

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΚΘΕΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ
2012

ΙΟΥΛΙΟΣ 2013

Για τη λειτουργία και συντήρηση των σταθμών ατμοσφαιρικής ρύπανσης το 2012, την επεξεργασία των δεδομένων και την σύνταξη της παρούσας έκθεσης συνεργάστηκαν οι κάτωθι υπάλληλοι της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας:

Ιωάννης Κιουτσιούκης
Νικόλαος Μπουρνής
Ελένη Παπακώστα
Θεόδωρος Συμεωνίδης
Γεώργιος Τσαγκαρλής

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1 Σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ΠΚΜ	3
1.2 Νομοθεσία σχετικά με την ποιότητα της ατμόσφαιρας	6
2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ: ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ	8
2.1 Χρονικές διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων των μετρούμενων ρύπων	8
Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων (2001-2012)	8
Μηνιαία μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων (2012)	11
Ημερήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων (2012)	23
Ωριαία μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων (2012)	35
2.2 Επίδραση μετεωρολογικών παραμέτρων στη ρύπανση	47
2.3 Σύγκριση τιμών ατμοσφαιρικής ρύπανσης με όρια	59
Σωματίδια (ΑΣ10)	59
Διοξείδιο του θείου (SO₂)	60
Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)	60
Όζον (O₃)	60
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	61
3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	62
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (2012)	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΜΕΣΕΣ ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ (2012)	66
NO ₂	66
O ₃	72
CO	78
SO ₂	82
PM10	84
ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	89
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	90

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

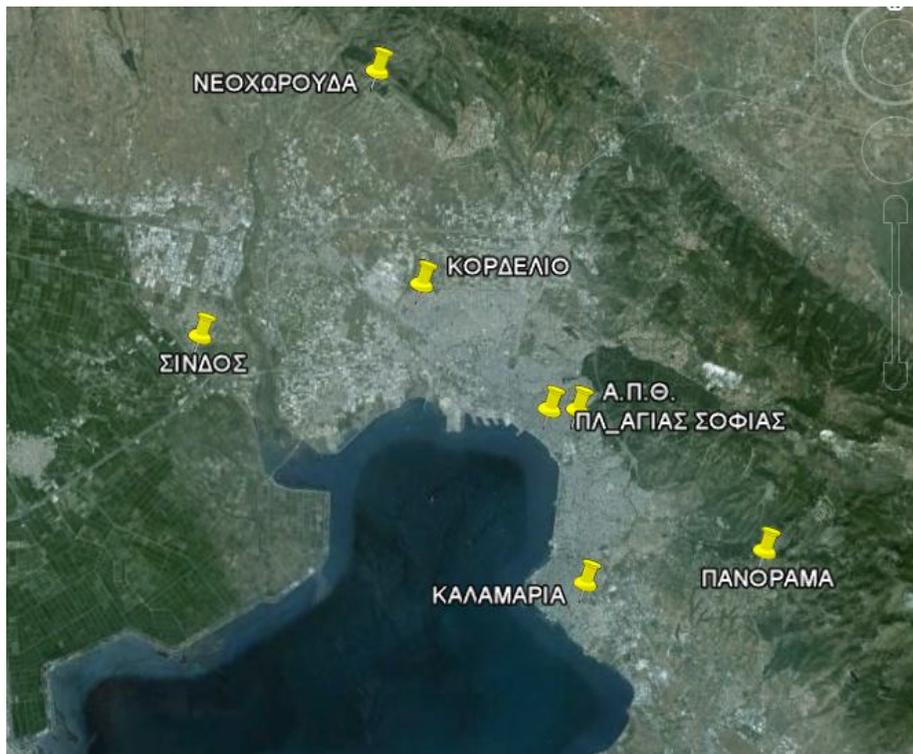
Σύμφωνα με την εθνική και κοινοτική νομοθεσία αποτελεί υποχρέωση της χώρας η λειτουργία δικτύου σταθμών μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ) που λειτουργεί από το 2000. Την ευθύνη λειτουργίας των σταθμών του ΕΔΠΑΡ που είναι εγκατεστημένοι στο Ν. Θεσσαλονίκης έχει η Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας (ΠΚΜ), αρμοδιότητα που της μεταβιβάστηκε από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας-Θράκης το Νοέμβριο του 2011, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (Ν. 3852/10).

Στην παρούσα έκθεση περιέχεται η ανάλυση των στοιχείων μετρήσεων από τους σταθμούς του ΕΔΠΑΡ, που την ευθύνη λειτουργίας τους έχει η ΠΚΜ, για το 2012, καθώς και η διαχρονική τους εξέλιξη από το 2001.

