, όπως και στον δείκτη ΕΕΑ ENER 006 (παραγωγή-διανομή ενέργειας, χρήση ενέργειας στη βιομηχανία, οδικές και μη-οδικές μεταφορές και εμπορική-οικιακή χρήση ενέργειας). Παρά τη σχετική αύξηση (16%), ως προς το έτος βάσης, των εκπομπών που προέρχονται από τον τομέα της παραγωγής ενέργειας, το συνολικό δυναμικό σχηματισμού τροποσφαιρικού όζοντος, για το 2015, παρουσιάζεται μειωμένο κατά 44% σε σχέση με το 1990, και 37% σε σχέση με το 2009. Η μείωση προκύπτει, κυρίως, ως αποτέλεσμα των πολύ μειωμένων εκπομπών από τον τομέα των οδικών μεταφορών (κατά 64% σε σύγκριση με το 1990).

Η παρατηρούμενη μείωση σε σχέση με το 2009, αποδίδεται κατά 47% στη μείωση των εκπομπών του τομέα οδικών μεταφορών και κατά 23% στη μείωση των εκπομπών του τομέα της παραγωγής ενέργειας. Η συνεισφορά των εκπομπών (Γράφημα 2.2.25) από τις διαδικασίες παραγωγής ενέργειας έχει σταδιακά φθάσει το 1/3 των ολικών (33% για το 2015) και είναι πλέον σχεδόν συγκρίσιμη με τη συνεισφορά του τομέα των οδικών μεταφορών (38% για το 2015). Η συμμετοχή των υπόλοιπων τριών τομέων περιορίζεται στο 6-14%.

Γράφημα 2.2.24
ΕΕΑ ENER 005: Διαχρονική μεταβολή εκπομπών προπομπών του όζοντος, που σχετίζονται με την ενέργεια, ως προς το έτος βάσης (1990)



Γράφημα 2.2.25
Συνεισφορά τομέων στις συνολικές εκπομπές προπομπών όζοντος που σχετίζονται με την ενέργεια



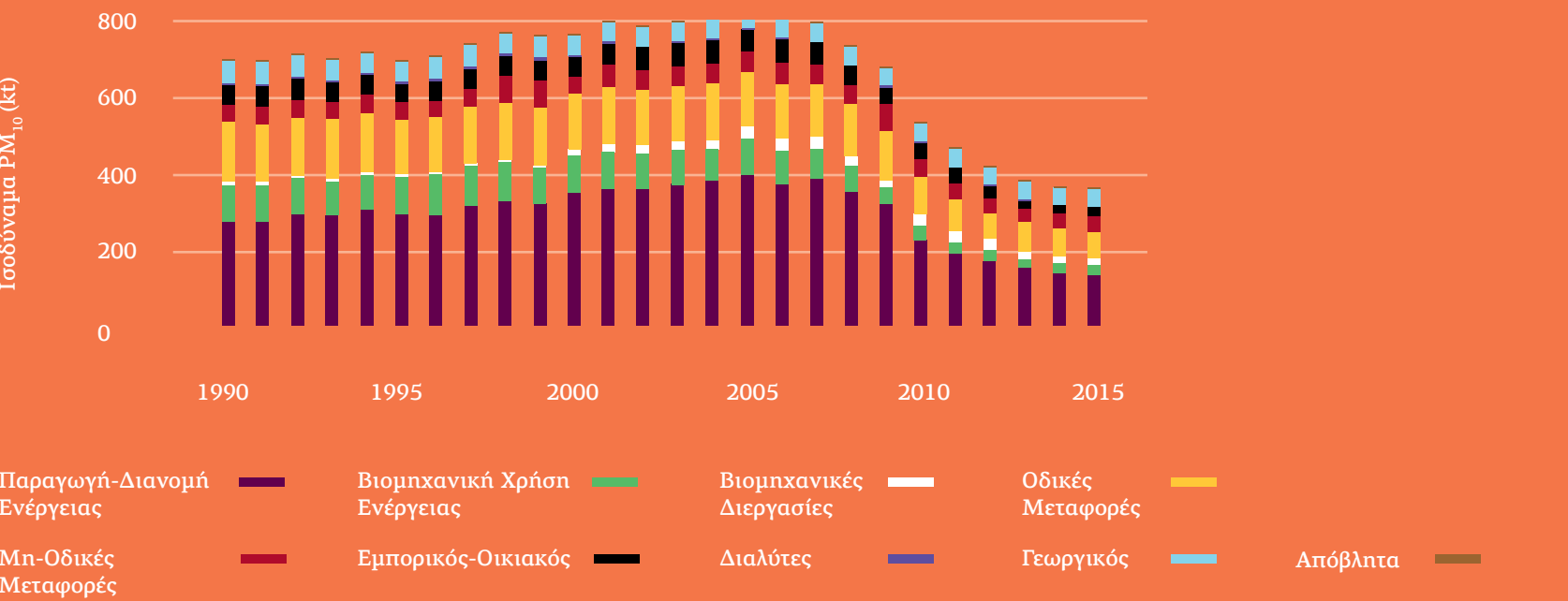
2.2.3. Ολικές εκπομπές πρωτογενών σωματιδίων και προπομπών δευτερογενών σωματιδίων και εκπομπές τους που σχετίζονται με την ενέργεια

Οι δείκτες CSI 003 και ENER 007 ανιχνεύουν τις μεταβολές στις ανθρωπογενείς εκπομπές των πρωτογενών σωματιδίων (PM₁₀ και PM_{2,5}) και των κυρίων ατμοσφαιρικών ρύπων (NO_x, SO₂ και NH₃) που συμμετέχουν στις διαδικασίες σχηματισμού δευτερογενών σωματιδίων. Η παρακολούθηση και ο περιορισμός της παραγωγής αιωρούμένων σωματιδίων στον ατμοσφαιρικό αέρα, λόγω της αποδεδειγμένης σύνδεσής τους με σειρά επιπτώσεων στην υγεία κατά τη βραχυχρόνια και μακροχρόνια έκθεση, έχει αναδειχθεί σε προτεραιότητα για την προστασία της υγείας του πληθυσμού των ευρωπαϊκών χωρών. Όπως και στους άλλους σύνθετους δείκτες, οι ρύποι συμμετέχουν στον υπολογισμό των ολικών ισοδύναμων εκπομπών PM₁₀ μέσω προκαθορισμένων συντελεστών στάθμισης. Η τιμή του συντελεστή είναι 1 για τις εκπομπές PM₁₀, 0,88 για τις εκπομπές NO_x, 0,54 για τις εκπομπές SO₂ και 0,64 για τις εκπομπές NH₃ (de Leeuw, 2002). Ο δείκτης εκφράζεται σε “ισοδύναμα PM₁₀” (kt). Αναλυτικά:

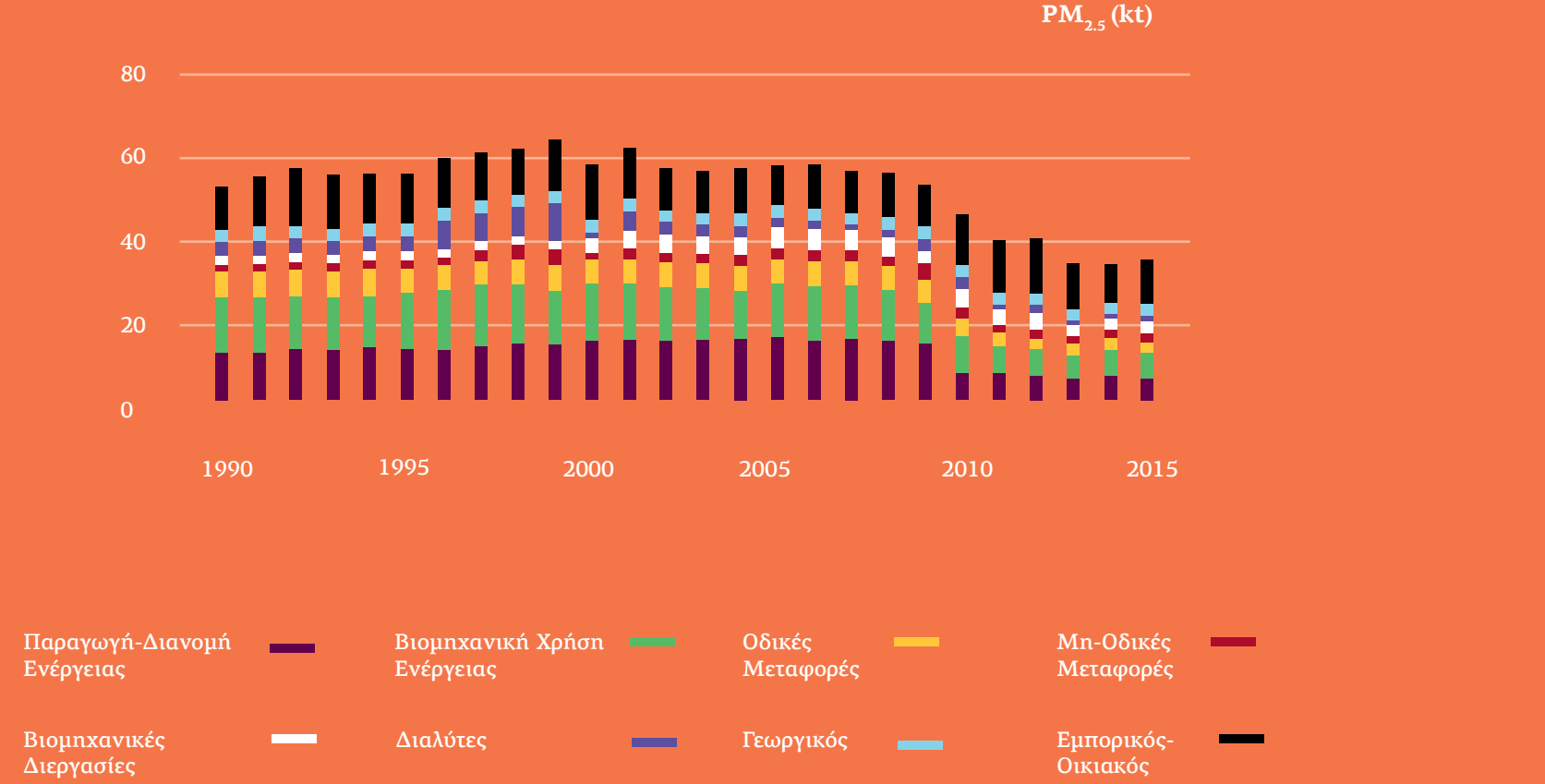
$$E_{PM} = 1 \cdot E(PM_{10}) + 0,88 \cdot E(NO_x) + 0,54 \cdot E(SO_2) + 0,64 \cdot E(NH_3)$$

Παρατηρείται (Γράφημα 2.2.26α) ο σταδιακός περιορισμός της παραγωγής αιωρούμένων σωματιδίων από το 2007 και έπειτα. Η μείωση, όπως υπολογίζεται για το 2015, σε σχέση με το έτος βάσης (1990), ανέρχεται σε 48% και σε σχέση με το 2009 σε 46%. Παρατηρείται επίσης εξομάλυνση κατά την περίοδο 2012-2015.

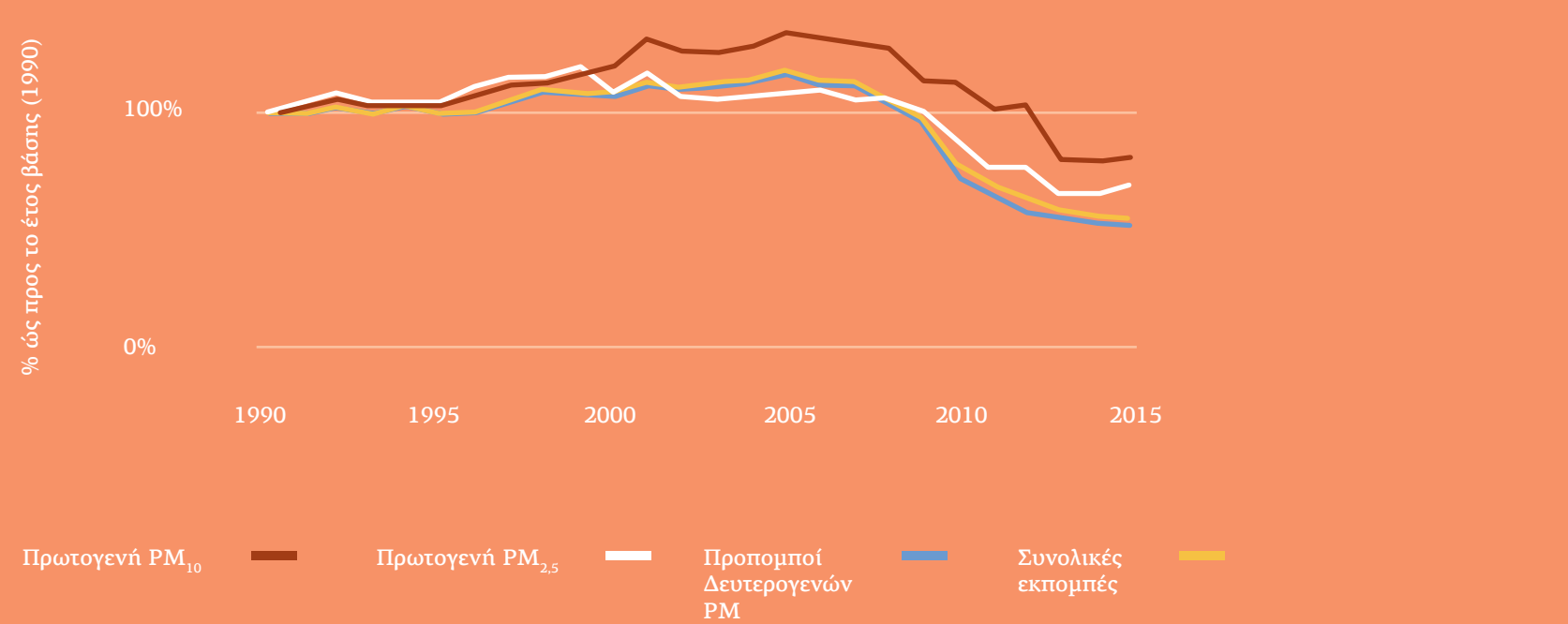
Γράφημα 2.2.26α
Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών πρωτογενών σωματιδίων PM₁₀ και προπομπών δευτερογενών σωματιδίων στην Ελλάδα



Γράφημα 2.2.26β
Διαχρονική μεταβολή των εκπομπών πρωτογενών σωματιδίων PM_{2,5} στην Ελλάδα



Γράφημα 2.2.27
Διαχρονική μεταβολή εκπομπών σωματιδίων και προπομπών τους, ως προς το έτος βάσης (1990)



Και οι τρεις παράμετροι παρουσιάζουν παρεμφερή διαχρονική διακύμανση, με τη μείωση που παρατηρείται την τελευταία δεκαετία να αποδίδεται στη βαθμιαία αλλαγή του ενεργειακού μίγματος και στην εφαρμογή αντιρρυπαντικών τεχνολογιών στις μονάδες παραγωγής, στη μείωση των εκπομπών από τα ιδιωτικά και επαγγελματικά οχήματα σύμφωνα με τις προβλέψεις της ευρωπαϊκής νομοθεσίας, αλλά και στη συνολική μείωση κατανάλωσης ενέργειας στο πλαίσιο της οικονομικής ύφεσης.

Όπως γίνεται εμφανές από το Γράφημα 2.26α, η μείωση που καταγράφεται από τον δείκτη EEA CSI 003, κατά την περίοδο 2009-2015, σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τις μειώσεις στις εκπομπές από τους τομείς που σχετίζονται με την ενέργεια. Με την εξαίρεση των εκπομπών από τη χρήση ενέργειας στη βιομηχανία, όλοι οι ενεργειακοί τομείς καταγράφουν ισχυρά ελαττωμένες εκπομπές, σε ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 38-57% (Γράφημα 2.28).

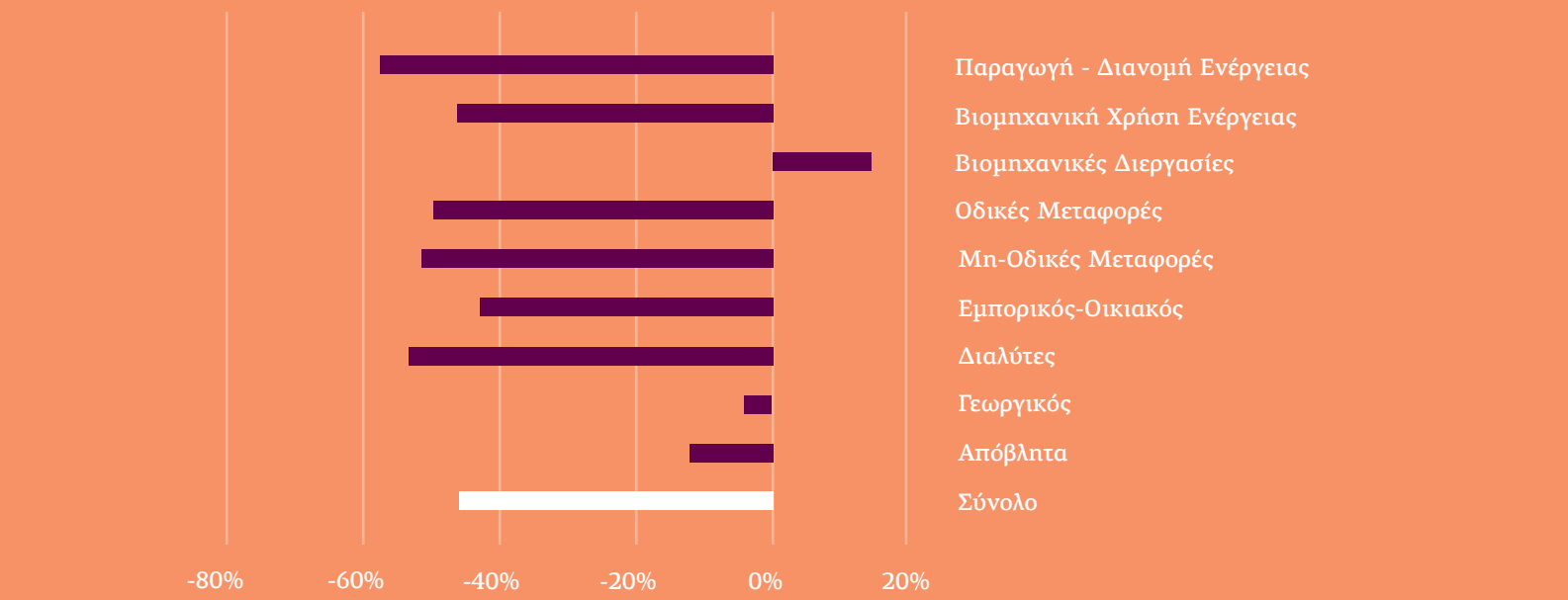
ii) Με δεδομένη τη μεγάλη συνεισφορά των εκπομπών από τους συγκεκριμένους τομείς, στις ολικές εκπομπές ισοδυνάμων PM, είναι σημαντική η εξέταση των ανθρωπογενών σωματιδιακών εκπομπών που σχετίζονται με την ενέργεια. Ο δείκτης EEA ENER 007 παρακολουθεί τις συνολικές ανθρωπογενείς εκπομπές των πρωτογενών σωματιδίων PM₁₀ και PM_{2,5}, από τους τομείς της παραγωγής - διανομής ενέργειας, της βιομηχανικής χρήσης ενέργειας, των οδικών και μη-οδικών μεταφορών και της εμπορικής/οικιακής χρήσης ενέργειας.

Η διαχρονική μεταβολή των εκπομπών πρωτογενών εκπομπών PM₁₀, συνολικά και ανά τομέα, απεικονίζεται στο Γράφημα 2.2.29. Καταγράφεται μείωση κατά 39%, ως προς το έτος βάσης και κατά 42%, σε σχέση με το 2009. Οι μεγαλύτερες μειώσεις - σε σχέση με το έτος βάσης - παρατηρούνται για τους τομείς παραγωγής (52%) και βιομηχανικής χρήσης ενέργειας (55%), καθώς για τον τομέα των οδικών μεταφορών (40%). Οι εκπομπές από τον κλάδο των μη-οδικών μεταφορών χαρακτηρίζονται από μεγάλη μεταβλητότητα και κατά το 2015 εξακολουθούν να υπερβαίνουν τις εκπομπές του έτους βάσης.

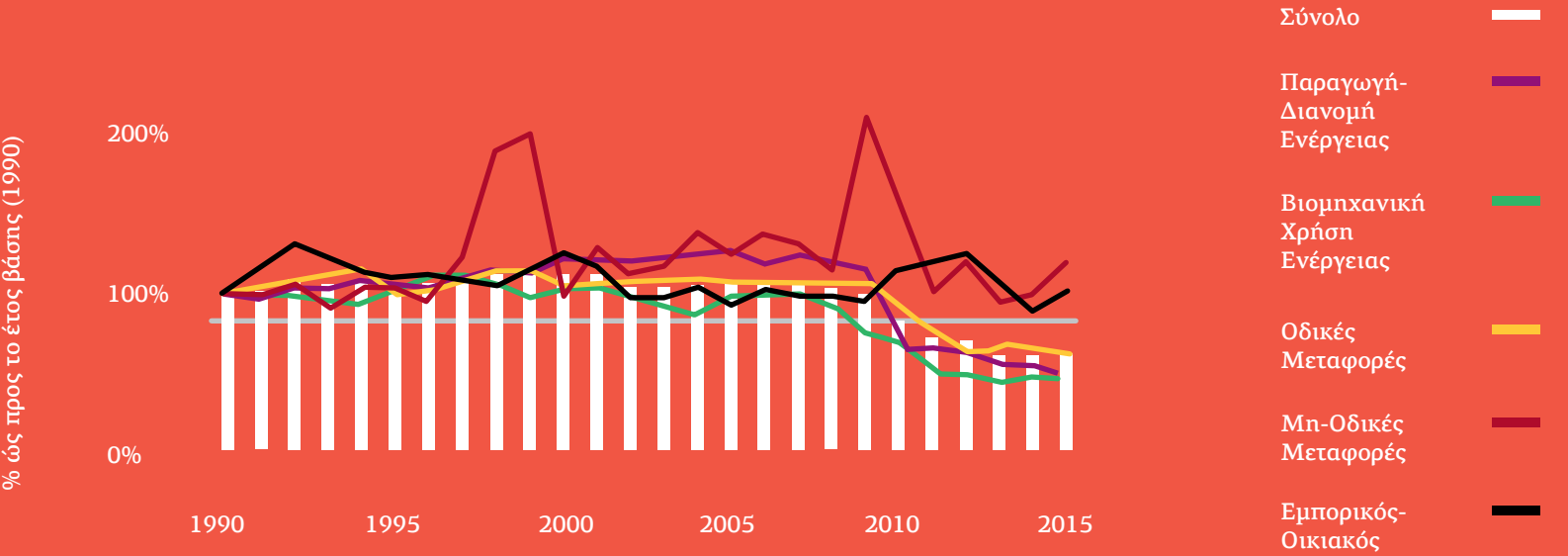
Όπως διακρίνεται και από το Γράφημα 2.2.30, η συνεισφορά των πρωτογενών εκπομπών από την παραγωγή ενέργειας, παρά τη σταδιακή μείωση τους, παραμένει περίπου στο 1/3 των ολικών. Επισημαίνεται η σχετική σταθερότητα των πρωτογενών εκπομπών από οικιακή και εμπορική χρήση ενέργειας, που έχει ως αποτέλεσμα η συμμετοχή τους να έχει ανέλθει στο 30%.

Αναφορικά με τη διαχρονική μεταβολή των εκπομπών πρωτογενών σωματιδίων PM_{2,5}, καταγράφεται ισχυρή συνδιακύμανση με την αντίστοιχη των PM₁₀. Τα χαρακτηριστικά των τάσεων, τόσο για τις ολικές όσο και για τις ανά τομέα εκπομπές που φαίνονται στο Γράφημα 2.2.31, είναι παρεμφερή με τα αντίστοιχα του Γράφηματος 2.2.29. Η ελάττωση των ολικών εκπομπών από την ενέργεια για τα PM_{2,5}, σε σχέση με τα επίπεδα του έτους βάσης ανέρχεται σε 38% και όπως και στα PM₁₀, εντοπίζεται κυρίως στην περίοδο από το 2010 και μετά και αποδίδεται στις μειώσεις από τους τομείς της παραγωγής ενέργειας (53%), της βιομηχανικής χρήσης ενέργειας (54%) και των οδικών μεταφορών (56%).

