



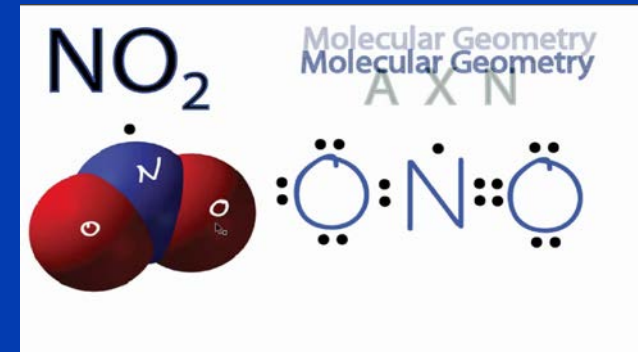
Εργαστήριο Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης-Τεχνολογίας Αντιρρύπανσης
Δρ. Κ.Π. Μουστρής

Μάθημα 4^ο: Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Οι βασικότεροι ρύποι
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

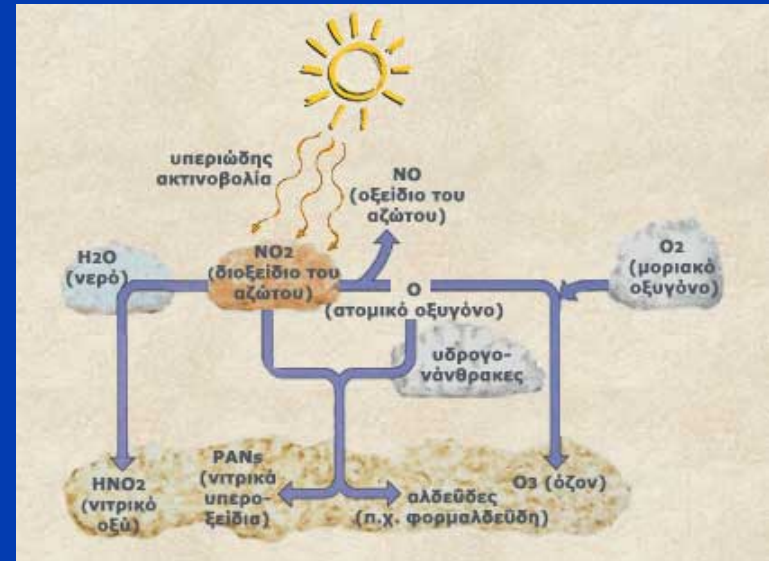
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

Με τον όρο οξειδία του αζώτου εννοούνται το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) που εμφανίζονται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Το άζωτο ως γνωστό αποτελεί το 78% περίπου του ατμοσφαιρικού αέρα. Κατά την καύση σχηματίζει οξειδία. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία της καύσης, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα των σχηματιζόμενων οξειδίων του αζώτου. Προσπάθεια μείωσης των θερμοκρασιών καύσης, οδηγεί σαφώς σε μείωση των παραγόμενων οξειδίων του αζώτου, αλλά μειώνει αισθητά το βαθμό απόδοσης της «μηχανής» καύσης αυξάνοντας έτσι την ενεργειακή κατανάλωση [1].



Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) είναι ένα αέριο άχρωμο και άοσμο. Αντίθετα, το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) έχει έντονη οσμή και ένα κόκκινο, κίτρινο και καστανό χρώμα. Η παρουσία του στην ατμόσφαιρα έχει επιπλέον αποτέλεσμα τη μείωση της φωτεινότητας και συντελεί στη δημιουργία της φωτοχημικής αιθαλομίχλης [1].



Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

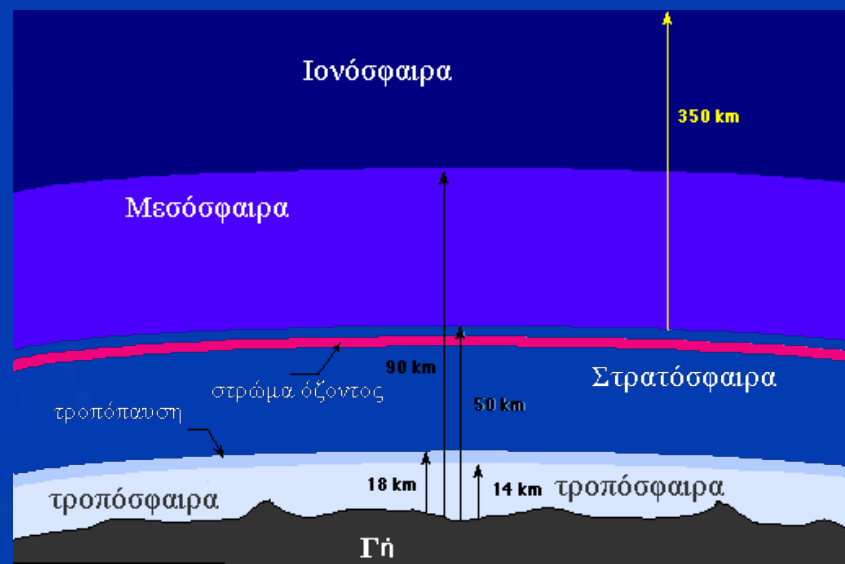
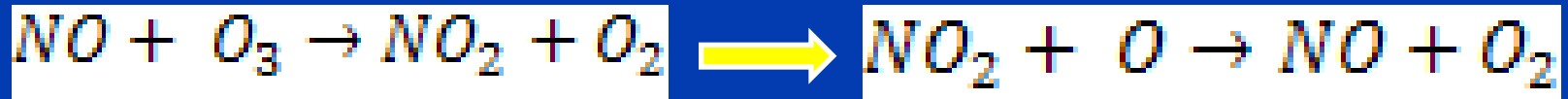
Οι κυριότερες πηγές μονοξειδίου του αζώτου (NO) στην ατμόσφαιρα είναι οι μηχανές εσωτερικής καύσης των αυτοκινήτων και των φορτηγών, οι βιομηχανικοί καυστήρες, οι καυστήρες κεντρικής θέρμανσης, οι καυστήρες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και γενικά οι κλίβανοι που καίγονται ορυκτά καύσιμα [1].



Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

Το NO στη συνέχεια με διάφορες χημικές αντιδράσεις που συντελούνται στην ατμόσφαιρα και ενισχύονται με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας, μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου (NO_2).

Ο σχηματισμός NO στην στρατόσφαιρα έχει μεγάλη σημασία για το περιβάλλον, αφού στη συνέχεια το παραγόμενο NO καταστρέφει το στρατοσφαιρικό όζον, δηλαδή το όζον της οζονόσφαιρας που «φιλτράρει» τις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου [2].

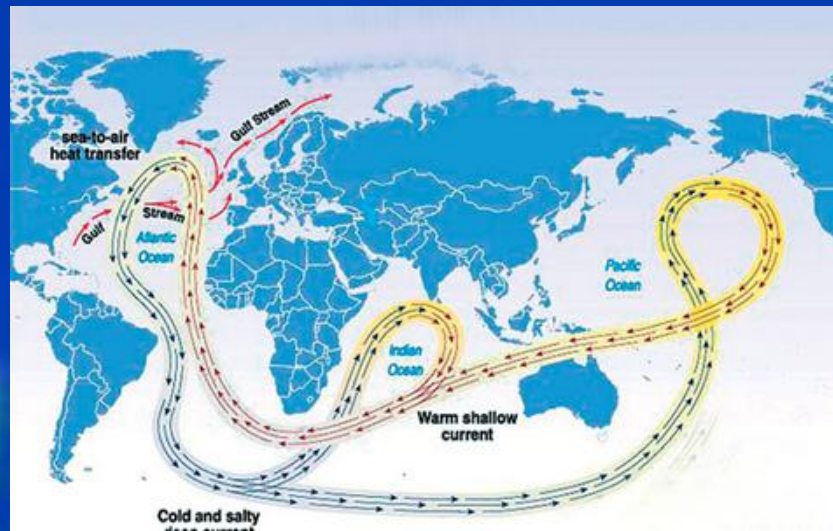


Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

Τα οξείδια του αζώτου συμμετέχουν στην εμφάνιση ποικιλίας αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Προκαλούν σημαντικές αλλαγές στη σύσταση ορισμένων ειδών βλάστησης, υδροβιότοπων και χερσαίων εκτάσεων. Δημιουργούν όξινη βροχή.

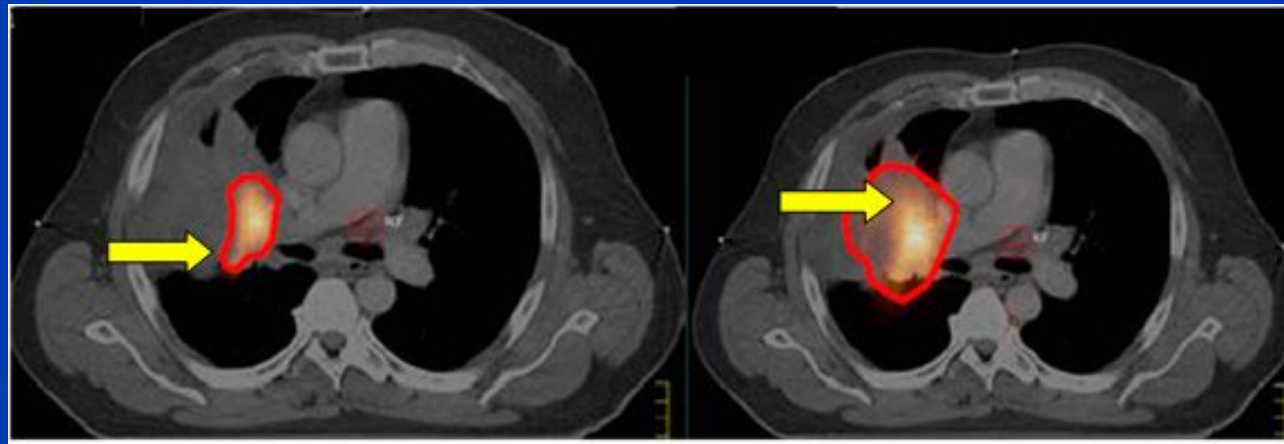


Προκαλούν την όξυνση και τον ευτροφισμό γλυκών υδάτων. Μειώνουν την ορατότητα. Αυξάνουν τα επίπεδα τοξινών σε διάφορα είδη ψαριών και άλλων υδρόβιων ζώων.



Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

Για τον άνθρωπο, έκθεση μικρής σχετικά χρονικής διάρκειας (λιγότερο από 3 ώρες) πιθανόν να οδηγήσει σε αναπνευστικές δυσλειτουργίες. Παρατεταμένη έκθεση σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί ευαισθησία του αναπνευστικού συστήματος και μόνιμες αλλοιώσεις των πνευμόνων.



Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

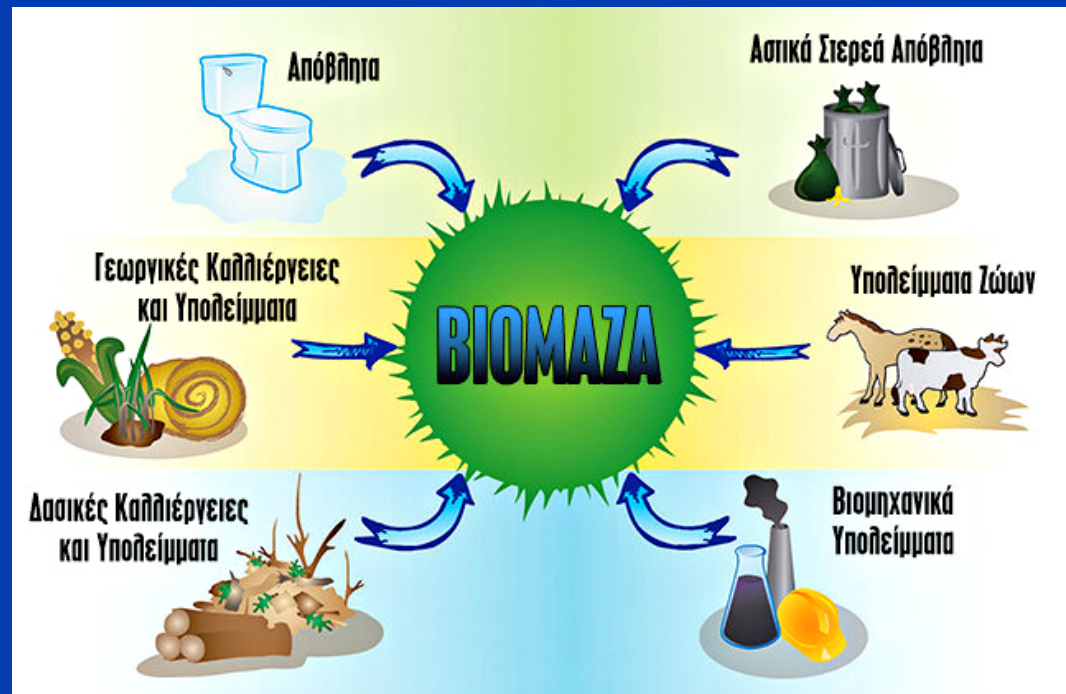
Το διοξείδιο του αζώτου παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στη χημεία της τροπόσφαιρας. Η γνώση της κατανομής και των εκπομπών του NO_2 σε παγκόσμια κλίμακα καθώς επίσης και της τροποσφαιρικής κατανομής του NO_2 είναι απαραίτητη για τους παρακάτω λόγους [3]:

- Τα οξειδία του αζώτου εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα σε μεγάλες ποσότητες εξαιτίας των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, όπως οι μεταφορές, η κυκλοφορία και η βιομηχανία. Κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, το μείγμα των NO_x μαζί με πτητικές οργανικές ενώσεις δημιουργεί στην ατμόσφαιρα φωτοχημική ομίχλη.



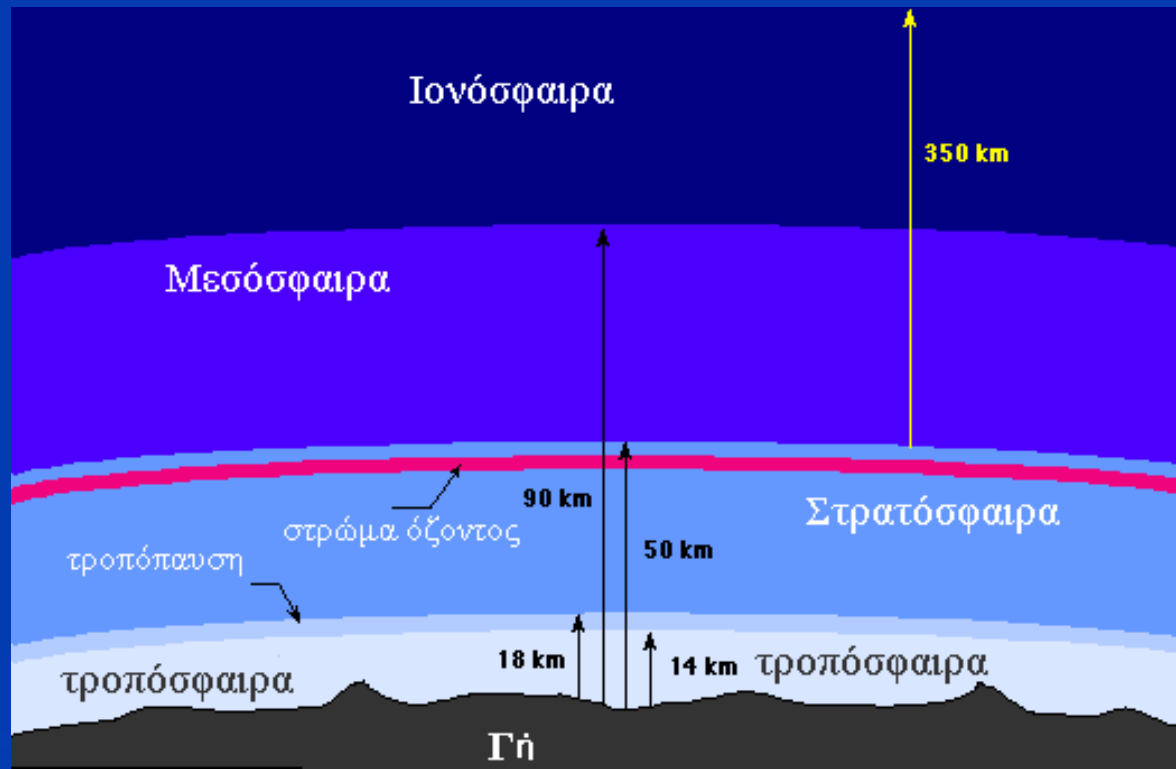
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

- Το χημικό ισοζύγιο του όζοντος στην τροπόσφαιρα καθορίζεται σε έναν μεγάλο βαθμό από τις συγκεντρώσεις των οξειδίων του αζώτου. Η γνώση της κατανομής και των ποσοτήτων του όζοντος μέσα στην ατμόσφαιρα μπορεί να γίνει μέσα από αντίστοιχες παρατηρήσεις των NO_x .
- Η μεταβλητότητα στις συγκεντρώσεις των οξειδίων του αζώτου είναι πάρα πολύ μεγάλη στην κατώτερη τροπόσφαιρα και κυρίως σε περιοχές με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα ή σε περιοχές με καύση βιομάζας.



Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

• Ο χρόνος παραμονής των NO_x στην κατώτερη τροπόσφαιρα είναι πολύ μικρός. Ως εκ τούτου, οι παρατηρήσεις των NO_x εντός του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος περιέχουν σημαντικές πληροφορίες για τις εκπομπές οξειδίου του αζώτου, καθώς και τις τάσεις σε αυτές τις εκπομπές.



Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

Η βασική αρχή στην οποία στηρίζεται η καταγραφή των οξειδίων του αζώτου είναι η χημειοφωταύγεια. Το μονοξείδιο του αζώτου αντιδρά με όζον και δίνει διοξείδιο του αζώτου και οξυγόνο. Το παραγόμενο NO₂ είναι διεγερμένο.

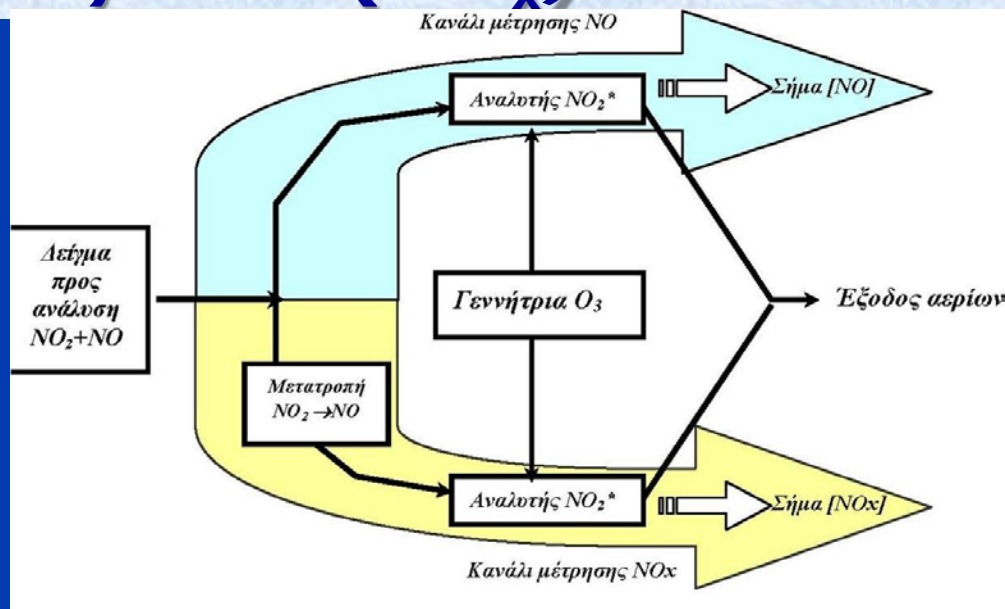


Στη συνέχεια, αποδιεγείρεται και εκπέμπει ένα φωτόνιο με μήκος κύματος $600\text{nm} < \lambda < 2500\text{nm}$. Η ενέργεια που εκπέμπεται με αυτό τον τρόπο είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του NO που αντέδρασε με το όζον. Η χαρακτηριστική ακτινοβολία που εκπέμπεται, επιλέγεται με τη χρήση οπτικών φίλτρων ή φωτοπολλαπλασιαστών.



Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

Αρχικά, το δείγμα του αέρα εισέρχεται από το πίσω μέρος του οργάνου, μέσω ενός φίλτρου που εμποδίζει τη σκόνη που υπάρχει πιθανά στον αέρα και με τη βοήθεια μιας αντλίας σταθερής παροχής. Στη συνέχεια, το δείγμα διαχωρίζεται σε δύο διαδρομές. Στην μια διαδρομή (κανάλι NO_x) το δείγμα περνάει από έναν «φούρνο» θερμοκρασίας $350\text{ }^\circ\text{C}$ στον οποίο το NO_2 μετατρέπεται σε NO . Το παραγόμενο NO μέσω ρυθμιστή ροής φτάνει στο θάλαμο αντίδρασης όπου και αντιδρά με το όζον. Από την άλλη διαδρομή, το δείγμα φτάνει απευθείας στον θάλαμο αντίδρασης [4].

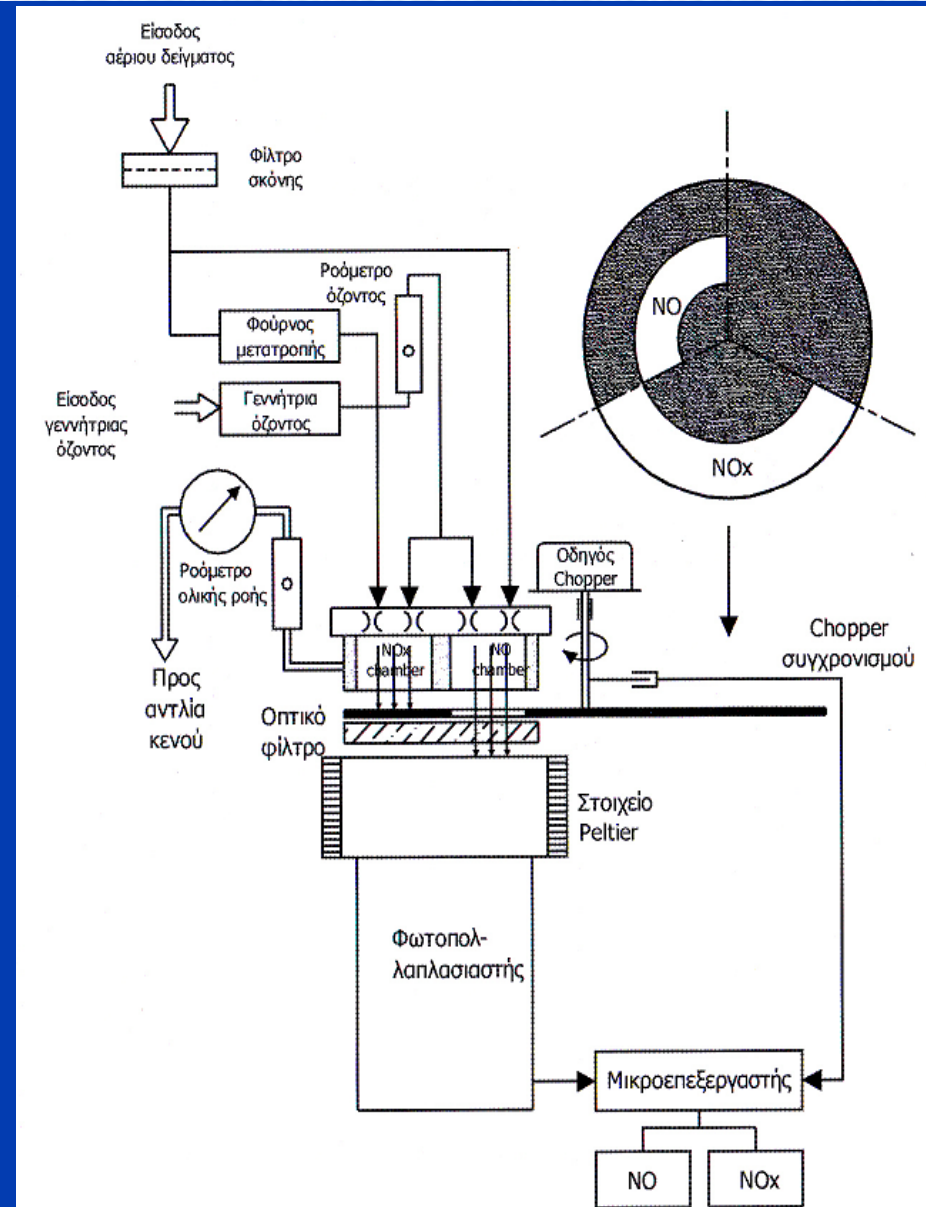


Οι δύο θάλαμοι αντίδρασης χωρίζονται με έναν φωτοπολλαπλασιαστή υψηλής ευαισθησίας. Ο φωτοπολλαπλασιαστής με ένα κατάλληλο πέτασμα (chopper), το οποίο βρίσκεται ανάμεσα σε αυτόν και τους δύο θαλάμους αντίδρασης, περιστρέφεται με μεγάλη συχνότητα δεχόμενος τρεις διαφορετικές ακτινοβολίες [4].

Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

Η μια ακτινοβολία προέρχεται από το NO , η άλλη από το NO_x και η τρίτη από ένα κλειστό διάφραγμα. Η διαφορά των σημάτων από τις ακτινοβολίες των NO και NO_x επιτρέπει την μέτρηση της συγκέντρωσης του NO_2 .

Η ανάλυση των σημάτων του φωτοπολλαπλασιαστή γίνεται από μικροϋπολογιστή ενώ ένα αναλογικό σήμα οδηγείται στην έξοδο του οργάνου και σε Η/Υ για αποθήκευση και περαιτέρω επεξεργασία [4].



Σχήμα 1. Διάγραμμα αναλυτή NO_x [4]

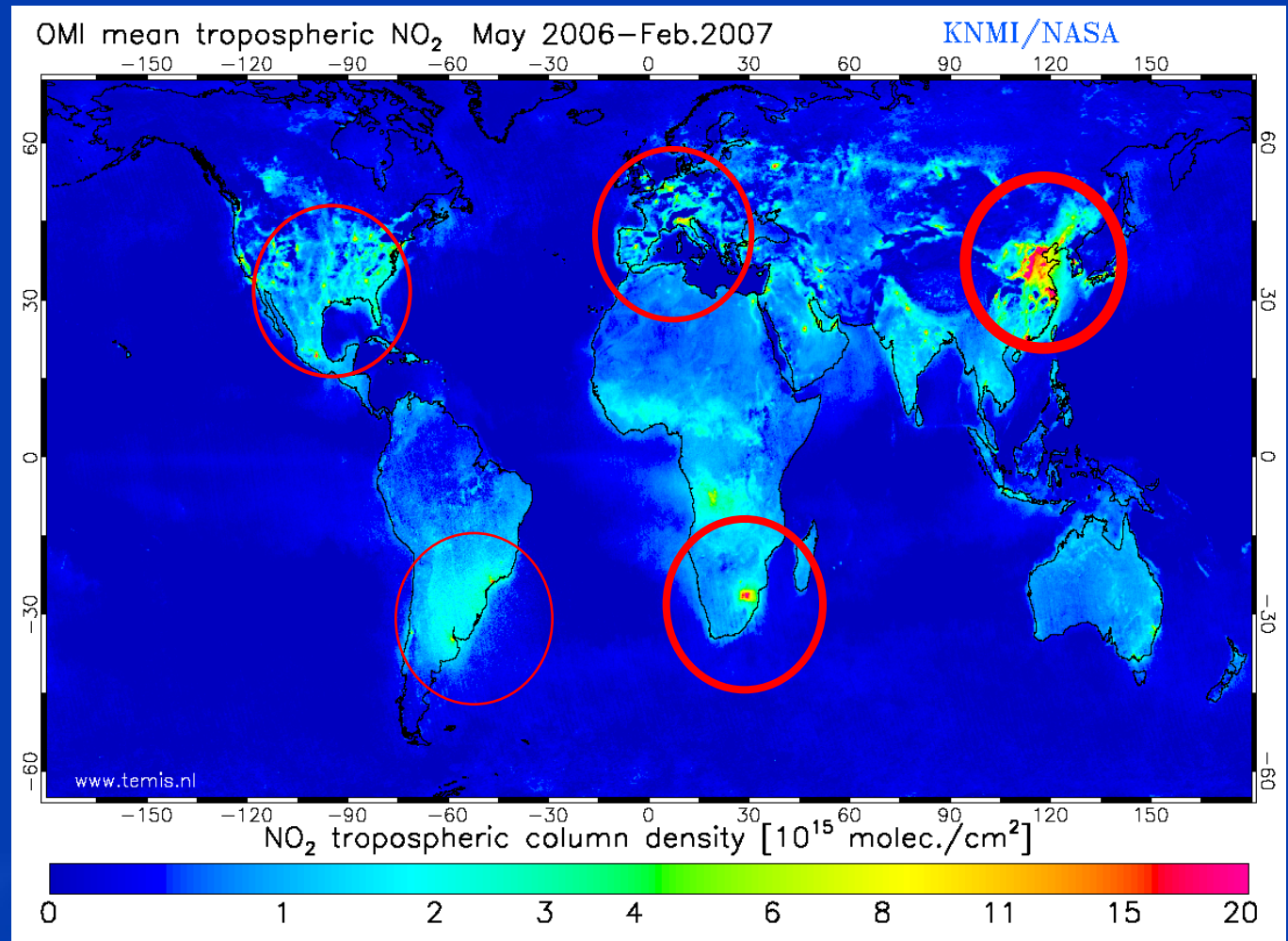
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

Εργασία	Περιοδικότητα
Αντικατάσταση φίλτρου σκόνης στην είσοδο του δείγματος	Ανά 15 ημέρες
Έλεγχος και αντικατάσταση (εφόσον χρειάζεται) φίλτρου εσωτερικής προστασίας ανεμιστήρα	»
Έλεγχος παραμέτρων ροής	»
Αλλαγή του silicagel (δεν περιμένουμε να γίνει τελείως ροζ).	»
Έλεγχος ZERO και SPAN	»
Αντικατάσταση φίλτρου ενεργού άνθρακα	Ανά 3 μήνες
Αντικατάσταση φίλτρου εισόδου γεννήτριας όζοντος	»
Έλεγχος αντλίας	»
Καθάρισμα θαλάμου αντίδρασης	Ανά 6 μήνες
Καθάρισμα ηλεκτροδίων γεννήτριας όζοντος	Ανά 6 μήνες
Μετατροπείας μολυβδενίου	Ετησίως
Έλεγχος και ρυθμίσεις σε όλα τα επί μέρους τμήματα του αναλυτή	Ετησίως

Πίνακας 1. Εργασίες ελέγχου καλής λειτουργίας και συντήρησης αναλυτή NO_x [4]



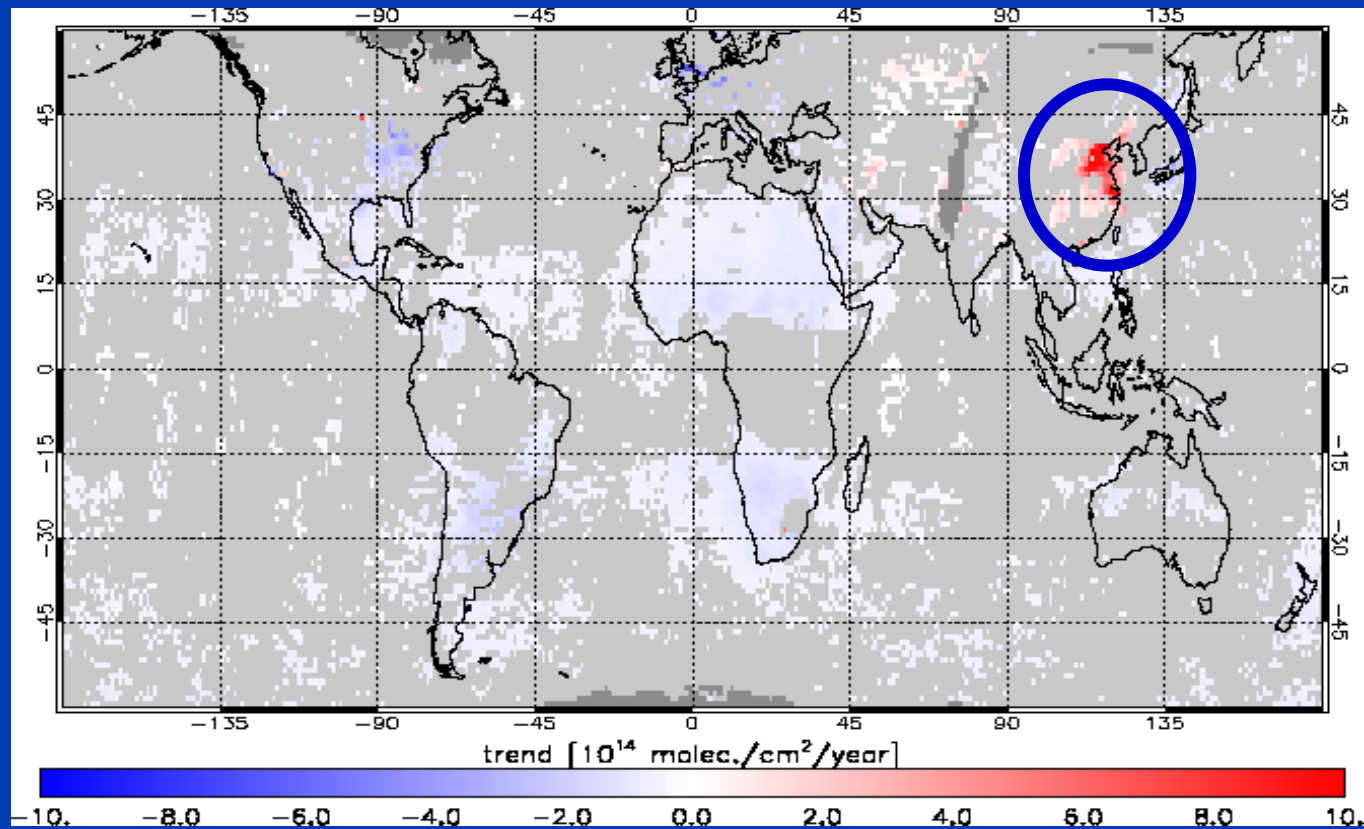
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 2. Παγκόσμιος χάρτης της στήλης NO_2 της μέσης τροπόσφαιρας το διάστημα μεταξύ Μαΐο 2006 έως Φεβρουάριο 2007

Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

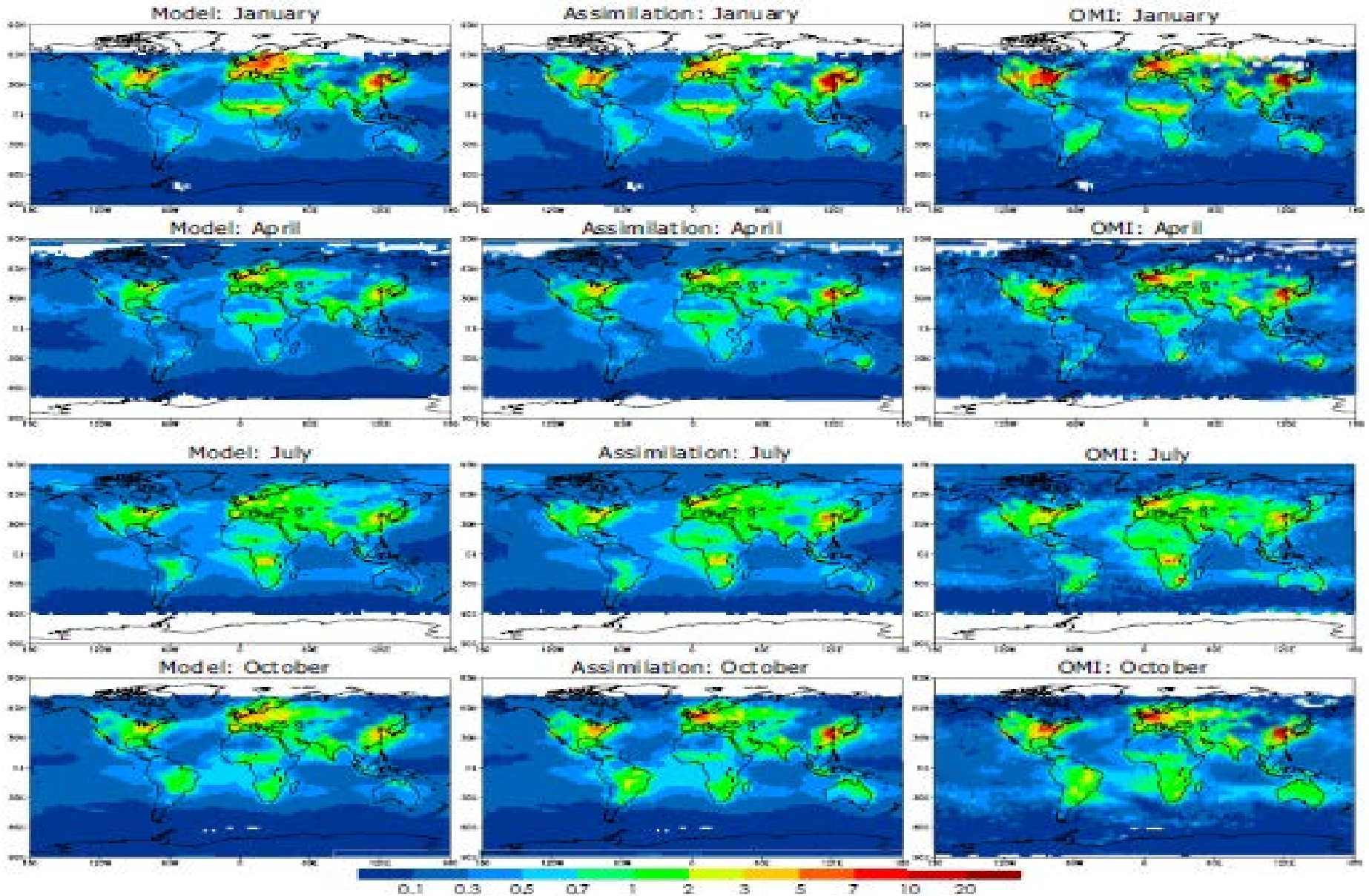
Το Σχήμα 2, δείχνει τον ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης της στήλης του NO_2 στην τροπόσφαιρα. Η μεγαλύτερη τάση βρίσκεται στην ανατολική Κίνα, όπου η οικονομική ανάπτυξη είναι μία από τις μεγαλύτερες του κόσμου. Η ταχύτερα αναπτυσσόμενη πόλη σε σχέση με την οικονομία και για το τροποσφαιρικό NO_2 είναι Σαγκάη.



Σχήμα 3. Παγκόσμιος χάρτης της γραμμικής τάσης ανά έτος για τη στήλη του τροποσφαιρικού NO_2 την περίοδο 1996-2005 μέσω δορυφορικών παρατηρήσεων. Οι ελαφρά γκριζες ζώνες δεν δείχνουν καμία σημαντική τάση στην χρονοσειρά. Οι σκοτεινές γκριζες ζώνες δεν διαθέτουν αρκετές παρατηρήσεις για να κατασκευάσει μία ικανοποιητική χρονοσειρά του τροποσφαιρικού NO_2 [5].



Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

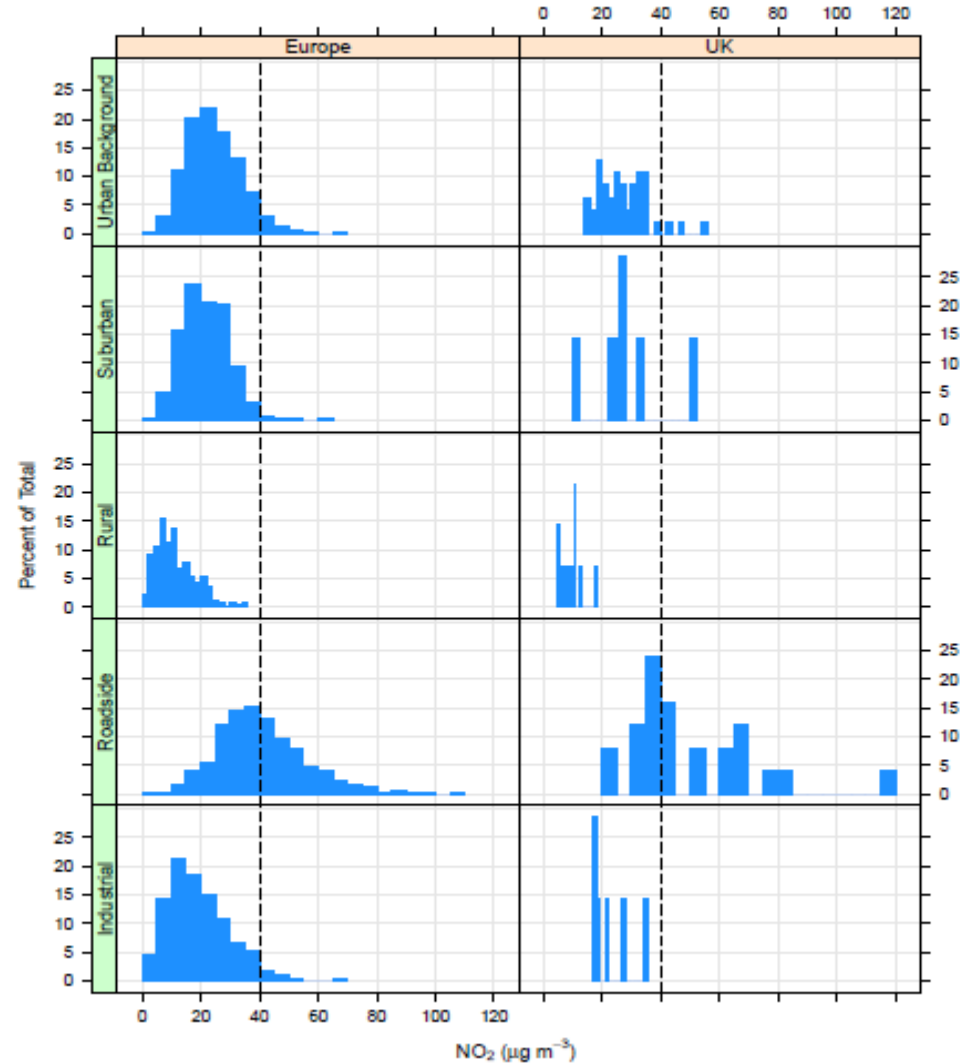


Σχήμα 4. Παγκόσμια κατανομή του τροποσφαιρικού NO_2 (σε $10^{15} \text{ molec. cm}^{-2}$) τον Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο και Οκτώβριο του 2005. Το κόκκινο (μπλε) χρώμα δείχνει σχετικά υψηλό (χαμηλό) τιμές [6].

Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

Σύμφωνα με το Σχήμα 5, φαίνεται ότι τόσο στην Ευρώπη αλλά και στην Βρετανία το ποσοστό των περιοχών όπου η συγκέντρωση NO_2 ξεπερνάει τα $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ετήσια οριακή τιμή) είναι μικρότερο από 10% για αστικές περιοχές. Το ίδιο ισχύει για τις περιαστικές περιοχές της Ευρώπης ενώ για την Βρετανία είναι περίπου στο 15%.

Δεν φαίνεται να υπάρχουν καθόλου υπερβάσεις σε αγροτικές περιοχές, τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Βρετανία.

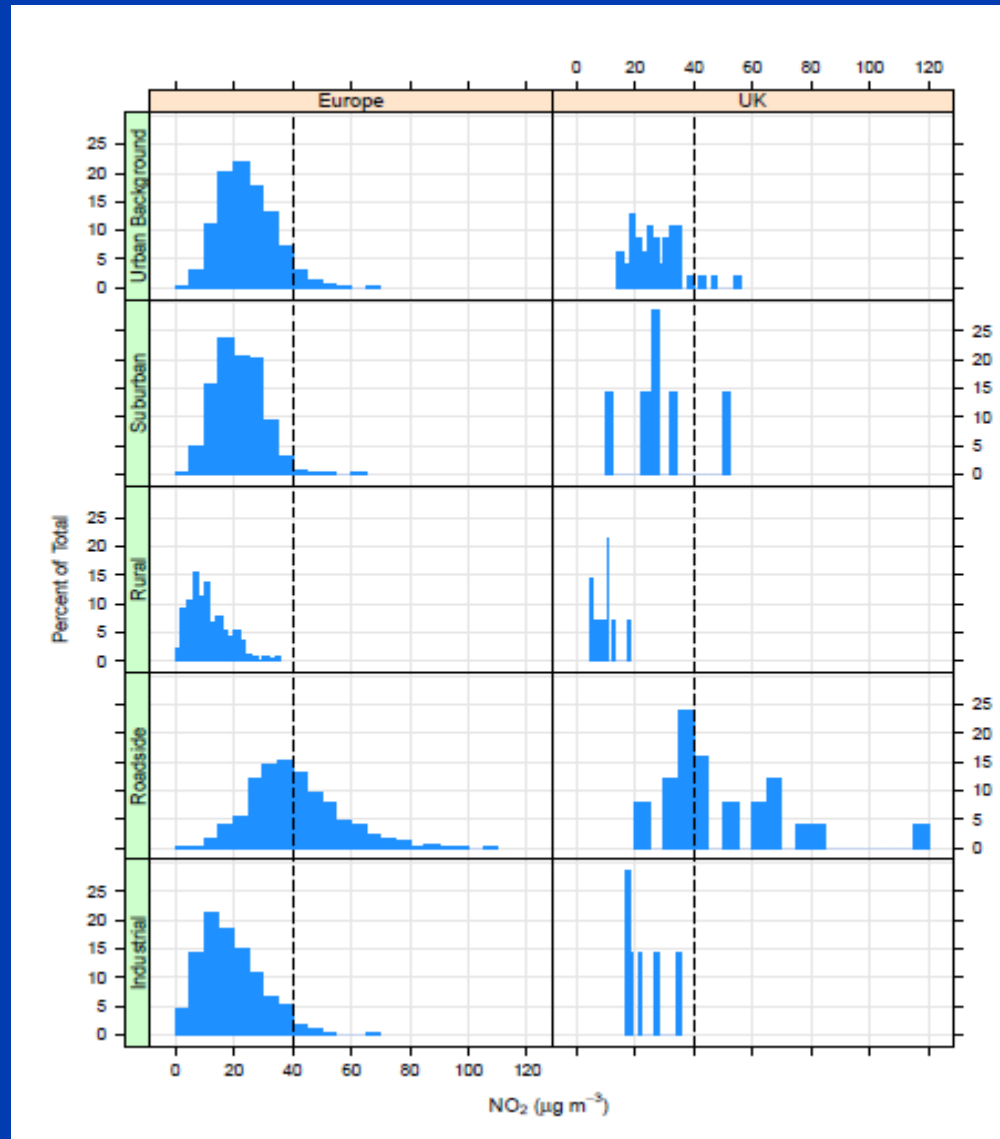


Σχήμα 5. Ιστόγραμμα με τις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις NO_2 σε όλη τη Βρετανία και την Ευρώπη για το 2008 και για περιοχές με ρυθμό συλλογής δεδομένων >75%. Η κάθετη διακεκομμένη γραμμή δείχνει την τιμή των $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ που αποτελεί και τη ετήσια οριακή τιμή συγκέντρωσης [7].

Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

Σε περιοχές που γειτνιάζουν με οδικούς άξονες, εμφανίζονται υπερβάσεις της ετήσιας οριακής τιμής σε ποσοστό του 50% για την Ευρώπη και αντίστοιχα περίπου 55% για την Βρετανία.

Τέλος, σε βιομηχανικές περιοχές φαίνεται να μην υπάρχουν υπερβάσεις στην Βρετανία ενώ το αντίστοιχο ποσοστό υπερβάσεων για την Ευρώπη είναι περίπου στο 7%,



Σχήμα 5. Ιστόγραμμα με τις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις NO_2 σε όλη τη Βρετανία και την Ευρώπη για το 2008 και για περιοχές με ρυθμό συλλογής δεδομένων >75%. Η κάθετη διακεκομμένη γραμμή δείχνει την τιμή των $40 \mu\text{g m}^{-3}$ που αποτελεί και τη ετήσια οριακή τιμή συγκέντρωσης [7].



Οξείδια του Αζώτου (NO_x)

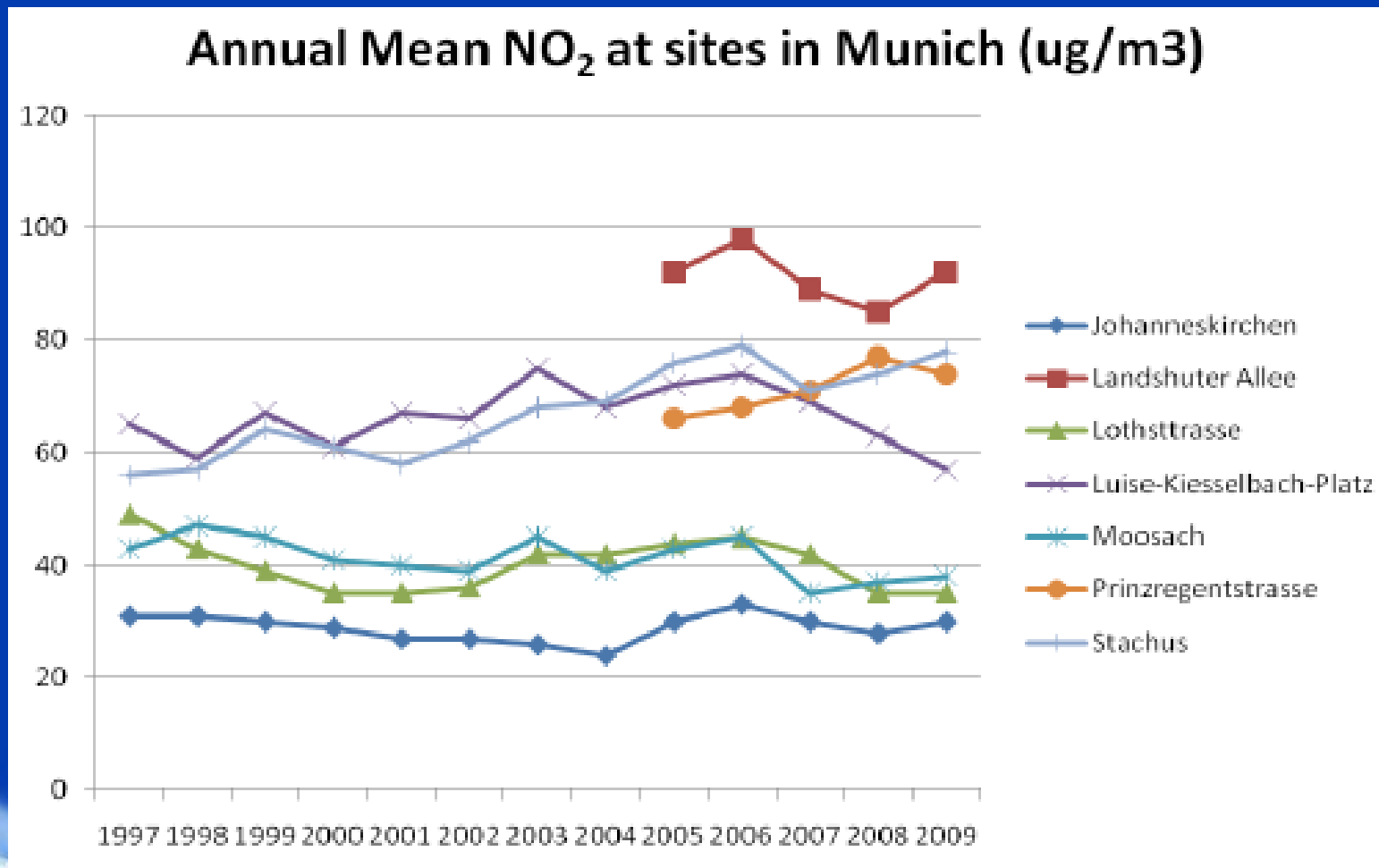
Σύμφωνα με τις Οδηγίες Πλαίσιο 96/62/EC [7] και 2008/50/EC [8] της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), έχουν θεσπιστεί οριακές τιμές για τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου (NO₂), όπως φαίνονται και στον Πίνακα 2.

