



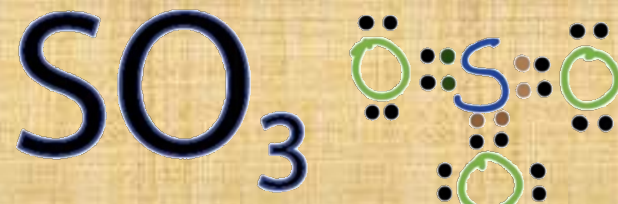
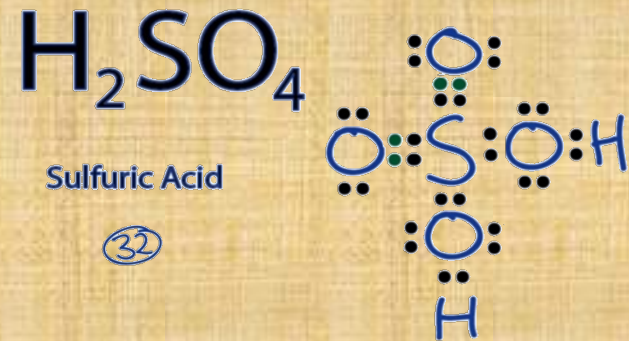
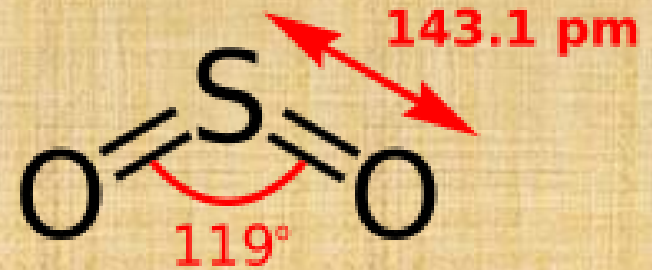
Μάθημα 3^ο : Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Οι βασικότεροι ρύποι

Διοξείδιο του Θείου (SO_2)

Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

Το διοξείδιο του θείου είναι ένα αέριο άχρωμο, άοσμο σε μικρές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική οσμή σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις [1]. Είναι ένας από τους χαρακτηριστικούς ρύπους που εμφανίζονται σε αστικές περιοχές. Διαλύεται στην υγρασία που περιέχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα και σχηματίζει θειώδες οξύ (H₂SO₃). Στον ξηρό αέρα οξειδώνεται σε τριοξείδιο του θείου (SO₃) το οποίο με τη σειρά του μετατρέπεται τελικά σε θειικό οξύ (H₂SO₄) που είναι κύριο συστατικό της όξινης βροχής.



Formal Charge	=	Valence Electrons	-	NonBonding Val Electrons	-	Bonding Electrons / 2	=	
O	=	6	-	4	-	4/2	=	0
S	=	6	-	0	-	12/2	=	0

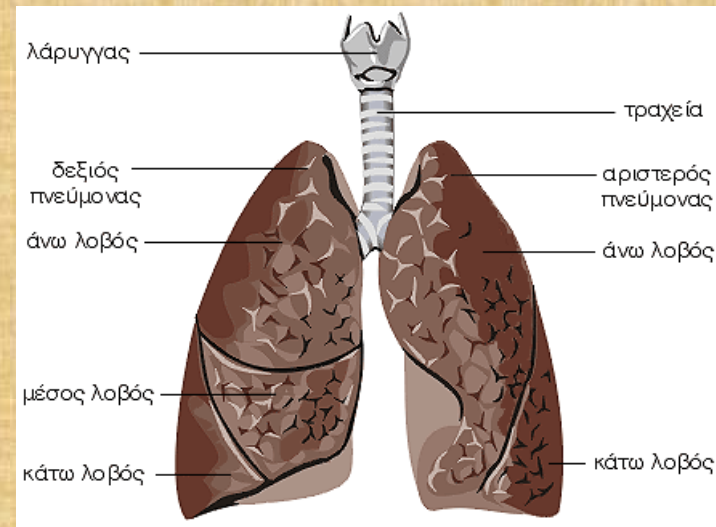
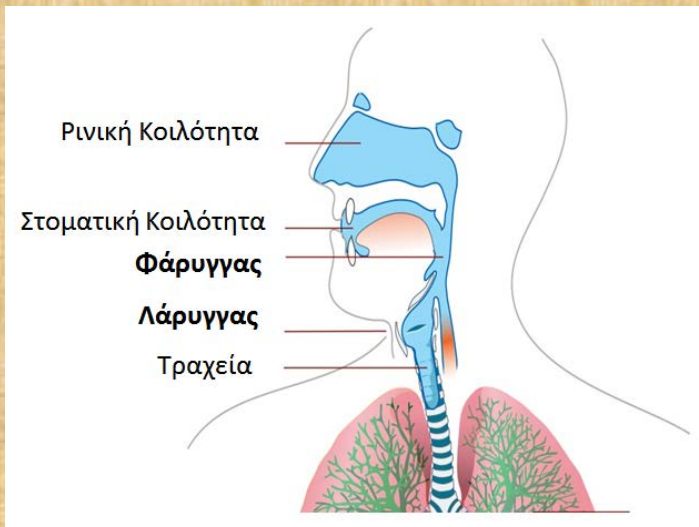
Το διοξείδιο του θείου (SO_2)

Προέρχεται κυρίως από τις καύσεις στερεών ή υγρών καυσίμων που περιέχουν θείο. Σημαντικές ανθρωπογενείς πηγές διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα είναι οι διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες, η παραγωγή τσιμέντου, η παραγωγή γύψου, χυτήρια μεταλλεύματος, οχήματα, αγροτικές δραστηριότητες, η δύλιση πετρελαίου και γενικά κάθε βιομηχανική κατεργασία θειούχων ενώσεων. Υπάρχουν και φυσικές πηγές παραγωγής διοξειδίου του θείου, όπως οι πυρκαγιές και η σκόνη από απογυμνωμένο έδαφος [1].



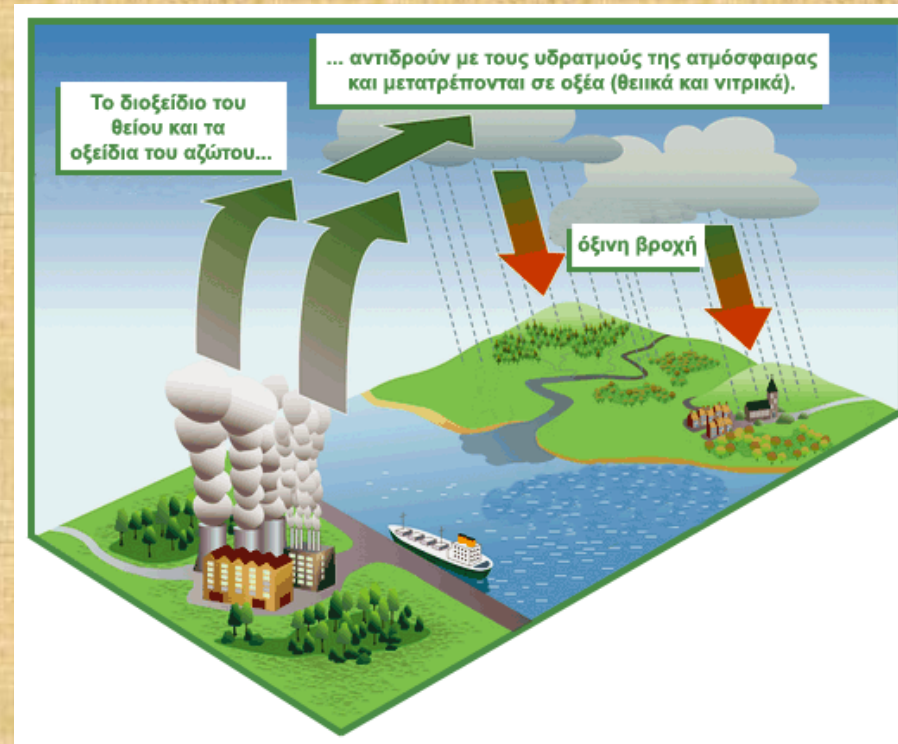
Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

Ως ευδιάλυτο, απορροφάται κυρίως από τα υγρά στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, προκαλώντας έτσι έκκριση βλέννας. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα μόνο πολύ μικρό ποσοστό του διοξειδίου του θείου να φτάνει στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου [1]. Σε συνδυασμό με τον καπνό και τα αιωρούμενα σωματίδια, με τα οποία συνήθως συνυπάρχει, εισέρχεται στον οργανισμό και μεταφέρεται στους πνεύμονες μέσω της αναπνευστικής οδού. Η διαδικασία αυτή μπορεί να δώσει μια εξήγηση στη συνεργιστική δράση που παρατηρείται μεταξύ του SO₂ και των σωματιδίων, με αποτέλεσμα τον τριπλασιασμό και πλέον του ερεθισμού των πνευμόνων. Άτομα με καρδιαγγειακές παθήσεις ή χρόνιες παθήσεις των πνευμόνων, καθώς επίσης παιδιά και ηλικιωμένοι, αποτελούν ομάδες υψηλού κινδύνου στην παρουσία διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα [1].



Το διοξείδιο του θείου (SO_2)

Το SO_2 σε συνδυασμό με τα αιωρούμενα σωματίδια και τον καπνό, έχουν προκαλέσει επανειλημμένα σοβαρά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ο συνδυασμός SO_2 και οξειδίων του αζώτου (NO_x) αποτελεί τον πρόδρομο της εμφάνισης όξινης βροχής που έχει ως αποτέλεσμα την οξίνιση του εδάφους, των λιμνών και των ποταμών, τη διάβρωση των κτιρίων και των μνημείων, καθώς επίσης και τη μείωση της ορατότητας. Τέλος, το SO_2 είναι πρόδρομος συνήθως των αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των $2.5\mu\text{m}$, ενός παράγοντα με σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.