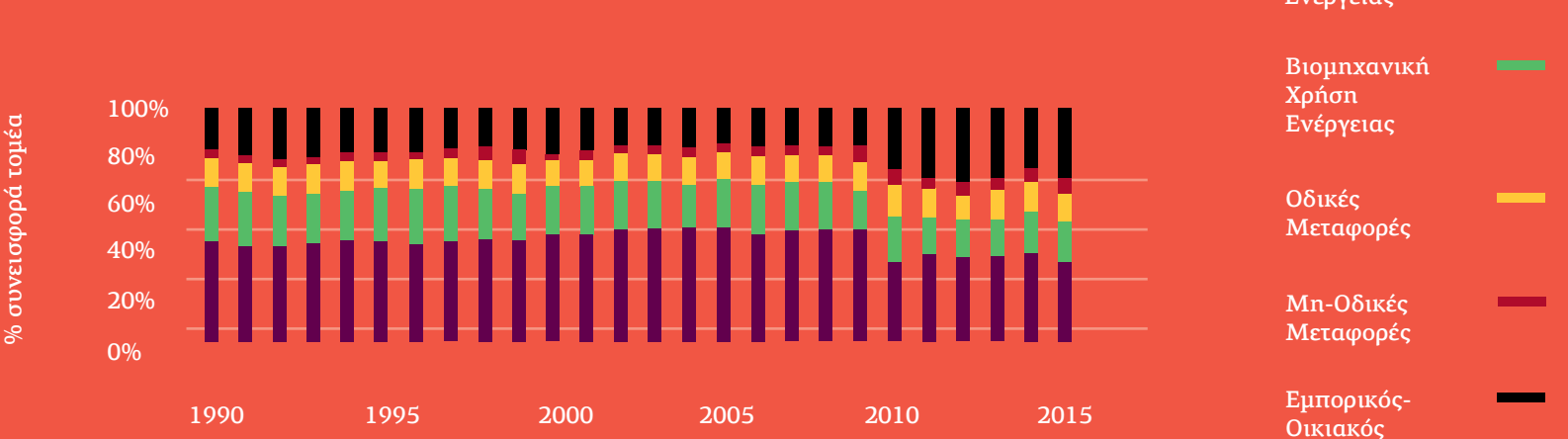
Γράφημα 2.2.28
Μεταβολή εκπομπών πρωτογενών σωματιδίων και προπομπών δευτερογενών σωματιδίων, μεταξύ 2009-2015, ανά τομέα



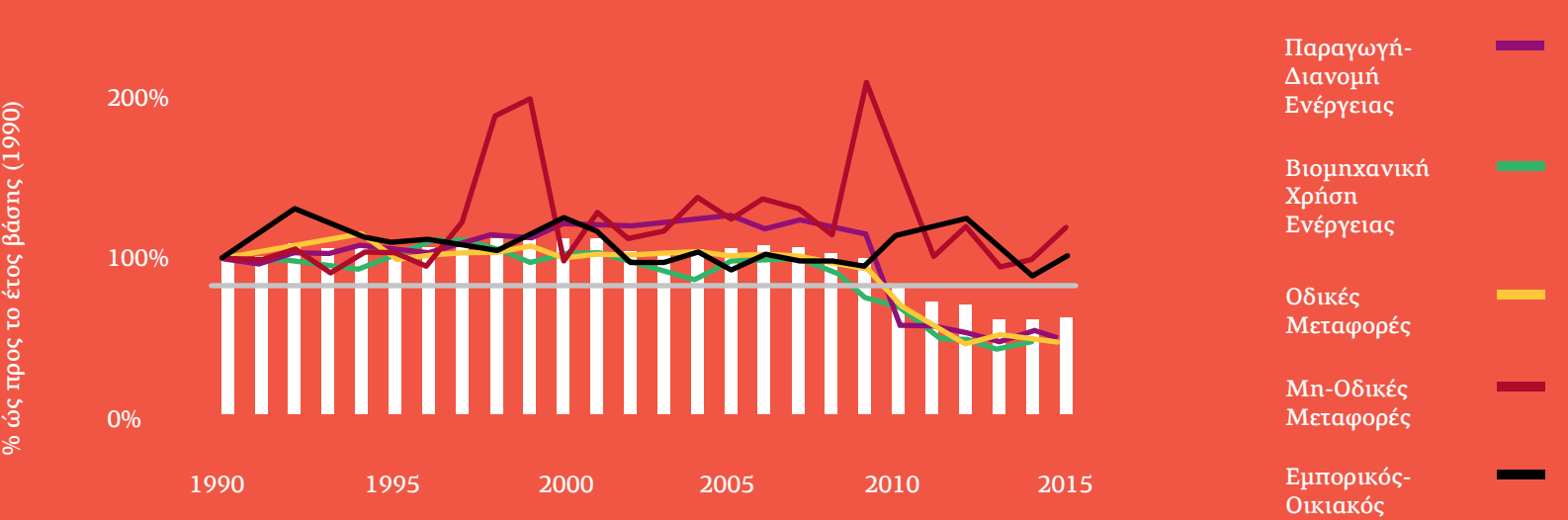
Γράφημα 2.2.29
Διαχρονική μεταβολή εκπομπών πρωτογενών PM₁₀ που σχετίζονται με την ενέργεια, ανά τομέα



Γράφημα 2.2.30
Συνεισφορά τομέων στις συνολικές εκπομπές πρωτογενών σωματιδίων PM₁₀, που σχετίζονται με την ενέργεια



Γράφημα 2.2.31
Διαχρονική μεταβολή εκπομπών πρωτογενών PM_{2,5} που σχετίζονται με την ενέργεια, ανά τομέα



3. Περιβαλλοντικοί δείκτες που αφορούν στην επίδραση

3.1. Ένταση εκπομπών της δημόσιας συμβατικής παραγωγής θερμοληκτρικής ενέργειας και θερμότητας

Σε διεθνές επίπεδο, ο όγκος και η ένταση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) διοξειδίου του θείου (SO₂) και οξειδίων του αζώτου (NO_x) από δημόσια συμβατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει μειωθεί σημαντικά από το 1990 και ως τα τέλη της προηγούμενης 10ετίας, ως αποτέλεσμα της μειωμένης χρήσης ανθρακούχων ορυκτών καυσίμων, της αντικατάστασης παλαιότερων παραγωγικών μονάδων αλλά και της υιοθέτησης πρακτικών για τον περιορισμό των εκπομπών. Στο ίδιο διάστημα στην Ελλάδα, η παραγωγή θερμοληκτρικής ενέργειας αυξήθηκε στα όρια του διπλασιασμού, με αποτέλεσμα αντίστοιχες αυξήσεις στις εκπομπές, ιδίως των NO_x, CO₂ και λιγότερο του SO₂ λόγω της εφαρμογής αντιρρυπαντικών τεχνολογιών (εγκατάσταση μονάδων αποθείωσης).

Η παρακολούθηση και ο έλεγχος των ποσοτήτων που εκλύονται ανάλογα με την παραγόμενη ενέργεια (ένταση εκπομπών) από τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής αποτελεί κεντρικό σημείο στην προσπάθεια για περιορισμό των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Ο δείκτης EEA ENER 008, προσφέρει ένα μέτρο για την παρακολούθηση των σχετικών μεταβολών των αέριων εκπομπών σε σχέση με το ποσό της ενέργειας (ηλεκτρικής ή/και θερμικής) που παράγεται από τις ίδιες διαδικασίες που οδηγούν στην εκπομπή τους.

Ο δείκτης υπολογίζεται ως ο λόγος των εκπομπών CO₂, SO₂, NO_x (σε τόνους ανά έτος) του σχετικού υποτομέα παραγωγής ενέργειας (παραγωγή δημόσιου ηλεκτρισμού και θερμότητας) προς την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα από τις συμβατικές μονάδες (σε τόνους ισοδύναμου πετρελαίου -toe- ανά έτος). Τα δεδομένα για τις εκπομπές CO₂ προέρχονται από τις ετήσιες εθνικές αναφορές στο πλαίσιο της UNFCCC και για τα NO_x, SO₂ από τις αναφορές για την οδηγία NECD, όπως έχει αντίστοιχα περιγραφεί στις ενότητες 1.1 και 2.2. Τα στοιχεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας προέρχονται από τη βάση δεδομένων του Ευρωπαϊκού Στατιστικού Συστήματος (κατηγορία “Transformation output - Conventional Thermal Power Stations”). Η διαχρονική μεταβολή της έντασης εξετάζεται ως προς το έτος βάσης 1990.

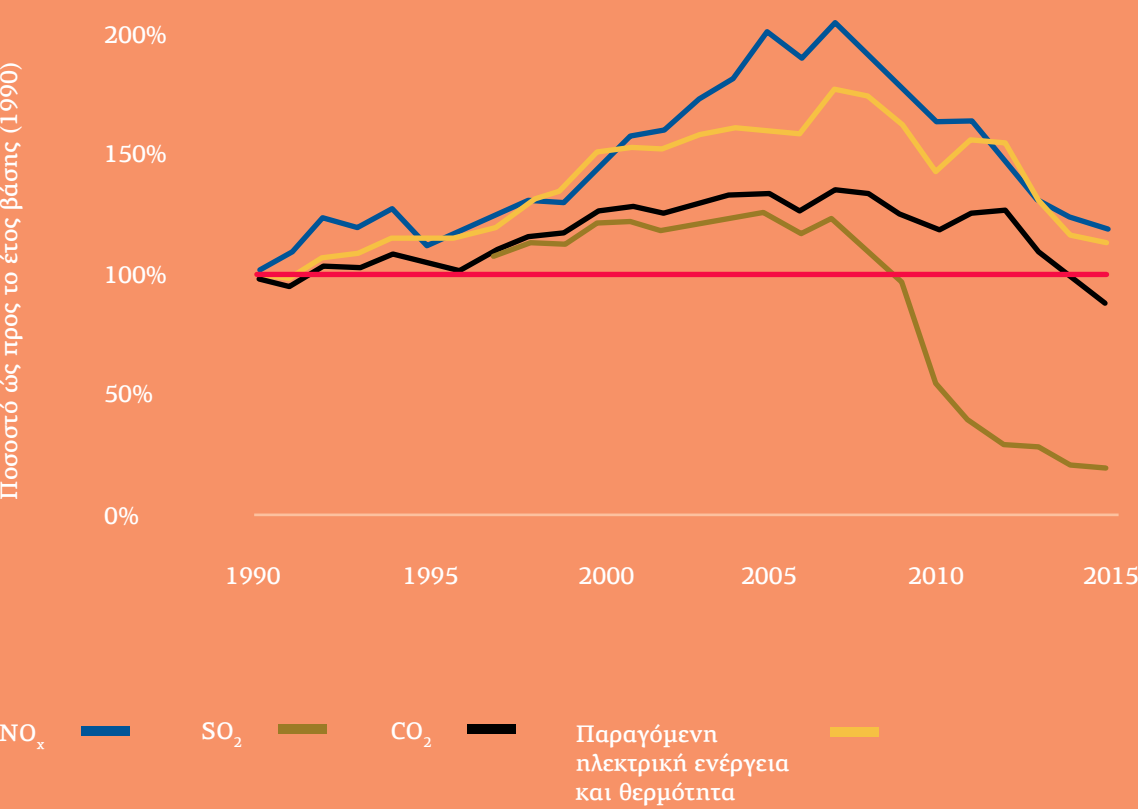
Στο Γράφημα 2.3.1 παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των εκπομπών αερίων από συμβατική παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας για δημόσια χρήση, καθώς και η αντίστοιχη μεταβολή στην παραγόμενη ενέργεια. Παρατηρείται ότι μετά από τη φάση διαρκούς αύξησης, τόσο της παραγωγής όσο και των εκπομπών για το διάστημα 1990- 2007, από το 2008 και μετά υπάρχει σταδιακή μείωση για όλους τους ρύπους. Η μείωση για τα NO_x και SO₂ είναι ραγδαία (38% και 84% αντίστοιχα, μεταξύ 2008-2015), ενώ για το CO₂, αλλά και την παραγόμενη ενέργεια η μείωση είναι πιο βαθμιαία και κυρίως εντοπίζεται από το 2012 και έπειτα. Κατά το 2015, οι εκπομπές SO₂ είναι

πλέον ένα μικρό τμήμα των αντιστοιχών του έτους βάσης (18%), όμως οι αντίστοιχες για το CO₂ (13% μειωμένες) και NO₂ (19% αυξημένες) παραμένουν σε υπολογίσιμα επίπεδα. Επισημαίνεται ότι σε γενικές γραμμές η διακύμανση των εκπομπών φαίνεται να παρακολουθεί τη μεταβλητότητα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως ως προς το πρόσημο των ετήσιων αυξομειώσεων και λιγότερο ως προς το απόλυτο ποσοστό μεταβολής. Αντίθετα, για τις ευρωπαϊκές χώρες για τις οποίες πραγματοποιείται υπολογισμός του δείκτη (EEA-32) έχει παρατηρηθεί η μείωση ή η σταθεροποίηση των ολικών εκπομπών για το διάστημα 1990-2008, ενώ παράλληλα η παραγόμενη ενέργεια αυξήθηκε.

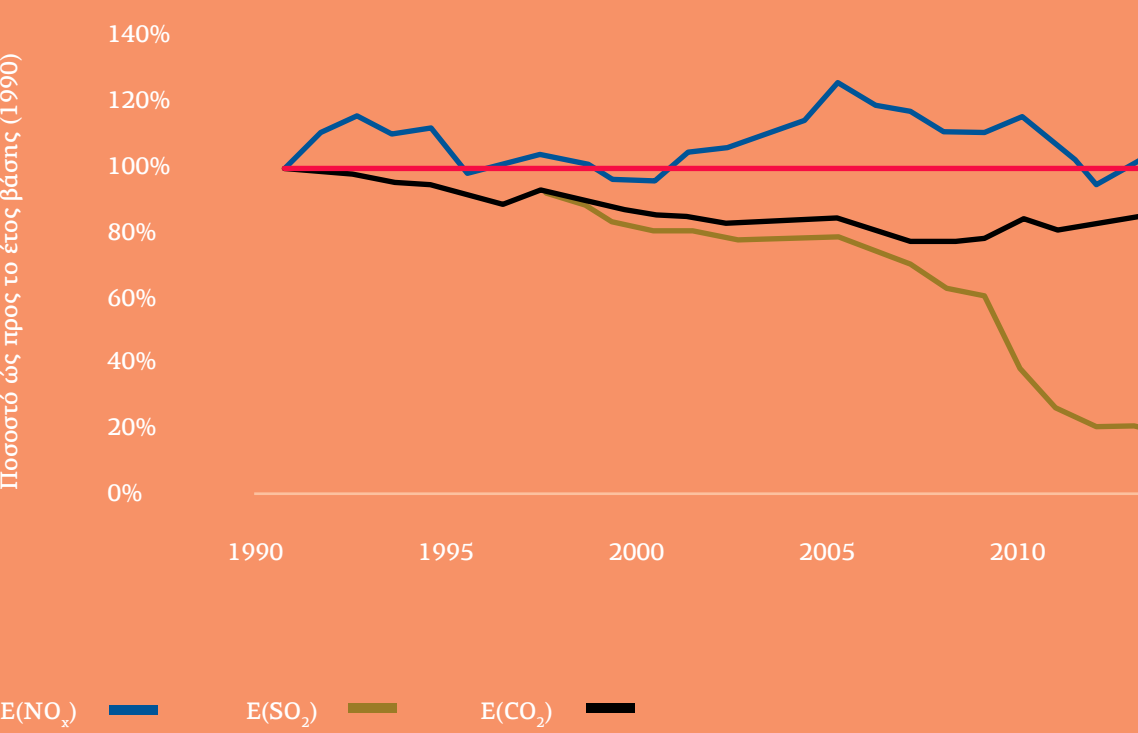
Η ένταση των εκπομπών ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας απεικονίζεται στο Γράφημα 2.3.2. Παρατηρείται η διαρκής μείωση της έντασης των εκπομπών SO₂, η οποία εμφανίζεται ιδιαίτερα έντονη κατά την περίοδο 2009-2012, ενώ το 2015 διαμορφώνεται στο 16% ως προς το έτος βάσης. Η ένταση των εκπομπών NO_x παρουσιάζει μεγαλύτερη μεταβλητότητα και μετά από μια περίοδο ενίσχυσης κατά το 2001-2008, το 2012 διαμορφώθηκε για πρώτη φορά μετά το 2000 σε επίπεδα χαμηλότερα του έτους βάσης. Κατά το 2015 εμφανίζεται εκ νέου αυξημένη, στο 105% ως προς το έτος βάσης. Η ένταση των εκπομπών CO₂ παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα καθώς κατά την περίοδο 1990-2015 έχει σταδιακά μειωθεί κατά 22%.



Γράφημα 2.3.1
Διαχρονική μεταβολή παραγωγής δημόσιας συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας και αντίστοιχες εκπομπές αέριων ρύπων



Γράφημα 2.3.2
Διαχρονική μεταβολή έντασης εκπομπών ανά μονάδα συμβατικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας



4. Περιβαλλοντικοί δείκτες που αφορούν στην κατάσταση

4.1. Υπέρβαση των οριακών τιμών ποιότητας αέρα στις αστικές περιοχές

Το 7ο Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον (ΕΕ, 2013) έχει στοχοθετήσει τη βελτίωση του επιπέδου ποιότητας της ατμόσφαιρας στις ευρωπαϊκές πόλεις, ώστε έως το 2020 τα καταγραφόμενα επίπεδα να προσεγγίσουν τις τιμές-στόχους που προδιαγράφονται από τον ΠΟΥ (WHO, 2006) και σε κάθε περίπτωση να έχει επιτευχθεί πλήρης συμμόρφωση με τις ευρωπαϊκές οριακές τιμές. Στο πλαίσιο της συνολικής πολιτικής για την επίτευξη των συγκεκριμένων στόχων (ΕC, 2013), πραγματοποιήθηκε η αναθεώρηση της ευρωπαϊκής οδηγίας για τα εθνικά όρια εκπομπών και εκδόθηκε νέα οδηγία για τις εκπομπές από μεσαίου μεγέθους μονάδες καύσης.

Παρά τη σταδιακή βελτίωση που έχει παρατηρηθεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο, ως αποτέλεσμα των νομοθετικών παρεμβάσεων για τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, εξακολουθούν να καταγράφονται παραβιάσεις των ορίων σε πολλούς σταθμούς σε αστικές περιοχές, ιδίως για τις συγκεντρώσεις PM₁₀, O₃ και NO₂. Οι πρωτογενείς εκπομπές από την κυκλοφορία και τις οικιακές καύσεις στις πόλεις παραμένουν υψηλές, ενώ οι μεταβολές των μετεωρολογικών συνθηκών, που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, αναμένεται να επηρεάσουν αρνητικά τα επίπεδα δευτερογενών ρύπων, όπως το όζον.

Η διαφαινόμενη αδυναμία επίτευξης των καθορισμένων στόχων για το 2020 αποτελεί πηγή ανησυχίας, καθώς στις αστικές περιοχές της Ευρώπης, όπου εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα και ένταση οι υπερβάσεις, κατοικεί πάνω από το 70% του συνολικού πληθυσμού. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητη η συστηματική καταγραφή των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς και η παρακολούθηση της εξέλιξης τους, σε σχέση με τις οριακές τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας και με τα ποσοστά του πληθυσμού αυξημένης έκθεσης.

Ο δείκτης CSI 004 (EEA, 2017) έχει καθοριστεί για την κάλυψη αυτών των αναγκών, καθώς παρέχει την εκτίμηση του ποσοστού αστικού πληθυσμού που εκτίθεται σε επίπεδα ατμοσφαιρικών ρύπων που υπερβαίνουν τα όρια που τίθενται από την ευρωπαϊκή νομοθεσία (οδηγίες 2008/50/ΕΚ και 2004/107/ΕΚ) για την προστασία της δημόσιας υγείας, ή που προτείνονται στις οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ).

Ο δείκτης εστιάζει σε αέριους (NO₂, O₃, SO₂, βενζόλιο) και σωματιδιακούς ρύπους (PM₁₀, PM_{2,5}, βενζο(α)πυρένιο), για τους οποίους η ανθρώπινη έκθεση στο αστικό περιβάλλον συνδέεται με σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. Παρακολουθεί τη διαχρονική μεταβολή των μέσων επιπέδων στις θέσεις καταγραφής υποβάθρου (αστικές και περιαστικές), οι οποίες είναι οι πλέον αντιπροσωπευτικές για την έκθεση του μεγαλύτερου τμήματος του πληθυσμού. Η έκθεση του πληθυσμού που

αντιπροσωπεύεται από τους σταθμούς του δικτύου καταγραφής ατμοσφαιρικής ρύπανσης εξετάζεται με βάση την υπέρβαση ή μη των οριακών τιμών που προβλέπονται από τις οδηγίες 2008/50/ΕΚ και 2004/107/ΕΚ, για την προστασία της υγείας.

Οι οριακές τιμές των οποίων η υπέρβαση εξετάζεται είναι:

- Για τα PM₁₀: η ημερήσια οριακή τιμή (90,4ο εκατοστημόριο έτους > 50 µg m⁻³).
- Για το O₃: η τιμή-στόχος (93,2ο εκατοστημόριο έτους των ημερήσιων μεγίστων 8-ώρου > 120 µg m⁻³).
- Για το NO₂: η ετήσια οριακή τιμή (40 µg m⁻³).
- Για το SO₂: η ημερήσια οριακή τιμή (99,2ο εκατοστημόριο έτους > 125 µg m⁻³).
- Για τα PM_{2,5} και C₆H₆: η ετήσια οριακή τιμή (25 µg m⁻³ και 5 µg m⁻³, αντίστοιχα).
- Για το βενζο(α)πυρένιο: η ετήσια τιμή στόχος (1 ng m⁻³).

Για τον υπολογισμό του δείκτη είναι απαραίτητα δεδομένα συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων μέσω συστηματικής καταγραφής καθώς και δημογραφικά στοιχεία για τις αντίστοιχες αστικές περιοχές.

4.1.1. Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η καταγραφή των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης πραγματοποιείται από τους σταθμούς του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, το οποίο λειτουργεί από τα τέλη του 2000, εντάσσοντας και αναβαθμίζοντας σταθμούς που ήδη λειτουργούσαν στο Λεκανοπέδιο των Αθηνών και σε άλλες πόλεις και εγκαθιστώντας νέους σταθμούς στα μεγάλα αστικά κέντρα. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των σταθμών που εντάσσονται στο ΕΔΠΑΡ και βρίσκονται σε λειτουργία κατά το 2016, είτε υπό την ευθύνη του ΥΠΕΝ, είτε των κατά τόπους Περιφερειακών Διοικήσεων.

Στον Πίνακα 2.4.1 αναφέρονται οι ρύποι για τους οποίους έχει πραγματοποιηθεί καταγραφή στον εκάστοτε σταθμό κατά το διάστημα λειτουργίας του. Σε παλαιότερο χρόνο, στο πλαίσιο του ΕΔΠΑΡ, είχαν λειτουργήσει επιπλέον σταθμοί στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών και συγκεκριμένα οι αστικοί σταθμοί υποβάθρου στις περιοχές Γαλάτσι (2001-2004), Ζωγράφου (2001-2007), και Πειραιά-Βιομηχανικής (2001-2007), ο αστικός σταθμός κυκλοφορίας στο Γουδί (2001-2009), καθώς και ο περιαστικός-βιομηχανικός σταθμός στα Οινόφυτα (2008-2013).

Το 2015 πραγματοποιήθηκε αναβάθμιση των σταθμών του ΕΔΠΑΡ με εγκατάσταση νέων οργάνων μέτρησης και αύξηση των θέσεων μέτρησης σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και βενζολίου. Επίσης, από το 2016 λειτουργούν 5 νέοι σταθμοί στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας για τη μέτρηση των επιπέδων PM₁₀ και μια νέα θέση μέτρησης επιπέδων βενζολίου στην Καβάλα.