1.1 Σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ΠΚΜ

Το δίκτυο που λειτουργεί στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας αποτελείται από 7 σταθμούς. Η χωρική κατανομή τους παρουσιάζεται στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 1):

Εικόνα 1. Χάρτης περιοχής της Θεσσαλονίκης που εμφανίζονται οι θέσεις μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης



Η ακριβής θέση των σταθμών, ο χαρακτηρισμός της θέσης και οι μετρούμενοι ρύποι ανά σταθμό δίνονται στον πίνακα 1. Επίσης, στο πλαίσιο 1 παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων ρύπων.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά των σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ο χαρακτηρισμός του σταθμού διέπεται από τρεις παραμέτρους: (α) τύπος σταθμού, (β) ταξινόμηση σταθμού ως προς το O₃, (γ) τύπος περιοχής σταθμού.

Σταθμός	Γεωγραφικό Μήκος	Γεωγραφικό Πλάτος	Υψόμετρο (m)	Χαρακτηρισμός	CO	NOx	SO ₂	O ₃	PM ₁₀
Αγ. Σοφίας	22° 56' 43".04	40° 38' 01".58	27	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ - ΑΣΤΙΚΟΣ	X	X		X	X
Α.Π.Θ.	22° 57' 24".13	40° 38' 00".86	55	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΣΤΙΚΟΣ ΑΣΤΙΚΟΣ		X		X	
Καλαμαριά	22° 57' 33".49	40° 34' 44".10	60	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ - ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΣ	X				X
Κορδελιό	22° 53' 36".38	40° 40' 24".77	30	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΣΤΙΚΟΣ ΑΣΤΙΚΟΣ	X	X	X	X	X
Νεοχωρούδα	22° 52' 34".43	40° 44' 23".43	229	ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΣ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΣ		X		X	X
Πανόραμα	23° 01' 54".05	40° 35' 20".15	363	ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΣ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΣ		X		X	X
Σίνδος	22° 48' 08".52	40° 39' 28".23	14	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΣΤΙΚΟΣ ΑΣΤΙΚΟΣ	X	X	X	X	X

Παράλληλα με τα δεδομένα ποιότητας της ατμόσφαιρας καταγράφονται και μετεωρολογικά δεδομένα (ταχύτητα & διεύθυνση ανέμου, θερμοκρασία και υγρασία) σε όλους τους σταθμούς με εξαίρεση τον σταθμό στην Πλ. Αγίας Σοφίας που βρίσκεται μέσα σε οδική χαράδρα με αποτέλεσμα να μην είναι αντιπροσωπευτικός των μετεωρολογικών συνθηκών της ευρύτερης περιοχής.

Πίνακας 2. Μέθοδος μέτρησης των ρύπων

Ρύπος	Μέθοδοι μέτρησης
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	Μέθοδος φθορισμού
Οξειδία του αζώτου (NOx)	Μέθοδος χημειοφωταύγειας
Όζον (O ₃)	Μέθοδος απορρόφησης υπεριώδους
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Μέθοδος μη διαχεόμενης ακτινοβολίας
Αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ ₁₀)	Απορρόφηση β' ακτινοβολίας

Στον πίνακα 2 παρουσιάζεται η μέθοδος μέτρησης για κάθε ρύπο. Η μέτρηση των ρύπων γίνεται σε συνεχή βάση και καταγράφεται μία τιμή κάθε λεπτό. Στην συνέχεια μέσω ενός επεξεργαστή

υπολογίζονται οι μέσες ωριαίες τιμές, οι οποίες μέσω modem μεταβιβάζονται στον κεντρικό υπολογιστή της Υπηρεσίας.

Πλαίσιο 1 Οι βασικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι: περιγραφή, πηγές και επιδράσεις

Οξειδία του αζώτου (NO_x)

Τα οξειδία του αζώτου (NO_x) εκπέμπονται κατά την καύση καυσίμων, όπως είναι οι βιομηχανικές δραστηριότητες και οι οδικές μεταφορές. Όπως και με το SO₂, τα NO_x συμβάλλουν στην όξινη εναπόθεση αλλά και στο φαινόμενο του ευτροφισμού. Από τις χημικές ενώσεις που αποτελούν τα NO_x, το NO₂ σχετίζεται με δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία, καθώς οι υψηλές συγκεντρώσεις προκαλούν φλεγμονή των αεραγωγών και μειωμένη πνευμονική λειτουργία. Τα NO_x συμβάλλουν επίσης στον σχηματισμό δευτερογενών ανόργανων σωματιδίων και τροποσφαιρικού O₃ (βλ. παρακάτω).

Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Το διοξείδιο του θείου (SO₂) εκπέμπεται κατά την καύση καυσίμων που περιέχουν θείο. Συμβάλλει στην όξινη εναπόθεση, οι επιπτώσεις της οποίας μπορεί να είναι σημαντικές, συμπεριλαμβανομένων των αρνητικών επιπτώσεων στα υδάτινα οικοσυστήματα σε ποταμούς και λίμνες καθώς και ζημιές στα δάση.

Τροποσφαιρικό όζον (O₃)

Το όζον (O₃) είναι ένας δευτερογενής ρύπος που σχηματίζεται στην τροπόσφαιρα, το χαμηλότερο τμήμα της ατμόσφαιρας, από πολύπλοκες φωτοχημικές αντιδράσεις που έπονται των εκπομπών των προδρόμων αερίων όπως τα NO_x και οι υδρογονάνθρακες. Σε ηπειρωτικό επίπεδο, το μεθάνιο (CH₄) και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διαδραματίζουν επίσης κάποιο ρόλο στο σχηματισμό του όζοντος. Το όζον είναι ένα ισχυρό οξειδωτικό, του οποίου τα αυξημένα επίπεδα προκαλούν αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα και μπορεί να οδηγήσουν σε πρόωρη θνησιμότητα. Τα υψηλά επίπεδα του O₃ μπορούν επίσης να βλάψουν τα φυτά, συντελώντας σε μειωμένη απόδοση γεωργικών καλλιεργειών και μειωμένη ανάπτυξη δασών.

Αιωρούμενα Σωματίδια (PM)

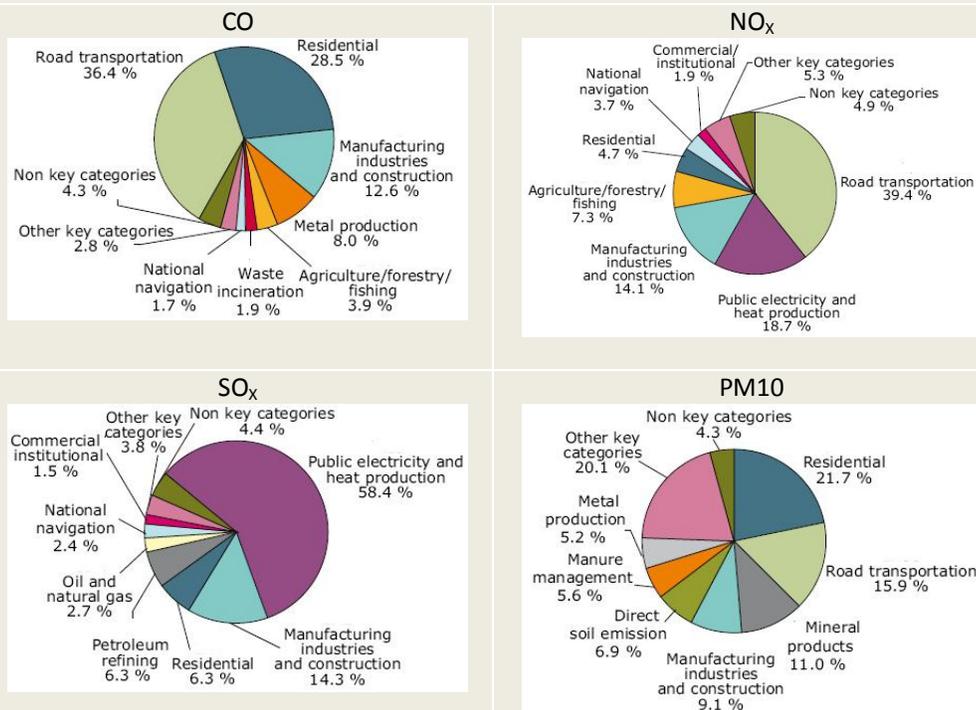
Όσον αφορά την δυνατότητα να βλάψουν την ανθρώπινη υγεία, τα αιωρούμενα σωματίδια είναι ένας από τους σημαντικότερους ρύπους που διεισδύουν σε ευαίσθητες περιοχές του αναπνευστικού συστήματος. Τα PM έχουν πολλές πηγές και είναι ένα πολύπλοκο ετερογενές μείγμα των οποίων το μέγεθος και η χημική σύνθεση αλλάζει χωρικά και χρονικά, ανάλογα με τις πηγές εκπομπών και τις ατμοσφαιρικές και καιρικές συνθήκες. Τα αιωρούμενα σωματίδια περιλαμβάνουν τόσο πρωτογενή όσο και δευτερογενή PM. Τα πρωτογενή σωματίδια είναι το κλάσμα των PM που εκλύονται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα ενώ οι δευτερογενείς μορφές PM σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα μετά από την οξείδωση και την μετατροπή των προδρόμων αερίων (κυρίως SO₂, NO_x, NH₃ και μερικών πτητικών οργανικών ενώσεων). Τα σωματίδια μικρότερου μεγέθους, όπως τα PM_{2.5}, με διάμετρο μέχρι 2,5 μm, θεωρούνται ιδιαίτερα επιβλαβή εξαιτίας της μεγαλύτερης ικανότητάς τους να διεισδύουν βαθιά στους πνεύμονες.