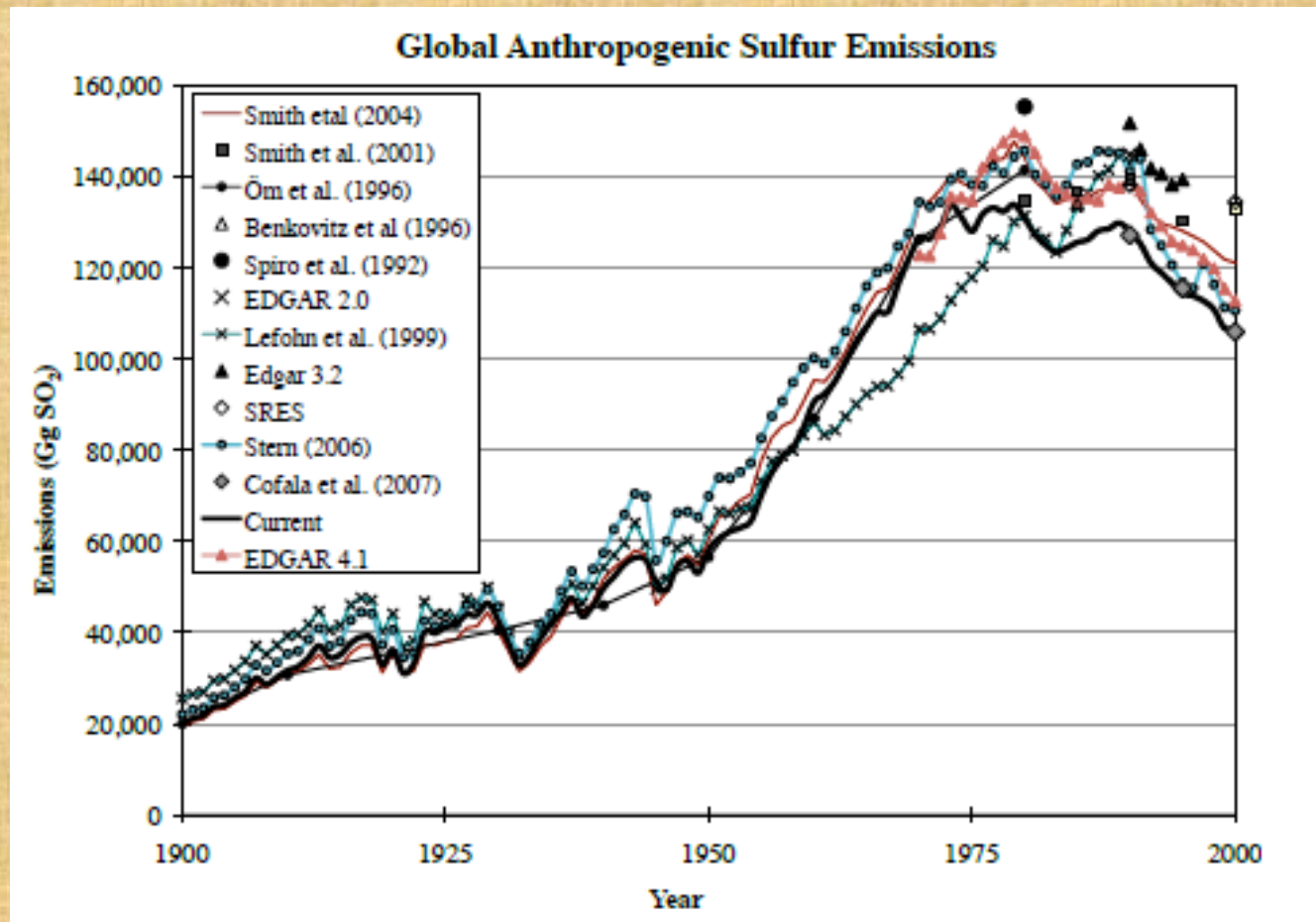
Το διοξείδιο του θείου (SO_2)

Το SO_2 παράγεται κατά τις βιομηχανικές δραστηριότητες λόγω των καυσίμων που χρησιμοποιούνται και τα οποία περιέχουν θείο. Το συνολικό ποσό διοξειδίου του θείου που εκλυόταν στην ατμόσφαιρα της Γης το 1980, προερχόταν κατά τα 2/3 από βιο-γεωχημικές δραστηριότητες (υδρόθειο που παράγεται λόγω σήψης ουσιών και ηφαιστειακής δράσης μεταβάλλεται σε διοξείδιο του θείου) και κατά το 1/3 μόνο από ανθρωπογενείς δραστηριότητες [2].



Το διοξείδιο του θείου (SO_2)

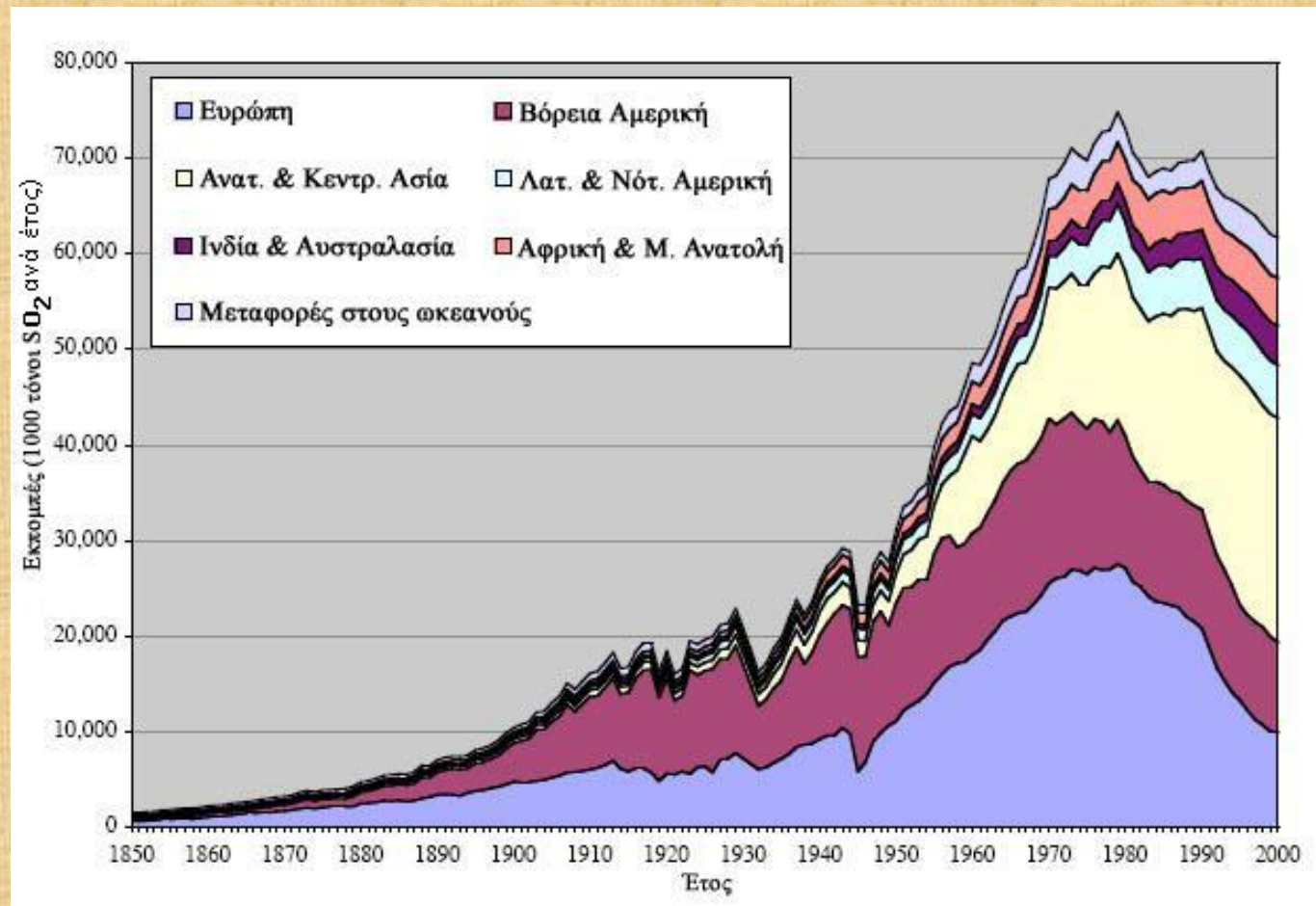
Διαχρονικές έρευνες [2] δείχνουν ότι οι εκπομπές SO_2 σε παγκόσμιο επίπεδο ακολούθησαν μια αυξητική πορεία από το 1850 μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980 (εξαιρετικά αυξητική από το 1950 έως το 1980) για αρχίσουν να υποχωρούν τα τελευταία 25 χρόνια (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Ανθρωπογενείς εκπομπές διοξειδίου του θείου σε παγκόσμιο επίπεδο [2]

Το διοξείδιο του θείου (SO_2)

Βασικοί πλέον υπεύθυνοι για τις εκπομπές SO_2 στην ατμόσφαιρα είναι η Κεντρική και Ανατολική Ασία και, κατ' επέκταση η Ευρώπη και η Βόρεια Αμερική (Σχήμα 2). Οι πηγές που ευθύνονται κατά κανόνα για τις σχετικές εκπομπές είναι κυρίως η καύση του άνθρακα και λιγότερο του πετρελαίου [2], [3].



Σχήμα 2. Εκπομπές διοξειδίου του θείου σε παγκόσμιο επίπεδο [2], [3]

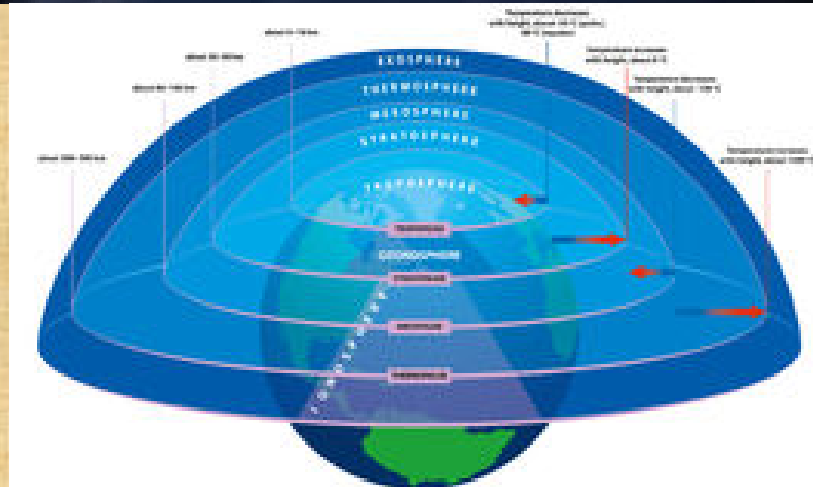
Το διοξείδιο του θείου (SO_2)

Οι ανθρωπογενείς εκπομπές έχουν οδηγήσει σε σημαντικά αυξημένη εναπόθεση θείου στην ατμόσφαιρα και γενικότερα μεγάλο ατμοσφαιρικό θειικό «φορτίο» κοντά στις πιο βιομηχανοποιημένες περιοχές. Το SO_2 και κατά συνέπεια το θειικό οξύ (H_2SO_4) μπορεί να είναι επιζήμια για τα οικοσυστήματα. Γνωρίζουμε ότι βλάπτουν τα υδρόβια ζώα και τα φυτά [2].



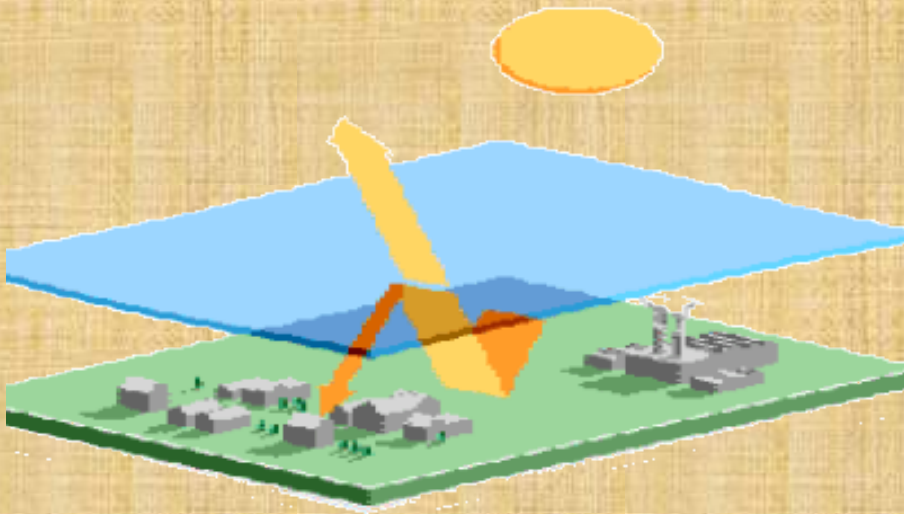
Το διοξείδιο του θείου (SO_2)

Το SO_2 και τα θειικά αερολύματα έχουν σημαντική επίδραση στο παγκόσμιο και στο περιφερειακό και τοπικό κλίμα. Τα θειικά αερολύματα αντανακλούν το ηλιακό φως στο χώρο (ατμόσφαιρα) και επίσης μπορούν να λειτουργήσουν ως πυρήνες συμπύκνωσης, οι οποίοι έχουν την τάση να κάνουν τα σύννεφα να αντανακλούν περισσότερο αλλά ακόμα και να μεταβάλλει τη διάρκεια της ζωής των νεφών, προκαλώντας μια καθαρή ψύξη στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας (τροπόσφαιρα) [2].