	Έναρξη ισχύος από 01/01/2010
Ετήσια οριακή μέση τιμή	40 μg/m ³
Ωριαία οριακή μέση τιμή	200 μg/m ³
Επιτρεπτός αριθμός υπερβάσεων ανά έτος	18 (~5%)

Πίνακας 2. Οριακές τιμές και προθεσμίες συμμόρφωσης ως προς τις οριακές τιμές για το διοξείδιο του αζώτου (NO₂).



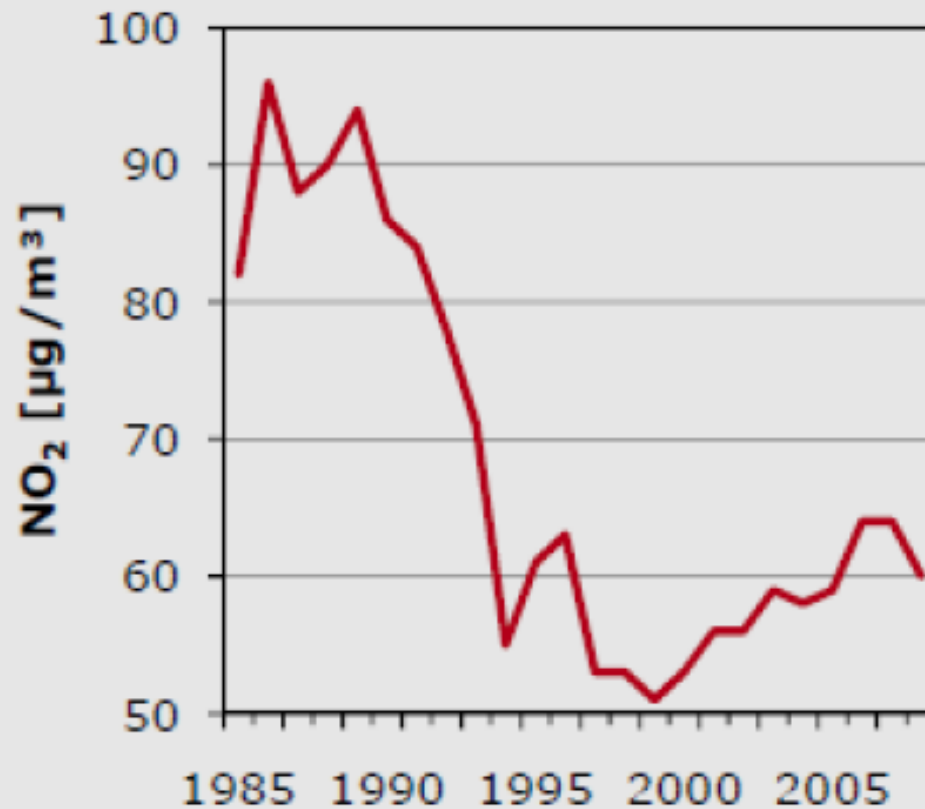
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 6. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης NO_2 σε διαφορετικές περιοχές του Μονάχου. Περίοδος 1997-2006 [7].

Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

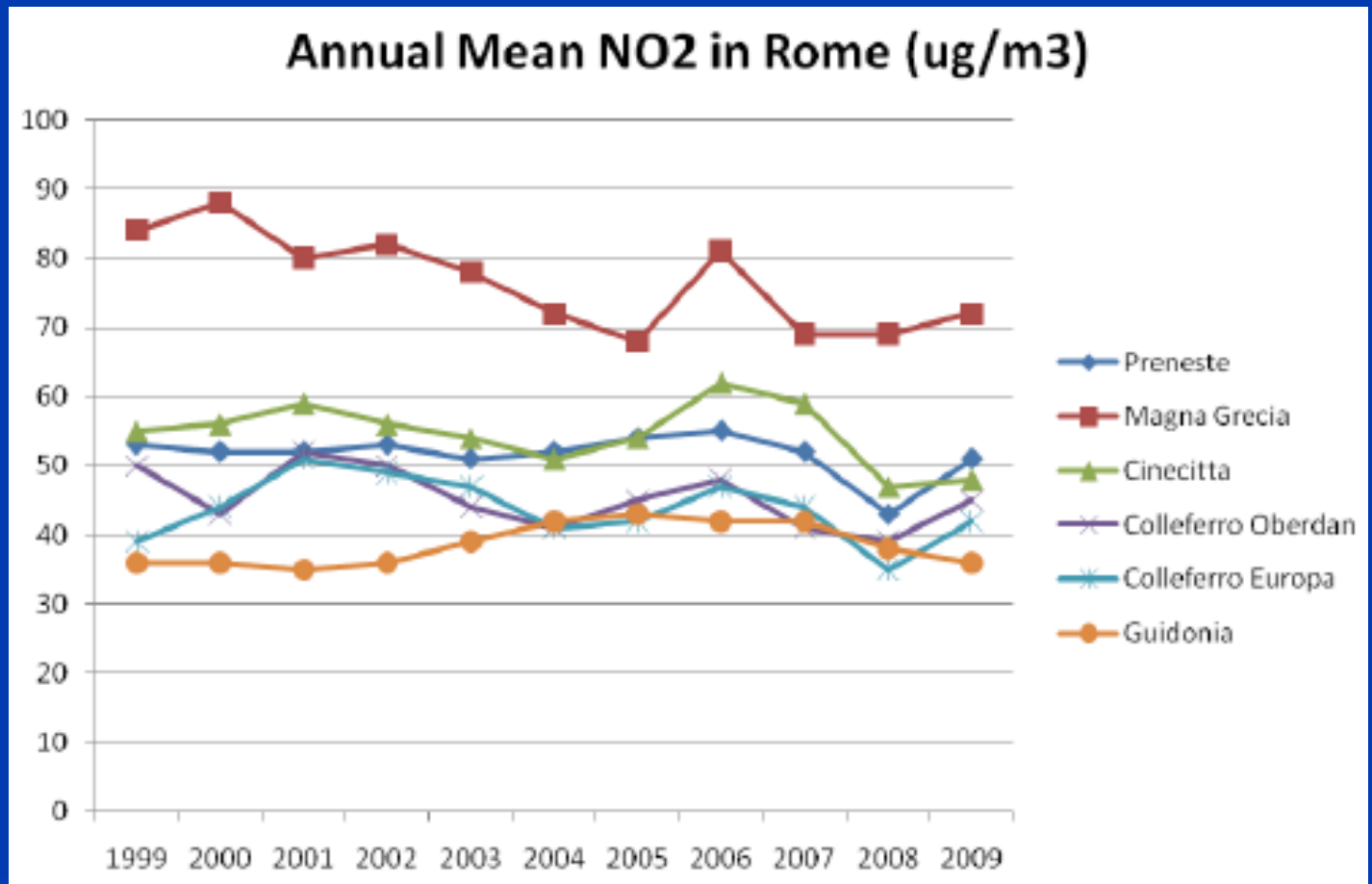
NO_2 annual average, Salzburg



Σχήμα 7. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης NO_2 στο Σάλτσμπουργκ, Αυστρία . Περίοδος 1985-2005 [7].



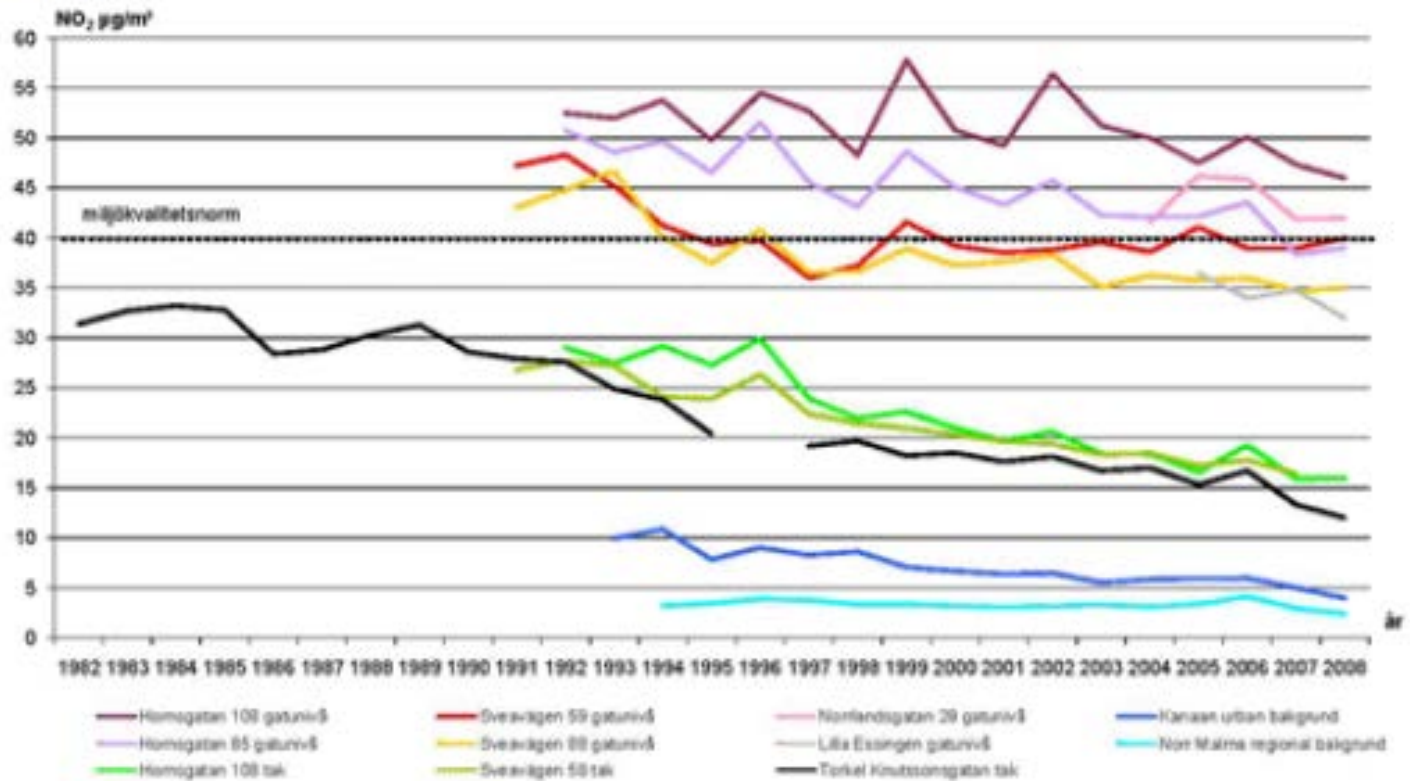
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 8. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης NO_2 σε διαφορετικές περιοχές της Ρώμης. Περίοδος 1999-2009 [7].



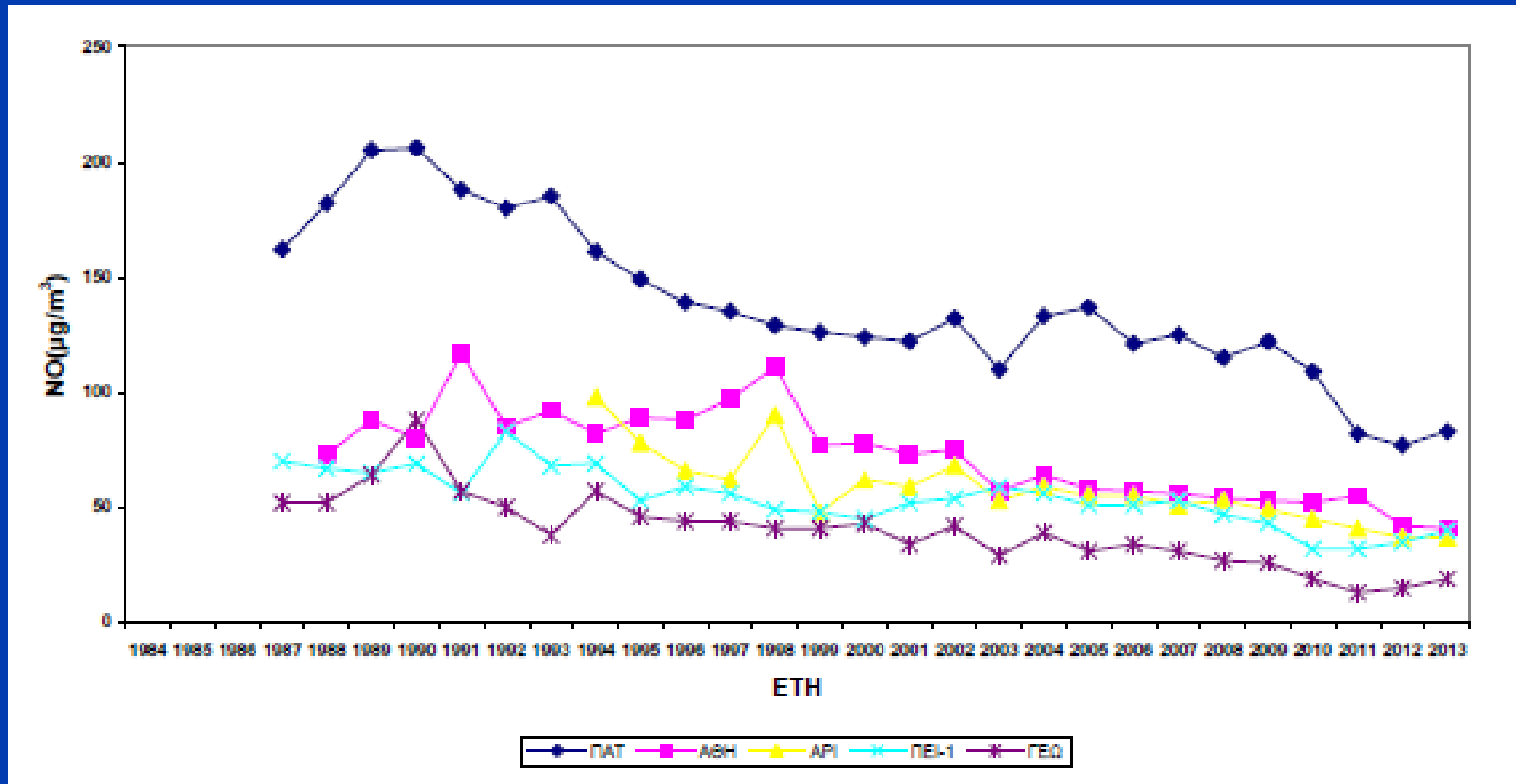
Årsmedelvärden kvävedioxid (NO₂)



Σχήμα 9. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης NO₂ σε διαφορετικές περιοχές της Στοκχόλμης. Περίοδος 1982-2008 [7].