Πίνακας 2.4.1

Σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ), 2016

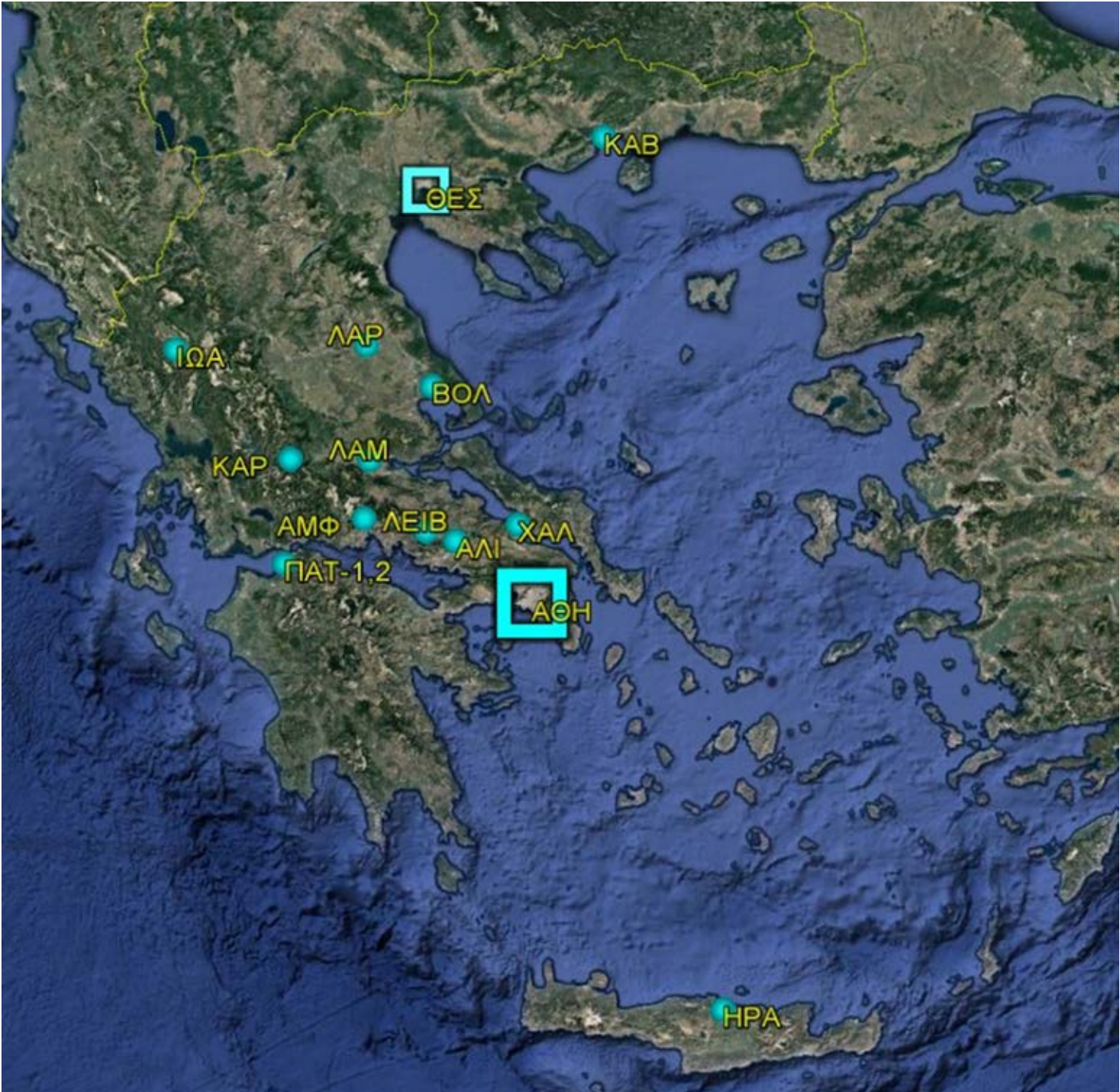
Σταθμός	Χαρακτηρισμός	Μετρούμενοι Ρύποι						
		SO ₂	NO _x	CO	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	C ₆ H ₆
ΑΘΗΝΑ								
Σταθμοί Κυκλοφορίας								
Αθηνάς – ΑΘΗ	Αστικός -Κυκλοφορίας	x	x	x	x			
Αριστοτέλους – ΑΡΙ	Αστικός - Κυκλοφορίας	x	x			x	x	
Μαρούσι – ΜΑΡ	Αστικός - Κυκλοφορίας		x	x	x	x		
Πατησίων – ΠΑΤ	Αστικός - Κυκλοφορίας	x	x	x	x			x
Πειραιάς – ΠΕΙ	Αστικός - Κυκλοφορίας	x	x	x	x	x	x	x
Σταθμοί Υποβάθρου								
Αγ. Παρασκευή – ΑΓ. ΠΑΡ	Περιαστικός -Υποβάθρου		x		x	x	x	
Θρακομακεδόνες – ΘΡΑ	Περιαστικός - Υποβάθρου		x		x	x	x	
Κορωπί – ΚΟΡ	Περιαστικός - Υποβάθρου	x	x		x	x		
Λιόσια – ΛΙΟ	Περιαστικός - Υποβάθρου		x		x	x		
Λυκόβρυση – ΛΥΚ	Περιαστικός - Υποβάθρου		x		x	x	x	
Νέα Σμύρνη – ΣΜΥ	Αστικός - Υποβάθρου		x	x	x	x		x
Περιστέρι – ΠΕΡ	Αστικός - Υποβάθρου		x		x	x		
Βιομηχανικοί σταθμοί								
Γεωπονική – ΓΕΩ	Περιαστικός -Βιομηχανικός		x	x	x			
Ελευσίνα – ΕΛΕ	Περιαστικός - Βιομηχανικός	x	x		x	x	x	x
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ^α								
Αγ. Σοφία – ΑΓ. ΣΟΦ.	Αστικός -Κυκλοφορίας	x	x	x	x	x	x	x
Πανεπιστήμιο – Α.Π.Θ.	Αστικός - Υποβάθρου	x	x		x			
Καλαμαριά – ΚΑΛ	Περιαστικός - Υποβάθρου	x	x	x	x	x		
Κορδελιό – ΚΟΡ	Αστικός - Βιομηχανικός	x	x	x	x	x		x
Νεοχωρούδα – ΝΕΟΧ	Περιαστικός - Υποβάθρου		x		x	x		
Πανόραμα – ΠΑΝ	Περιαστικός - Υποβάθρου		x		x	x	x	
Σίνδος – ΣΙΝ	Αστικός - Βιομηχανικός	x	x	x	x	x		x
ΒΟΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΑ ^β								
Βόλος – ΒΟΛ	Αστικός - Υποβάθρου	x	x	x	x	x	x	
Ιωάννινα – ΙΩΑ	Αστικός - Υποβάθρου		x		x	x	x	x
Καβάλα – ΚΑΒ	Αστικός - Υποβάθρου							x
Λάρισα – ΛΑΡ	Αστικός - Κυκλοφορίας	x	x	x	x	x		
ΝΟΤΙΑ ΕΛΛΑΔΑ ^β								
Αλιάρτος – ΑΛΙ ^γ	Υποβάθρου	x	x		x	x	x	
Άμφισσα – ΑΜΦ	Αστικός - Υποβάθρου					x		
Ηράκλειο – ΗΡΑ	Αστικός - Κυκλοφορίας	x	x	x	x	x		
Καρπενήσι – ΚΑΡ	Αστικός - Υποβάθρου					x		
Λαμία – ΛΑΜ	Αστικός - Υποβάθρου					x		
Λειβαδιά – ΛΕΙ	Αστικός - Υποβάθρου					x		
Πάτρα 1 – ΠΑΤ-1	Αστικός - Κυκλοφορίας	x	x	x	x	x	x	x
Πάτρα 2 – ΠΑΤ-2	Αστικός - Κυκλοφορίας	x	x	x		x		
Χαλκίδα – ΧΑΛ	Αστικός - Υποβάθρου					x		

^α Λειτουργούν υπό την ευθύνη της Περιφέρειας Κεντρ. Μακεδονίας ^β Λειτουργούν υπό την ευθύνη των αντίστοιχων περιφερειών

^γ Λειτουργεί υπό την ευθύνη του ΥΠΕΝ στο πλαίσιο του προγράμματος διασυνοριακής μεταφοράς ρύπανσης (EMEP)

Ακολουθως, απεικονίζεται η γεωγραφική κατανομή των σταθμών του ΕΔΠΑΡ στην επικράτεια:

Εικόνα 2.4.1
Σταθμοί του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης
Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης



Όπως φαίνεται, από το δίκτυο ΕΔΠΑΡ αντιπροσωπεύεται η πλειονότητα των μεγάλων αστικών κέντρων της χώρας. Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση αρκετών περιφερειακών πόλεων, οι σταθμοί που λειτουργούν είναι σταθμοί αστικο-κυκλοφορίας και κατά συνέπεια λιγότερο αντιπροσωπευτικοί για την έκθεση του ευρύτερου αστικού πληθυσμού. Συγκεκριμένα, αστικο-κυκλοφορίας είναι και οι δύο σταθμοί στην Πάτρα, καθώς και οι μοναδικοί σταθμοί που λειτουργούν στη Λάρισα και το Ηράκλειο.

Στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας κατά το 2016, λειτουργούν 14 σταθμοί μέτρησης και συγκεκριμένα 5 σταθμοί κυκλοφορίας, 7 αστικοί και περιαστικοί σταθμοί υποβάθρου και 2 περιαστικοί-βιομηχανικοί σταθμοί. Λόγω της βαθμιαίας αποκέντρωσης των βιομηχανικών δραστηριοτήτων από το κέντρο του Λεκανοπεδίου, ο σταθμός της Γεωπονικής, που παλαιότερα κατέγραφε την επίδραση των αντίστοιχων εκπομπών, κατά τα χρόνια λειτουργίας του ΕΔΠΑΡ μπορεί να θεωρηθεί ότι συγκεντρώνει τα χαρακτηριστικά ενός περιαστικού σταθμού υποβάθρου. Κατά την τελευταία αναβάθμιση του ΕΔΠΑΡ και με την εγκατάσταση οργάνων μέτρησης PM_{10} στους σταθμούς Περιστερίου, Νέας Σμύρνης και Λιοσίων έχει επεκταθεί σημαντικά η αντιπροσωπευτικότητα της καταγραφής εντός του λεκανοπεδίου.

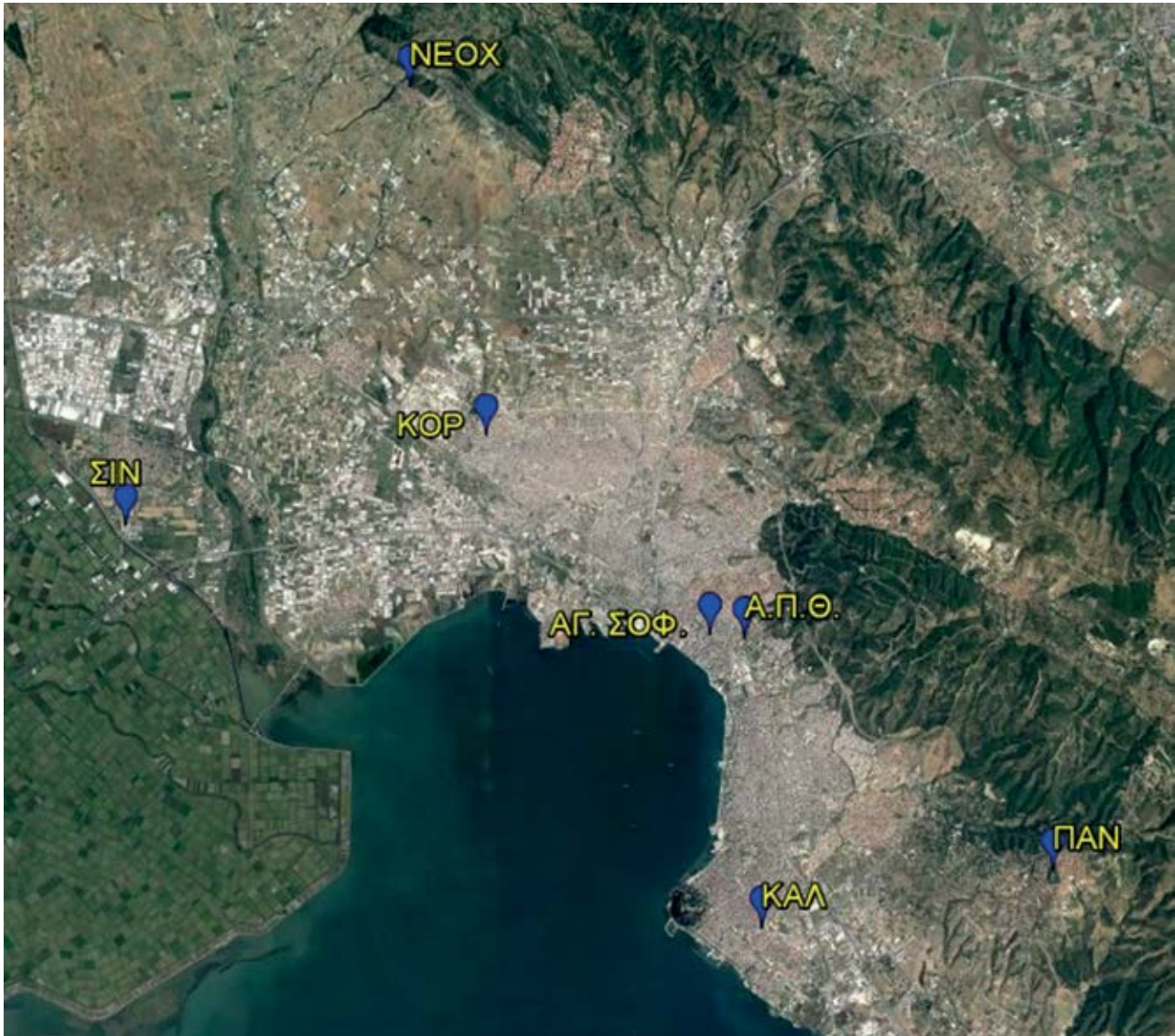
Εικόνα 2.4.2
Σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΥΠΕΝ
στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας



Στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης, υπό την ευθύνη της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας λειτουργούν 7 σταθμοί μέτρησης και συγκεκριμένοι ένας σταθμός κυκλοφορίας στο κέντρο της πόλης (Αγίας Σοφίας), 4 αστικοί και περιαστικοί σταθμοί υποβάθρου και 2 βιομηχανικοί σταθμοί στις περιοχές Ελευθερίου - Κορδελιού και Σίνδου. Για τον σταθμό περιαστικού υποβάθρου της Νεοχωρούδας σημειώνεται ότι, παρότι στο πλαίσιο της αναφοράς των συγκεντρώσεων στην ΕΕ εντάσσεται στους σταθμούς της γεωγραφικής ζώνης Βορείου Ελλάδας (EL001), στους υπολογισμούς του δείκτη θα χρησιμοποιηθεί ως σταθμός περιαστικού υποβάθρου για το συγκρότημα της Θεσσαλονίκης καθώς βρίσκεται στο όριο της περιοχής που περιγράφει την ευρύτερη αστική ζώνη της πόλης.

Τα δεδομένα σχετικά με τα στατιστικά στοιχεία των ετήσιων χρονοσειρών για κάθε σταθμό (μέσα επίπεδα συγκεντρώσεων, υπερβάσεις, κρίσιμα ποσοστημόρια, πληρότητα χρονοσειρών), για την περίοδο λειτουργίας του ΕΔΠΑΡ 2001-2015 ελήφθησαν από την πλέον πρόσφατη έκδοση της βάσης δεδομένων AIRBASE (ΕΕΑ, 2015) και συμπληρώθηκαν για το 2016 με την επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων, που βρίσκονται στο ηλεκτρονικό αποθετήριο του ΥΠΕΝ.

Εικόνα 2.4.3
Σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης
του ΕΔΠΑΡ στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης



4.1.2. Μεθοδολογία υπολογισμού δείκτη

Τα στοιχεία για τον καθορισμό των ορίων των αστικών περιοχών και κατά συνέπεια των αστικών πληθυσμών που τους αντιστοιχούν, ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων Urban Audit του Ευρωπαϊκού Στατιστικού Συστήματος (Eurostat, 2014). Ως αστικός πληθυσμός νοείται το σύνολο των κατοίκων εντός της καθοριζόμενης ευρύτερης αστικής περιοχής (“greater city”) των πόλεων όπου υπάρχει σταθμός καταγραφής ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επισημαίνεται ότι οι ελληνικές πόλεις που εντάσσονται στη βάση Urban Audit και στις οποίες υπάρχει καταγραφή ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι οι Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Λάρισα, Ηράκλειο, Βόλος, Ιωάννινα και Καβάλα. Για την Αθήνα χρησιμοποιήθηκε ο πληθυσμός που αντιστοιχεί στο διευρυμένο επίπεδο εκπροσώπησης Functional Urban Areas (FUA), καθώς οι περιαστικοί σταθμοί Λιοσίων, Θρακομακεδόνων και Κορωπίου βρίσκονται εκτός των ορίων του επιπέδου Cities and Greater Cities (CGC).

Στην τρέχουσα αναβαθμισμένη έκδοση του δείκτη, για τον υπολογισμό χρησιμοποιούνται στοιχεία υπερβάσεων από σταθμούς υποβάθρου, όπως στην παλαιότερη έκθεση κατάστασης του περιβάλλοντος (ΜΟΠΠΕΡ, 2013), αλλά και στοιχεία από σταθμούς κυκλοφορίας, τα οποία συμβάλλουν στην καλύτερη αντιπροσώπευση του τμήματος του πληθυσμού που κατοικεί σε μικρή απόσταση (έως 100m) από κύριες οδικές αρτηρίες. Για την Ελλάδα αυτό το ποσοστό έχει εκτιμηθεί σε 4% του συνολικού πληθυσμού της χώρας (ΕC, 2006) και θεωρήθηκε ότι ισχύει αναλογικά και για τους κατοίκους των αστικών περιοχών.

Για κάθε πόλη καταγράφονται οι αριθμοί σταθμών κυκλοφορίας και σταθμών υποβάθρου (αστικού και περιαστικού) αντίστοιχα. Σε κάθε σταθμό κυκλοφορίας με έγκυρα δεδομένα για τον εξεταζόμενο ρύπο, ανατίθεται ποσότητα εκτιθέμενου πληθυσμού ίση με τον πληθυσμό της πόλης σταθμισμένο κατά 4% και κατά τον αριθμό των σταθμών κυκλοφορίας της πόλης. Αντίστοιχα, για κάθε σταθμό υποβάθρου, ο συνολικός πληθυσμός της πόλης σταθμίζεται κατά 96% και κατά τον αριθμό των σταθμών υποβάθρου στην ευρύτερη περιοχή της πόλης. Με το υπάρχον δίκτυο και εγκατεστημένο μετρητικό εξοπλισμό, ο μέγιστος αριθμός κατοίκων που μπορεί να εκπροσωπηθεί από τον δείκτη προσεγγίζει τα 5 εκατομμύρια. Επισημαίνεται ότι από τον υπολογισμό εξαιρούνται οι σταθμοί που δέχονται άμεση επίδραση από βιομηχανικές εκπομπές. Κατά συνέπεια, έχουν εξαιρεθεί οι σταθμοί Ελευσίνας, Κορδελιού και Σίνδου.

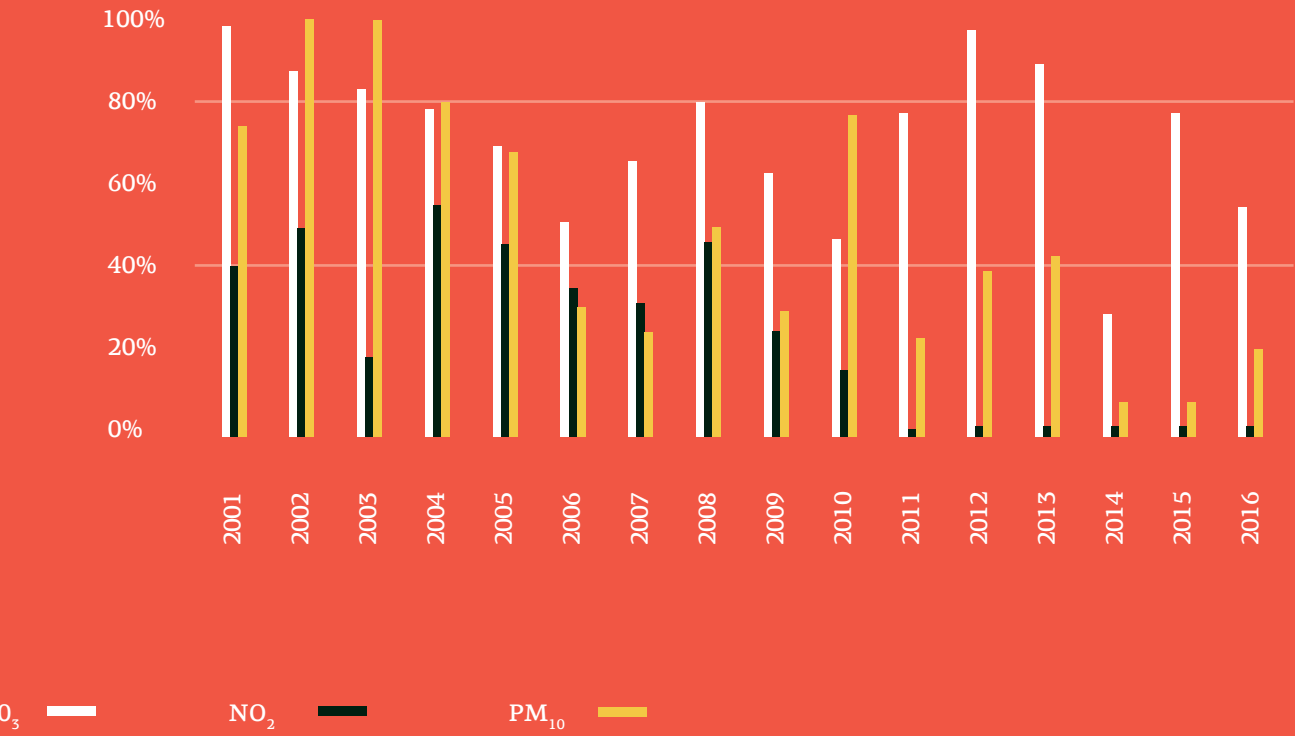
Στον υπολογισμό του δείκτη για τους ρύπους PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂ και O₃ λαμβάνονται υπόψη σταθμοί με τουλάχιστον 75% συλλογή έγκυρων δεδομένων ανά ημερολογιακό έτος. Για το βενζόλιο το ελάχιστο απαιτούμενο ποσοστό κάλυψης περιορίζεται σε 50%. Επισημαίνεται ότι τα συγκεκριμένα ποσοστά είναι λιγότερο αυστηρά από το 90% που προβλέπεται στην οδηγία 2008/50/ΕΚ για την εξέταση της συμμόρφωσης προς τις οριακές τιμές, προκειμένου να ενισχυθεί η δυνατότητα εκτίμησης, χωρίς σημαντική αύξηση της αβεβαιότητας (ETC/ACM, 2012). Για το βενζο(α)πυρένιο, το απαιτούμενο ελάχιστο ποσοστό εγκύρων δεδομένων είναι 14%, όπως προβλέπεται από την οδηγία 2004/107/ΕΚ για την πραγματοποίηση ενδεικτικών μετρήσεων. Από τα διαθέσιμα δεδομένα συγκεντρώσεων βενζο(α)πυρενίου, που αφορούν τα έτη 2015-2016 σε 8 σταθμούς, προκύπτει ότι το όριο δεν καλύπτεται σε κανέναν σταθμό υποβάθρου, κατά συνέπεια δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός του δείκτη.

4.1.3. Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων δείκτη

Στο Γράφημα 2.4.3 παρουσιάζεται συνοπτικά η διαχρονική (2001-2016) μεταβολή του αστικού πληθυσμού της χώρας που εκτίθεται σε επίπεδα υψηλότερα από τις προβλεπόμενες οριακές τιμές της ΕΕ για το O₃, NO₂ και PM₁₀.

Όπως φαίνεται, οι συγκεντρώσεις όζοντος κυμαίνονται σε επίπεδα δυνητικά επικίνδυνα για μεγάλο τμήμα του πληθυσμού. Οι συγκεντρώσεις αιωρουμένων σωματιδίων, που στην αρχή της προηγούμενης δεκαετίας είχαν καταγραφεί σε επίπεδα απειλητικά για τη δημόσια υγεία, έχουν σταδιακά υποχωρήσει σημαντικά. Μεγάλη μείωση παρουσιάζει και το ποσοστό του πληθυσμού που εκτίθενται σε υψηλές μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις NO₂, που πλέον περιλαμβάνει κυρίως κατοίκους που στις κατοικίες τους εκτίθενται άμεσα σε εκπομπές από την κυκλοφορία.