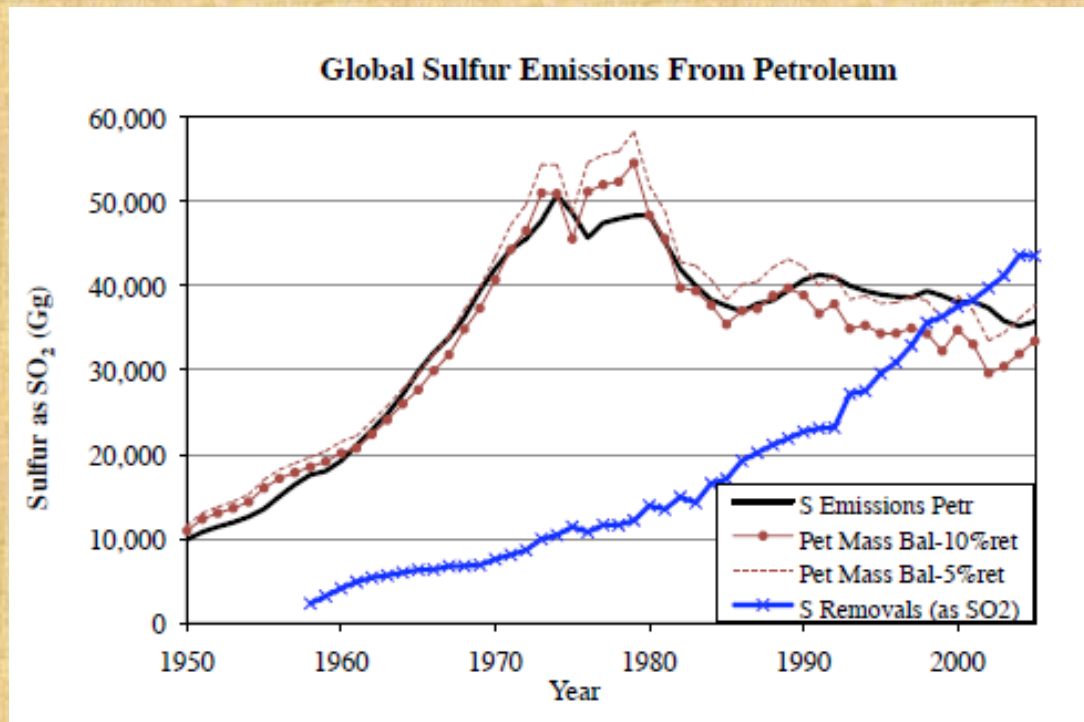
Το διοξείδιο του θείου (SO_2)

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα αερολύματα θείου στην ατμόσφαιρα λειτουργούν όπως και το CO , μόνο κατά την αντίστροφη πορεία. Το CO δεν επιτρέπει στην μεγάλου μήκους κύματος θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη Γη να περάσει στο διάστημα (φαινόμενο θερμοκηπίου) και αντίθετα τα αερολύματα θείου δεν επιτρέπουν στην μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας [4].



Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

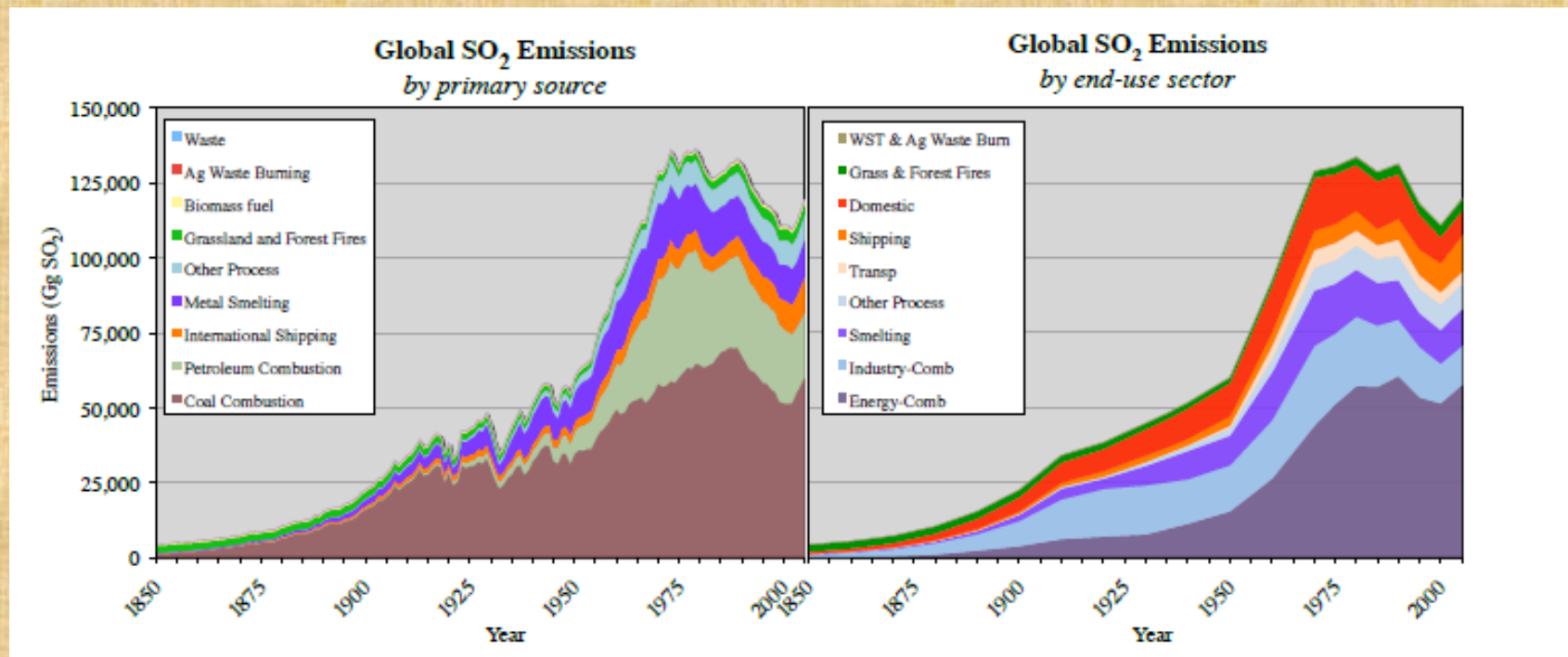
Η εκτίμηση του ισοζυγίου μάζας για τις παγκόσμιες εκπομπές του θείου από πετρέλαιο σε σύγκριση με την εκτίμηση των αποθεμάτων φαίνεται στο Σχήμα 3, για την περίοδο 1950-2005, όπου οι εκπομπές πετρελαίου αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό του παγκόσμιου συνόλου [2]. Εκτιμάται ότι στις αρχές της πρώτης δεκαετίας του 21^{ου} αιώνα, ο κόσμος πέρασε ένα όριο σύμφωνα με το οποίο, λίγο πάνω από το μισό του θείου που περιέχεται στο αργό πετρέλαιο αφαιρείται στο διυλιστήριο.



Σχήμα 3. Οι παγκόσμιες εκπομπές SO₂ από τη χρήση πετρελαίου σε σχέση με τις εκτιμήσεις από μια παγκόσμια ισορροπία μάζας του αργού πετρελαίου [2]

Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

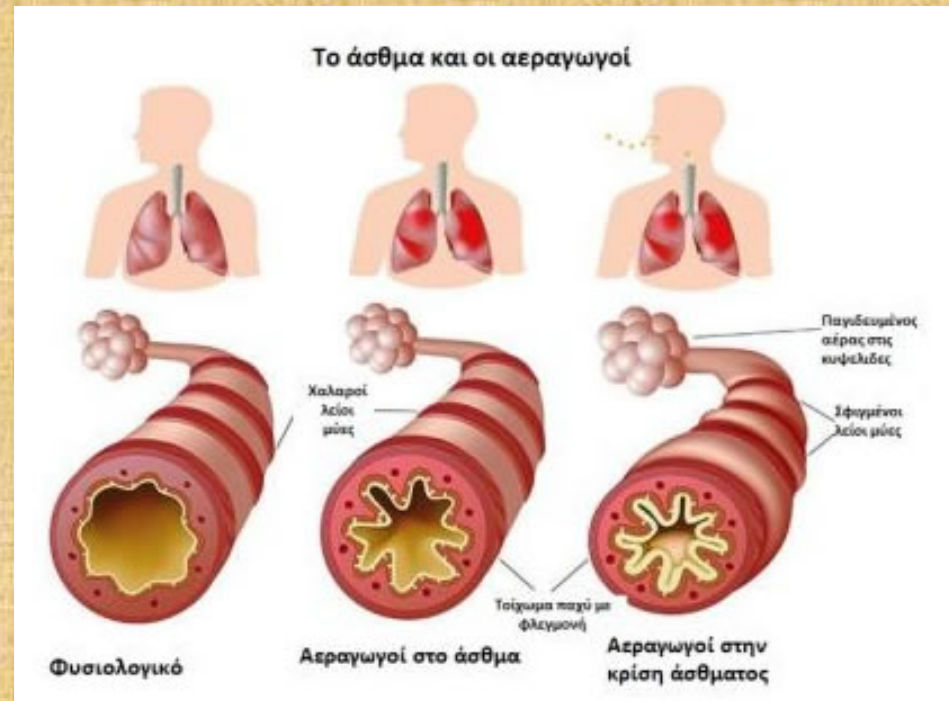
Οι εκπομπές διοξειδίου του θείου από το 1850 έχουν δείξει σημαντικές περιφερειακές αλλαγές αλλά και αλλαγές ανά τομέα χρήσης, που αντικατοπτρίζουν τις οικονομικές και τεχνολογικές τάσεις κατά την περίοδο αυτή [2]. Οι παγκόσμιες εκπομπές SO₂ την περίοδο 1850-2005 από την πηγή, συμπεριλαμβανομένων των εκπομπών από τις δασικές και χορτολιβαδικές πυρκαγιές, αλλά και ανά τομέα τελικής χρήσης παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 3. Οι παγκόσμιες εκπομπές SO₂ από τις πρωτογενείς πηγές (αριστερά) και από τον τομέα της κατανάλωσης (δεξιά) [2]

Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

Η βραχυπρόθεσμη έκθεση στο SO₂ προκαλεί συστολή των αναπνευστικών αγγείων στους ασθματικούς αλλά και σε όσους έχουν ευαισθησία. Οι πιο πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι μία έκθεση διάρκειας περίπου 5 με 10 λεπτών, αρκεί για να προκληθούν ασθματικά επεισόδια. Η χρόνια έκθεση στο διοξείδιο του θείου προκαλεί στένωση στην τραχεία, παρόμοια με την χρόνια βρογχίτιδα. Έρευνα σε παιδιά από περιοχές με περισσότερους ρύπους κατέδειξε περισσότερα περιστατικά με βήχα, βρογχίτιδα και λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού σε σχέση με παιδιά από περιοχές με λιγότερη ρύπανση [5].



Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

Παράλληλα, τα σωματίδια και το SO₂ αντιδρούν προς τον σχηματισμό πιο επικίνδυνων όξινων θειϊκών σωματιδίων. Τα σωματίδια αυτά εισπνέονται βαθύτερα στους πνεύμονες από ότι το αέριο διοξείδιο του θείου και εγκαθίστανται εκεί. Το φαινόμενο ενισχύεται στα παιδιά και τους ενήλικους που αθλούνται, που καθότι βρίσκονται σε μεγαλύτερη κίνηση, αναπνέουν από το στόμα τους παρακάμπτοντας τους μηχανισμούς φιλτραρίσματος που βρίσκονται στις ρινικές διόδους. Συχνότητες θανάτου έχουν επίσης συσχετιστεί με επίπεδα συγκέντρωσης διοξειδίου του θείου και σωματιδίων. Η ομίχλη επίσης, μετατρέπει το SO₂ σε όξινα θειικά αερολύματα (acid sulfate aerosols)τα οποία όπως και τα σωματίδια εισπνέονται βαθύτερα και είναι πιο επικίνδυνα από το αέριο διοξείδιο του θείου [5].



Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

Οι επιπτώσεις στην υγεία λόγω της έκθεσης σε διοξείδιο του θείου φαίνονται συνοπτικά στον παρακάτω Πίνακα 1 [5].

Επιπτώσεις	Συγκέντρωση (ppm)
Αλλαγές στις λειτουργίες των πνευμόνων σε ασθματικούς.	1 – 2
Αλλαγές στις λειτουργίες των πνευμόνων σε ασθματικούς σε μέτρια άσκηση.	0.6 – 0.75
Αλλαγές στις λειτουργίες των πνευμόνων σε ασθματικούς με μέτρια έως έντονη άσκηση.	0.4 – 0.6
Χωρίς επιπτώσεις σε ασθματικούς σε μέτρια άσκηση και ασήμαντες επιπτώσεις σε μη-ασθματικούς σε μέτρια άσκηση.	0.1 – 0.3

Πίνακας 1. Επιπτώσεις στην υγεία από τα διαφορετικά επίπεδα έκθεσης σε SO₂

Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

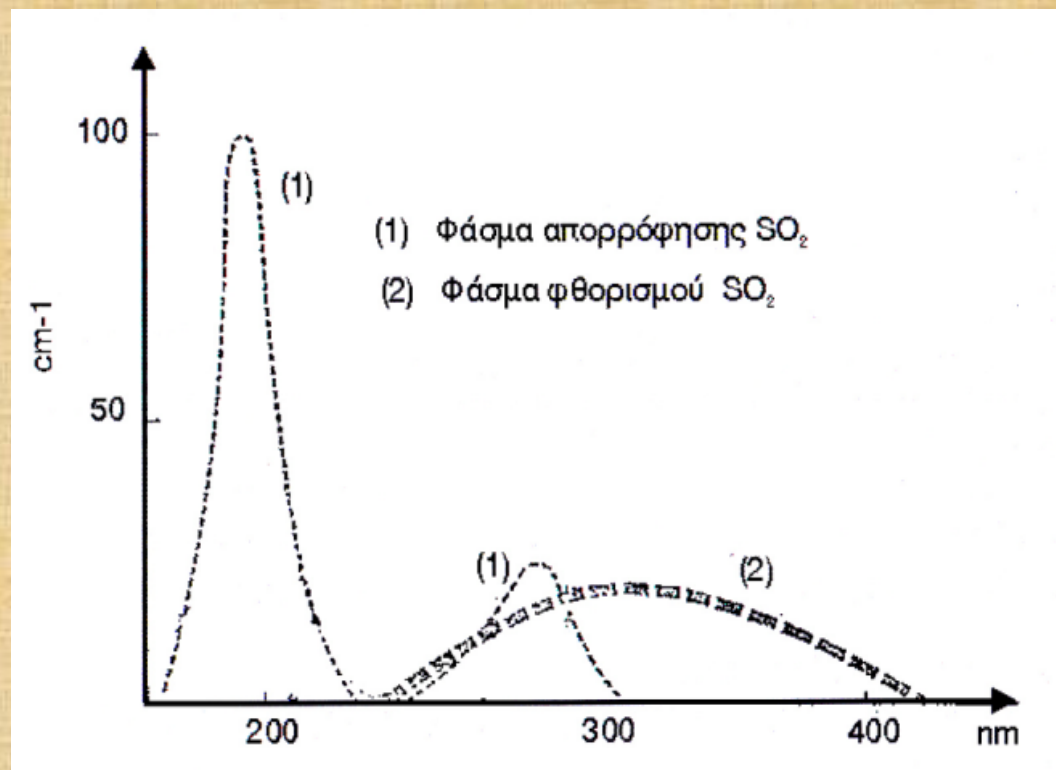
Σύμφωνα με τις Οδηγίες Πλαίσιο 96/62/EC [7] και 2008/50/EC [8] της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), έχουν θεσπιστεί οριακές τιμές για τις συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα, όπως φαίνονται και στον Πίνακα 2.

ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO ₂)			
Περίοδος αναφοράς	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Προθεσμία συμμόρφωσης ως προς την οριακή τιμή
Ωριαία οριακή τιμή	350 μg/m ³ των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 24 φορές ανά ημερολογιακό έτος	150 μg/m ³ (43%) κατά την έναρξη ισχύος της οδηγίας, μειούμενο από 1/1/2001 και κατόπιν ανά 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό, ώστε τελικά να φτάσει το 0% την 1/1/2005	1/1/2005
Ημερήσια οριακή τιμή	125 μg/m ³ των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερο από 3 φορές ανά ημερολογιακό έτος	Κανένα	1/1/2005
Ετήσια οριακή τιμή	20 μg/m ³	Κανένα	19/07/2001

Πίνακας 2. Οριακές τιμές και προθεσμίες συμμόρφωσης ως προς τις οριακές τιμές για το διοξείδιο του θείου (SO₂).

Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

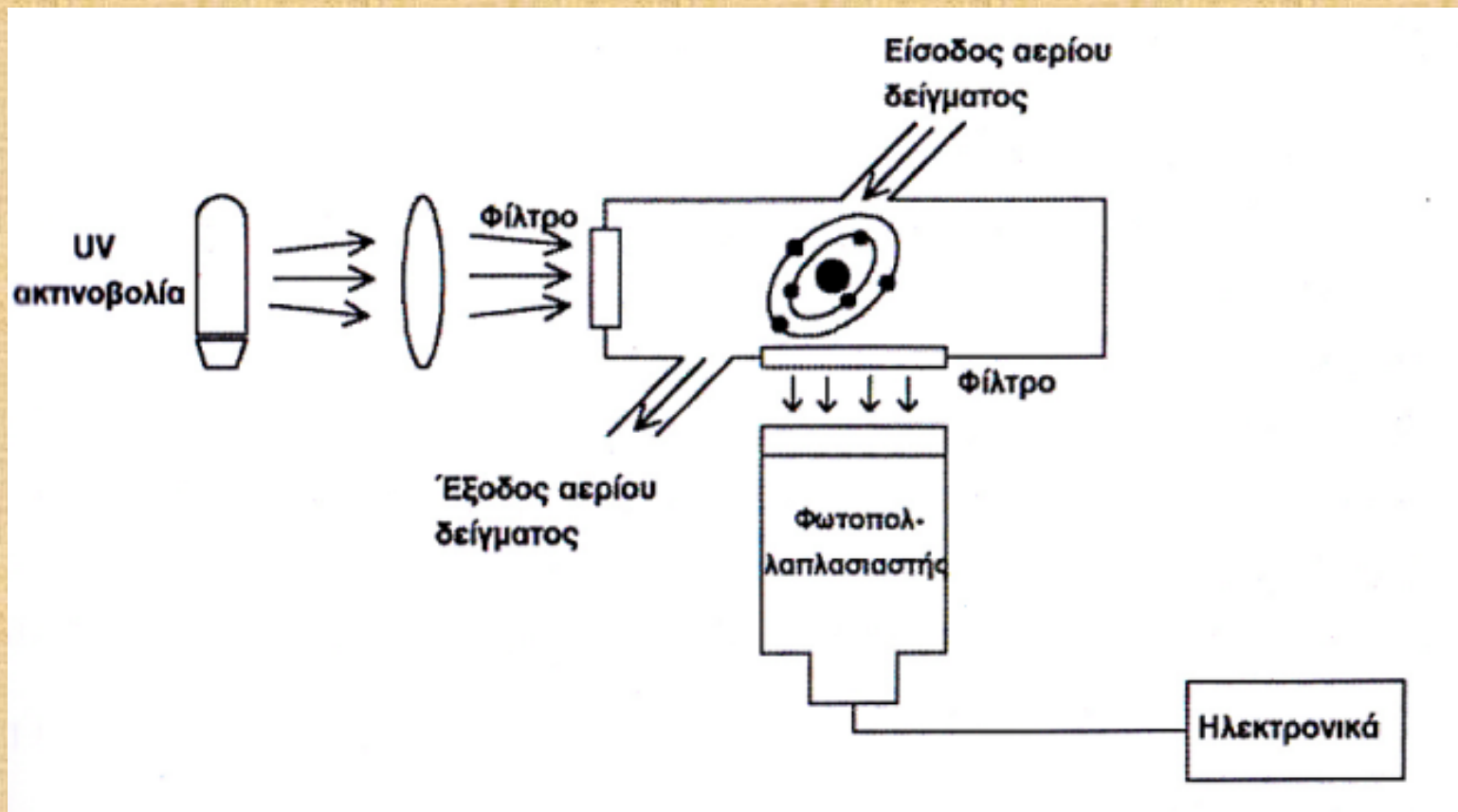
Η πιο συνήθης μέθοδος ανίχνευσης και καταγραφής του SO₂ είναι η φθορισμομετρία και γενικότερα η μέθοδος της φωταύγειας. Είναι ουσιαστικά η μέθοδος φθορισμού στο υπεριώδες [6]. Ειδικότερα, το SO₂ απορροφά επιλεκτικά ορισμένα μήκη κύματος υπεριώδους ακτινοβολίας (190nm<λ<230nm). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ηλεκτρονική διέγερση των ατόμων. Αυτό διαρκεί για ελάχιστο χρονικό διάστημα και κατά την αποδιέγερση εκπέμπεται χαρακτηριστική ακτινοβολία με μήκη κύματος 240nm<λ<420nm. Η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του SO₂ [6].



Σχήμα 4. Φάσμα απορρόφησης του διοξειδίου του θείου [6]

Το διοξείδιο του θείου (SO_2)

Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία από το διοξείδιο του θείου περνάει από ένα κατάλληλο φίλτρο και από εκεί κατευθύνεται σε έναν φωτοπολλαπλασιαστή για να ενισχυθεί, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5. Στη συνέχεια η συγκέντρωση του διοξειδίου του θείου καταγράφεται ηλεκτρονικά [6].