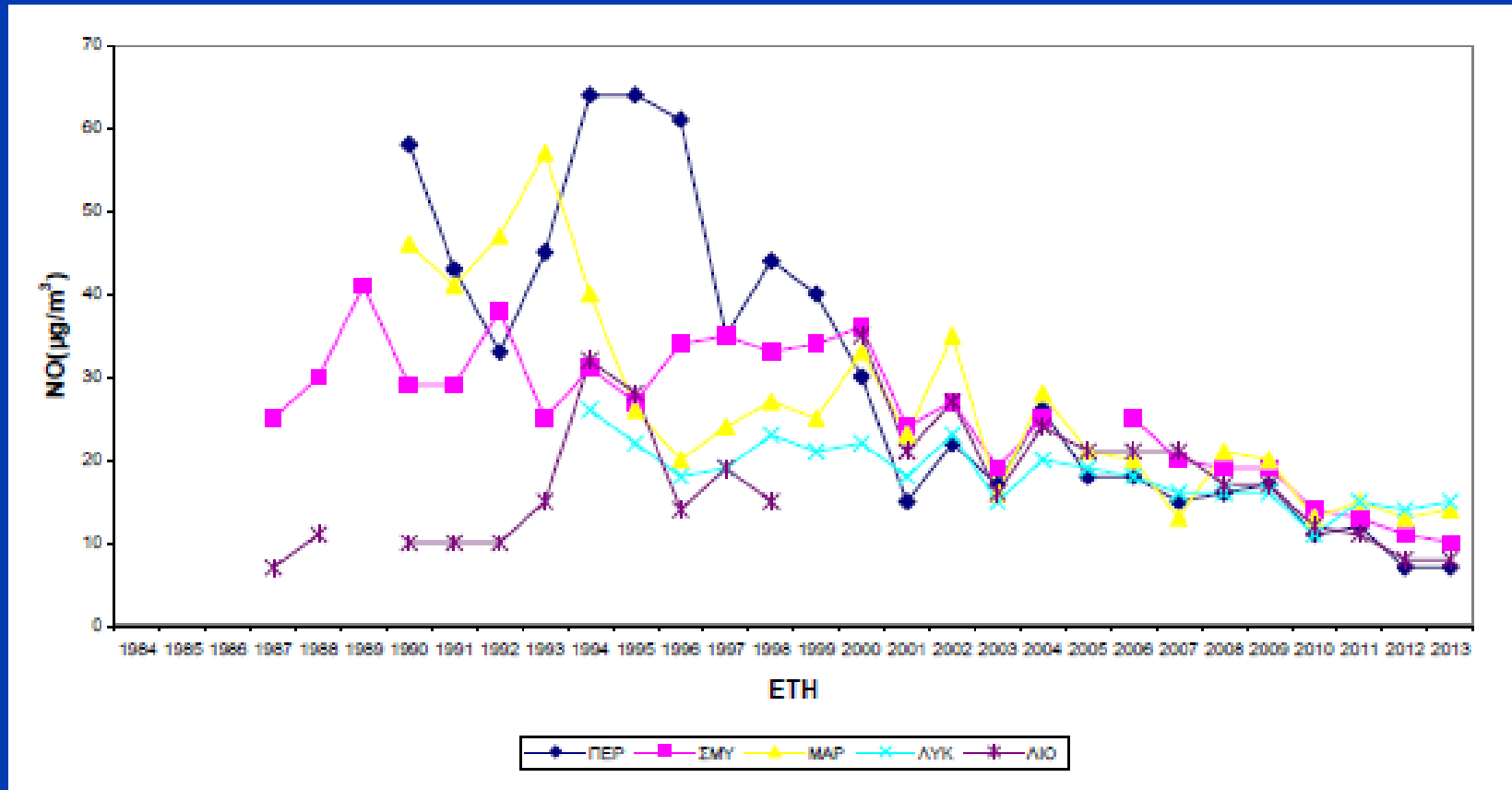
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 10. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του NO σε διαφορετικές θέσεις εντός της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών. Περίοδος 1984-2013 [8]



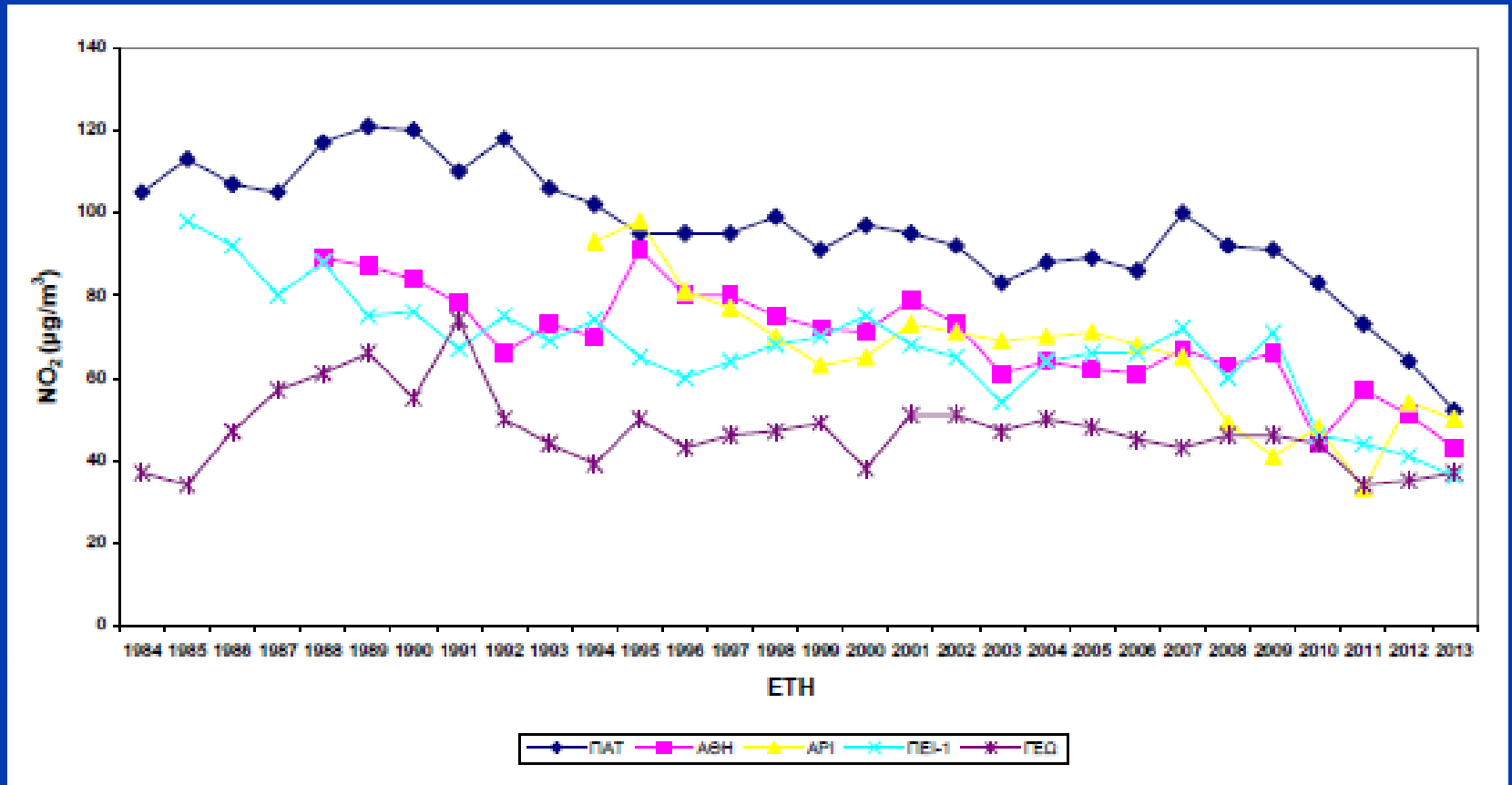
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 11. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του NO σε διαφορετικές θέσεις εντός της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών. Περίοδος 1984-2013 [8]



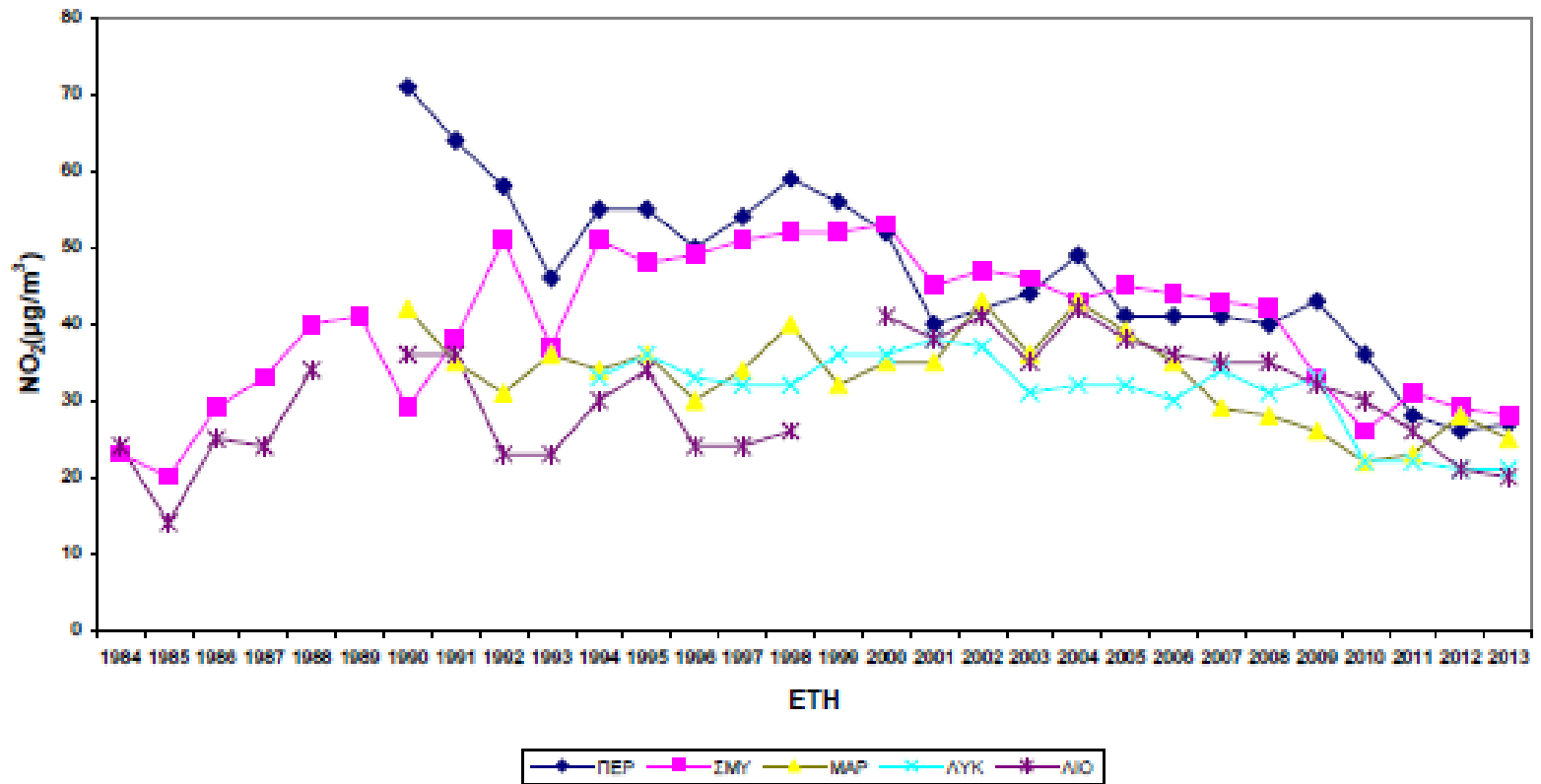
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 12. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του NO_2 σε διαφορετικές θέσεις εντός της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών. Περίοδος 1984-2013 [8]



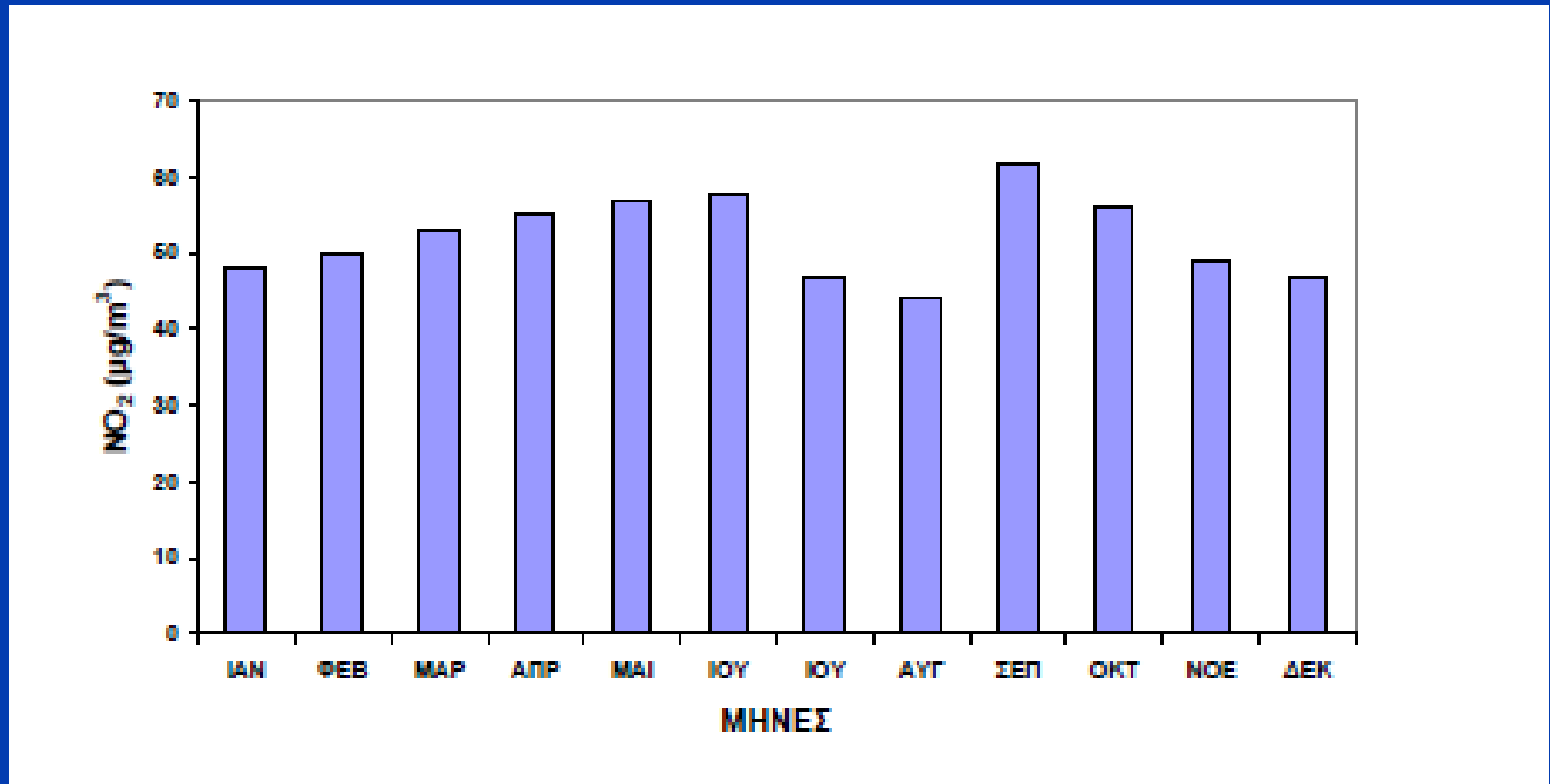
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 13. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του NO_2 σε διαφορετικές θέσεις εντός της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών. Περίοδος 1984-2013 [8]



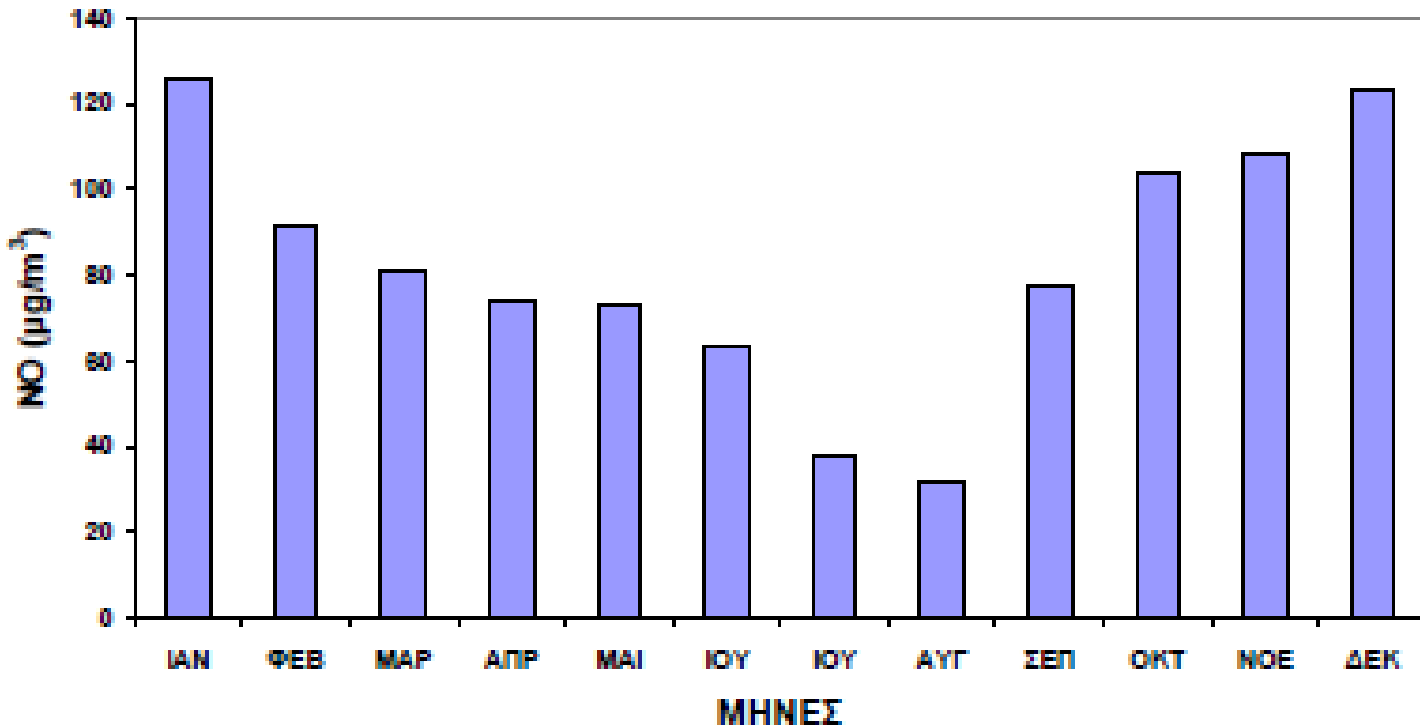
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 14. Μέσες μηνιαίες τιμές συγκέντρωσης NO_2 στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [8]