Γράφημα 2.4.3
Ποσοστό του πληθυσμού που εκτίθεται σε επίπεδα συγκεντρώσεων που παραβιάζουν τα προβλεπόμενα από την οδηγία 2008/50/ΕΚ



Παρά τη διαχρονική βελτίωση, η συνολική εικόνα φανερώνει τη συνεχιζόμενη εμφάνιση παραβιάσεων των προτύπων ποιότητας της ατμόσφαιρας για τους κύριους ρύπους. Για το διοξείδιο του θείου, κατά την εξεταζόμενη περίοδο δεν έχει καταγραφεί αριθμός υπερβάσεων της οριακής τιμής που να υπερβαίνει τον επιτρεπτό, σε κανέναν σταθμό του δικτύου. Για το βενζόλιο και τα PM_{2,5}, η αναβάθμιση του δικτύου, επιτρέπει την εκτίμηση του δείκτη για το 2016 (4 και 5 σταθμοί στην Αθήνα με έγκυρο αριθμό μετρήσεων, αντίστοιχα). Στην περίπτωση των PM_{2,5} δεν παρατηρείται υπέρβαση της ετήσιας οριακής τιμής, ενώ για το βενζόλιο εκτιμάται ότι το 2% των κατοίκων της ευρύτερης περιοχής εκτίθεται σε ετήσια επίπεδα υψηλότερα της οριακής τιμής.

Συνοπτικά για το έτος **2016** και για τον πληθυσμό των αστικών περιοχών της Ελλάδας, όπως αντιπροσωπεύεται από τους σταθμούς του ΕΔΠΑΡ εκτιμήθηκε ότι:

- **55%** του πληθυσμού εκτίθενται σε επίπεδα όζοντος (**O₃**) που υπερβαίνουν την τιμή στόχο της ΕΕ για την προστασία της ανθρώπινης υγείας
- **2%** του πληθυσμού εκτίθενται σε μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου (**NO₂**) που υπερβαίνουν την ετήσια οριακή τιμή της ΕΕ.
- **21%** του πληθυσμού εκτίθεται στη διάρκεια του έτους σε περισσότερες από τις επιτρεπτές υπερβάσεις της 24-ωρης οριακής τιμής συγκεντρώσεων αιωρουμένων σωματιδίων **PM₁₀**.
- Δεν πραγματοποιείται έκθεση του πληθυσμού σε επίπεδα του διοξειδίου του θείου (**SO₂**) που να παραβιάζουν την 24-ωρη οριακή τιμή της ΕΕ.
- Δεν πραγματοποιείται έκθεση του πληθυσμού σε επίπεδα αιωρουμένων σωματιδίων PM_{2,5} που να παραβιάζουν την ετήσια οριακή τιμή της ΕΕ.
- **2%** του πληθυσμού της Αθήνας εκτίθεται σε μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις **βενζολίου** που υπερβαίνουν την οριακή τιμή της ΕΕ.

Για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων από τον υπολογισμό του δείκτη είναι σκόπιμη η επισήμανση ορισμένων περιορισμών:

- Τα αποτελέσματα δεν είναι αντιπροσωπευτικά για το σύνολο του αστικού πληθυσμού της χώρας, αλλά κατά κύριο λόγο για τις πόλεις όπου είναι εγκατεστημένοι σταθμοί χαρακτηρισμού αστικού ή αστικού υποβάθρου. Σε αρκετές πόλεις, όπως η Πάτρα, η Λάρισα και το Ηράκλειο, οι εγκατεστημένοι σταθμοί χαρακτηρίζονται ως αστικοί-κυκλοφορίας με αποτέλεσμα να μην αντιπροσωπεύεται το σύνολο του πληθυσμού της πόλης, αλλά μόνο ένα μικρό ποσοστό (4% σύμφωνα με τη μεθοδολογία υπολογισμού).
- Ο αριθμός των σταθμών υποβάθρου σε σχέση με τους σταθμούς κυκλοφορίας, κυμαίνεται ανά ρύπο, έτος και πόλη.
- Η αντιπροσωπευτικότητα περιορίζεται επιπλέον από την πληρότητα ή μη των χρονοσειρών ανά σταθμό, ρύπο και έτος. Καθώς δεν προβλέπεται η χρήση στατιστικών μεθόδων για την συμπλήρωση των κενών στις ετήσιες τιμές, οι συγκρίσεις ως προς τη χωρική και χρονική μεταβλητότητα είναι κατά κύριο λόγο ενδεικτικές και όχι απόλυτες.

→ Περιγράφονται, κατά βάση, δύο κατηγορίες (πάνω και κάτω από την εκάστοτε οριακή τιμή) συγκεντρώσεων, με αποτέλεσμα μια μικρή διαφορά συκέντρωσης - ενδεχομένως και εντός των ορίων του μετρητικού σφάλματος - να οδηγή σε ανακατανομή ως προς την έκθεση σημαντικών τμημάτων του πληθυσμού, ιδιαίτερα για ρύπους η καταγραφή των οποίων πραγματοποιείται σε μικρό αριθμό σταθμών.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αναλυτικά αποτελέσματα από την εξέταση του δείκτη υπερβάσεων οριακών τιμών, ξεχωριστά ανά εξεταζόμενο ρύπο.

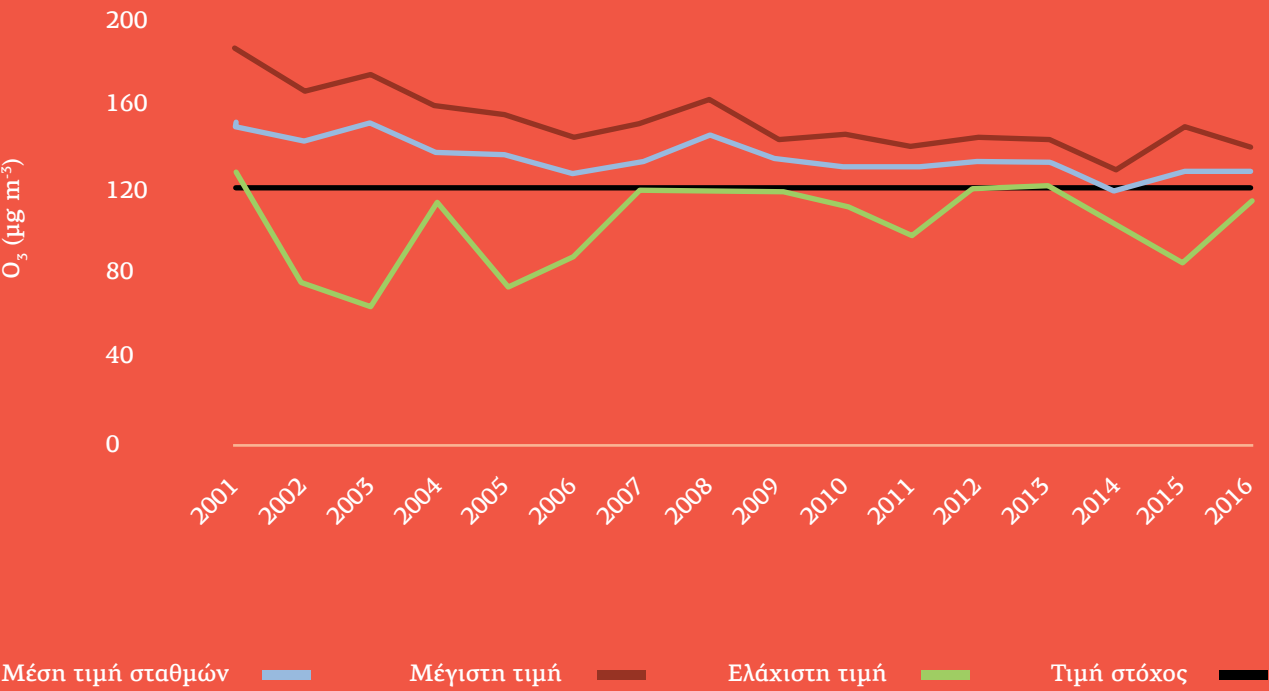
4.1.4. Αναλυτική παρουσίαση αποτελεσμάτων για τους επιμέρους ρύπους

α) Όζον

Στα Γράφηματα 2.4.4 - 2.4.6 εμφανίζονται στατιστικά στοιχεία για τη διαχρονική μεταβολή του εκατοστημορίου 0,932 των μεγίστων ημερησίων 8-ωρων συγκεντρώσεων όζοντος, το οποίο σε μια πλήρη ετήσια χρονοσειρά αντιστοιχεί στην 26^η μεγαλύτερη τιμή μέσα στο έτος και αποτελεί ένδειξη υπέρβασης ή μη της τιμής-στόχου για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Στις περιπτώσεις της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης, όπου υπάρχουν δεδομένα από πολλαπλές θέσεις υποβάθρου, εμφανίζονται οι μέσες τιμές και το εύρος του στατιστικού για τη συγκεκριμένη κατηγορία σταθμών, όπως προβλέπεται από το δείκτη. Για τις υπόλοιπες πόλεις στη βόρεια και νότια ζώνη της Ελλάδας (EL001, EL002) παρουσιάζονται οι τιμές ανεξάρτητα από το είδος του σταθμού.

Για την Αθήνα (Γράφημα 2.4.4), γίνεται εμφανές ότι τα καταγραφόμενα επίπεδα είναι -κατά μέσο όρο - σταθερά υψηλότερα από την τιμή στόχο που προβλέπεται από το ευρωπαϊκό πρότυπο ποιότητας της ατμόσφαιρας (120μg m⁻³), η οποία έχει τεθεί σε ισχύ από το 2010. Είναι χαρακτηριστικό, ότι για σχεδόν τα μισά έτη της περιόδου 2001-2016, παρατηρείται υπέρβαση της τιμής στόχου σε όλους τους σταθμούς αστικού και περιαστικού υποβάθρου της περιοχής.

Γράφημα 2.4.4
Ημερήσιες υπερβάσεις τιμής στόχου για την προστασία της υγείας από συγκεντρώσεις όζοντος (εκφρασμένες ως το 93,2^ο εκατοστημόριο μεγίστων ημερησίων 8-ώρων τιμών στις ετήσιες χρονοσειρές). Περιλαμβάνονται οι σταθμοί αστικού και περιαστικού υποβάθρου της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας



Γράφημα 2.4.5
Όπως ανωτέρω για τους σταθμούς υποβάθρου στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης (μέση τιμή και εύρος)

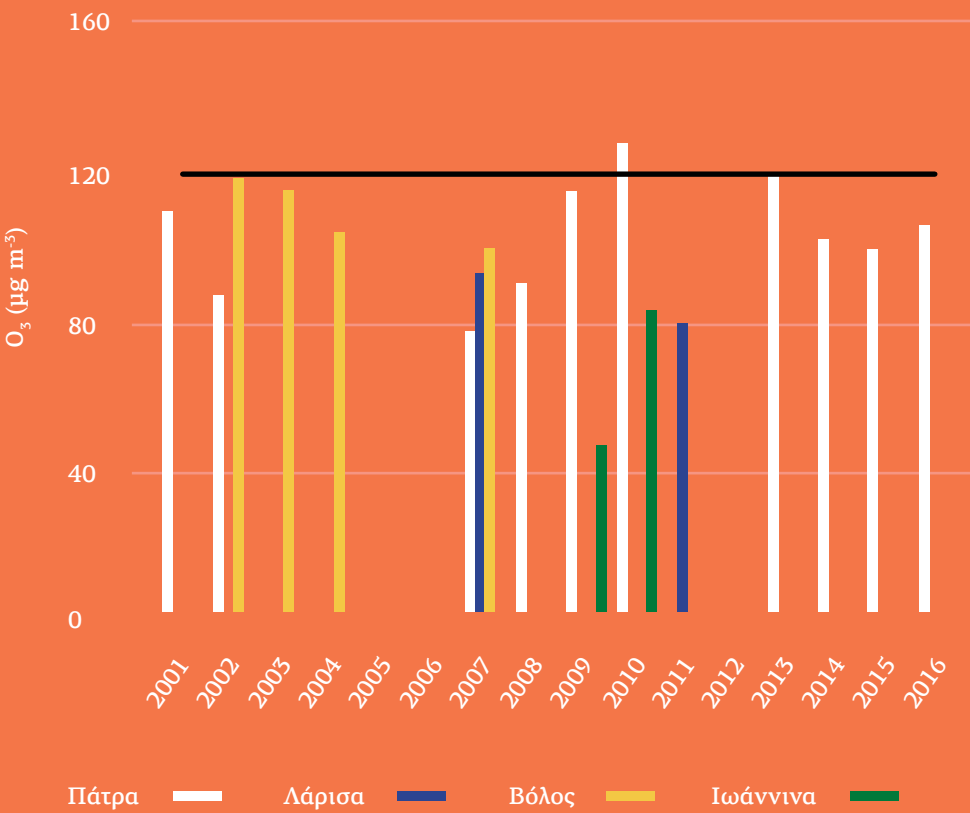


Στην περίπτωση των σταθμών υποβάθρου της Θεσσαλονίκης, παρατηρείται επίσης η διαχρονική καταγραφή υπερβάσεων, αν και με μεγαλύτερη μεταβλητότητα και μικρότερη ένταση σε σχέση με την Αθήνα. Οι μετεωρολογικές συνθήκες της Βόρειας Ελλάδας είναι λιγότερο ευνοϊκές για τις διαδικασίες φωτοχημικού σχηματισμού όζοντος, σε σχέση με την Αθήνα, όπου η έντονη ηλιοφάνεια, οι υψηλότερες θερμοκρασίες αλλά και τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά του Λεκανοπεδίου αυξάνουν τη συχνότητα παρατήρησης υψηλών επιπέδων, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο, αλλά και κατά τους υπόλοιπους μήνες του έτους.



Στους σταθμούς των άλλων πόλεων, παρατηρείται σχεδόν πλήρης συμμόρφωση με την προβλεπόμενη τιμή στόχο. Πρέπει να επισημανθεί ότι για την Πάτρα, όπου υπάρχει σχετικά μεγαλύτερη πληρότητα χρονοσειρών, οι συγκεντρώσεις καταγράφονται σε θέση κυκλοφορίας και κατά συνέπεια δεν είναι πρόσφορη η άμεση αντιπαραβολή τους με την τιμή στόχο. Η καταγραφή των επιπέδων όζοντος στις άλλες πόλεις είναι λιγότερο συστηματική. Στις χρονοσειρές που είναι διαθέσιμες για τον Βόλο και τα Ιωάννινα, όπου είναι εγκατεστημένοι σταθμοί αστικού υποβάθρου, δεν παρατηρείται υπέρβαση του ορίου.

Γράφημα 2.4.6
Όπως ανωτέρω για τους σταθμούς στη Βόρεια και Νότια Ελλάδα



Γενικά, διαφαίνεται μια βραδεία απομείωση των επιπέδων, η οποία για την Αθήνα και την Θεσσαλονίκη, σε επίπεδο μέσου όρου υπολογίζεται σε 14,5-15,1% για την περίοδο 2001-2015. Αντίστοιχα, κατά το ίδιο διάστημα, η μείωση των εθνικών εκπομπών προπομπών ενώσεων του όζοντος, όπως υπολογίζεται σύμφωνα με τον σύνθετο δείκτη CSI 002 είναι σημαντικά υψηλότερη (40%).

Η παρατηρούμενη απόκλιση αποδίδεται στο είδος της τιμής στόχου η οποία είναι σχεδιασμένη ώστε να παρακολουθεί τις βραχυχρόνιες εξάρσεις των επιπέδων όζοντος, που συνδέονται με τις σημαντικότερες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, και όχι με τη μέση τιμή τους σε μακροπρόθεσμη βάση. Λόγω της δευτερογενούς φύσης του ρύπου, η εμφάνιση των αυξημένων επιπέδων παρουσιάζει έντονη μεταβλητότητα, η οποία εξαρτάται από τη χρονική διακύμανση της έντασης των πρωτογενών εκπομπών και τις μετεωρολογικές συνθήκες.

Επισημαίνεται, ότι ένα μέρος των υπερβάσεων αποδίδεται σε διασυννοριακές επιδράσεις, αλλά και στον σχηματισμό από πρόδρομες οργανικές ενώσεις, όπως για παράδειγμα από μεθάνιο ή και από βιογενείς εκπομπές NMVOC, των οποίων η ποσοτικοποίηση και καταγραφή στις απογραφές εκπομπών παρουσιάζει δυσκολίες.

Κατά την παρακολούθηση του δείκτη, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διαφοροποίηση του στην εξέταση της τιμής στόχου από τις οδηγίες 2008/50/EK, ως προς το ότι αποδέχεται ένα χαμηλότερο ποσοστό πληρότητας χρονοσειρών (75% αντί 90%) και ότι εξετάζει τις υπερβάσεις σε ετήσια βάση και όχι ανά τριετία, όπως προβλέπεται από την οδηγία. Γενικά, το ποσοστό του εκτιθέμενου πληθυσμού στην Ελλάδα, είναι διαχρονικά υψηλότερο από το αντίστοιχο που υπολογίζεται για τις ευρωπαϊκές χώρες (EE-28, 7-55% κατά την περίοδο 2001-2015), γεγονός που αντανακλά τις κλιματικές συνθήκες της χώρας, που προάγουν το σχηματισμό τροποσφαιρικού όζοντος.

β) Διοξείδιο του αζώτου

Ενώ μέχρι το 2008, ποσοστό άνω του ενός τρίτου των κατοίκων των αστικών κέντρων ήταν εκτεθειμένα σε ετήσιες συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου υψηλότερες από την προβλεπόμενη οριακή τιμή των 40 $\mu\text{g m}^{-3}$, κατά τα επόμενα έτη το ποσοστό αυτό έχει σταδιακά περιορισθεί σε επίπεδα χαμηλότερα του 5%. Αντίστοιχα, στο ίδιο διάστημα και έως το 2015, ποσοστό άνω του 50% του αστικού πληθυσμού εκτίθεται σε επίπεδα NO₂ μικρότερα του κατώτατου ορίου εκτίμησης (lower assessment threshold) που προβλέπεται από την ευρωπαϊκή νομοθεσία (26 $\mu\text{g m}^{-3}$).

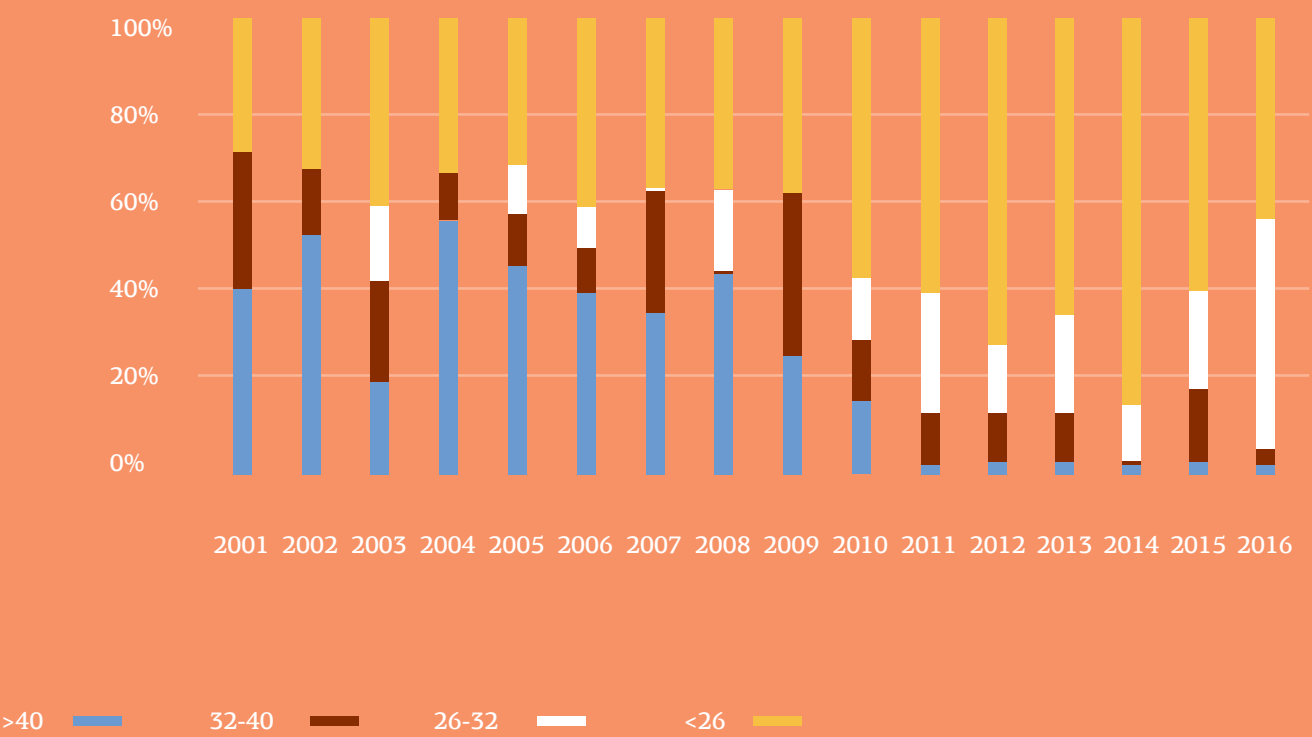
Η μεταβολή των ατμοσφαιρικών επιπέδων NO₂ φαίνεται να παρακολουθεί τη μείωση των πρωτογενών εκπομπών οξειδίων του αζώτου, που καταγράφεται από τον δείκτη APE002 και για την περίοδο 2001-2015, ανέρχεται σε 40%. Είναι εμφανής η σημαντική μείωση των επιπέδων, ιδιαίτερα κατά τα χρόνια της οικονομικής κρίσης, όπου η μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου από τον τομέα των οδικών μεταφορών - ο οποίος είναι ο κύρια υπεύθυνος για τις παρατηρούμενες ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις NO₂ στις αστικές περιοχές - υπερβαίνει το 50%.

Κατά την περίοδο 2010-2015, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η μέση μείωση των επιπέδων αστικού και περιαστικού υποβάθρου NO₂ ανέρχεται σε 26% και αποδίδεται κυρίως στις επιπτώσεις της αυστηρότερης νομοθεσίας για τις εκπομπές στα νέα οχήματα, ιδίως τα πετρελαιοκίνητα επιβατικά και ελαφρά/βαρέα επαγγελματικά. Στην Ελλάδα, με δεδομένη την περιορισμένη συμμετοχή των πετρελαιοκίνητων οχημάτων στον επιβατικό στόλο, η παρατηρούμενη μεγάλη μείωση τόσο των εκπομπών NO_x από τις μεταφορές, όσο και των αστικών επιπέδων ατμοσφαιρικού NO₂, σχετίζεται κυρίως με τον περιορισμό των μετακινήσεων ως αποτέλεσμα της ύφεσης.