Τα όργανα βαθμονομούνται κατά τακτά χρονικά διαστήματα με σκοπό τον έλεγχο της καλής λειτουργίας τους ή την ρύθμισή τους. Η βαθμονόμηση των αναλυτών αέριων ρύπων βασίζεται

στη διαβίβαση μέσω του οργάνου αερίου, με γνωστή συγκέντρωση του αντίστοιχου ρύπου. Η βαθμονόμηση των αναλυτών αιωρούμενων σωματιδίων βασίζεται στην απορρόφηση της β-ακτινοβολίας από πρότυπα δείγματα γνωστής μάζας.

Πλαίσιο 2 Οι σημαντικότερες πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων

Οι μεταφορές, οι βιομηχανικές δραστηριότητες και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μαζί υπεύθυνες για ποσοστό μεγαλύτερο του 90% των εκπομπών πρωτογενών ρύπων. Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζεται η συνεισφορά των διαφόρων πηγών στις εκπομπές των βασικών ατμοσφαιρικών ρύπων στην ΕΕ-27: (α) CO, (β) NO_x, (γ) SO_x, (δ) PM₁₀.



Πηγή: EEA technical report, no7/2008, *Annual European Community LRTAP Convention emission inventory report 1990–2006*, EEA office for official publication, Copenhagen

1.2 Νομοθεσία σχετικά με την ποιότητα της ατμόσφαιρας

Τα νομοθετημένα όρια και στόχοι που ισχύουν στην Ελλάδα για τους ρύπους του δικτύου μέτρησης στην ΠΚΜ παρουσιάζονται στον πίνακα 3. Στον ίδιο πίνακα, πέρα από τις οριακές τιμές ή τιμές στόχους για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, αναγράφονται και τα όρια ενημέρωσης του κοινού καθώς και τα όρια λήψης έκτακτων μέτρων (όριο συναγερμού). Η ισχύουσα νομοθεσία που έχει εκδοθεί μέχρι σήμερα και αφορά στην ποιότητα της ατμόσφαιρας για το SO₂, NO₂, CO, O₃ και PM₁₀ είναι:

- Οδηγία 2008/50/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 21^{ης} Μαΐου 2008, για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη

- ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103 (ΦΕΚ 488Β/30.3.11) «Μέτρα για την βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2008/50/ΕΚ»

Επιπρόσθετα, η αντιμετώπιση των επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης έχει θεσμοθετηθεί με την Απόφαση 9452/08 του γ.γ. της ΠΚΜ (ΦΕΚ 1652Β/08), όπως αυτή τροποποιήθηκε από την ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103.

Πίνακας 3. Νομοθετημένες Οριακές Τιμές Ποιότητας του Αέρα

Όριο για την προστασία της υγείας				Όριο Ενημέρωσης		Όριο Συναγερμού	
Ρύπος	Χρονική Περίοδος	Τιμή	Μέγιστος αριθμός επιτρεπόμενων υπερβάσεων	Χρονική Περίοδος	Τιμή	Χρονική Περίοδος	Τιμή
SO ₂	1 ώρα	350 μg/m ³	24	-----	-----	3 ώρες	500 μg/m ³
	1 ημέρα	125 μg/m ³	3	3 ώρες	350 μg/m ³	3 ώρες	450 μg/m ³
NO ₂	1 ώρα	200 μg/m ³	18	-----	-----	3 ώρες	400 μg/m ³
	1 έτος	40 μg/m ³	0	3 ώρες	250 μg/m ³	3 ώρες	360 μg/m ³
CO	Μέγιστος ημερήσιος Μ.Ο. 8 ωρών	10 mg/m ³	0	-----	-----	-----	-----
O ₃	Μέγιστος ημερήσιος Μ.Ο. 8 ωρών	120 μg/m ³ (*)	25	1 ώρα	180 μg/m ³	3 ώρες	240 μg/m ³
				1 ώρα	180 μg/m ³	3 ώρες	240 μg/m ³
PM ₁₀	1 ημέρα	50 μg/m ³	35	-----	-----	-----	-----
	1 έτος	40 μg/m ³	0	7 ημέρες	90 μg/m ³	5 ημέρες	110 μg/m ³