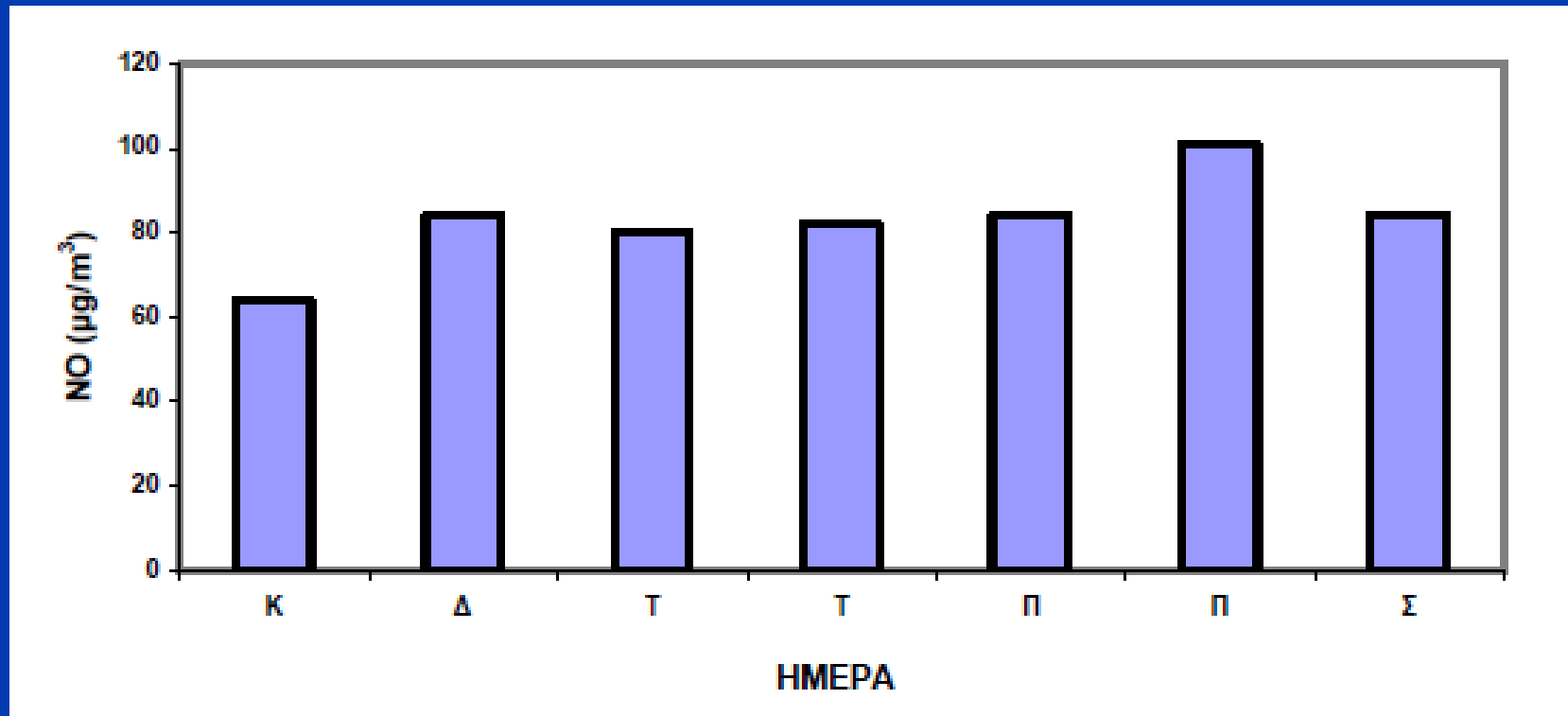
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 15. Μέσες μηνιαίες τιμές συγκέντρωσης NO στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [8]



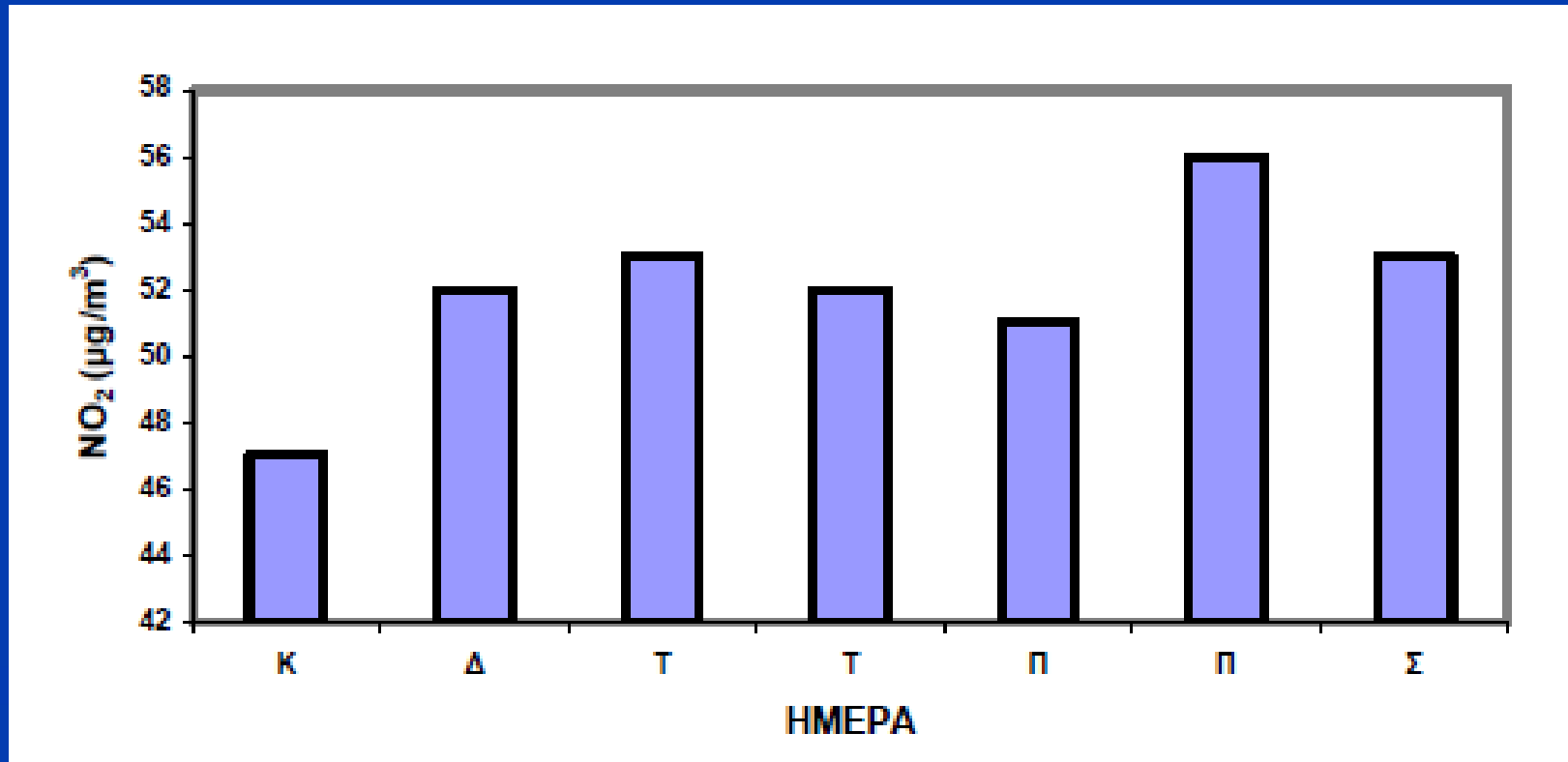
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 16. Μέσες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης NO στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [8]



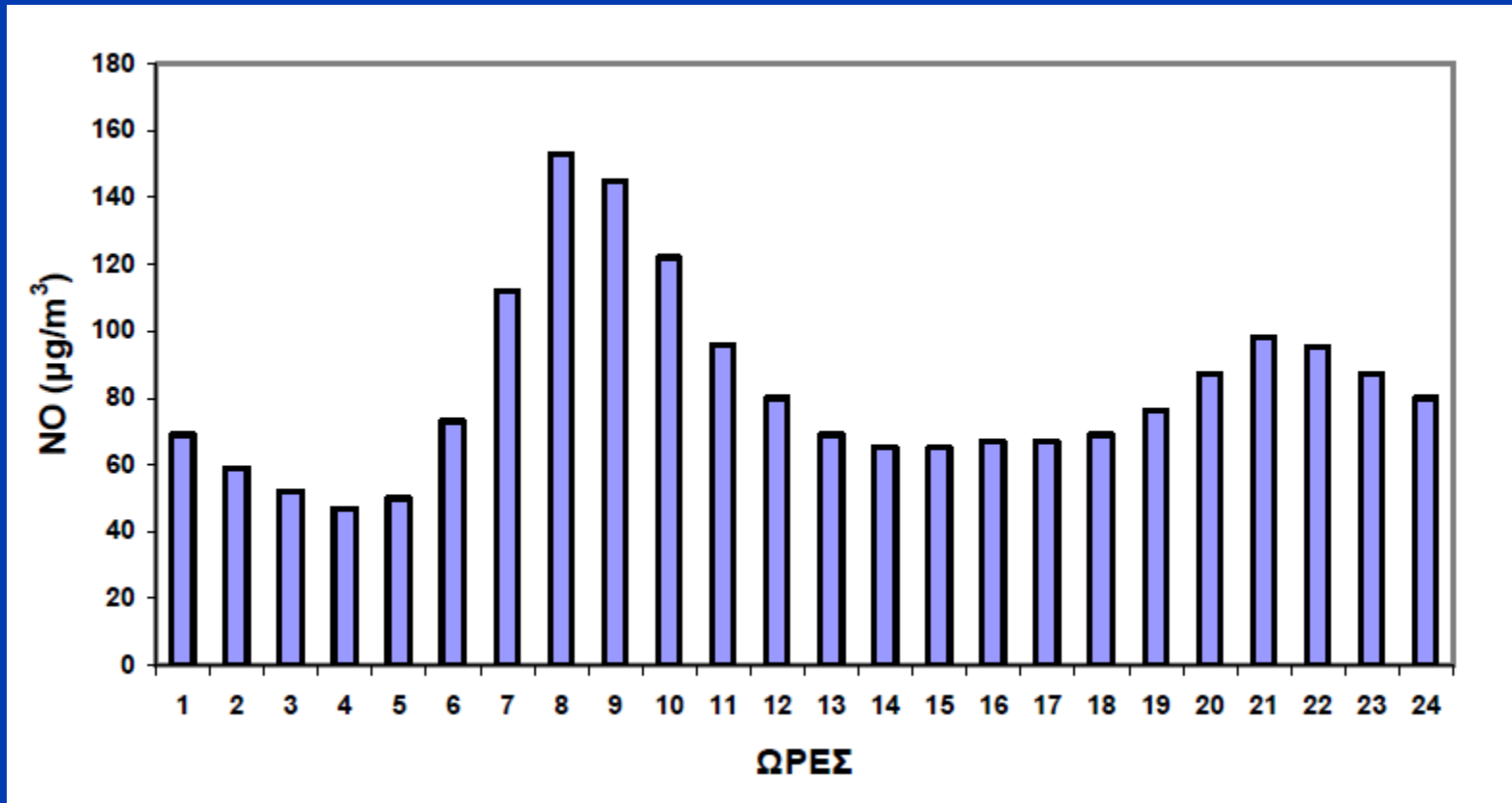
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 17. Μέσες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης NO_2 στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [8]



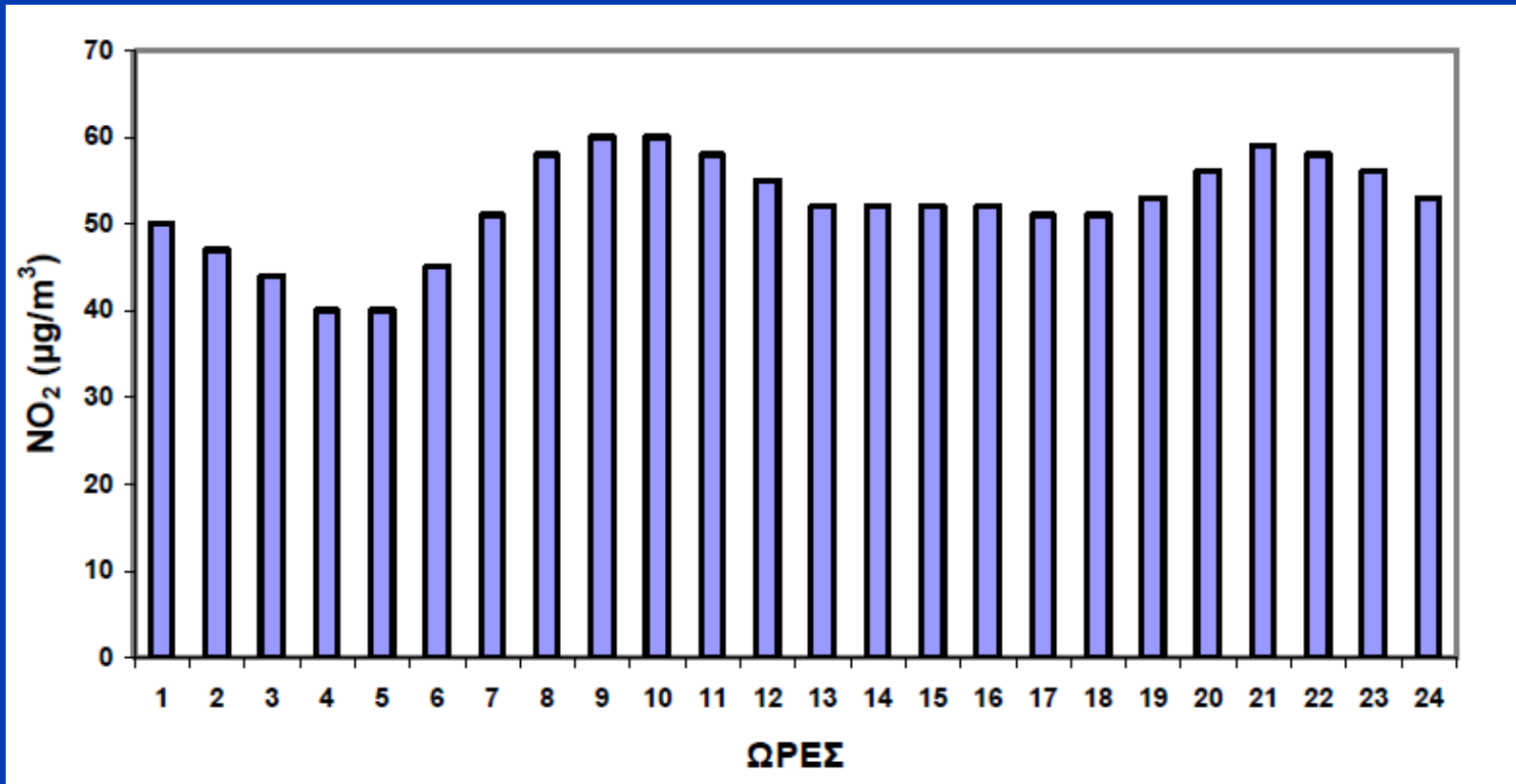
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 18. Ενδοημερήσια μεταβολή (τυπικό 24ωρο) της συγκέντρωσης NO στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [8]