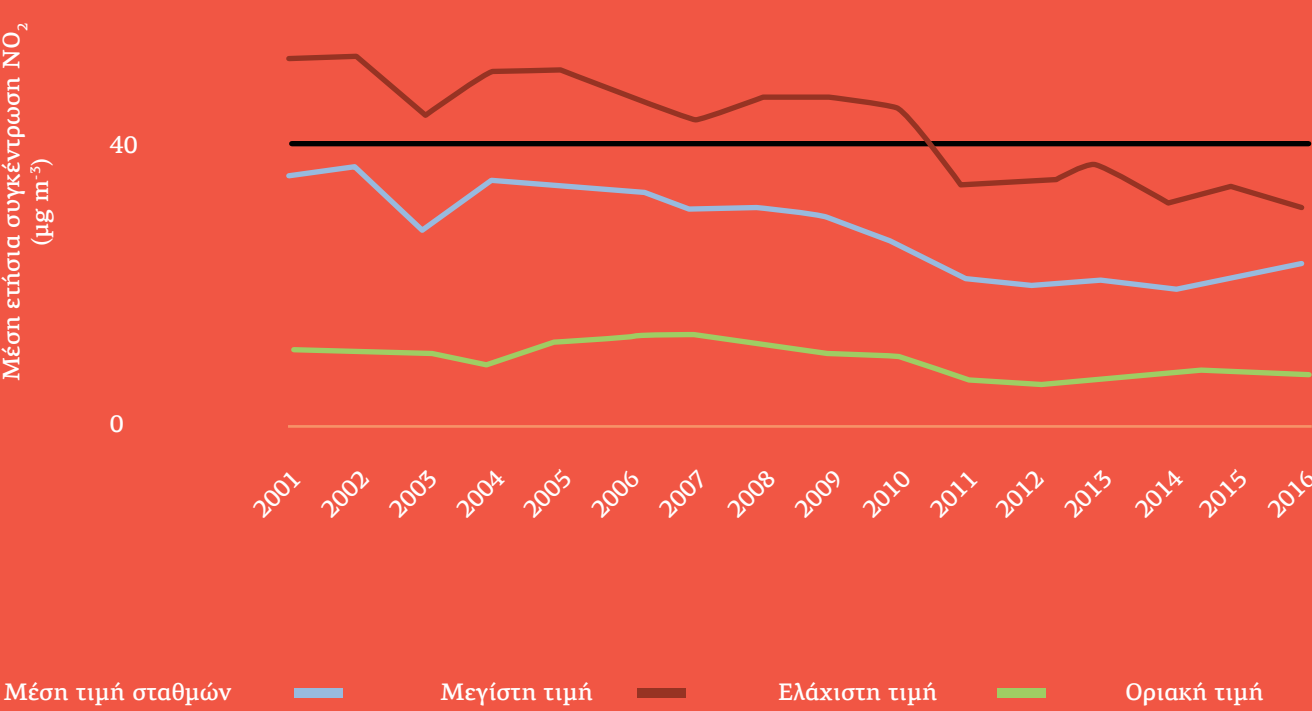
Είναι χαρακτηριστικό ότι στην Αθήνα (Γράφημα 2.4.8), μετά το 2010 δεν καταγράφονται πλέον υπερβάσεις της οριακής τιμής σε θέσεις υποβάθρου, ενώ για την περίοδο 2010- 2015, κατά μέσο όρο, παρατηρείται μείωση των συγκεντρώσεων 16,7%.

Ακόμα μεγαλύτερη είναι η μείωση που έχει καταγραφεί κατά τα προηγούμενα χρόνια, λόγω της σταδιακής απομάκρυνσης από την κυκλοφορία μη-καταλυτικών επιβατικών οχημάτων και των μειωμένων εκπομπών από τα νεότερης τεχνολογίας επαγγελματικά οχήματα.

Γράφημα 2.4.7
Ποσοστό του συνολικού πληθυσμού που εκτίθεται σε ετήσιες συγκεντρώσεις NO₂ ($\mu\text{g m}^{-3}$)



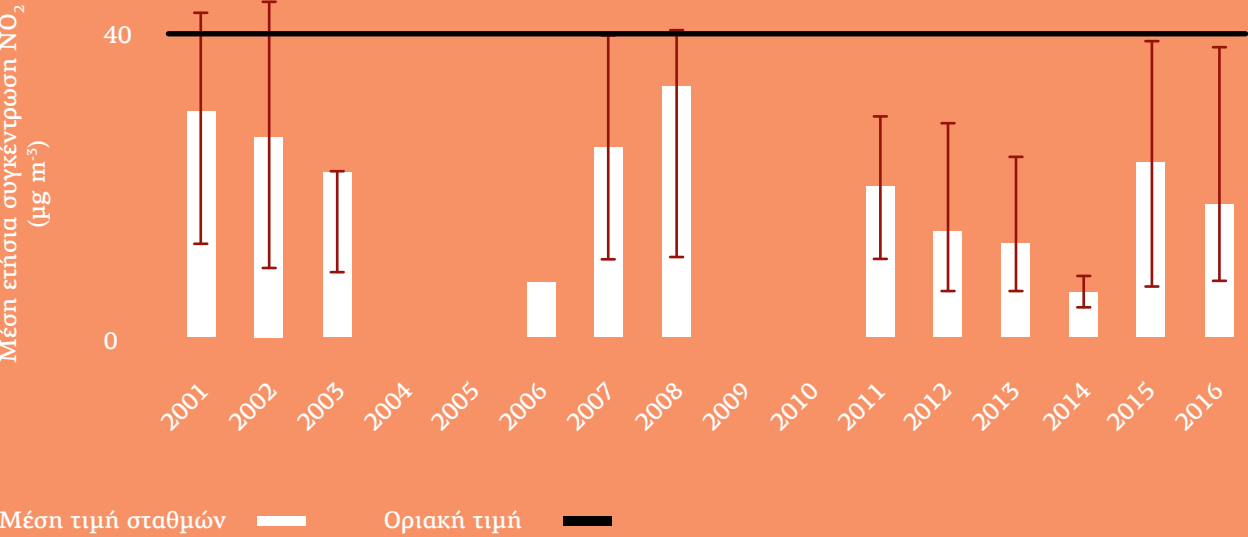
Γράφημα 2.4.8
Μέση ετήσια συγκέντρωση NO₂ που καταγράφεται σε σταθμούς αστικού και περιαστικού υποβάθρου της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας



Στην Θεσσαλονίκη παρατηρείται διαχρονικά η καταγραφή χαμηλότερων επιπέδων NO₂ σε σταθμούς υποβάθρου σε σχέση με την Αθήνα και η εμφάνιση μόνο σποραδικών υπερβάσεων της οριακής τιμής. Αντίστοιχη είναι και η εικόνα στους σταθμούς της βόρειας και νότιας ζώνης της χώρας αν και η χωρική και

χρονική αντιπροσωπευτικότητα είναι σχετικά περιορισμένη. Επισημαίνεται η καταγραφή συγκεντρώσεων χαμηλότερων της οριακής τιμής και στους δύο σταθμούς της Πάτρας, για όλη την περίοδο από το 2010 και μετά.

Γράφημα 2.4.9
Μέση ετήσια τιμή και εύρος συγκεντρώσεων NO₂ που καταγράφονται σε σταθμούς αστικού και περιαστικού υποβάθρου της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης



Γράφημα 2.4.10
Μέση ετήσια τιμή και εύρος συγκεντρώσεων NO₂ για τους σταθμούς στη Βόρεια και Νότια Ελλάδα (μέση τιμή των δύο σταθμών κυκλοφορίας για την Πάτρα)



γ) Αιωρούμενα σωματίδια PM₁₀ και PM_{2.5}

Καθ' όλη την προηγούμενη δεκαετία, η ατμοσφαιρική ρύπανση από αιωρούμενα σωματίδια αποτελούσε τη μεγαλύτερη πηγή προβληματισμού για την προστασία της δημόσιας υγείας στα αστικά κέντρα της Ελλάδας, καθώς είχαν σημειωθεί ισχυρές υπερβάσεις των οριακών τιμών, τόσο σε θέσεις κυκλοφορίας, αλλά και σε θέσεις υποβάθρου, όπου ακόμα και αν τηρούνταν η μέση ετήσια οριακή τιμή, ο αριθμός των 24-ώρων υπερβάσεων στη διάρκεια του έτους ξεπερνούσε κατά πολύ τον επιτρεπτό.

Σταδιακά, και ιδιαίτερα από το 2010 και έπειτα παρατηρείται υποχώρηση των παρατηρούμενων επιπέδων PM₁₀. Στο Γράφημα 2.4.11 απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή του δείκτη στη χώρα, υπολογισμένη σε κατηγορίες εύρους των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων. Για την περίοδο 2011-2016, το ποσοστό του αστικού πληθυσμού που εκτίθεται σε επίπεδα συγκεντρώσεων μεγαλύτερα της ετήσιας οριακής τιμής, κατά κανόνα, παραμένει μικρότερο του 5%. Παρά τη μείωση των επιπέδων όμως, το σύνολο του πληθυσμού εξακολουθεί να εκτίθεται σε μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν την αυστηρότερη τιμή (20 μg m⁻³), που προτείνεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας. Από την αντιπαράθεση με το Γράφημα 2.4.3, φαίνεται ότι η υπέρβαση της 24-ωρης οριακής τιμής ανταποκρίνεται σε υψηλότερα ποσοστά εκτιθέμενου πληθυσμού, σε σχέση με την υπέρβαση της ετήσιας.

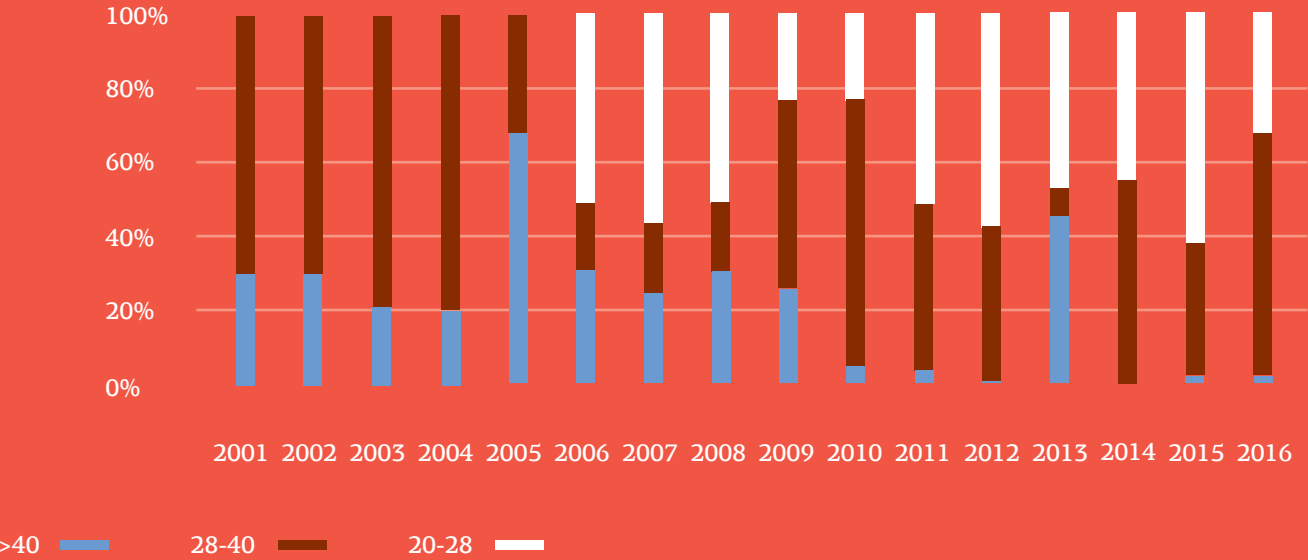
Η ανάλυση της μεταβλητότητας των σωματιδιακών επιπέδων είναι ιδιαίτερα σύνθετη διαδικασία, καθώς συνδέεται τόσο με τη μεταβολή της έντασης αλλά και του είδους των πρωτογενών εκπομπών, σε διάφορες χρονικές κλίμακες, όσο και με δευτερογενείς φυσικοχημικές διαδικασίες σχηματισμού στην ατμόσφαιρα, αλλά και με την επίδραση της διασυνοριακής μεταφοράς σωματιδίων φυσικής και ανθρωπογενούς προέλευσης. Η διαχρονική μείωση των πρωτογενών εκπομπών

αιωρουμένων σωματιδίων (από την παραγωγή ενέργειας, τον βιομηχανικό και κατασκευαστικό τομέα, αλλά και τον τομέα των μεταφορών, με τους διαρκείς περιορισμούς των εκπομπών στα νέα οχήματα) έχει μεταφρασθεί στον σταδιακό περιορισμό των απολύτων επιπέδων συκέντρωσης.

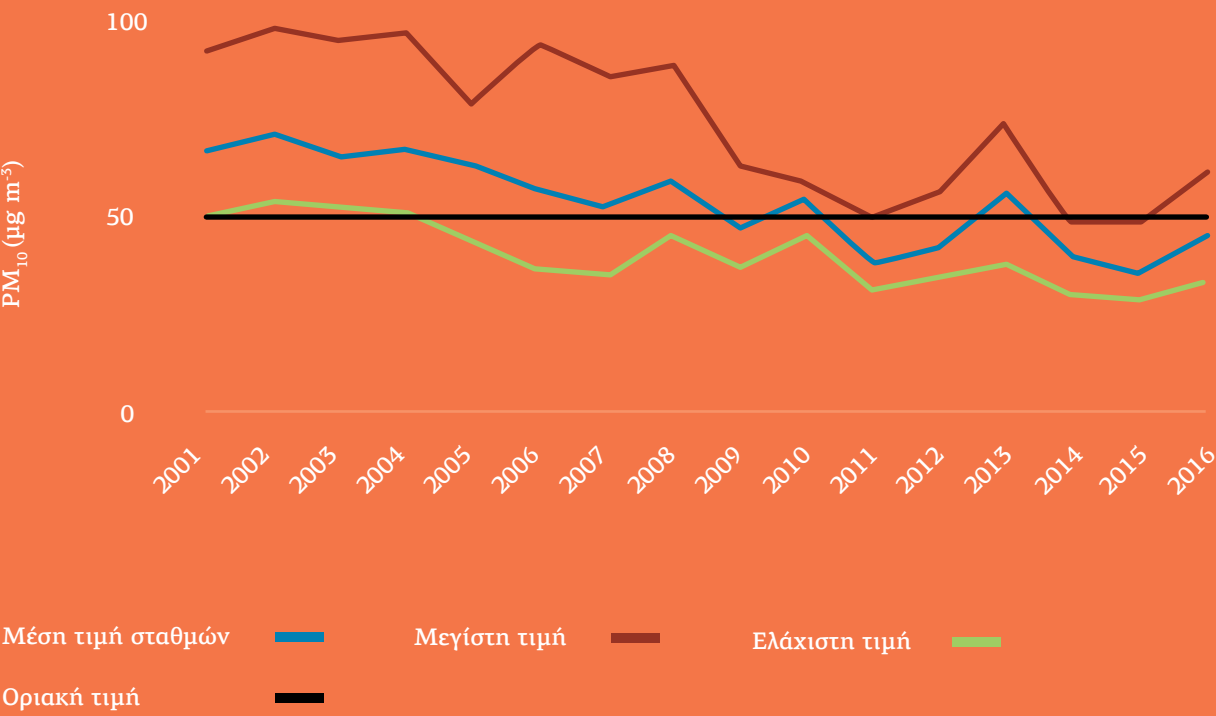
Όπως υπολογίσθηκε από τον δείκτη CSI 003, μεταξύ 2001-2015, οι εθνικές εκπομπές PM₁₀ και προπομπών δευτερογενών σωματιδίων έχουν περιορισθεί κατά 54%. Η συγκεκριμένη παρατήρηση είναι συμβατή με την αντίστοιχη μείωση των επιπέδων PM₁₀ που καταγράφονται στους σταθμούς υποβάθρου της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας (εκφρασμένη ως το 90,4° εκατοστημόριο που αντιστοιχεί στον αριθμό των 36 υπερβάσεων σε πλήρεις ετήσιες χρονοσειρές), κατά το αντίστοιχο διάστημα (Γράφημα 2.4.12). Η πρόσκαιρη αύξηση των επιπέδων κατά την περίοδο 2015-2016 που παρατηρήθηκε για το NO₂ εμφανίζεται και σε αυτήν την περίπτωση και θα πρέπει να εξετασθεί σε βάθος χρόνου.

Στη Θεσσαλονίκη, καταγραφή των συγκεντρώσεων PM₁₀ από σταθμούς του ΕΔΠΑΡ, με διαχρονικά ικανοποιητική πληρότητα, πραγματοποιείται στον κεντρικό σταθμό κυκλοφορίας στην Πλ. Αγίας Σοφίας και στον σταθμό περιαστικού υποβάθρου του Πανοράματος. Τα σχετικά αποτελέσματα εμφανίζονται στο Γράφημα 2.4.13.

Γράφημα 2.4.11
Ποσοστό του πληθυσμού που εκτίθεται σε ετήσιες συγκεντρώσεις PM₁₀ (μg m⁻³)



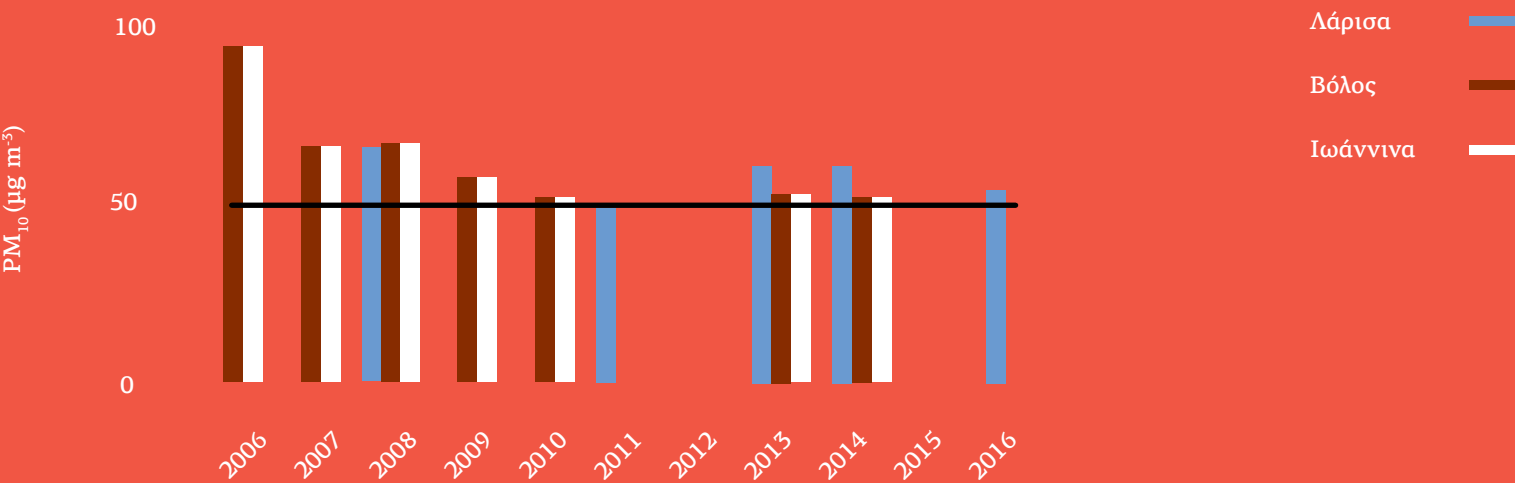
Γράφημα 2.4.12
Υπερβάσεις 24-ωρης οριακής τιμής PM₁₀ (εκφρασμένες ως το 90,4° εκατοστημόριο ημερησίων συγκεντρώσεων στις ετήσιες χρονοσειρές). Περιλαμβάνονται οι σταθμοί αστικού και περιαστικού υποβάθρου της ευρύτερη περιοχής της Αθήνας



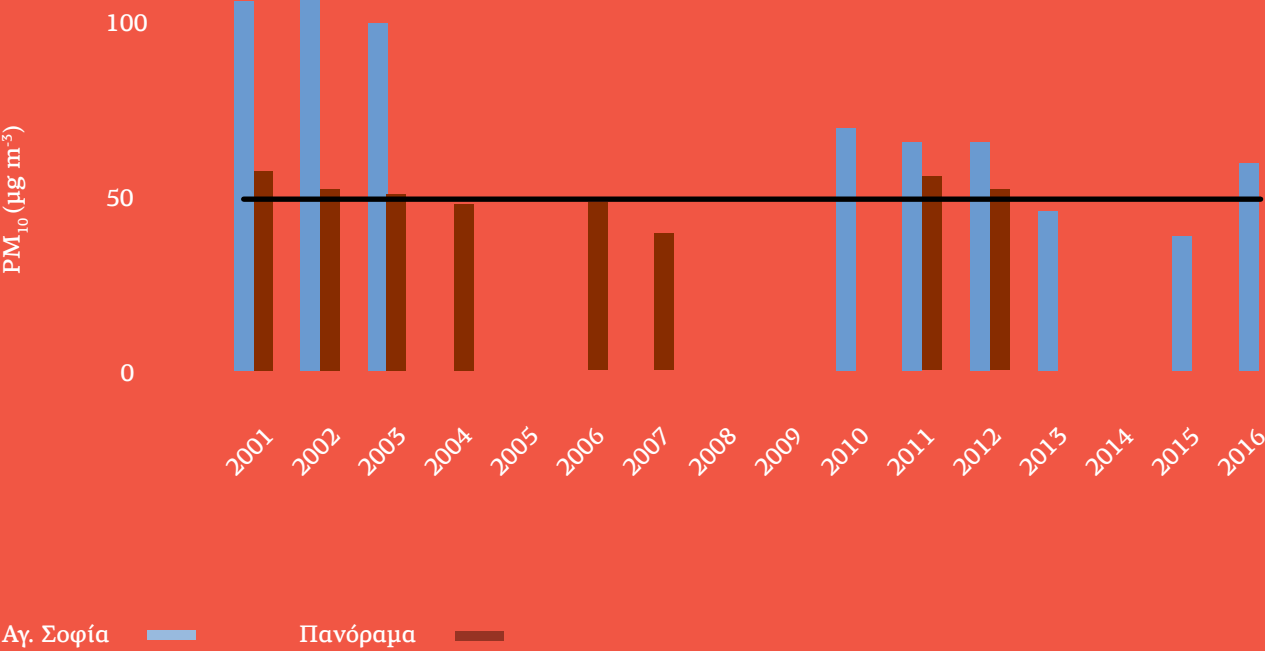
Στους σταθμούς της ζώνης της βόρειας Ελλάδας, παρά τη μείωση σε σχέση με το 2006, από το 2010 και μετά οι υπολογιζόμενες τιμές του κρίσιμου εκατοστημορίου διατηρούνται στην περιοχή της οριακής τιμής και για τις τρεις πόλεις με διαθέσιμες χρονοσειρές.

Στη ζώνη της νότιας Ελλάδας, όλοι οι εγκατεστημένοι σταθμοί είναι χαρακτηρισμού κυκλοφορίας, με συνέπεια τη μη-τήρηση του επιτρεπόμενου αριθμού υπερβάσεων κατ' έτος.

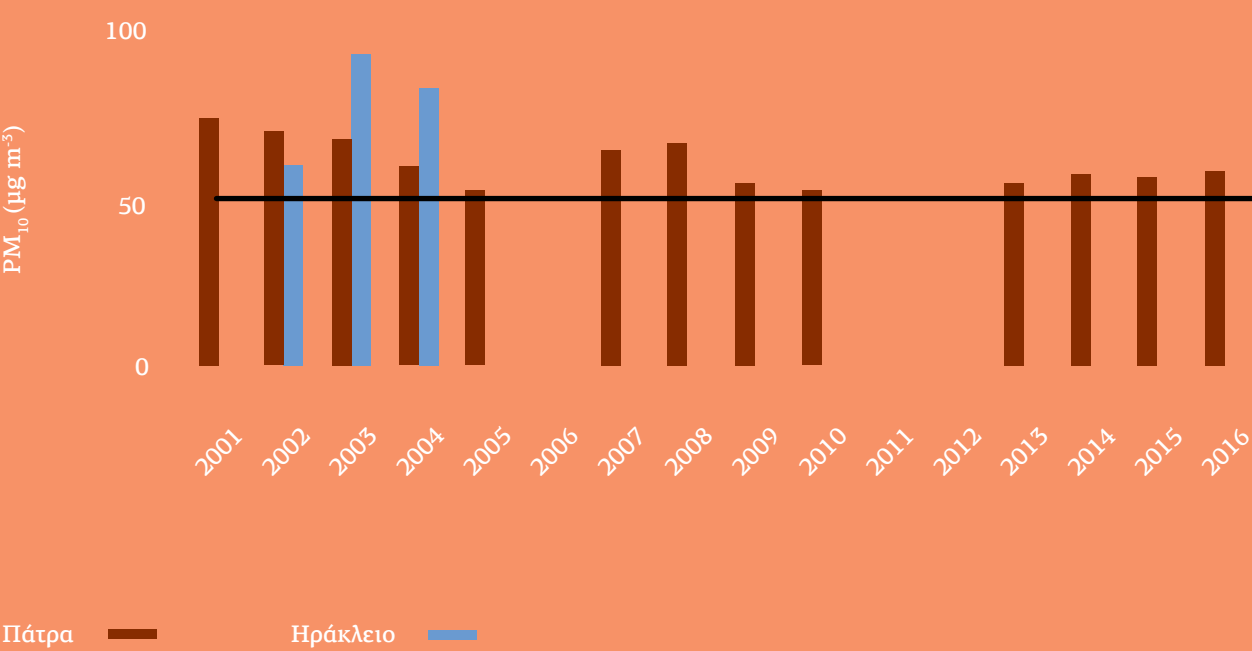
Γράφημα 2.4.14
Υπερβάσεις 24-ωρης οριακής τιμής PM₁₀ (εκφρασμένες ως το 90,4° εκατοστημόριο ημερησίων συγκεντρώσεων στις ετήσιες χρονοσειρές). Περιλαμβάνονται οι σταθμοί καταγραφής στη βόρεια ζώνη της Ελλάδας



Γράφημα 2.4.13
Υπερβάσεις 24-ωρης τιμής PM₁₀ (εκφρασμένες ως το 90,4° εκατοστημόριο ημερησίων συγκεντρώσεων στις ετήσιες χρονοσειρές). Περιλαμβάνονται οι σταθμοί καταγραφής στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης



Γράφημα 2.4.15
Υπερβάσεις 24-ωρης οριακής τιμής PM₁₀ (εκφρασμένες ως το 90,4° εκατοστημόριο ημερησίων συγκεντρώσεων στις ετήσιες χρονοσειρές). Περιλαμβάνονται οι σταθμοί καταγραφής στη νότια ζώνη της Ελλάδας



Σημειώνεται ότι σημαντικό αστάθμητο παράγοντα για τον καθορισμό των μέσων ετήσιων επιπέδων PM_{10} , αλλά και των ημερησίων υπερβάσεων αποτελούν τα επεισόδια μεταφοράς Αφρικανικής σκόνης. Επίσης, ο δείκτης δεν μπορεί να απεικονίσει κατάλληλα τα εποχικά φαινόμενα αύξησης των πρωτογενών εκπομπών, όπως η χειμερινή καύση βιομάζας για οικιακή θέρμανση κατά τα πρόσφατα έτη.