Σχήμα 5. Αρχή λειτουργίας του αναλυτή καταγραφής διοξειδίου του θείου με την μέθοδο της φθορισμομετρίας [6]

Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

Η αρχή λειτουργίας χρησιμοποιεί ανίχνευση με φθορισμό UV ακτινοβολίας (UV-fluorescence), για τη συνεχή παρακολούθηση του διοξειδίου του θείου (SO₂), με όριο ανίχνευσης 0,3ppb και μέγιστο εύρος 0–20ppm. Η συγκέντρωση SO₂ αντισταθμίζεται επίσης ως προς αλλαγές θερμοκρασίας περιβάλλοντος και πίεσης και ως προς επιλεγόμενες πρότυπες συνθήκες αναφοράς για θερμοκρασίες 0°C, 20°C ή 25°C και πίεση 1atm.



Διατίθεται με διπλό φίλτρο σωματιδίων και προαιρετικά με:

- Λογισμικό επικοινωνίας
- Kit για τοποθέτηση σε Rack
- Εξωτερική αντλία αναρρόφησης δείγματος
- TCP/IP port
- Σύστημα δειγματοληψίας με θερμαινόμενο ή μη δειγματολήπτη
- Αραιωτή δείγματος – Βαθμονομητής GasGilibrator-1100
- Γεννήτρια zero air

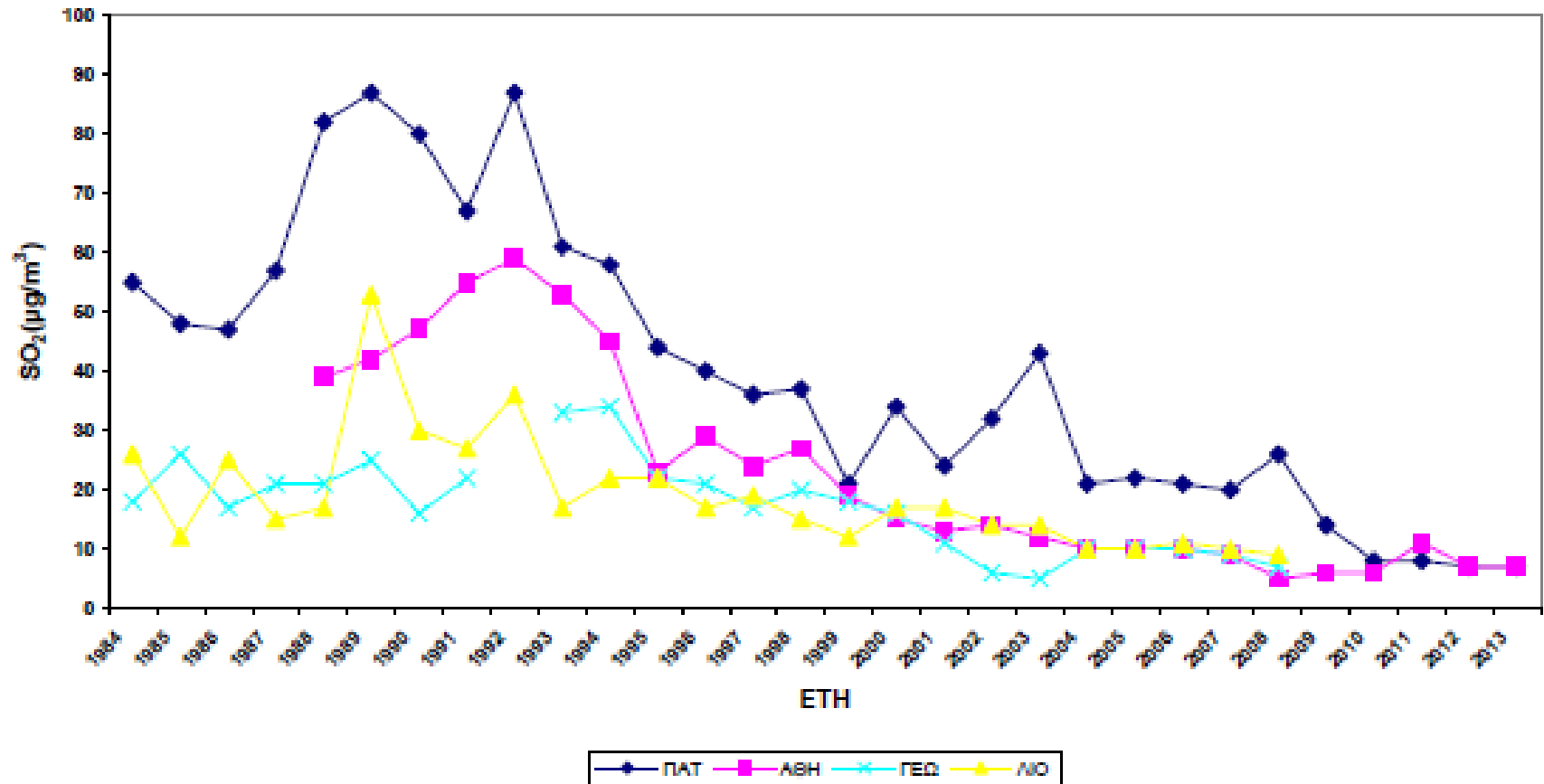
Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Κλίμακες μέτρησης: 0 – 20 ppm
- Μονάδες Συγκέντρωσης: mg/m³, µg/m³, ppm, ppb, ppt κατ' επιλογή του χρήστη
- Όριο ανίχνευσης: < 0,3 ppb
- Θόρυβος: < 0,20 ppb
- Ακρίβεια: 20 ppb ως < 100ppb ή 0,1 % της μετρούμενης τιμής
- Γραμμικότητα: < 1% της κλίμακας
- Χρόνος απόκρισης: 60 s
- Αντιστάθμιση Θερμοκρασίας/Πίεσης: με επιλεγόμενες συνθήκες αναφοράς 0°, 20° ή 25°C και πίεση 1 atm
- Παροχή αντλίας δείγματος: 0,675 l/min
- Θύρες επικοινωνίας: USB, RS232 (2ports), Ethernet (option)
- I/O Θύρες: 25pin I/O port (αναλογικές-ψηφιακές είσοδοι/έξοδοι)
- Αναλογικά σήματα εξόδου: 4-20 mA, 0-20 mA ή 0-5 VDC
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 5 – 40 °C
- Τροφοδοσία: 230V/50 Hz
- Διαστάσεις: 440 x 178 x 620 mm (w x h x d)
- Βάρος: ~18 kg

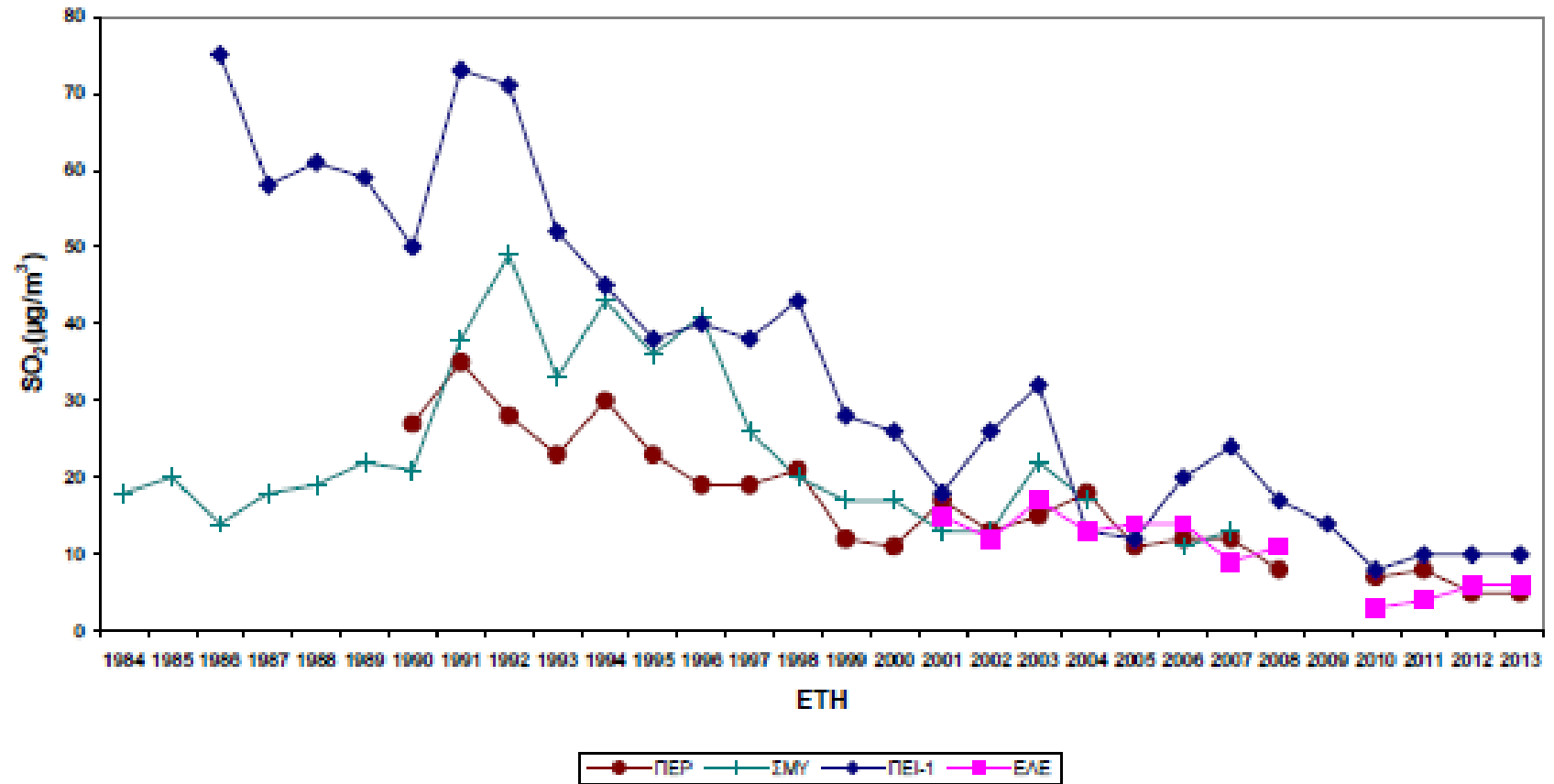


Το διοξείδιο του θείου (SO₂)