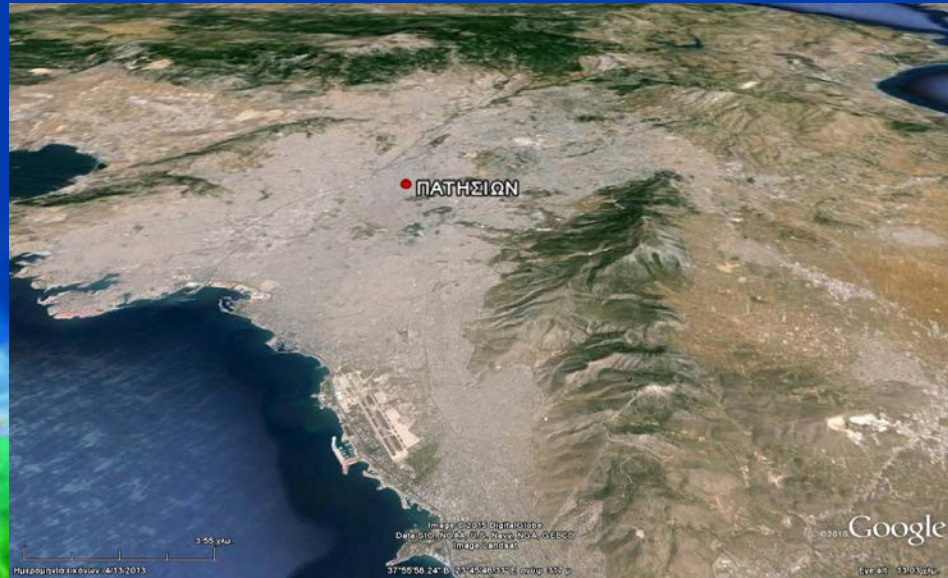
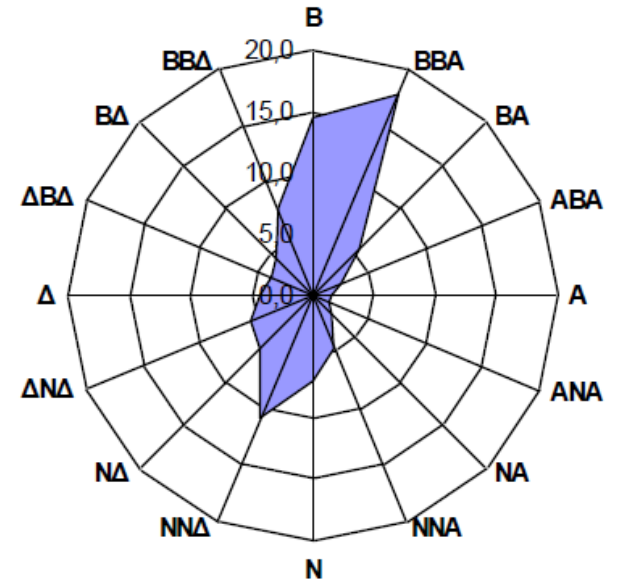
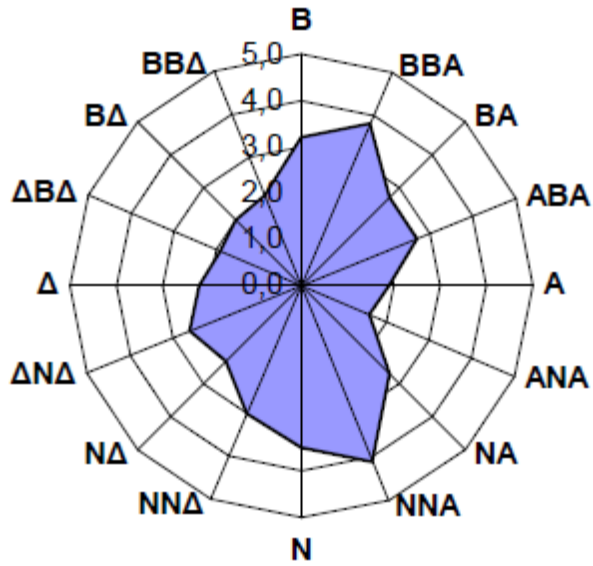
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σχήμα 19. Ενδοημερήσια μεταβολή (τυπικό 24ωρο) της συγκέντρωσης NO_2 στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [8]

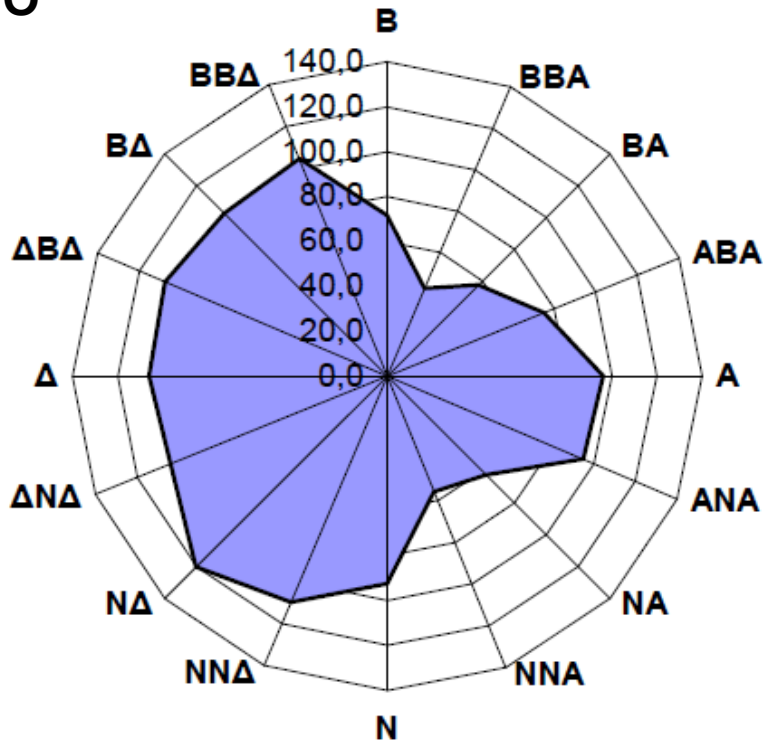


ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO_x)

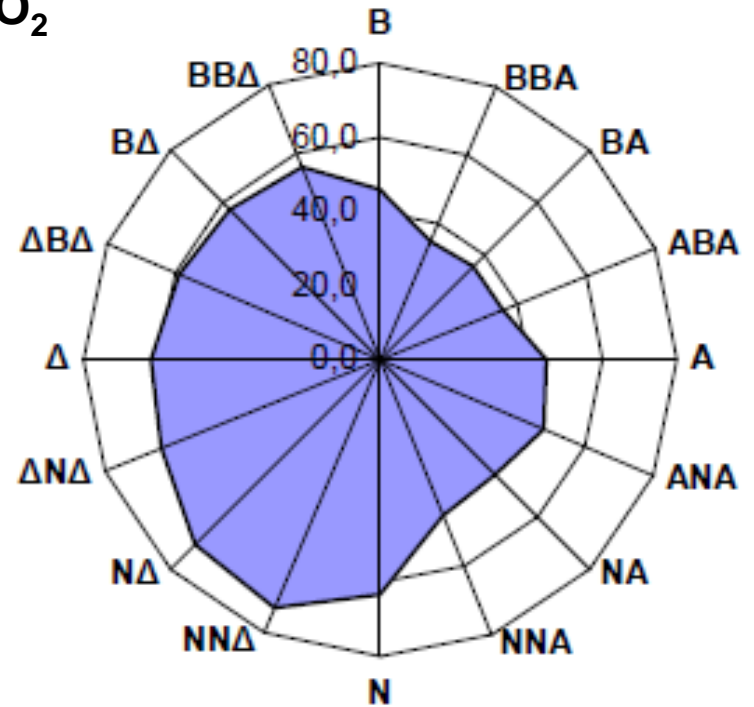


Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

NO



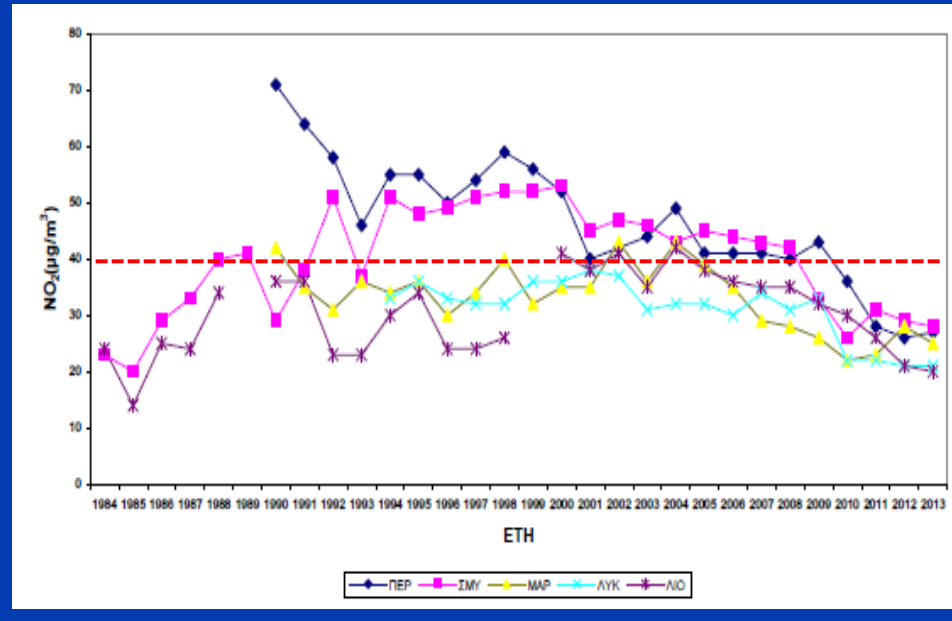
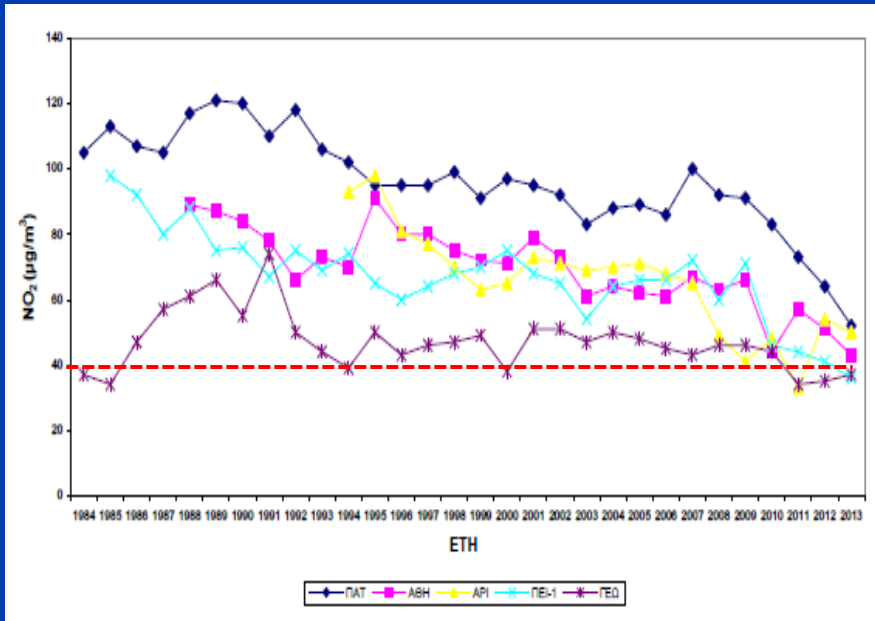
NO₂



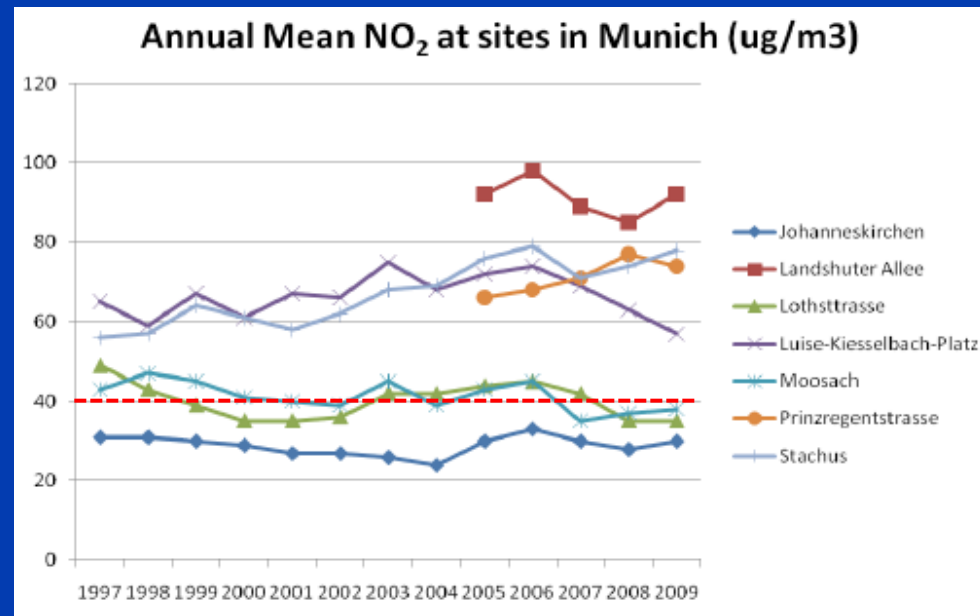
Σχήμα 20. Μέσες τιμές NO (αριστερό σχήμα) και NO₂ (δεξιό σχήμα) σε μg/m³ για διαφορετικές διευθύνσεις του ανέμου στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [8]



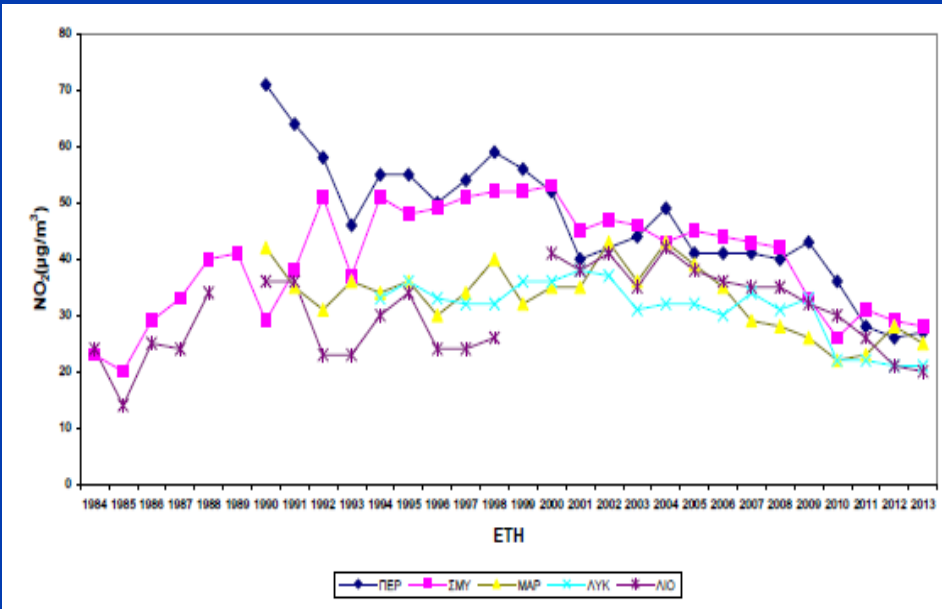
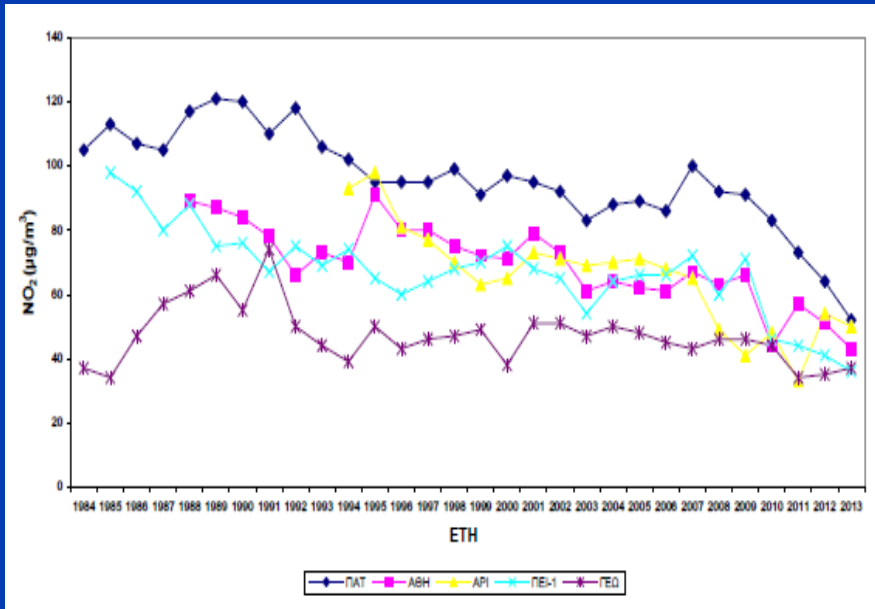
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σύγκριση συγκεντρώσεων NO_2 μεταξύ περιοχών της ΕΠΑ και περιοχών του Μονάχου