Σημείωση: Τα όρια ενημέρωσης & συναγερμού κάτω από την διακεκομμένη γραμμή, που αναγράφονται με πλάγια γραφή, έχουν εφαρμογή μόνο στο πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης (ΦΕΚ 1652Β/08) και πρέπει να επαληθεύονται τουλάχιστον σε δύο γειτονικούς σταθμούς

(*) Αποτελεί Τιμή Στόχο και όχι νομοθετημένη οριακή τιμή

2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ: ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΑΣΕΙΣ

2.1 Χρονικές διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων των μετρούμενων ρύπων

Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων (2001-2012)

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, οι εκπομπές των κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων έχουν μειωθεί σημαντικά στην Ευρώπη. Το 2008, οι εκπομπές οξειδίων του θείου (SO_x) ήταν μειωμένες κατά 72% συγκριτικά με τα επίπεδα του 1990. Αντίστοιχα, οι εκπομπές των προδρομών του όζοντος είχαν καθοδική τάση: το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) μειώθηκε κατά 55%, οι μη πτητικοί υδρογονάνθρακες εκτός μεθανίου (NMVOCs) κατά 44% και τα οξείδια του αζώτου (NO_x) κατά 34%. Τέλος, οι πρωτογενείς εκπομπές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{2.5} και PM₁₀) μειώθηκαν περίπου κατά 13% σε σχέση με το 2000 [πηγή: ΕΕΑ (2010) The European Environment | State and Outlook 2010 | Air Pollution].

Η καθοδική διαχρονικά τάση στις εκπομπές των ρύπων αντικατοπτρίζεται, γενικά, στις μετρούμενες συγκεντρώσεις του SO_2 , του CO, του NO_2 και των PM₁₀ (Εικόνα 2) στους σταθμούς του ΕΔΠΑΡ στην ΠΚΜ, από το 2001 έως σήμερα. Η διαχρονική εξέλιξη των τιμών δείχνει ότι, παρόλο που υπάρχουν στις διάφορες θέσεις, αυξομειώσεις των μέσων ετήσιων τιμών ρύπανσης από χρόνο σε χρόνο, υπάρχει γενικά τάση πτωτική ή τάση σταθεροποίησης, ανάλογα με το ρύπο. Στον αντίποδα, το O_3 δεν εμφανίζει σαφή τάση.

Ειδικά για κάθε ρύπο παρατηρούμε τα εξής:

I. Για το διοξείδιο του θείου, υπάρχει *σημαντική τάση* μείωσης των τιμών που συνδέεται με τις μειώσεις της περιεκτικότητας του θείου τόσο στο πετρέλαιο κίνησης και θέρμανσης όσο και στην αμόλυβδη βενζίνη.

II. Για το μονοξείδιο του άνθρακα, παρουσιάζεται τάση σταθεροποίησης ή μείωσης των τιμών στους περισσότερους σταθμούς.

III. Για το διοξείδιο του αζώτου, υπάρχει τάση σταθεροποίησης ή μείωσης των τιμών τα τελευταία χρόνια.

IV. Για το όζον, η συμπεριφορά είναι συνάρτηση του τύπου του σταθμού: παρατηρείται σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων στους περισσότερους αστικούς σταθμούς και μεταβλητή συμπεριφορά στους περιαστικούς σταθμούς.