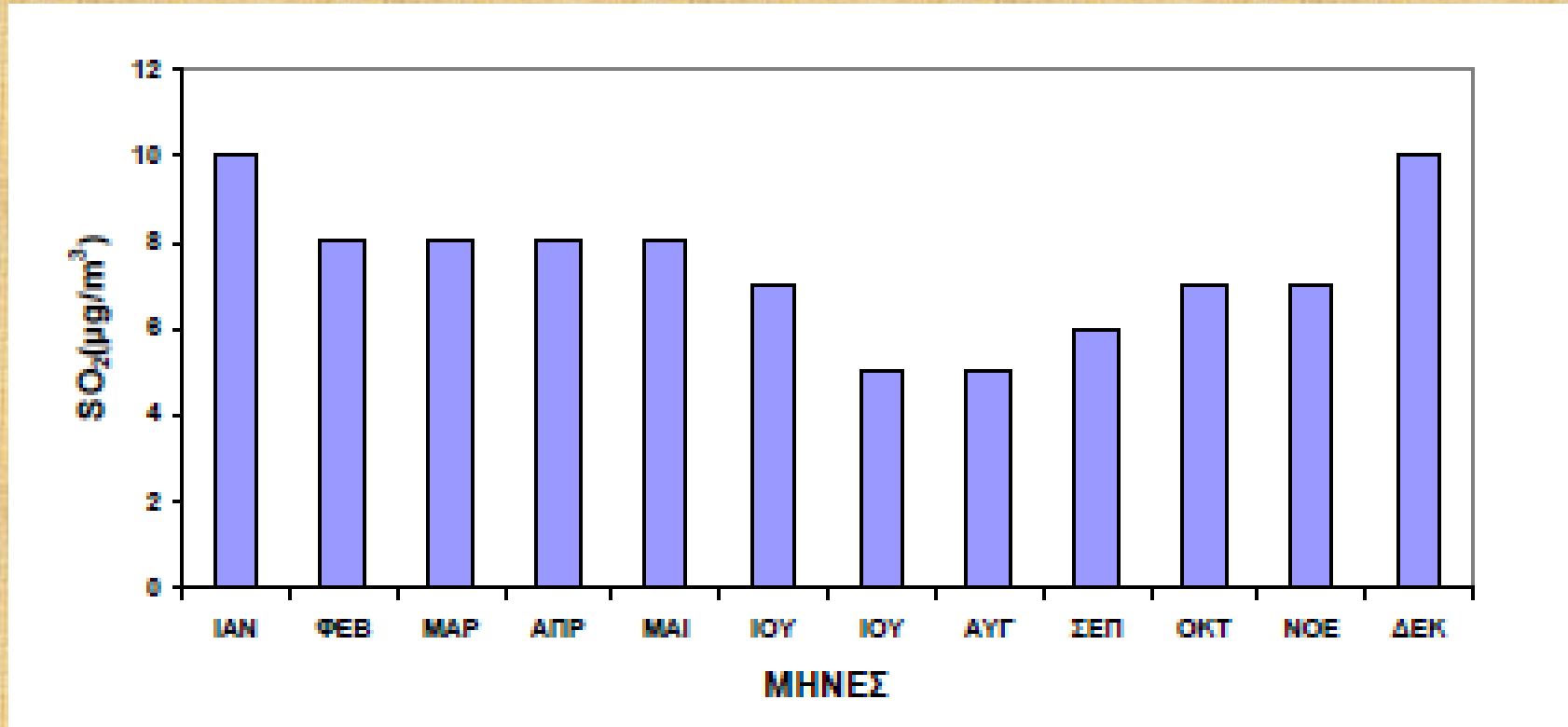
Σχήμα 6. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του SO₂ σε διαφορετικές θέσεις εντός της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών. Περίοδος 1984-2013 [7]

Το διοξείδιο του θείου (SO₂)



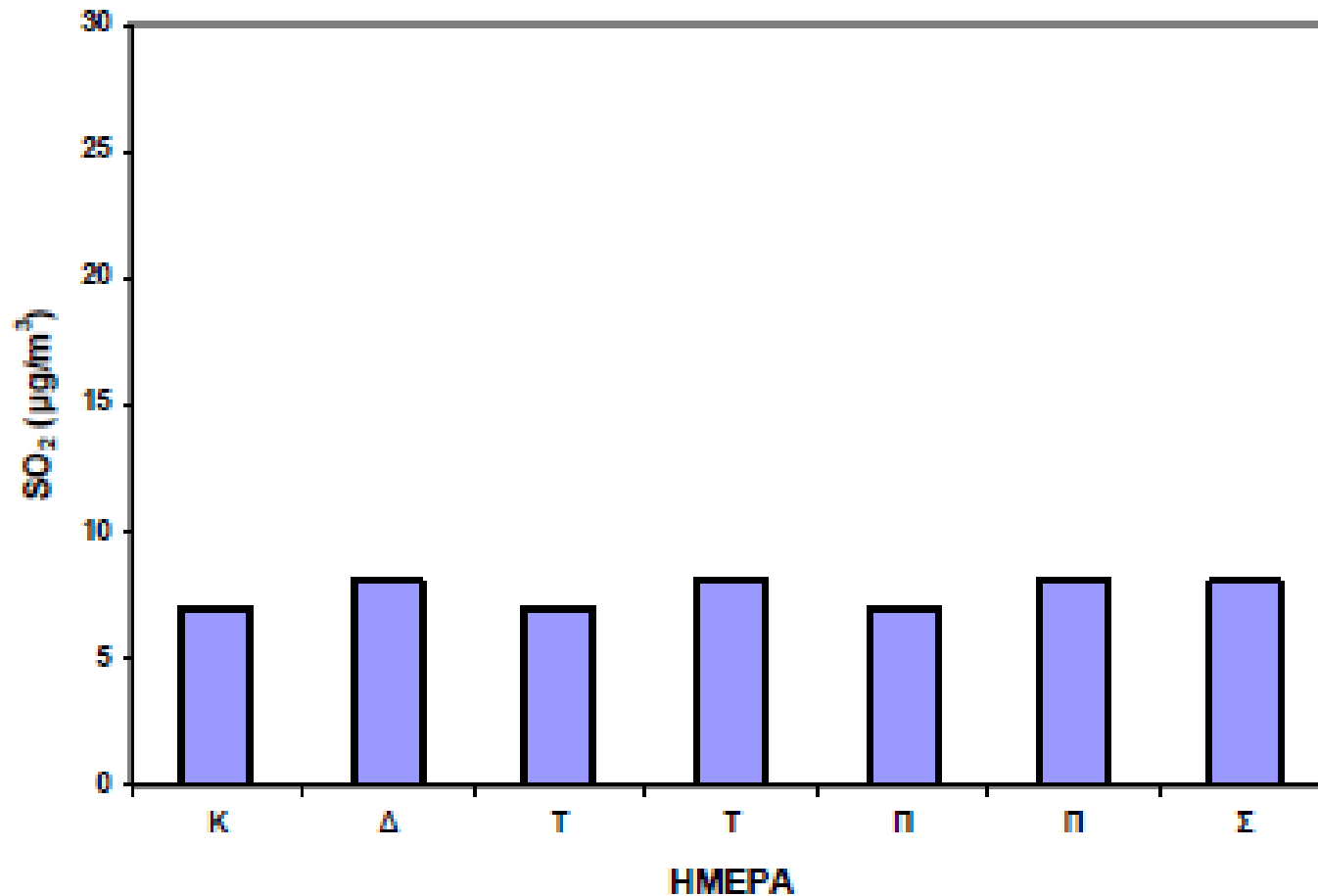
Σχήμα 7. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του SO₂ σε διαφορετικές θέσεις εντός της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών. Περίοδος 1984-2013 [7]

Το διοξείδιο του θείου (SO₂)



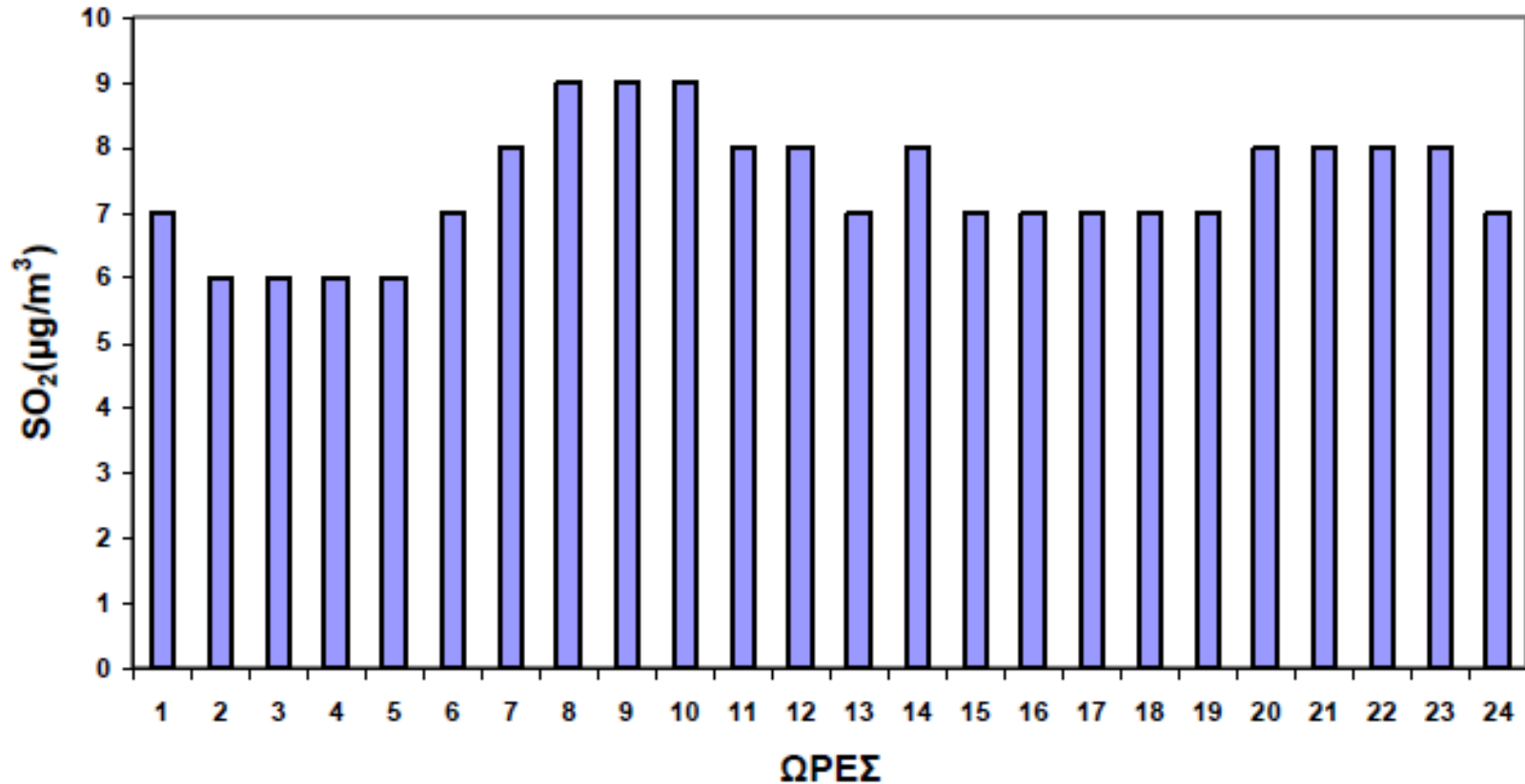
Σχήμα 8. Μέσες μηνιαίες τιμές συγκέντρωσης SO₂ στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [7]

Το διοξείδιο του θείου (SO_2)