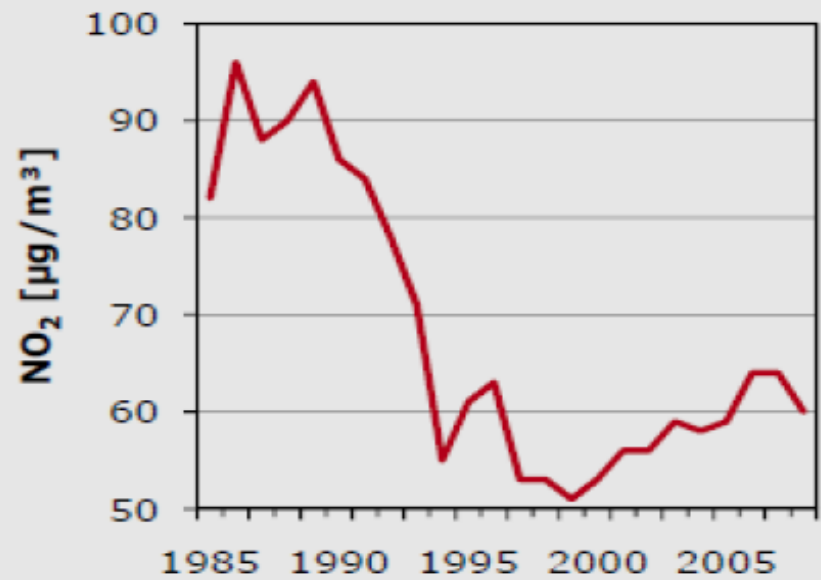
Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



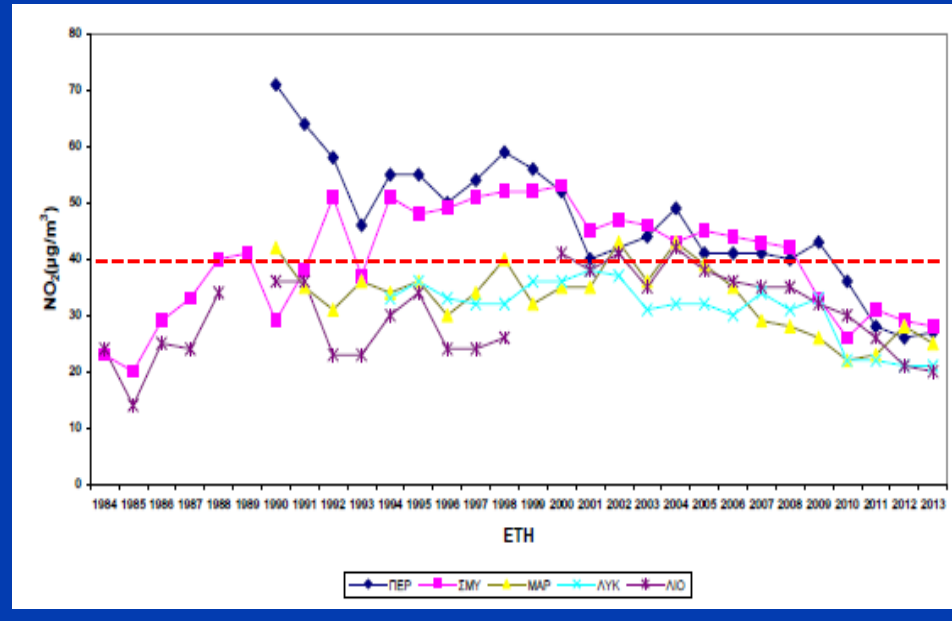
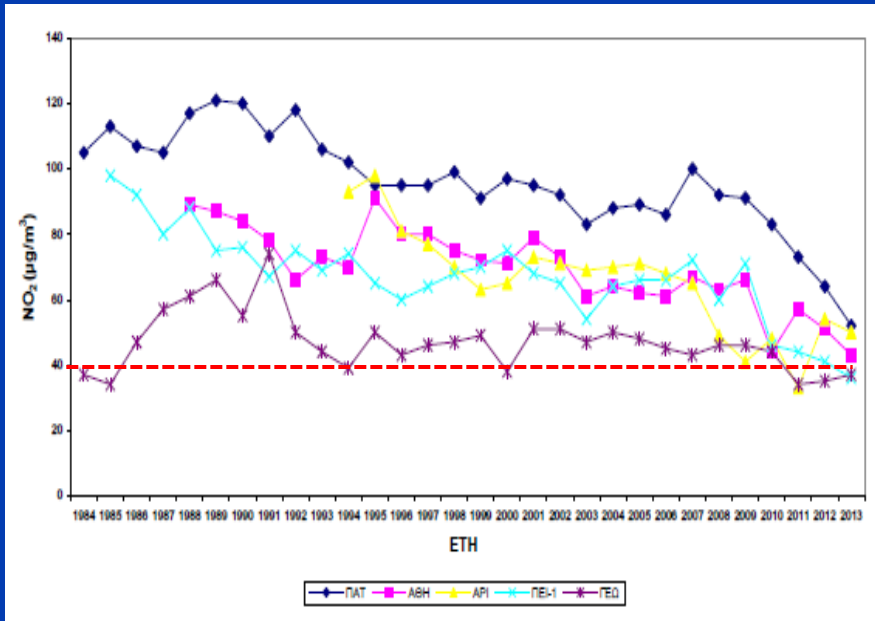
Σύγκριση συγκεντρώσεων NO_2 μεταξύ περιοχών της ΕΠΑ και του Salzburg, Αυστρία



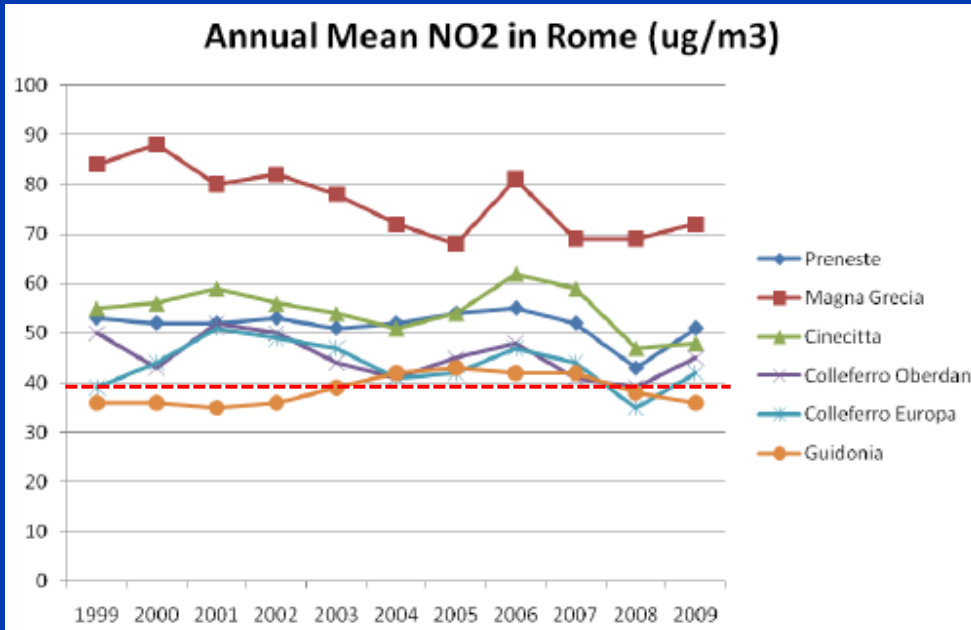
NO_2 annual average, Salzburg



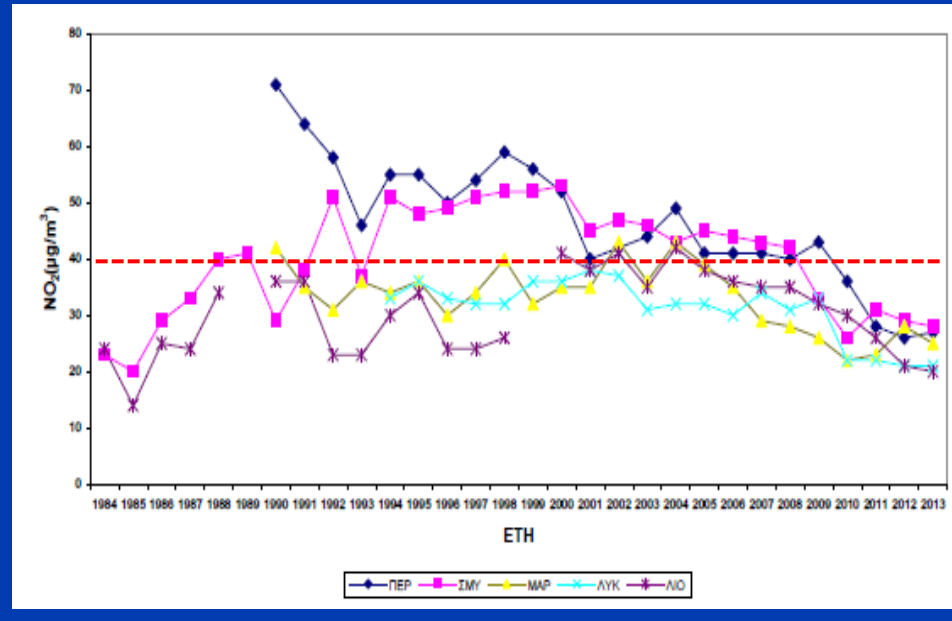
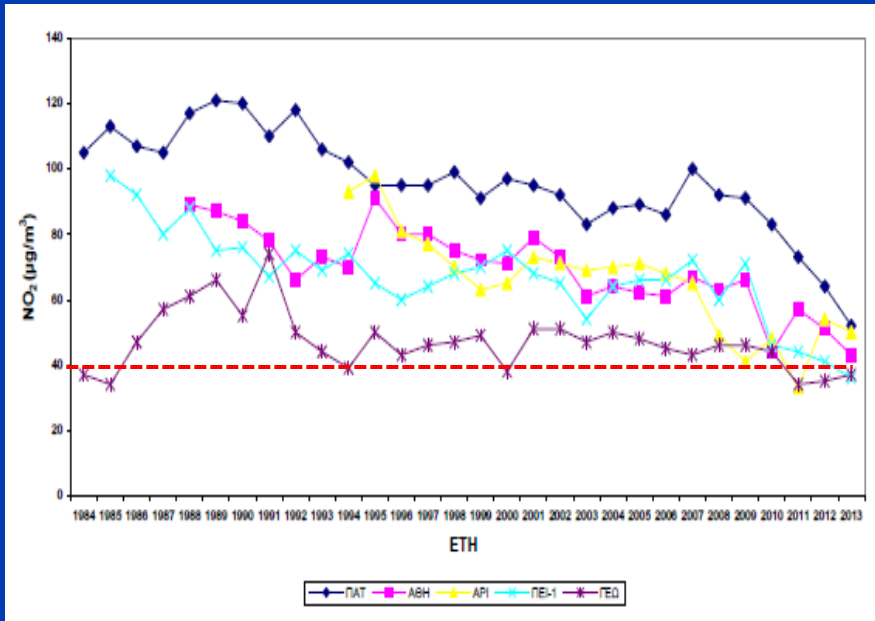
ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO_x)



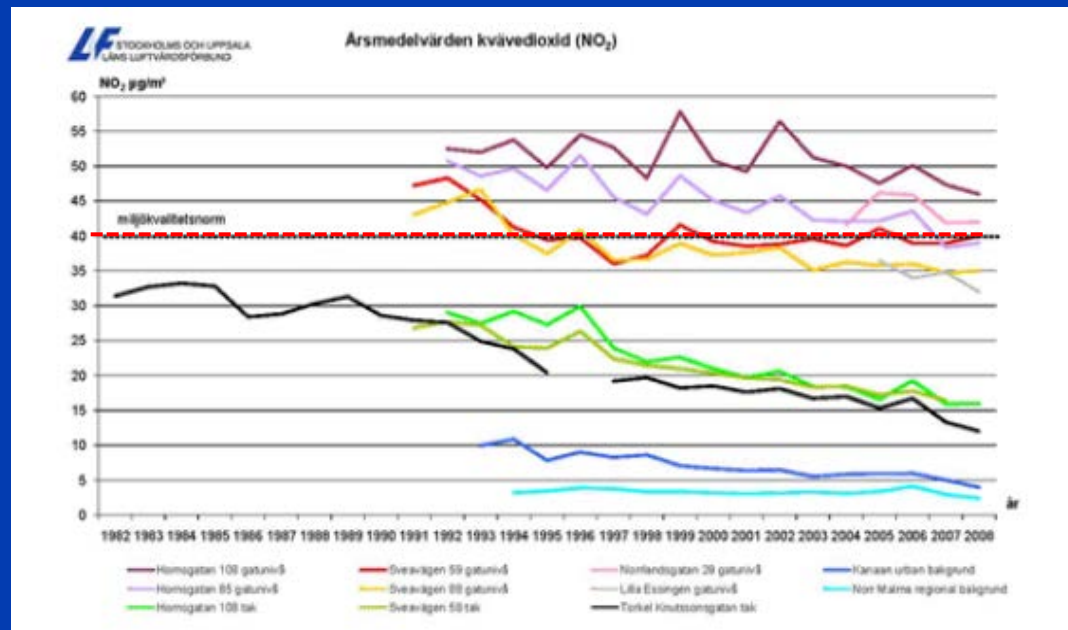
Σύγκριση συγκεντρώσεων NO₂ μεταξύ περιοχών της ΕΠΑ και περιοχών της Ρώμης



Οξειδία του Αζώτου (NO_x)



Σύγκριση συγκεντρώσεων NO₂ μεταξύ περιοχών της ΕΠΑ και περιοχών της Στοκχόλμης, Σουηδία



Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

α/α	Σταθμός	Περίοδος Λειτουργίας	Μέση τιμή (μg/m ³)	Ετήσιος ρυθμός μεταβολής (μg·m ⁻³ /έτος)
1	ΑΘΗ	1988-2013	69	-1,4
2	ΑΡΙ	1994-2013	65	-2,4
3	ΓΕΩ	1984-2013	47	-0,4
4	ΛΙΟ	1984-2013	31	0,2
5	ΛΥΚ	1994-2013	31	-0,7
6	ΜΑΡ	1990-2013	33	-0,5
7	ΠΑΤ	1984-2013	96	-1,5
8	ΠΕΙ	1985-2013	67	-1,3
9	ΠΕΡ	1990-2013	47	-1,4
10	ΣΜΥ	1984-2013	40	0,1

Πίνακας 3. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του NO₂ .
Περίοδος 1984-2013 [8]

Οξειδία του Αζώτου (NO_x)

α/α	Σταθμός	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	ΑΘΗ	62	61	67	63	66	44	57	51	43
2	ΑΡΙ	71	68	65	49	41	48	33	54	50
3	ΓΕΩ	48	45	43	46	46	44	34	35	37
4	ΛΙΟ	38	36	35	35	32	30	26	21	20
5	ΛΥΚ	32	30	34	31	33	22	22	21	21
6	ΜΑΡ	39	35	29	28	26	22	23	28	25
7	ΠΑΤ	89	86	100	92	91	83	73	64	52
8	ΠΕΙ	66	66	72	60	71	46	44	41	36
9	ΠΕΡ	41	41	41	40	43	36	28	26	27
10	ΣΜΥ	45	44	43	42	33	26	31	29	28

Πίνακας 4. Υπερβάσεις της μέσης ετήσιας οριακής τιμής του NO₂ (40 μg/m³)

- [1] Μουστρής Κ., 2009. Πρόγνωση ποιότητας της ατμόσφαιρας στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών με τη χρήση νευρωνικών δικτύων. Διδακτορική Διατριβή. Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ.
- [2] Γεντεκάκης Ι.Β., 1999. Ατμοσφαιρική Ρύπανση. Επιπτώσεις, Έλεγχος & Εναλλακτικές Τεχνολογίες. Εκδόσεις Τζιόλα. ISBN 960-8050-01-4
- [3] THEMIS: Nitrogen dioxide (NO₂) Background and applications. Διαθέσιμο στο:
<http://www.temis.nl/products/no2.html>
- [4] Τριανταφύλλου Α.Γ., 2004. Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Ατμοσφαιρικό Οριακό Στρώμα. Σύγχρονες τεχνικές μέτρησης. Κοζάνη 2004, ISBN: 960-90103-1-8
- [5] van der A, R.J., D.H.M.U. Peters, H.J. Eskes, K.F. Boersma, M. Van Roozendaal, I. De Smedt and H.M. Kelder, 2006. Detection of the trend and seasonal variation in tropospheric NO₂ over China. J. Geophys. Res., 111, D12317, doi:10.1029/2005JD006594
- [6] K. Miyazaki, H.J. Eskes and K. Sudo, 2012. Global NO_x emission estimates derived from an assimilation of OMI tropospheric NO₂ columns. Atmos. Chem. Phys., 12, 2263–2288, doi:10.5194/acp-12-2263-2012
- [7] David Carslaw, Sean Beevers, Emily Westmoreland, Martin Williams, James Tate, Tim Murrells, John Stedman, Yvonne Li, Susannah Grice, Andrew Kent and Ioannis Tsagatakis, 2011. Trends in NO_x and NO₂ emissions and ambient measurements in the UK. Prepared for Defra version 3rd March 2011. Διαθέσιμο στο:
http://www.accent-network.org/accent_documents/Draft_NOx_NO2_trends_report.pdf
- [8] Ετήσια Έκθεση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, 2013. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Διαθέσιμο στο:
<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=kLVZNDNL86c%3d&tabid=490&language=el-GR>