Στην περίπτωση των σωματιδίων $PM_{2.5}$, καταγραφή με ικανοποιητική πληρότητα σε επαναλαμβανόμενα έτη έχει πραγματοποιηθεί μόνο για τους σταθμούς της Λυκόβρυσης και της Αγίας Παρασκευής στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας. Και εδώ, παρατηρείται η σταδιακή ελάττωση των επιπέδων, καθώς από το 2010 και μετά δε σημειώνεται υπέρβαση της ετήσιας οριακής τιμής των $25 \mu g\ m^{-3}$, η οποία έχει τεθεί σε ισχύ σύμφωνα με την οδηγία 2008/50/ΕΚ. Από το 2015 και μετά πραγματοποιείται μέτρηση σε συνολικά 6 θέσεις στην Αθήνα, 2 στη Θεσσαλονίκη και 1 στην Πάτρα, χωρίς να έχει καταγραφεί μέχρι στιγμής υπέρβαση της ετήσιας οριακής τιμής της ΕΕ.

Ταυτόχρονα όμως, σε όλες τις περιπτώσεις, οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις υπερβαίνουν τα $10 \mu g\ m^{-3}$, που αντιστοιχούν στη σχετικά αυστηρότερη προτεινόμενη τιμή του ΠΟΥ για την προστασία της δημόσιας υγείας.

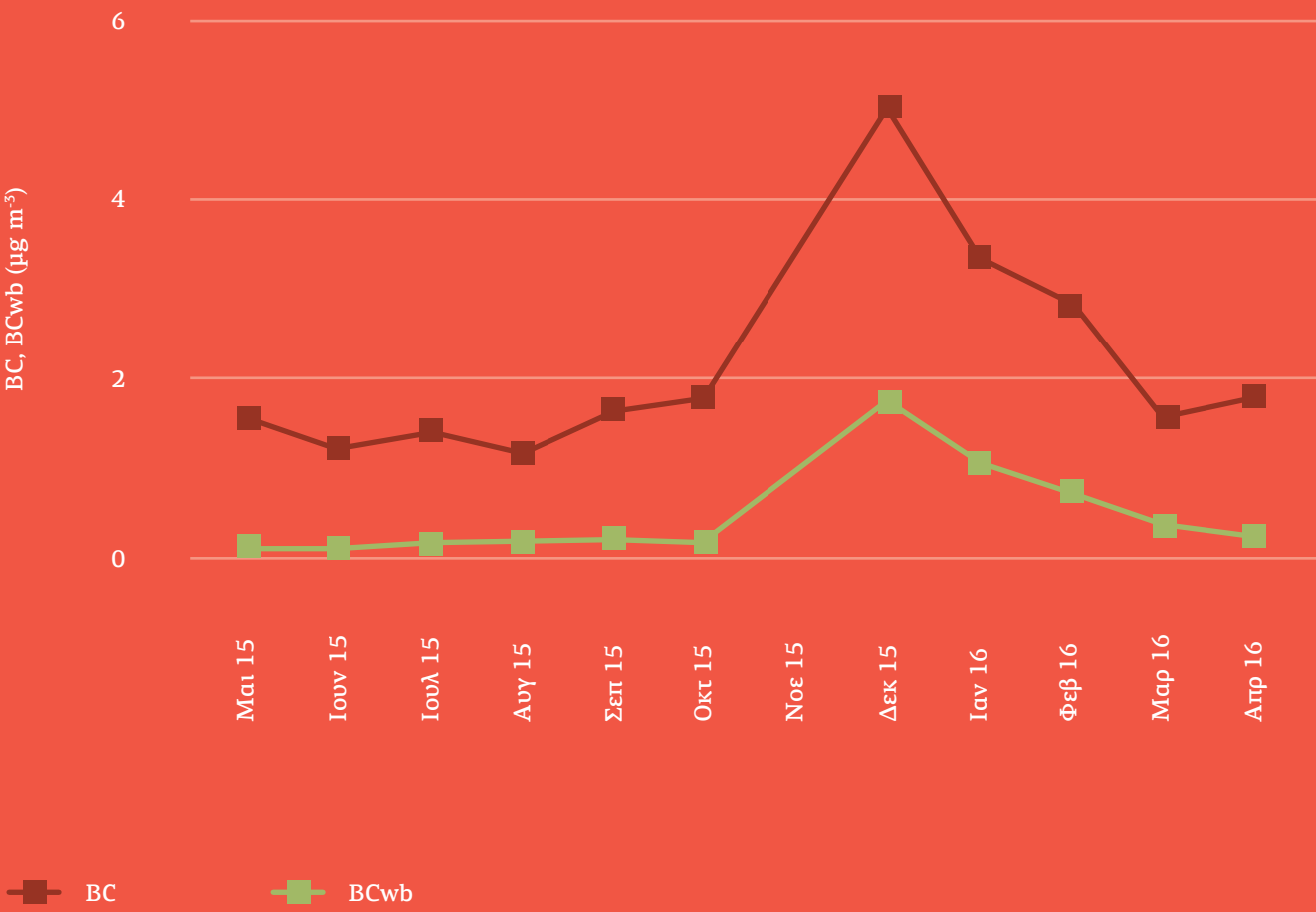
Όπως φαίνεται στα Γράφημα 2.4.12-2.4.16, και ιδιαίτερα στην περίπτωση της Αθήνας όπου υπάρχουν περισσότεροι σταθμοί με ικανοποιητική πληρότητα δεδομένων, από το 2011 και έπειτα παρατηρείται μερική ανάσχεση της πτωτικής πορείας την οποία ακολούθησαν τα επίπεδα συγκεντρώσεων PM την περίοδο μετά το 2004 και ιδίως μετά το 2008. Έχει αναφερθεί ήδη η εμφάνιση του φαινομένου της εκτεταμένης καύσης βιομάζας για οικιακή θέρμανση εντός του αστικού ιστού, το οποίο συνδέεται με αυξημένες σωματιδιακές εκπομπές και με την εμφάνιση επεισοδίων υψηλών συγκεντρώσεων PM κατά τη χειμερινή περίοδο. Το συγκεκριμένο φαινόμενο, έχει περιγραφεί εκτενώς στη βιβλιογραφία και σε διάφορες θέσεις εντός του Λεκανοπεδίου της Αττικής (Paraskevoudoulou et al., 2014; Fourtzίου et al., 2017) και στην περιοχή της Θεσσαλονίκης

(Saffari et al., 2013). Θεωρείται ότι λόγω του χρονικού εντοπισμού των υψηλών συγκεντρώσεων στους χειμερινούς μήνες και ιδίως στις βραδινές ώρες, η επίδραση στα μέσα ετήσια επίπεδα των PM_{10} ενδέχεται να είναι περιορισμένη (Grivas et al., 2018). Όμως η εμφάνιση των σοβαρών επεισοδίων αποτελεί έναν παράγοντα ο οποίος αναμένεται να δυσχεράνει τη συμμόρφωση με το 24 - ωρο πρότυπο για τα PM_{10} , αλλά και ευρύτερα να επηρεάσει τις συγκεντρώσεις και άλλων κύριων ρύπων (Gratsea et al., 2017).

Ο μαύρος άνθρακας (BC - Black Carbon) έχει αναδειχθεί σε σημαντικό δείκτη των σωματιδιακών εκπομπών από καύσεις βιομάζας και οικιακή θέρμανση γενικότερα, καθώς η διακύμανση των επιπέδων του εντός του έτους επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από την εμφάνιση των σχετικών επεισοδίων, αν ληφθεί υπόψη ότι οι εκπομπές του από την κυκλοφορία παρουσιάζουν σχετικά μικρότερη μεταβλητότητα. Πέρα από τη σημασία των ατμοσφαιρικών επιπέδων BC για τις διαδικασίες που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, στο αστικό επίπεδο η έκθεση του πληθυσμού σε αυξημένες τιμές συνδέεται με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και αποτελεί έναν σημαντικό πρόσθετο δείκτη για τη διακινδύνευση από την έκθεση σε πρωτογενή σωματίδια (Jannsen et al., 2011). Κατά συνέπεια η παρακολούθηση των επιπέδων BC στο αστικό περιβάλλον κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική.

Από το 2013 πραγματοποιείται καταγραφή των χειμερινών επιπέδων μαύρου άνθρακα στο κέντρο της Αθήνας από το ΙΕΠΒΑ/ΕΑΑ, στον σταθμό αστικού υποβάθρου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στο Θησείο. Κατά τα τρία τελευταία έτη, στο σταθμό πραγματοποιείται συνεχής μέτρηση των επιπέδων με χρήση οργάνου καταγραφής (7-λ aethalometer) το οποίο επιτρέπει την διακριτοποίηση σε πραγματικό χρόνο των συνεισφορών της καύσης βιομάζας και της καύσης ορυκτών καυσίμων στις ολικές συγκεντρώσεις BC. Οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις (5/2015 - 4/2016) BC και του κλάσματος του που προέρχεται από την καύση βιομάζας (BCwb) παρουσιάζονται στο Γράφημα 2.4.17.

Γράφημα 2.4.17
Μηνιαία διακύμανση συγκεντρώσεων μαύρου άνθρακα (BC) και μαύρου άνθρακα από καύση βιομάζας (BCwb), κατά την ετήσια περίοδο Μάιος 2015 - Απρίλιος 2016 (εκτός Νοεμβρίου)



Γράφημα 2.4.16
Υπερβάσεις ετήσιας οριακής τιμής $PM_{2.5}$ για τους σταθμούς υποβάθρου, όπου πραγματοποιείται πολυετής καταγραφή των επιπέδων στην Αθήνα



Είναι εμφανής η ενίσχυση των επιπέδων κατά την περίοδο ενεργής οικιακής θέρμανσης, η οποία σε μεγάλο βαθμό συνδέεται με την αύξηση των συγκεντρώσεων BCwb. Η μέση ετήσια συγκέντρωση BC υπερβαίνει τα $2 \mu g\ m^{-3}$ ($2.2 \mu g\ m^{-3}$), επίπεδα που αποτελούν από τα υψηλότερα που παρατηρούνται σε σταθμούς αστικού υποβάθρου σε ευρωπαϊκά αστικά κέντρα (Reche et al., 2011). Η μέση συνεισφορά της καύσης βιομάζας στα επίπεδα BC είναι μεγαλύτερη από το 1/5, φθάνοντας και το 1/3 κατά τους χειμερινούς μήνες, και δεν υπολείπεται σε σχέση με τα επίπεδα συνεισφοράς τα οποία αναφέρονται για σταθμούς αστικού υποβάθρου ακόμα και σε χώρες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης (Briggs and Long, 2016).

δ) Διοξείδιο του θείου

Ως αποτέλεσμα των νομοθετικών παρεμβάσεων για τον περιορισμό του θείου στα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές, την οικιακή θέρμανση και τη βιομηχανία, τα επίπεδα συγκεντρώσεων διοξειδίου του θείου, στα ευρωπαϊκά αστικά κέντρα έχουν περιορισθεί σημαντικά κατά την τελευταία δεκαετία. Παραβιάσεις των προβλέψεων του προτύπου ποιότητας της ατμόσφαιρας παρατηρούνται κυρίως σε σταθμούς που δέχονται την επίδραση από σημειακές βιομηχανικές εκπομπές και σε θέσεις καταγραφής με πολύ υψηλή κυκλοφορία οχημάτων, ενώ στους σταθμούς υποβάθρου οι υπερβάσεις είναι περιορισμένες. Υπενθυμίζεται ότι στην Ελλάδα, στο διάστημα 2001-2016, η μείωση των ολικών εκπομπών SO_x υπερβαίνει το 80%.

Όπως φαίνεται στο Γράφημα 2.4.18, για τους σταθμούς υποβάθρου της Αθήνας, από το 2001 και μετά δεν έχουν παρατηρηθεί σε καμία περίπτωση περισσότερες από τις επιτρεπόμενες 3 ανά έτος υπερβάσεις της οριακής τιμής των 125 μg m⁻³. Αυτό ισχύει εκτός από τους σταθμούς υποβάθρου της Αθήνας που απεικονίζονται στο Γράφημα και για όλους τους σταθμούς υποβάθρου και κυκλοφορίας της χώρας (επίσης και για τους βιομηχανικούς σταθμούς). Κατά συνέπεια, το SO₂ δεν περιλαμβάνεται στους ρύπους για τους οποίους υπολογίζεται το ποσοστό έκθεσης πληθυσμού του Γράφηματος 2.4.3.

Γράφημα 2.4.18
Μέγιστη τιμή και 99,2° εκατοστημόριο των ετήσιων
χρονοσειρών συγκεντρώσεων SO₂ στους σταθμούς υποβάθρου
της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας

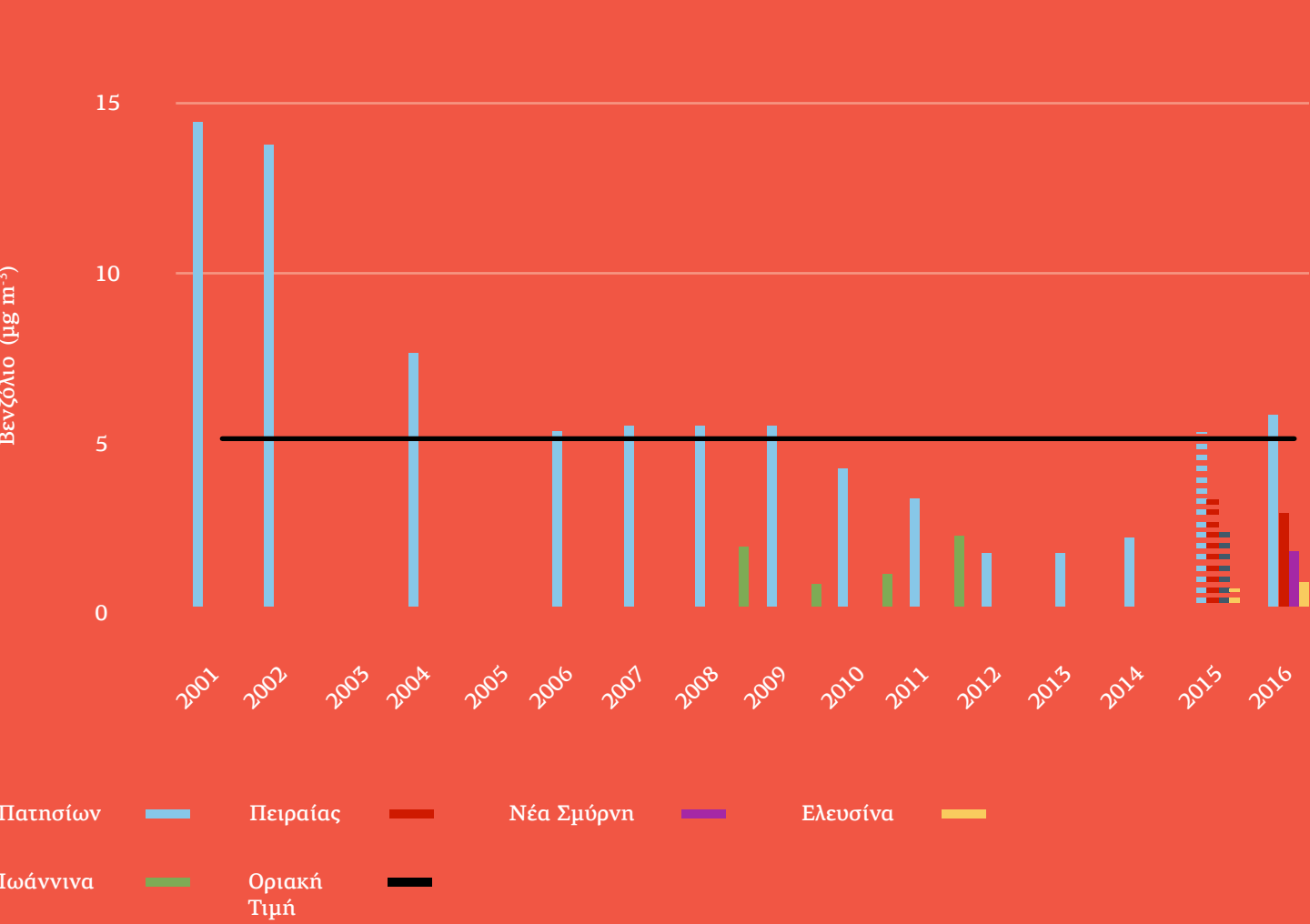


ε) Βενζόλιο

Έως και το 2014, δεδομένα με ικανοποιητική πληρότητα (> 50%) για την καταγραφή των ατμοσφαιρικών επιπέδων βενζολίου στην Αθήνα αναφέρονται μόνο για τον κεντρικό σταθμό κυκλοφορίας στην οδό Πατησίων. Κατά το διάστημα 2010-2014, τα μέσα επίπεδα διαμορφώθηκαν χαμηλότερα από την ετήσια οριακή τιμή (5 μg m⁻³). Μετά την αναβάθμιση του δικτύου ΕΔΠΑΡ, η παρακολούθηση τους πραγματοποιείται σε 3 επιπλέον θέσεις στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, ενώ έχουν εγκατασταθεί όργανα μέτρησης σε άλλες 4 πόλεις. Για το 2016, στους σταθμούς της Αθήνας που αναφέρουν δεδομένα με την απαιτούμενη πληρότητα, παρατηρούνται μέσα ετήσια επίπεδα χαμηλότερα της οριακής τιμής, σε όλους τους σταθμούς πλην του σταθμού κυκλοφορίας της Πατησίων.

Κατά τα έτη 2008-2011, αναφέρονται με ικανοποιητική πληρότητα δεδομένα συγκεντρώσεων βενζολίου και για τον σταθμό υποβάθρου των Ιωαννίνων, από τα οποία προκύπτει ότι οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις, για όλο το διάστημα, παρέμειναν χαμηλότερες της οριακής τιμής.

Γράφημα 2.4.19
Διαχρονική εξέλιξη μέσης ετήσιας συγκεντρώσης βενζολίου σε σταθμούς στην ευρύτερη
περιοχή της Αθήνας. Επισημαίνεται η μικρή πληρότητα μετρήσεων για το 2015



στ) Βενζο(α)πυρένιο

Κατά την περίοδο 2014-2015, πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο του ΕΠΠΕΡΑΑ ανά τη χώρα ενδεικτικές μετρήσεις των συγκεντρώσεων βενζο(α)πυρενίου, μέσω χημικής ανάλυσης σε σωματίδια PM₁₀ που συλλέχθηκαν με δειγματολήπτες χαμηλού όγκου. Αν και κατά κανόνα η πληρότητα των μετρήσεων στη διάρκεια ενός ημερολογιακού έτους υπολείπεται από την ελάχιστη απαιτούμενη για ενδεικτική δειγματοληψία (14%), όπως προβλέπεται από την οδηγία 2004/107/ΕΚ, τα αποτελέσματα των μέσων συγκεντρώσεων παρατίθενται για λόγους αναφοράς στον Πίνακα 2.4.2.

Σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρούνται επίπεδα που υπερβαίνουν την τιμή στόχο του 1ng m⁻³ που προδιαγράφεται από την οδηγία 2004/107/ΕΚ και βρίσκεται σε ισχύ από το 2013. Παρατηρείται επίσης ότι τα επίπεδα υπερβαίνουν σημαντικά το επίπεδο ελάχιστης επιτρεπόμενης διακινδύνευσης από έκθεση σε καρκινογόνους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, σύμφωνα με τον ΠΟΥ, που έχει καθορισθεί για χρήση στον δείκτη (0,12 ng m⁻³)[ETC/ACM, 2011]. Οι συγκεκριμένες επισημάνσεις επιτείνουν την ανάγκη συστηματικότερης παρακολούθησης των επιπέδων του ρύπου.

Πίνακας 2.4.2
Μέσες τιμές συγκεντρώσεων από ενδεικτικές μετρήσεις για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων βενζο(α)πυρενίου, σε σταθμούς του ΕΔΠΑΡ

	2014		2015	
	Συγκέντρωση (ng m ⁻³)	Πληρότητα	Συγκέντρωση (ng m ⁻³)	Πληρότητα
Αθήνα - Αριστοτέλους	-	-	0,5	15,1%
Αθήνα - Νέα Σμύρνη	0,5	1,9%	0,4	12,6%
Θεσσαλονίκη - Αγ. Σοφίας	1,7	3,8%	0,6	12,6%
Θεσσαλονίκη - Σίνδος	1,4	3,6%	0,3	7,4%
Πάτρα	0,5	3,8%	1,0	11,8%
Λάρισα	1,4	3,3%	1,7	12,6%
Βόλος	3,8	6,0%	1,0	9,0%
Ιωάννινα	5,0	6,0%	1,3	9,6%

4.2. Υπέρβαση των στόχων για την ποιότητα αέρα λόγω της κυκλοφορίας

Με τη χρήση του δείκτη EEA TERM 004 πραγματοποιείται η σύγκριση των συγκεντρώσεων που μετρούνται στους σταθμούς αστικού και περιαστικού υποβάθρου (urban background - suburban background), με εκείνες που καταγράφονται στους σταθμούς κυκλοφορίας (traffic), οι οποίοι συνήθως βρίσκονται σε κεντρικά σημεία των αστικών περιοχών. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται μια εκτίμηση για την αύξηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οφείλεται στην αυξημένη κυκλοφορία οχημάτων. Επίσης, η παρακολούθηση του δείκτη σε βάθος χρόνου παρέχει πληροφορία για την αποδοτικότητα των μέτρων που θεσπίζονται και εφαρμόζονται με στόχο τη μείωση της συμμετοχής του τομέα των οδικών μεταφορών στα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

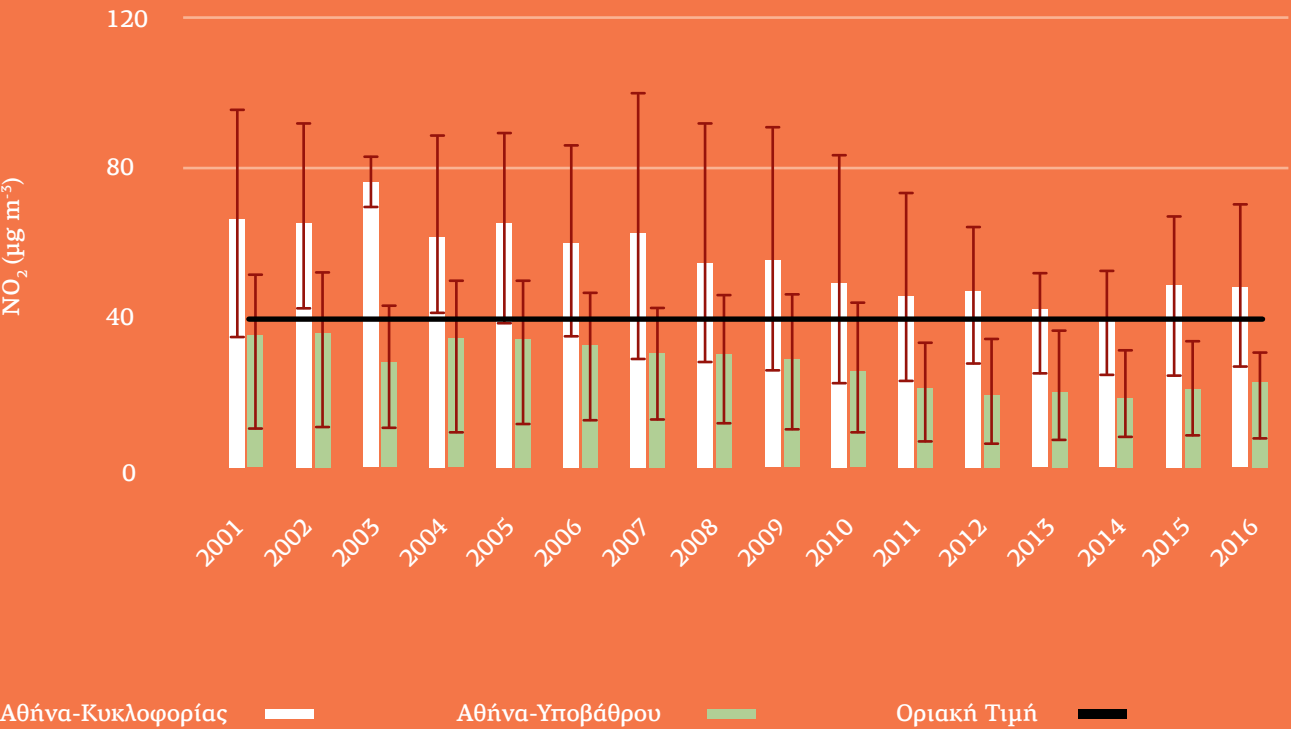
Ο δείκτης εστιάζει στους κύριους ρύπους που σχετίζονται με την κυκλοφορία και στους οποίους η έκθεση έχει εγνωσμένη αρνητική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία: το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀ και PM_{2,5}). Όπως έχει παρατηρηθεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οι καταγραφόμενες συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων ρύπων δεν έχουν σημειώσει την ίδια διαχρονική μείωση που έχει παρατηρηθεί στις πρωτογενείς εκπομπές τους. Όπως προέκυψε και από την ανάλυση των δεικτών που αφορούν στις αντίστοιχες πρωτογενείς εκπομπές (APE 002, CSI 003, TERM 003), ο οδικός τομέας κατέχει σημαντικό μερίδιο στις εκπομπές τους, σε εθνικό επίπεδο. Ιδιαίτερα στο αστικό περιβάλλον, όπου κατοικεί και εργάζεται η πλειοψηφία του πληθυσμού, η συνεισφορά των εκπομπών από τις οδικές μεταφορές στα παρατηρούμενα ατμοσφαιρικά επίπεδα διογκώνεται. Τα αποτελέσματα από τον δείκτη των υπερβάσεων υποδεικνύουν ότι εξακολουθούν να καταγράφονται τιμές υψηλότερες των οριακών για τα PM₁₀ και NO₂, ιδιαίτερα στους σταθμούς κυκλοφορίας.