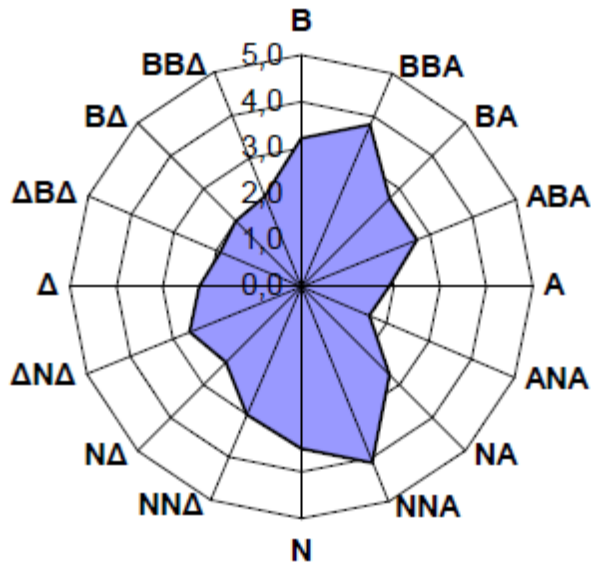
Σχήμα 9. Μέσες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης SO_2 στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [7]

Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

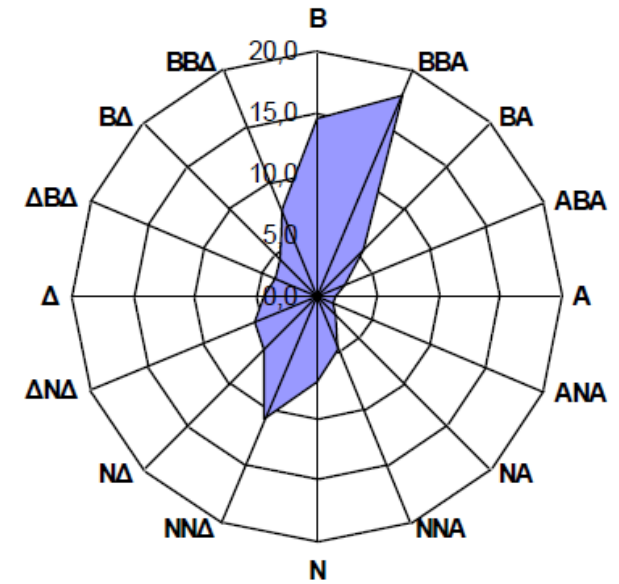


Σχήμα 10. Ενδοημερήσια μεταβολή (τυπικό 24ωρο) της συγκέντρωσης CO στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [7]

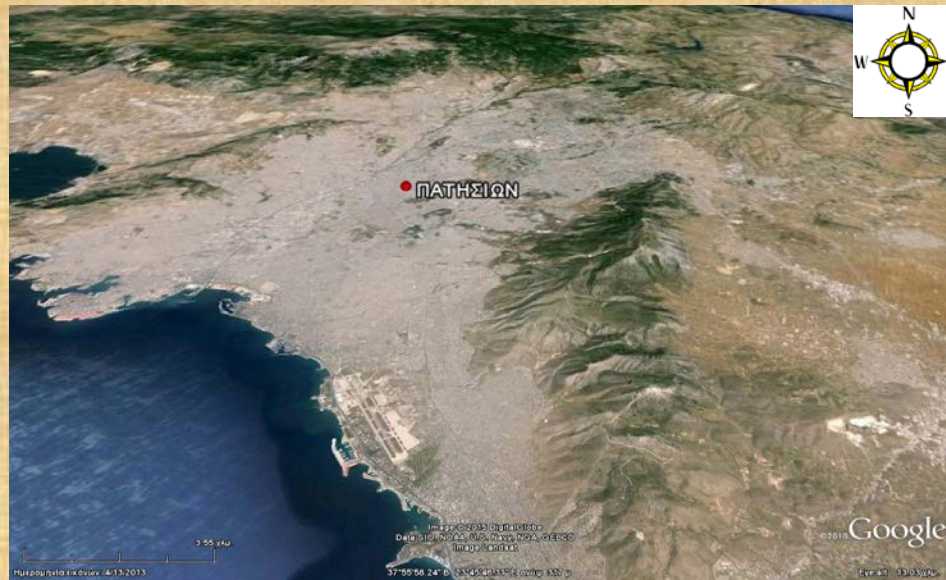
Το διοξείδιο του θείου (SO_2)



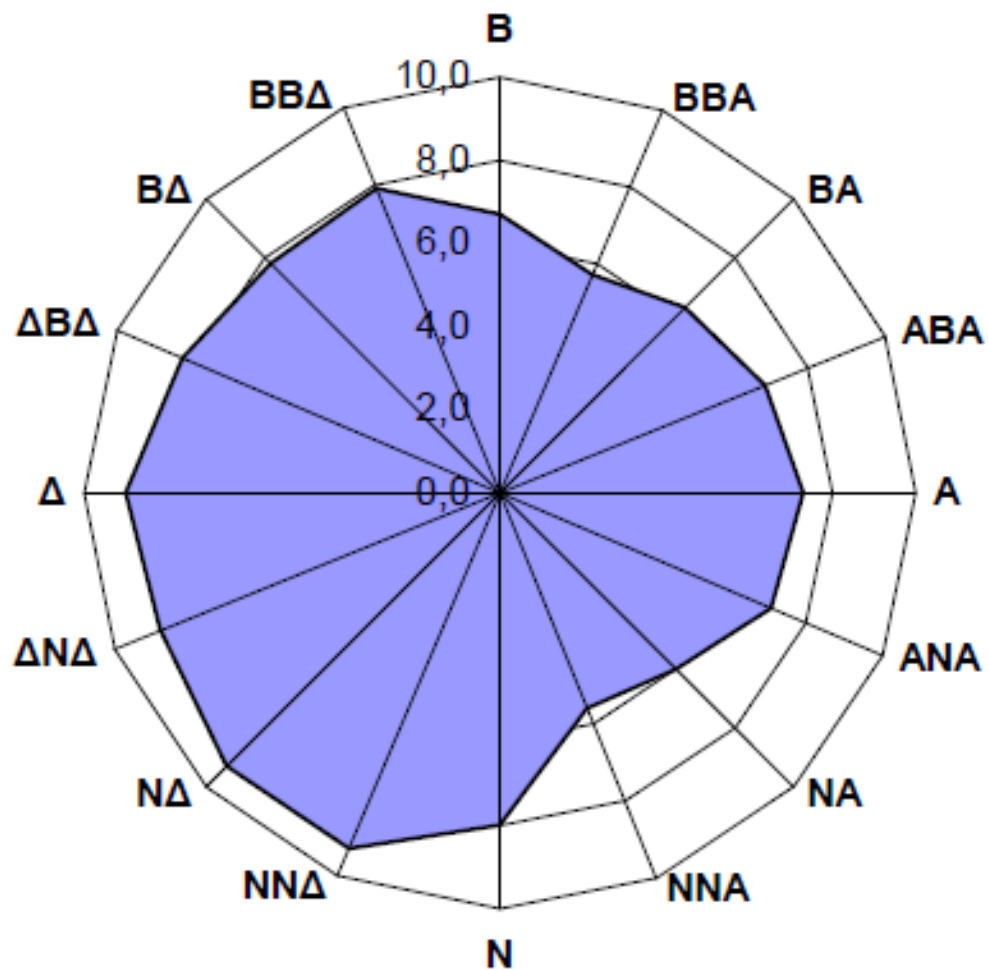
Σχήμα 11. Μέση ταχύτητα (m/s) ανά διεύθυνση του ανέμου στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [7]



Σχήμα 12. Συχνότητες (%) της διεύθυνσης του ανέμου στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [7]

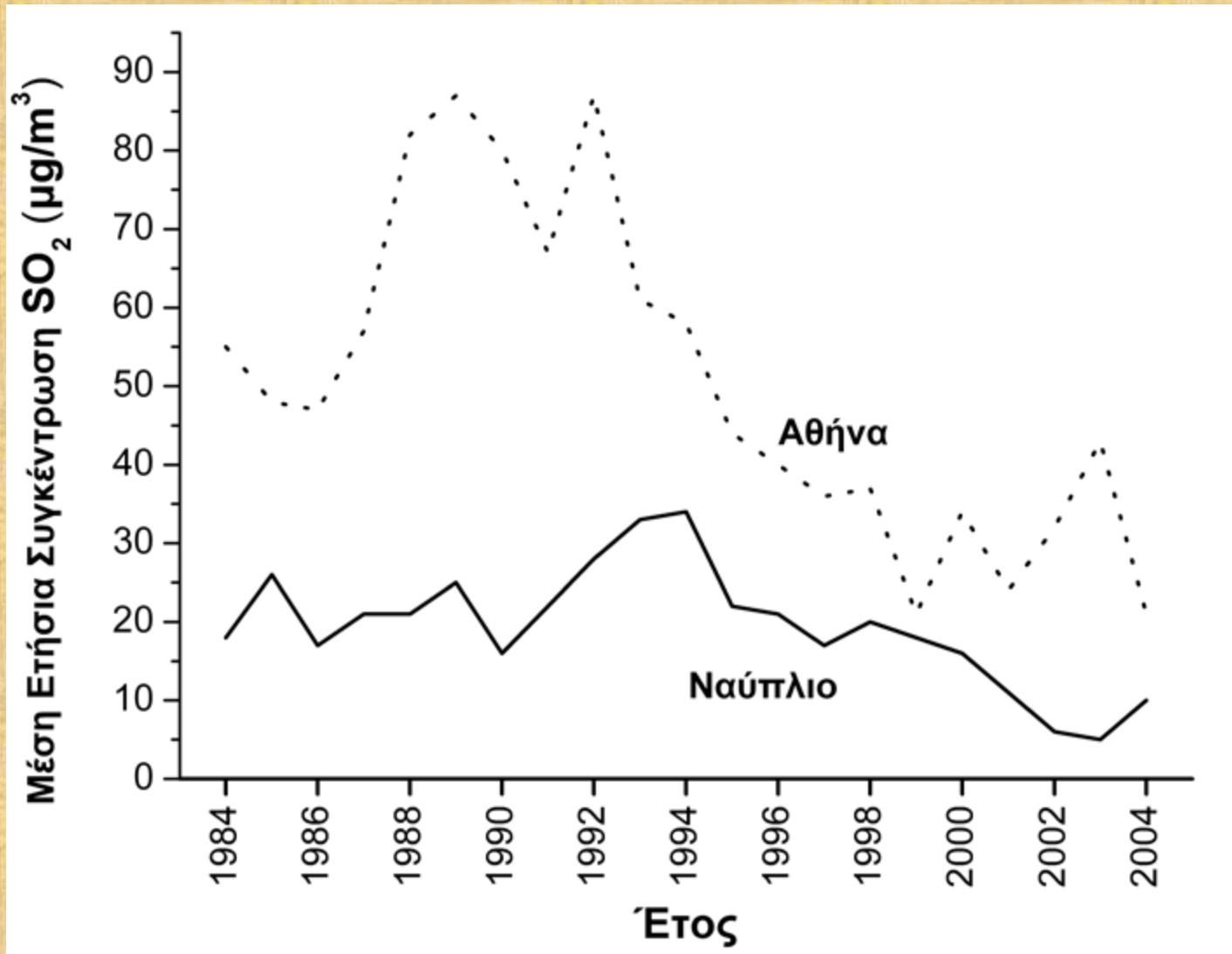


Το διοξείδιο του θείου (SO₂)



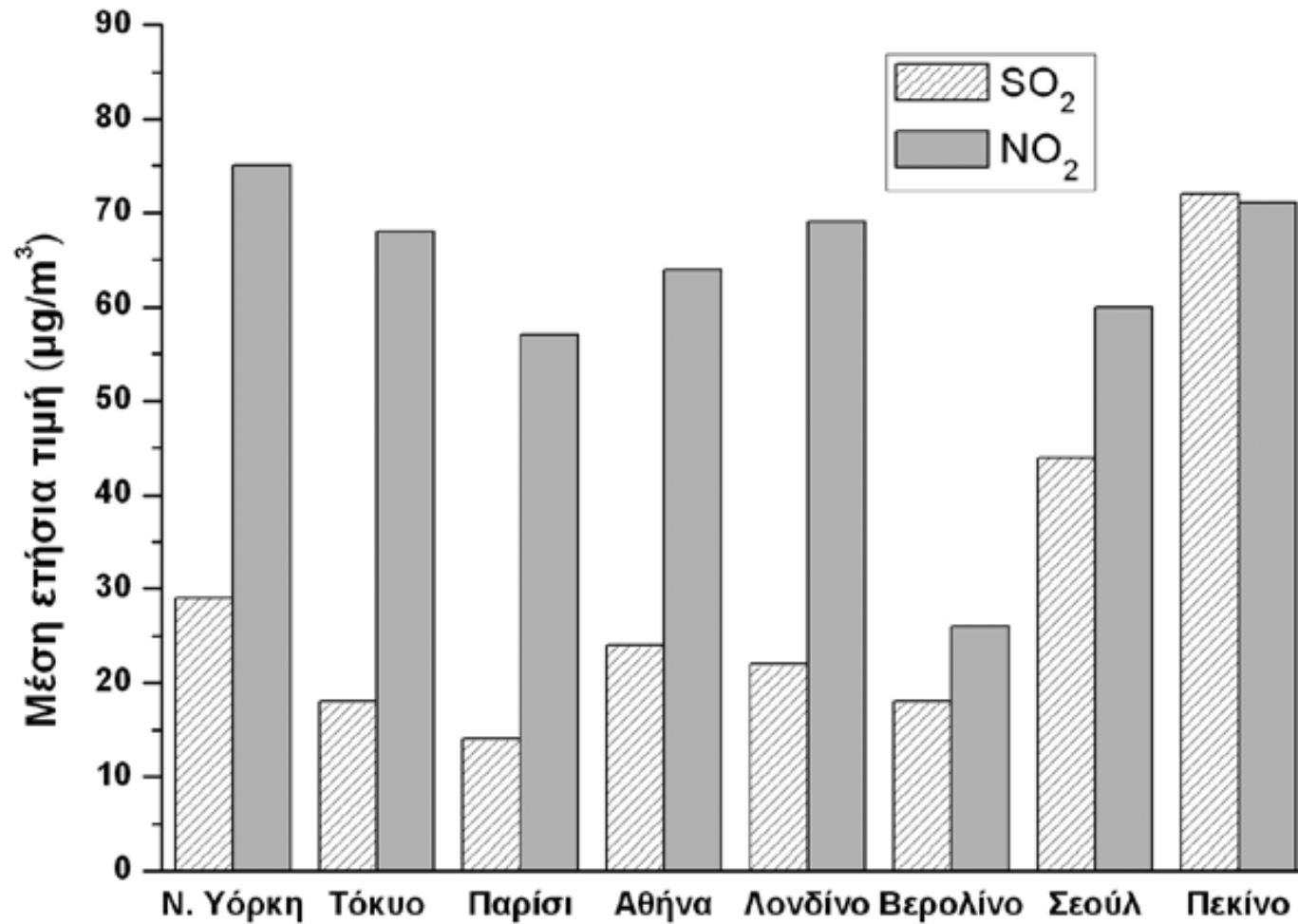
Σχήμα 13. Μέσες τιμές SO₂ (µg/m³) για διαφορετικές διευθύνσεις του ανέμου στο σταθμό Πατησίων. Έτος 2013 [7]

Το διοξείδιο του θείου (SO_2)



Σχήμα 14. Μέσες Ετήσιες Τιμές Συγκέντρωσης SO_2 στην Αθήνα και στο Ναύπλιο [8]

Το διοξείδιο του θείου (SO₂)



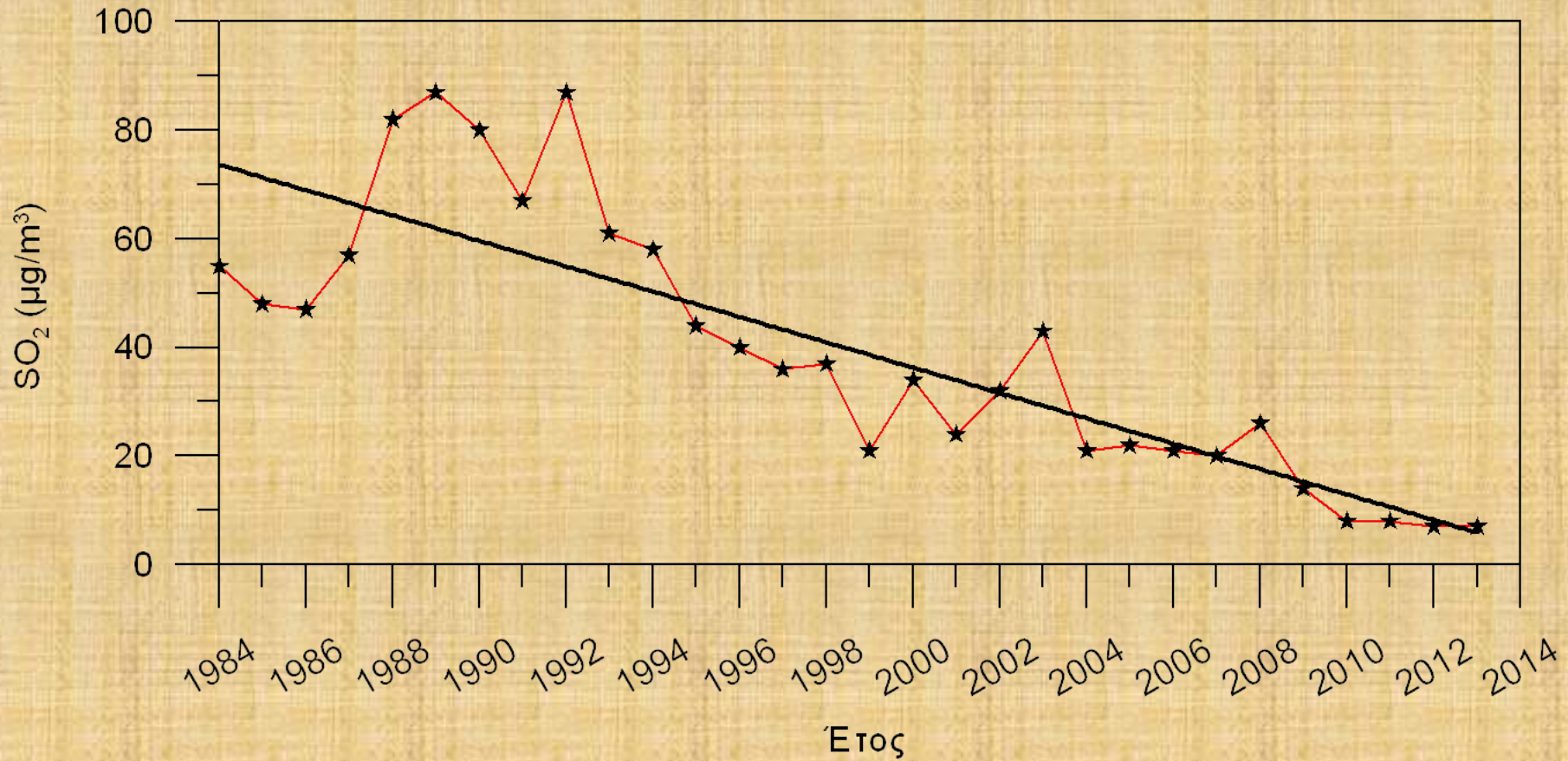
Σχήμα 15. Μέση ετήσια συγκέντρωση SO₂ και NO₂ σε επτά μεγαλουπόλεις σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές για την Αθήνα [8], [9], [10]

Το διοξείδιο του θείου (SO₂)

α/α	Σταθμός	Περίοδος Λειτουργίας	Μέση τιμή (μg/m ³)	Ετήσιος ρυθμός μεταβολής (μg·m ⁻³ /έτος)
1	ΑΘΗ	1988-2013	23	-2,0
2	ΑΡΙ	1994-2005	23	-2,8
3	ΓΕΩ	1984-2008	18	-0,7
4	ΛΙΟ	1984-2005	19	-0,8
5	ΜΑΡ	1984-2004	13	-0,6
6	ΠΑΤ	1990-2013	40	-2,3
7	ΠΕΙ	1984-2013	36	-2,2
8	ΠΕΡ	1990-2013	17	-1,1
9	ΣΜΥ	1984-2007	24	-0,4

Πίνακας 2. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του SO₂. Περίοδος 1984-2013 [7]

Το διοξείδιο του θείου (SO_2)



Σχήμα 16. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του SO_2 . Περίοδος 1984-2013 [7]

Βιβλιογραφία

- [1] Μουστρής Κ., 2009. Πρόγνωση ποιότητας της ατμόσφαιρας στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών μ τη χρήση νευρωνικών δικτύων. Διδακτορική Διατριβή. Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ.
- [2] S.J. Smith, J. van Aardenne, Z. Klimont , R.J. Andres, A. Volke and S. Delgado Arias, 2004. Anthropogenic sulfur dioxide emissions: 1850–2005. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 1101–1116
- [3] Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο Δημοτικό Σχολείο. Πύλη Παιδαγωγικού Υλικού Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. Διαθέσιμο στο: <http://www.env-edu.gr/Chapters.aspx?id=63>
- [4] Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D. W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D. C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M., and van Dorland, R., 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B. M., Tignor, M., and Miller, H. L., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 129–234
- [5] Ατμοσφαιρικοί ρύποι και κλίμακες διασποράς. Διαθέσιμο στο: <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/simeiwseis/chapter2.pdf>
- [6] Τριανταφύλλου Α.Γ., 2004. Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Ατμοσφαιρικό Οριακό Στρώμα. Σύγχρονες τεχνικές μέτρησης. Κοζάνη 2004, ISBN: 960-90103-1-8
- [7] 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>

Βιβλιογραφία

- [8] Δημήτρης Χαραλάμπους, Κυριακή Πολυκρέτη, Βασιλική Αργυροπούλου, 2007. Οδηγός Καλής Πρακτικής για την Προστασία των Υπαίθριων Μπρούντζινων Μνημείων στην Ελλάδα. ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ – ΤΜΗΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ & ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ
- [9] Monnen, T., 2004. Management of Helsinki Outdoor Sculptures, Monumenti in Bronzo all’aperto, Esperienze di Conservazione a Confronto, Nardini Editore, Italy, 175-178
- [10] Antonopoulou, Z., 2007. Public Participation in the Protection of Monuments through Educational Actions. Case Study: Outdoor Sculptures. In: Drdacky, M. and Chapuis, M. (Eds.), Safeguarded Cultural Heritage - Understanding & Viability for the Enlarged Europe, Proceedings of the 7th European Conference “SAUVEUR”, Academy of Science of the Czech Republic, Praha, 12-26