Η εφαρμογή του δείκτη σε ευρωπαϊκό επίπεδο γίνεται για τις πρωτεύουσες των κρατών. Στη συνέχεια, οι υπολογισμοί θα πραγματοποιηθούν, εκτός από την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, και για την περιοχή της Θεσσαλονίκης, όπου λειτουργούν ταυτόχρονα σταθμοί υποβάθρου με τον κεντρικό σταθμό κυκλοφορίας. Για τις υπόλοιπες πόλεις δεν υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού, καθώς δε λειτουργούν παράλληλα σταθμοί κυκλοφορίας-υποβάθρου. Για την πληρότητα των ετήσιων χρονοσειρών και τις στατιστικές τιμές συγκεντρώσεων που εξετάζουν την επίτευξη ή μη των οριακών τιμών ακολουθείται η ίδια μεθοδολογία με τον δείκτη CSI 004.

α) Διοξείδιο του αζώτου

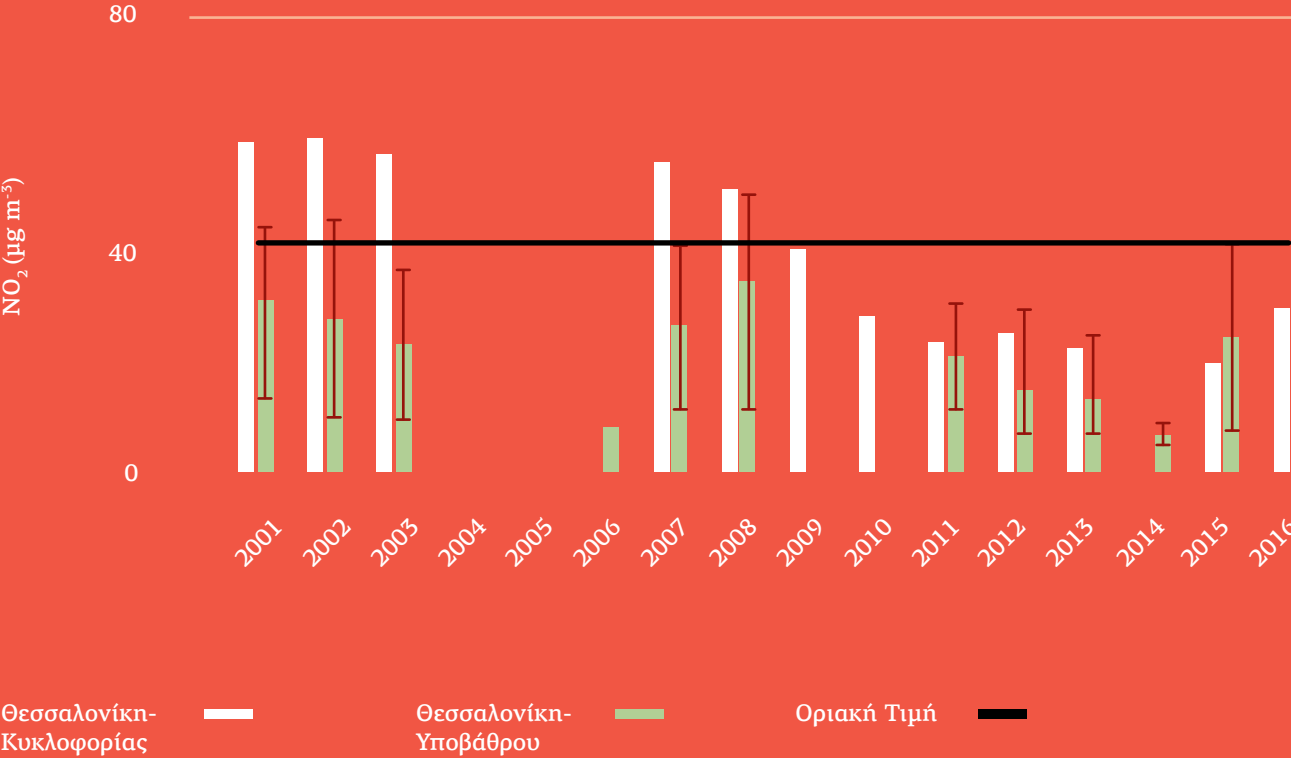
Για το διοξείδιο του αζώτου, στην Αθήνα, για όλα τα έτη της περιόδου 2001-2016, η μέση τιμή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων από τους σταθμούς κυκλοφορίας είναι μεγαλύτερη από 40μg m⁻³. Αντίθετα, η αντίστοιχη μέση τιμή για τους σταθμούς αστικού και περιαστικού υποβάθρου παραμένει χαμηλότερη από το συγκεκριμένο επίπεδο και μάλιστα, μετά το 2010 δεν καταγράφεται υπέρβαση της οριακής τιμής σε καμία από τις θέσεις υποβάθρου. Η διαφορά των μέσων τιμών κυκλοφορίας-υποβάθρου, κατά το διάστημα 2001-2016, κυμαίνεται μεταξύ 21-48 μg m⁻³ και σε αυτή την περίοδο, οι ετήσιες συγκεντρώσεις στους σταθμούς κυκλοφορίας είναι κατά μέσο όρο διπλάσιες (κατά έναν παράγοντα μεταξύ 1,7-2,7) σε σχέση με του σταθμούς υποβάθρου. Για το 2016, τρεις από τους πέντε σταθμούς κυκλοφορίας κατέγραψαν μέση ετήσια συγκέντρωση ανώτερη της οριακής τιμής. Αντίθετα, ο σταθμός της οδού Αθηνάς, που βρίσκεται εντός των ορίων του δακτυλίου, και ο σταθμός στο Μαρούσι, που βρίσκεται σε σχετικά μεγαλύτερη απόσταση από τον πλησιέστερο δρόμο υψηλής κυκλοφορίας, ανέφεραν χαμηλότερες ετήσιες συγκεντρώσεις.

Γράφημα 2.4.20
Μέση τιμή και εύρος των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων διοξειδίου του αζώτου που καταγράφονται σε σταθμούς κυκλοφορίας και υποβάθρου (αστικού και περιαστικού) στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας



Στη Θεσσαλονίκη, από το 2009 δεν έχουν παρατηρηθεί υπερβάσεις της ετήσιας οριακής τιμής στον κεντρικό σταθμό κυκλοφορίας (Πλ. Αγ. Σοφίας) και μάλιστα το 2015 τα καταγραφόμενα επίπεδα ήταν χαμηλότερα και από την μέση τιμή των σταθμών υποβάθρου. Στην περίπτωση της Θεσσαλονίκης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κυκλοφοριακές ρυθμίσεις που πραγματοποιήθηκαν μετά το 2011 στην περιοχή, στο πλαίσιο της κατασκευής σταθμού μετρό και της πεζοδρόμησης της οδού Αγ. Σοφίας, οι οποίες είχαν σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό των αμέσων εκπομπών από την κυκλοφορία που επηρεάζουν τον σταθμό. Για το 2016, δε σημειώθηκε υπέρβαση της ετήσιας οριακής τιμής σε κανέναν σταθμό της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης.

Γράφημα 2.4.21
Όπως ανωτέρω, για την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης. Διαθέσιμα δεδομένα μόνο από έναν σταθμό κυκλοφορίας



Γενικά, για τα έτη 2014-2016, παρατηρείται μια ενίσχυση των μέσων επιπέδων NO₂, ιδιαίτερα στους σταθμούς κυκλοφορίας της Αθήνας (20,7% για το 2015 σε σχέση με το 2014). Η συγκεκριμένη αυξητική τάση δε φαίνεται να παρακολουθεί τη μεταβολή των εθνικών εκπομπών συνολικών οξειδίων του αζώτου από τον κλάδο των οδικών μεταφορών, που μεταξύ 2014 και 2015 καταγράφει μείωση (10,1%). Αν και απαιτείται παρακολούθηση των τάσεων σε βάθος χρόνου, ένας παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η σταδιακά αυξανόμενη συμμετοχή στην κυκλοφορία των πετρελαιοκίνητων επιβατικών οχημάτων, οι άμεσες εκπομπές των οποίων χαρακτηρίζονται από αυξημένο ποσοστό NO₂ στα ολικά εκπεμπόμενα οξείδια του αζώτου. Επίσης, στη συγκεκριμένη κατηγορία οχημάτων, όπως έχει ανακύψει (EEA, 2017c), οι πραγματικές οδικές εκπομπές των οχημάτων είναι σημαντικά υψηλότερες από τις εργαστηριακά προσδιοριζόμενες για την εξέταση των προδιαγραφών σύμφωνα με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς εκπομπών.

β) Αιωρούμενα σωματίδια PM₁₀ και PM_{2.5}

Η χρονική διακύμανση του ενδεικτικού στατιστικού συμμόρφωσης ως προς τον επιτρεπτό αριθμό υπερβάσεων της ημερήσιας οριακής τιμής PM₁₀ (90,4^ο εκατοστημόριο ημερησίων συγκεντρώσεων στη διάρκεια ενός έτους επαρκούς πληρότητας) εμφανίζεται στο Γράφημα 2.4.22.

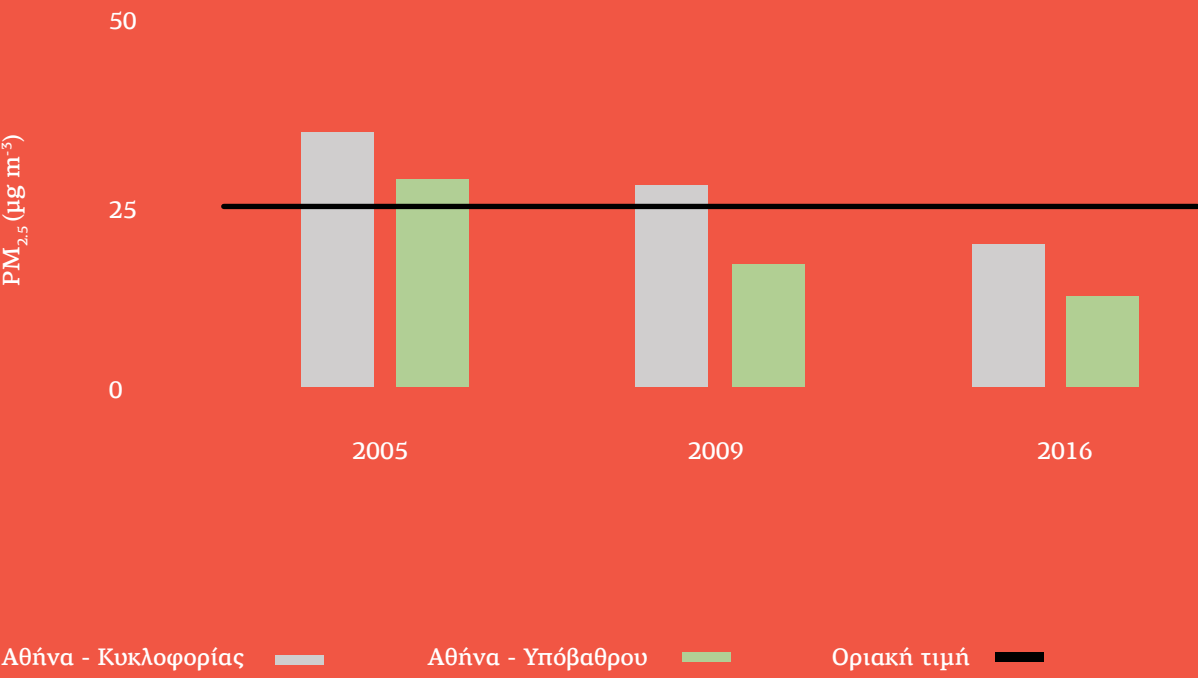
Είναι εμφανής η διαχρονική πτώση των επιπέδων, η οποία παρατηρήθηκε και κατά την εξέταση του δείκτη CSI 003 για τις εκπομπές. Μεταξύ 2001-2015, για τις πρωτογενείς εθνικές εκπομπές PM₁₀ από τον τομέα των οδικών μεταφορών υπολογίζεται μείωση κατά 39%, κάτι που αντανακλά μερικώς στην παρατηρούμενη μείωση των μέσων επιπέδων PM₁₀ που καταγράφονται στους σταθμούς κυκλοφορίας. Μολαταύτα, σε όλο το διάστημα 2001- 2016, οι τιμές που υπολογίζονται για τους τρεις σταθμούς κυκλοφορίας που παρακολουθούν τις συγκεντρώσεις PM₁₀ (Αριστοτέλους, Πειραιάς, Μαρούσι), υπερέβησαν τα 50μg m⁻³ στο 94% των διαθέσιμων ετήσιων χρονοσειρών.

Σε αντίθεση με το διοξείδιο του αζώτου, κάποιοι σταθμοί υποβάθρου, παρά τη σταδιακή ελάττωση των τιμών, εξακολουθούν να καταγράφουν υπερβάσεις της οριακής τιμής, καθώς μόνο κατά τα έτη 2014 και 2015 δεν ξεπεράστηκαν αναλογικά οι επιτρεπόμενες υπερβάσεις της 24-ωρης οριακής τιμής σε κανέναν σταθμό υποβάθρου. Κατά το 2016, υπολογίζονται τιμές υψηλότερες από 50 μg m⁻³ στους τρεις σταθμούς κυκλοφορίας και σε δύο από τους 6 σταθμούς υποβάθρου.

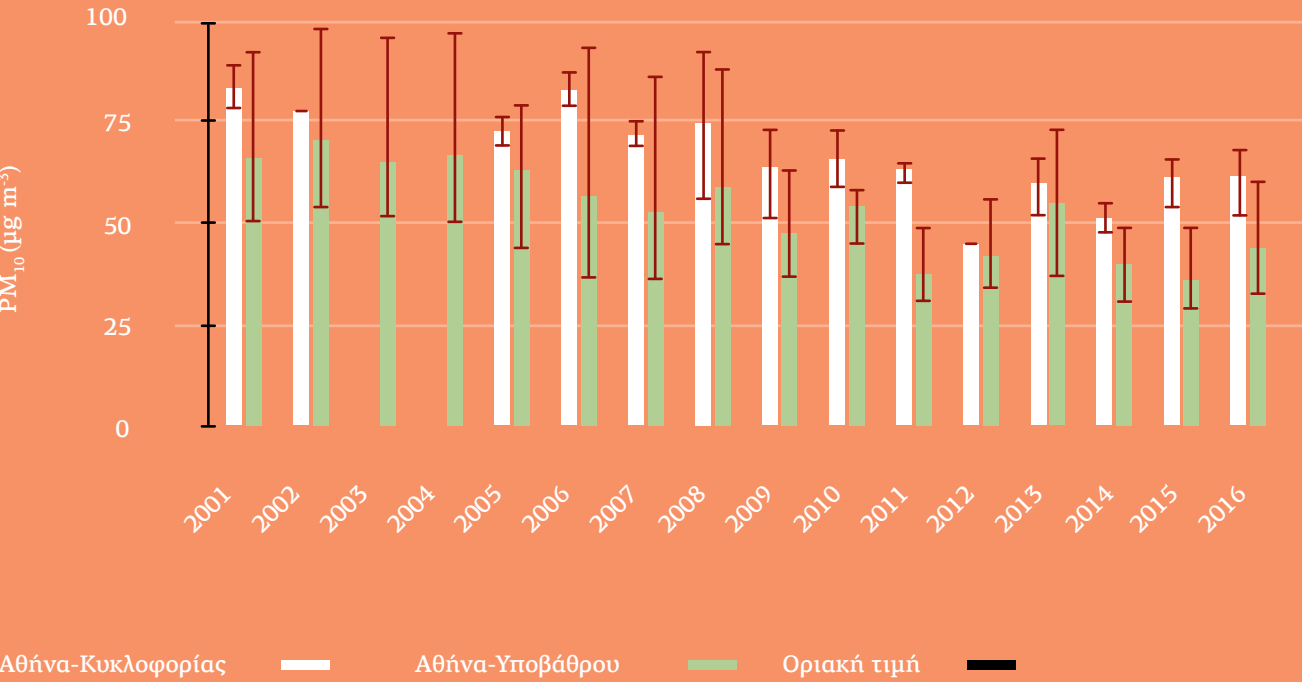
Στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων για τα PM₁₀ πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η - μεταβαλλόμενη ανά τα έτη - επίδραση των φαινομένων διασυνοριακής μεταφοράς σωματιδίων φυσικής προέλευσης (π.χ. Αφρικανική σκόνη) στην καταγραφή υπερβάσεων του 24-ώρου προτύπου. Πρόσθετη παράμετρος που συντελεί στη συνέχιση της καταγραφής υπερβάσεων σε θέσεις υποβάθρου, παρά τη μείωση των πρωτογενών εκπομπών, αποτελεί η ισχυρή εκπομπή σωματιδίων από την καύση βιομάζας για οικιακή θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες.

Η διαχρονική παρακολούθηση του δείκτη για τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{2.5} στην Ελλάδα είναι λιγότερο ενδεικτική, λόγω του σχετικά περιορισμένου αριθμού θέσεων μέτρησης. Στο Γράφημα 2.4.23 παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα για τα τρία έτη, κατά τα οποία υπάρχει διαθεσιμότητα χρονοσειρών επαρκούς πληρότητας (> 75%) ταυτόχρονα σε θέσεις κυκλοφορίας και υποβάθρου. Παρατηρείται πλέον ότι κατά το 2016 δεν καταγράφεται υπέρβαση της οριακής τιμής σε καμία από τις δύο θέσεις κυκλοφορίας όπου γίνεται μέτρηση PM_{2.5} στην Αθήνα μετά την αναβάθμιση του δικτύου. Η μέση τιμή των ετήσιων συγκεντρώσεων τους είναι κατά 7,4 μg m⁻³ (58%) μεγαλύτερη, από την αντίστοιχη των σταθμών υποβάθρου, συνιστώντας σημαντική κυκλοφοριακή ενίσχυση των επιπέδων και υποδεικνύοντας το περιθώριο για περαιτέρω μείωση των επιπέδων στις κεντρικές περιοχές της πόλης.

Γράφημα 2.4.23
Μέση τιμή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων PM_{2.5} που καταγράφονται σε σταθμούς κυκλοφορίας και υποβάθρου στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας



Γράφημα 2.4.22
Μέση τιμή και εύρος των τιμών του 90,4^{ου} εκατοστημορίου ημερησίων συγκεντρώσεων PM₁₀ που καταγράφονται σε σταθμούς κυκλοφορίας και υποβάθρου (αστικού και περιαστικού) στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας



Π.1. Ευρωπαϊκή νομοθεσία

Π.1.1. Ευρωπαϊκή νομοθεσία σχετικά με την ποιότητα της ατμόσφαιρας

Το αρχικό πλαίσιο για τη νομοθεσία σχετικά με την ολοκληρωμένη αποτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος, στις χώρες της ΕΕ, τέθηκε από την οδηγία-πλαίσιο 96/62/ΕΚ, στην οποία μεταξύ άλλων αναφέρονταν οι ατμοσφαιρικοί ρύποι-κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Οι στόχοι της οδηγίας-πλαίσιο περιλάμβαναν:

→ τον προσδιορισμό και καθορισμό στόχων για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, ώστε να αποφεύγονται, να προλαμβάνονται ή να μειώνονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο σύνολο του περιβάλλοντος.

→ την βάσει κοινών μεθόδων και κριτηρίων, εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα στις ευρωπαϊκές χώρες.

→ τη συγκέντρωση κατάλληλων πληροφοριών για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και την ενημέρωση του κοινού, μεταξύ άλλων, μέσω ορίων συναγερμού.

→ τη διατήρηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα όταν είναι καλή και τη βελτίωσή της στις άλλες περιπτώσεις.

Από την οδηγία-πλαίσιο προήλθαν 4 θυγατρικές οδηγίες, σχετικές με α) τα αιωρούμενα σωματίδια PM₁₀, το διοξείδιο του θείου, τα οξειδία του αζώτου και τον μόλυβδο (1999/30/ΕΚ), β) το μονοξείδιο του άνθρακα και το βενζόλιο (2000/69/ΕΚ), γ) το όζον (2002/3/ΕΚ) και δ) το αρσενικό, το κάδμιο, το νικέλιο, τον υδράργυρο και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (2004/107/ΕΚ).

Η ισχύουσα οδηγία για την ποιότητα του αέρα σε σχέση με τους κύριους ρύπους στις χώρες της ΕΕ είναι η **2008/50/ΕΚ** (ΕΚ, 2008), η οποία αντικατέστησε την οδηγία-πλαίσιο και τις θυγατρικές οδηγίες, πλην της **2004/107/ΕΚ** (ΕΚ, 2004α). Συγκεντρώνει τους στόχους που είχαν προβλεφθεί από την προϋπάρχουσα νομοθεσία, σχετικά με τα PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃, CO, μόλυβδο και βενζόλιο, και προβλέπει νέους στόχους ποιότητας της ατμόσφαιρας για τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{2,5}, περιλαμβάνοντας οριακή τιμή και στόχους σχετικούς με τον περιορισμό της πληθυσμιακής έκθεσης. Στην οδηγία προστίθεται η πρόβλεψη αφαίρεσης της συνεισφοράς φυσικών πηγών ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κατά την εξέταση της συμμόρφωσης με τις οριακές τιμές. Τέλος, ενσωματώνεται προηγούμενη απόφαση (97/101/ΕΚ) για την καθιέρωση διαδικασίας αμοιβαίας ανταλλαγής πληροφοριών και δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης, από μεμονωμένους σταθμούς και δίκτυα.

Οι οδηγίες 2008/50ΕΚ και 2004/107/ΕΚ τροποποιούνται από την οδηγία **(ΕΕ) 2015/1480** (ΕΕ, 2015α), ως προς ορισμένα παραρτήματα και συμπληρώνονται με κανόνες σχετικά με τις μεθόδους αναφοράς, την επικύρωση των δεδομένων και την τοποθεσία των σημείων δειγματοληψίας. Αντίστοιχα, συμπληρώνονται από την εκτελεστική απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής 2011/850/ΕΕ, με οδηγίες, αναφορικά με την αμοιβαία ανταλλαγή πληροφοριών και την υποβολή εκθέσεων για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα.

Π.1.2. Ευρωπαϊκή νομοθεσία σχετικά με τις εκπομπές

Η οδηγία 2001/81/ΕΚ (National Emission Ceilings Directive - NECD) προέβλεπε εθνικά όρια εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων, συγκεκριμένα για το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου, τις μη-μεθανιούχες πηπτικές οργανικές ενώσεις (Non-Methane Volatile Organic Compounds, NMVOC) και την αμμωνία. Στόχος της οδηγίας ήταν ο περιορισμός των εκπομπών ρύπων που προκαλούν οξίνιση, ευτροφισμό και εκπομπή προδρόμων ενώσεων του όζοντος, προκειμένου να βελτιωθεί η προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας, από τους σχετικούς κινδύνους. Ως ημερομνία επίτευξης των απαιτούμενων μειώσεων για τη συμμόρφωση προς τα καθοριζόμενα όρια είχε τεθεί το έτος 2010. Η οδηγία επίσης προέβλεπε την κατάρτιση εθνικών προγραμμάτων που περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με πολιτικές και μέτρα για την προοδευτική μείωση των εκπομπών και ποσοτικοποίηση της αναμενόμενης επίδρασης τους.

Η νέα οδηγία **(ΕΕ) 2016/2284** (ΕΕ, 2016α) αντικαθιστά την 2001/81/ΕΚ, στο πλαίσιο της αναθεώρησης του καθεστώτος εθνικών ανώτατων ορίων εκπομπών με στόχο την εναρμόνιση προς τις διεθνείς δεσμεύσεις της ΕΕ και των κρατών-μελών (σε σχέση με το αναθεωρημένο πρωτόκολλο του Γκέτεμποργκ) και τον περιορισμό των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία. Στους ρύπους αναφοράς της 2001/81/ΕΚ προστίθενται πλέον και τα λεπτά αιωρούμενα σωματίδια PM_{2,5}. Καθορίζονται δεσμευτικά ποσοστά μείωσης εκπομπών για τα έτη μεταξύ 2020-2029 και για τα έτη από το 2030 και έπειτα, με έτος βάσης το 2005. Ζητείται εκ νέου η κατάρτιση εθνικών προγραμμάτων ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Στο πλαίσιο της οδηγίας, τα κράτη μέλη είναι υποχρεωμένα να καταρτίζουν και να επικαιροποιούν ετησίως εθνικές απογραφές εκπομπών για τους προβλεπόμενους ρύπους (και ανά τετραετία με χωρική διακριτοποίηση). Επίσης, θα πρέπει να καταρτίζουν και να υποβάλουν προβλέψεις εκπομπών και ενημερωτικές εκθέσεις απογραφής. Η παρακολούθηση και αναφορά των εκπομπών εξετάζει και πρόσθετους ρύπους. Αυτοί περιλαμβάνουν τα CO, BC (“αιθάλη”), έμμονους οργανικούς ρύπους (POPs), μεταξύ των οποίων PAHs και διοξίνες/φουράνια, και βαρέα μέταλλα (Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn και ενώσεις τους).

Εκτός από τις εθνικές εκπομπές, η ευρωπαϊκή νομοθεσία προβλέπει τον περιορισμό των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων και σε επίπεδο διακριτών τομέων δραστηριότητας. Αναφορικά με τον οδικό τομέα, τα διαδοχικά πρότυπα EURO είχαν ως αποτέλεσμα σημαντικές μειώσεις στις άμεσες εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων από οχήματα. Ο κανονισμός **(ΕΚ) αριθ. 715/2007/ΕΚ** (ΕΚ, 2007), όπως τροποποιείται και συμπληρώνεται από τους κανονισμούς (ΕΚ) αριθ. 692/2008, (ΕΕ) 2016/427, (ΕΕ) 2016/646, (ΕΕ) 2017/1151, (ΕΕ) 2017/1154, προβλέπει όρια εκπομπών στα ελαφρά επιβατικά και εμπορικά οχήματα (Euro 5&6), για το μονοξείδιο του άνθρακα, τους υδρογονάνθρακες, τα οξείδια του αζώτου και την κατά μάζα συγκέντρωση αιωρουμένων σωματιδίων. Προβλέπεται πλέον συγκεκριμένη διαδικασία προκειμένου ο έλεγχος των εκπομπών να πραγματοποιείται σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης, ώστε να αποτυπώνει καλύτερα - σε σχέση με τις εργαστηριακές συνθήκες - τις μετρούμενες στον δρόμο εκπομπές.

Για τα βαρέα επαγγελματικά οχήματα, τα όρια εκπομπών (Euro VI) προβλέπονται από τον κανονισμό **(ΕΚ) αριθ. 595/2009** (ΕΚ, 2009α), όπως τροποποιείται από τους κανονισμούς (ΕΕ) αριθ. 582/2011 και (ΕΕ) 2016/1718. Επίσης, ο κανονισμός **(ΕΕ) 2016/1628** (ΕΕ, 2016β) θέτει όρια εκπομπών για τους αέριους και σωματιδιακούς ρύπους από κινητήρες εσωτερικής καύσης για μη-οδικά κινητά μηχανήματα, αντικαθιστώντας την οδηγία 97/68/ΕΚ, όπως αυτή τροποποιήθηκε από τις οδηγίες 2001/63/ΕΚ, 2002/88/ΕΚ και 2004/26/ΕΚ και 2012/46/ΕΕ.

Σχετικά με τις εκπομπές από τη βιομηχανική δραστηριότητα και τις μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης, η οδηγία **2010/75/ΕΕ** (Industrial Emissions Directive - IED)[ΕΕ, 2010] θέτει τις βασικές αρχές για την αδειοδότηση και τον έλεγχο των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, στη βάση μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης και εφαρμογής βέλτιστων διαθέσιμων πρακτικών, αντικαθιστώντας την οδηγία IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) για την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης (2008/1/ΕΚ, σε αντικατάσταση της 96/62/ΕΚ). Η οδηγία 2010/75/ΕΕ, επίσης, αντικαθιστά την οδηγία 2001/80/ΕΚ ως προς τον καθορισμό ορίων εκπομπών SO₂, NO_x, σκόνης και CO από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσεις (Large Combustion Plants - LCP). Ακόμα, αντικαθιστά τις οδηγίες 2000/76/ΕΚ (όρια εκπομπής από μονάδες αποτέφρωσης αποβλήτων) και 1999/13/ΕΚ (οριακές τιμές εκπομπών για δραστηριότητες που χρησιμοποιούν οργανικούς διαλύτες). Αντίστοιχα, η οδηγία **(ΕΕ) 2015/2193** (ΕΕ, 2015β) προβλέπει τον περιορισμό εκπομπών SO₂, NO_x, και σκόνης, από μεσαίου μεγέθους μονάδες καύσης (Medium Combustion Plants - MCP).

Η οδηγία **94/63/ΕΚ** (ΕΚ, 1994) προβλέπει τον έλεγχο των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων που προέρχονται από την αποθήκευση βενζίνης και τη διάθεσή της από τις τερματικές εγκαταστάσεις στους σταθμούς διανομής καυσίμων, καθορίζοντας τις απαιτήσεις για την πρόληψη εκλύσεων, λόγω εξάτμισης στις διαδικασίες φόρτωσης, εκφόρτωσης, αποθήκευσης και μεταφοράς. Με την οδηγία **2009/126/ΕΚ** (ΕΚ, 2009β), σχετικά με την ανάκτηση ατμών βενζίνης κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού μηχανοκίνητων οχημάτων σε πρατήρια καυσίμων, προβλέπεται η ελάχιστη ανάκτηση κατά 85% από τα συστήματα που θα εγκατασταθούν σε παλαιά και νέα πρατήρια.

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία προβλέπει, επίσης, τη μείωση της περιεκτικότητας καυσίμων και προϊόντων σε ουσίες που σχετίζονται με την εκπομπή ατμοσφαιρικών ρύπων. Η οδηγία **2003/17/ΕΚ** (ΕΚ, 2003), για την ποιότητα των καυσίμων, τροποποιεί την παλαιότερη οδηγία 98/70/ΕΚ και καθορίζει τα όρια περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα βενζίνης και ντίζελ, βενζολίου και μολύβδου στη βενζίνη και πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων στα καύσιμα ντίζελ. Με γνώμονα τη μείωση των εκπομπών από τους τομείς της παραγωγής ενέργειας και των θαλασσίων μεταφορών εκδόθηκε η οδηγία **(ΕΕ) 2016/802** (ΕΕ, 2016γ), σχετικά με τη μείωση της περιεκτικότητας υγρών καυσίμων σε θείο, σε συνέχεια των οδηγιών 2012/33/ΕΕ, 2005/33/ΕΚ και 1999/32/ΕΚ. Η οδηγία **2004/42/ΕΚ** (Paints Directive) [ΕΚ, 2004β] προβλέπει όρια στην περιεκτικότητα πτητικών οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε οργανικούς διαλύτες, με σκοπό τον περιορισμό των εκπομπών τους, κατά τη χρήση χρωμάτων διακόσμησης, βερνικιών και προϊόντων φανοποιίας.

Τέλος, με τον κανονισμό **166/2006/ΕΚ** (ΕΚ, 2006) συστήνεται μητρώο έκλυσης και μεταφοράς ρύπων (EPRTR - European Pollutant Release and Transfer Register), στο πλαίσιο της διευκόλυνσης της δημόσιας πρόσβασης σε περιβαλλοντική πληροφορία, στο οποίο, μεταξύ άλλων, πραγματοποιείται η καταγραφή των εκπομπών, από τις εμπίπτουσες στις διατάξεις του κανονισμού εγκαταστάσεις, μιας σειράς από ρύπους στην ατμόσφαιρα.

Π.2. Διεθνής νομοθεσία

Σε διεθνές επίπεδο, στο ζήτημα των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα και της προστασίας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, εστιάζει η σύμβαση για τη διαμεθοριακή ρύπανση της ατμόσφαιρας σε μεγάλες αποστάσεις (CLRTAP - Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution). Η σύμβαση υπογράφηκε το 1979 στη Γενεύη από τα μέλη της οικονομικής επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE), ως απόρροια της προσπάθειας αντιμετώπισης των προβλημάτων που σχετίζονταν με την όξινη βροχή στις ευρωπαϊκές χώρες, η οποία ήδη από τη δεκαετία του 1960 είχε αποδοθεί στη μεταφορά εκπεμπόμενων ρύπων σε μεγάλες αποστάσεις. Τα μέρη της σύμβασης δεσμεύθηκαν να συνεργασθούν, ώστε να ελέγξουν, να μειώσουν βαθμιαία και μελλοντικά να είναι σε θέση να προλαμβάνουν τις απορρίψεις ατμοσφαιρικών ρύπων, με σκοπό την καταπολέμηση της συνεπαγόμενης διαμεθοριακής ρύπανσης της ατμόσφαιρας (UNECE, 1979).

Δυνάμει αυτής της σύμβασης έχουν συνταχθεί συνολικά 8 ξεχωριστά πρωτόκολλα:

→ το πρωτόκολλο του 1984, με αντικείμενο τη μακροπρόθεσμη χρηματοδότηση του προγράμματος συνεργασίας για τη συνεχή παρακολούθηση και εκτίμηση της μεταφοράς σε μεγάλη απόσταση ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρώπη (EMEP). Το πρωτόκολλο αποτελεί ένα όργανο για την υποστήριξη ενός προγράμματος παρακολούθησης, στο οποίο στηρίζεται η επιθεώρηση και αξιολόγηση της -σχετικής με τις δεσμεύσεις περιορισμού εκπομπών της σύμβασης - ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ευρώπη.

Τα κύρια μέρη του προγράμματος είναι: α) η συλλογή δεδομένων εκπομπών για το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου, τις πτητικές οργανικές ενώσεις και άλλους ρύπους, β) η μέτρηση της ποιότητας του αέρα και των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και γ) η μοντελοποίηση της διασποράς των ρύπων. Στα πλαίσια του EMEP λειτουργούν πάνω από 200 σταθμοί στις ευρωπαϊκές χώρες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα.

→ το πρωτόκολλο του Ελσίνκι (1985) για τη μείωση των εκπομπών θείου ή της διαμεθοριακής μεταφοράς τους. Προέβλεπε την ανάλψη, από τα μέρη του πρωτοκόλλου, εκπόνησης εθνικών προγραμμάτων και στρατηγικών για τον περιορισμό των εκπομπών, κατά τουλάχιστον 30%, έως το 1993, με έτος βάσης το 1980.

→ το πρωτόκολλο της Σόφιας (1988, τροποποιημένο το 1996) σχετικά με την καταπολέμηση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου ή της διαμεθοριακής μεταφοράς τους. Τα μέρη του πρωτοκόλλου ανέλαβαν να ελέγξουν ή να περιορίσουν

τις εκπομπές τους κατάλληλα, ώστε από το 1994 να μην υπερβαίνουν τις εκπομπές του έτους βάσης (1987, για τις χώρες της Ευρώπης). Από τα κράτη απαιτήθηκε η θέσπιση μέτρων ελέγχου εκπομπών για μεγάλες σημειακές πηγές και η εφαρμογή ορίων εκπομπών σε σημειακές και κινητές πηγές, στη βάση βέλτιστων διαθέσιμων και οικονομικά εφικτών τεχνολογιών.

→ το πρωτόκολλο της Γενεύης (1991, τροποποιημένο το 1996) σχετικά με την καταπολέμηση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων ή της διαμεθοριακής μεταφοράς τους. Το πρωτόκολλο στόχευε στη μείωση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων, αναγνωρίζοντας την συμβολή τους στις διαδικασίες σχηματισμού τροποσφαιρικού όζοντος και καθόριζε την κατά 30% μείωση των εκπομπών έως το 1999 ή τη σταθεροποίηση τους στην περίπτωση μη-υπέρβασης των καθορισμένων επιπέδων.

→ το πρωτόκολλο του Όσλο (1994) για την περαιτέρω μείωση των εκπομπών του θείου. Αναγνωρίζοντας τα αποτελέσματα του πρωτοκόλλου του Ελσίνκι, τέθηκαν ανώτατα όρια εκπομπών για την περίοδο έως το 2010. Τα μέρη του πρωτοκόλλου ανέλαβαν τη λήψη των απαιτούμενων μέτρων για την επίτευξη των σχετικών μειώσεων, τα οποία περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, την χρήση ΑΠΕ και τον περιορισμό του περιεχομένου θείου στα καύσιμα.

→ τα πρωτόκολλα του Άαρχους (1998) για τα βαρέα μέταλλα και για τους έμμονους οργανικούς ρύπους.

- το πρωτόκολλο για τα βαρέα μέταλλα (το οποίο τροποποιήθηκε το 2012) εστιάζει σε τρία ιδιαίτερως επιβλαβή στοιχεία: τον μόλυβδο, το κάδμιο και τον υδράργυρο. Προβλέπει των περιορισμό των εκπομπών τους, κυρίως από βιομηχανικές πηγές, από πηγές που σχετίζονται με καύσεις (παραγωγή ενέργειας, οδικές μεταφορές) και από την αποτέφρωση αποβλήτων. Επίσης, προδιαγράφει τη σταδιακή εγκατάλειψη της χρήσης μολυβδωμένης βενζίνης και μέτρα διαχείρισης των συσκευών και προϊόντων που περιέχουν υδράργυρο.

- το πρωτόκολλο για τους έμμονους οργανικούς ρύπους (Persistent Organic Pollutants - POPs) εστιάζει σε 16 ενώσεις/ομάδες ενώσεων αυξημένης επικινδυνότητας, οι οποίες περιλαμβάνουν τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs), τις πολυχλωριωμένες δι-βενζο διοξίνες και φουράνια (PCDD/Fs), τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs) και μια σειρά από ζιζανιοκτόνα και παρασιτοκτόνα. Για κάποιες από αυτές, η παραγωγή και χρήση απαγορεύεται αμέσα και για άλλες προβλέπεται σε δεύτερη φάση. Το πρωτόκολλο απαιτεί από τα μέρη του, τον περιορισμό των εκπομπών PAHs, PCDD/Fs και εξαχλωροβενζολίου, σε επίπεδα χαμηλότερα αυτών του 1990. Κατά την τροποποίηση του πρωτοκόλλου το 2009, μεταξύ άλλων, προστέθηκαν 7 νέες ενώσεις (5 προς άμεση απαγόρευση και 2 με πρόβλεψη περιορισμού χρήσης).

→ το πρωτόκολλο του Γκέτεμπορκ (1999) για τη μείωση της οξίνισης, του ευτροφισμού και του όζοντος σε επίπεδο εδάφους. Το πρωτόκολλο θέτει εθνικά όρια εκπομπών προς επίτευξη για το 2010 και 2020, για 4 ρύπους (SO₂, NO_x, VOCs και NH₃). Επίσης, θεσπίζει αυστηρά όρια για συγκεκριμένες κατηγορίες εκπομπών (εγκαταστάσεις καύσης, παραγωγή ενέργειας, οχήματα και εγκαταστάσεις καθαρισμού) και απαιτεί την εφαρμογή βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών για τον περιορισμό τους. Προβλέπει τη μείωση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων από βαφές και τη λήψη συγκεκριμένων μέτρων για τον έλεγχο των

εκπομπών αμμωνίας από τον γεωργικό τομέα. Ακόμα, προβλέπει την ετήσια αναφορά των εκπομπών σε εθνικό επίπεδο και την πραγματοποίηση προβολών για τις μελλοντικές εκπομπές.

Στο αναθεωρημένο πρωτόκολλο (2012) περιλαμβάνονται νέες δεσμεύσεις μείωσης εκπομπών για το 2020 και μετέπειτα. Για πρώτη φορά προβλέπονται μειώσεις εκπομπών συγκεκριμένα για τα λεπτά αιωρούμενα σωματίδια (PM_{2,5}). Επίσης, για πρώτη φορά, περιλαμβάνεται σε πρωτόκολλο της σύμβασης ο “μαύρος άνθρακας” (BC), ένα από τα βασικά συστατικά των αιωρουμένων σωματιδίων.

Εκτός από τη σύμβαση CLRTAP, σχετικές με το αντικείμενο των ατμοσφαιρικών εκπομπών ρύπων είναι και:

→ η διεθνής σύμβαση MARPOL (IMO,1978), για την πρόληψη ρύπανσης από πλοία (σύμφωνα με την τροποποίηση που βρίσκεται σε ισχύ από το 2005 και τις μετέπειτα αναθεωρήσεις), η οποία προβλέπει όρια για την περιεκτικότητα των καυσαερίων πλοίων σε SO₂, NO_x (και VOCs στην περίπτωση των δεξαμενοπλοίων), καθώς και περιορισμό της περιεκτικότητας των καυσίμων σε θείο. Σε καθορισμένες περιοχές ελέγχου εκπομπών προβλέπονται αυστηρότερα όρια για τα SO₂, NO_x και για τα αιωρούμενα σωματίδια.

→ η σύμβαση της Στοκχόλμης (UN, 2001), για τους έμμονους οργανικούς ρύπους, αναδεικνύει σε παγκόσμιο επίπεδο τη γενικευμένη σημασία τους, η οποία είχε ήδη επισημανθεί στο πρωτόκολλο του Άαρχους.

→ η σύμβαση της Μιναμάτα (UN, 2013) για τον υδράργυρο, περιλαμβάνει προβλέψεις για τον έλεγχο των ατμοσφαιρικών εκλύσεων και της έκθεσης σε υδράργυρο και τις ενώσεις του, ιδίως μέσω μέτρων ελέγχου εκπομπών από σημειακές πηγές. Ως απόρροια της επικύρωσης της σύμβασης από την ΕΕ, προβλέπεται η τροποποίηση της ευρωπαϊκής νομοθεσίας, ώστε να αναδειχθεί ως η πρώτη ελεύθερη από υδράργυρο παγκόσμια οικονομία, με την πλήρη απαγόρευση κάθε χρήσης του στη βιομηχανία ή σε προϊόντα (εκτός αν αυτή αποδεικνύεται αναγκαία για την προστασία της υγείας ή του περιβάλλοντος).

Π.3. Εθνική νομοθεσία

Σε μεγάλο βαθμό, η εθνική νομοθεσία που διέπει το ατμοσφαιρικό περιβάλλον εκπορεύεται από την εναρμόνιση με τις σχετικές ευρωπαϊκές οδηγίες, κανονισμούς και αποφάσεις. Στον Πίνακα Π.1 παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός πίνακας σχετικά με την ενσωμάτωση στην εθνική νομοθεσία, των κυριότερων κοινοτικών οδηγιών σε θέματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Επίσης, η Ελλάδα είναι μέλος της σύμβασης CLRTAP, την οποία έχει επικυρώσει από το 1983, και υποβάλει ετησίως απογραφικά δεδομένα για τις εκπομπές των ρύπων που καλύπτονται από αυτήν και τα συνδεδεμένα πρωτόκολλα. Επίσης, έχει επικυρώσει το 1998 τα πρωτόκολλα της Σόφιας και του Όσλο. Αναφορικά με το πρώτο (εκπομπές NO_x), από το 2010 έχει επιτύχει την προβλεπόμενη σταθεροποίηση των εκπομπών στα επίπεδα του 1987. Σχετικά με το δεύτερο (εκπομπές ενώσεων του θείου), επίσης έχει επιτύχει την τήρηση των προβλεπόμενων ορίων για τα έτη αναφοράς 2000, 2005, 2010.

Πίνακας Π.1

Αντιστοιχία ευρωπαϊκής - εθνικής νομοθεσίας σε θέματα σχετικά με το ατμοσφαιρικό περιβάλλον

Γενική περιγραφή	Οδηγία	Εθνικά μέτρα μεταφοράς
Ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα (ρύποι-κριτήρια)	2008/50/EK	KYA 14122/549, ΦΕΚ 488/Β/30.3.2011
Ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα (As, Cd, Hg, Ni, Pb, B[a]P)	2004/107/EK	KYA 22306/1075, ΦΕΚ 920/Β/8.6.2007
Ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα (τροποποιητική των ανωτέρω)	(ΕΕ) 2015/1480	ΥΑ 174505/607, ΦΕΚ 1311/Β/13.4.2017
Εθνικά όρια εκπομπών (NECD)	(ΕΕ) 2016/2284	KYA 174111/525, ΦΕΚ 1139/Β/31.3.2017
Βιομηχανικές εκπομπές (IED)	2010/75/EK	ΥΑ 36060/1155, ΦΕΚ 1450/Β/14.6.2013
Μεσαίες εγκαταστάσεις καύσης (MED)	(ΕΕ) 2015/2193	KYA 6164/2018, ΦΕΚ 1107/Β/27.3.2018
Εκπομπές από κινητήρες εσωτερικής καύσης σε μη-οδικά κινητά μηχανήματα	97/68/EK, 2001/63/EK, 2002/88/EK, 2004/26/EK, 2012/46/ΕΕ	ΥΑ Δ13/ο/121, ΦΕΚ 53/Β/24.1.2007 ΥΑ Δ13/ο/1096, ΦΕΚ 218/Β/4.2.2014
Έλεγχος εκπομπών VOC από αποθήκευση/μεταφορά βενζίνης	94/63/EK	KYA 10245/713, ΦΕΚ 311/Β/16.4.1997
Ανάκτηση ατμών βενζίνης κατά τον ανεφοδιασμό	2009/126/EK	KYA 21523/763, ΦΕΚ 1439/Β/2.5.2012
Περιεκτικότητα καυσίμων βενζίνης και ντίζελ σε θείο	2003/17/EK	KYA 291/2003, ΦΕΚ 332/Β/11.2.2004
Περιεκτικότητα καυσίμων σε θείο	2016/802/ΕΕ	KYA 128/2016, ΦΕΚ 3958/Β/9.12.2016
Εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από οργανικούς διαλύτες	2004/42/EK	KYA 437/2005, ΦΕΚ 1641/Β/8.11.2006