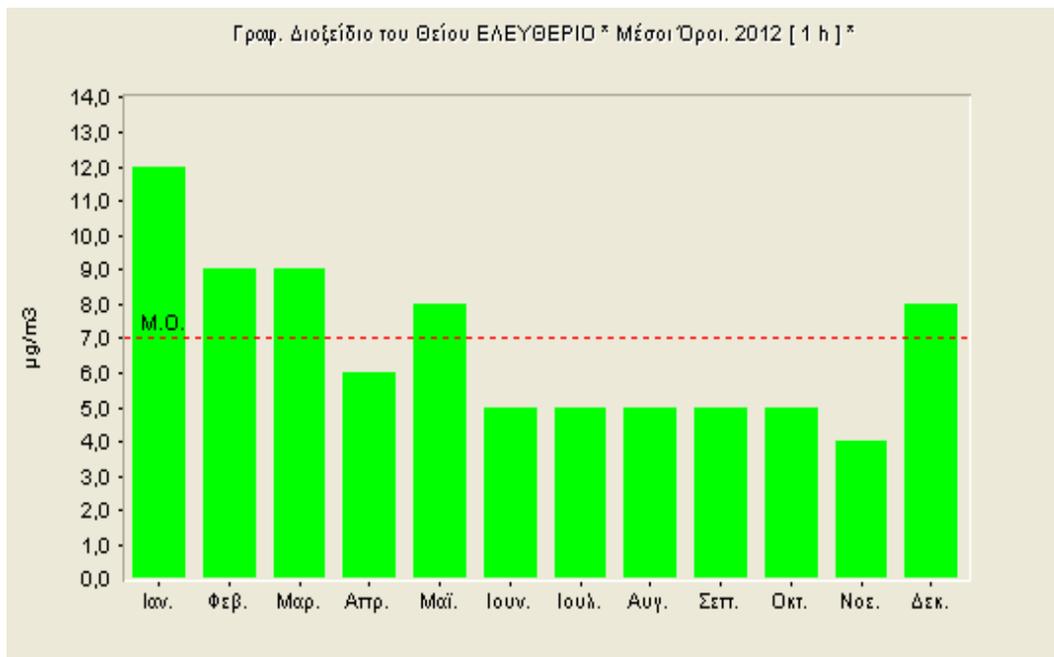
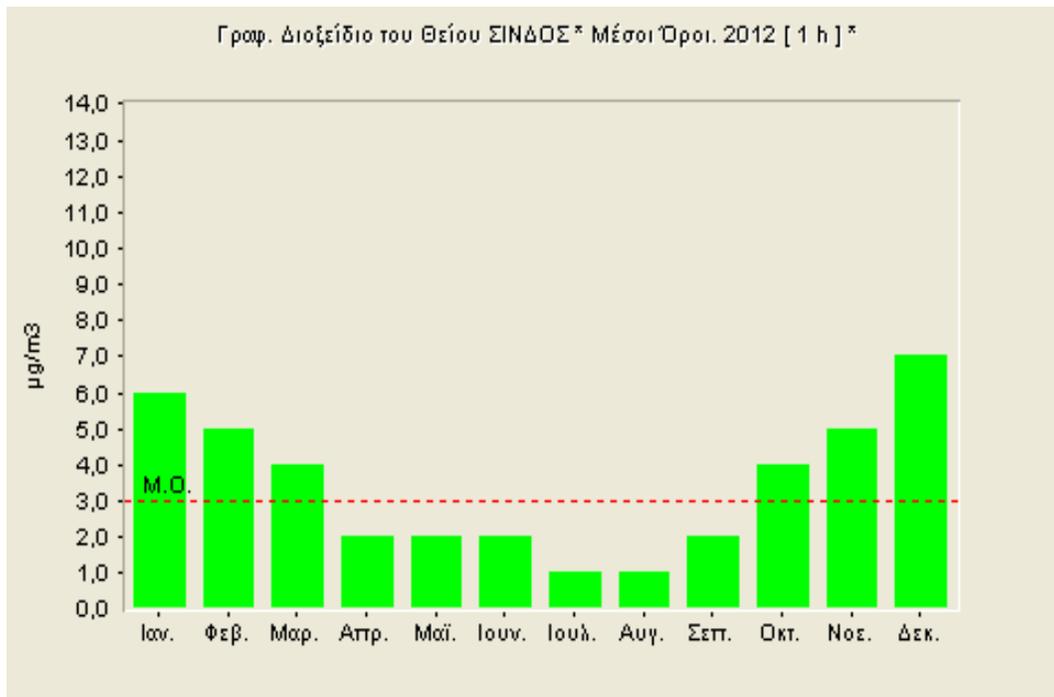
V. Για τα αιωρούμενα σωματίδια, γενικά παρατηρείται μικρή μείωση στις συγκεντρώσεις, με αναστροφή της τάσης κατά τη διάρκεια του 2011 στην περιοχή των περιαστικών σταθμών και σταθεροποίηση το 2012.

Μηνιαία μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων (2012)

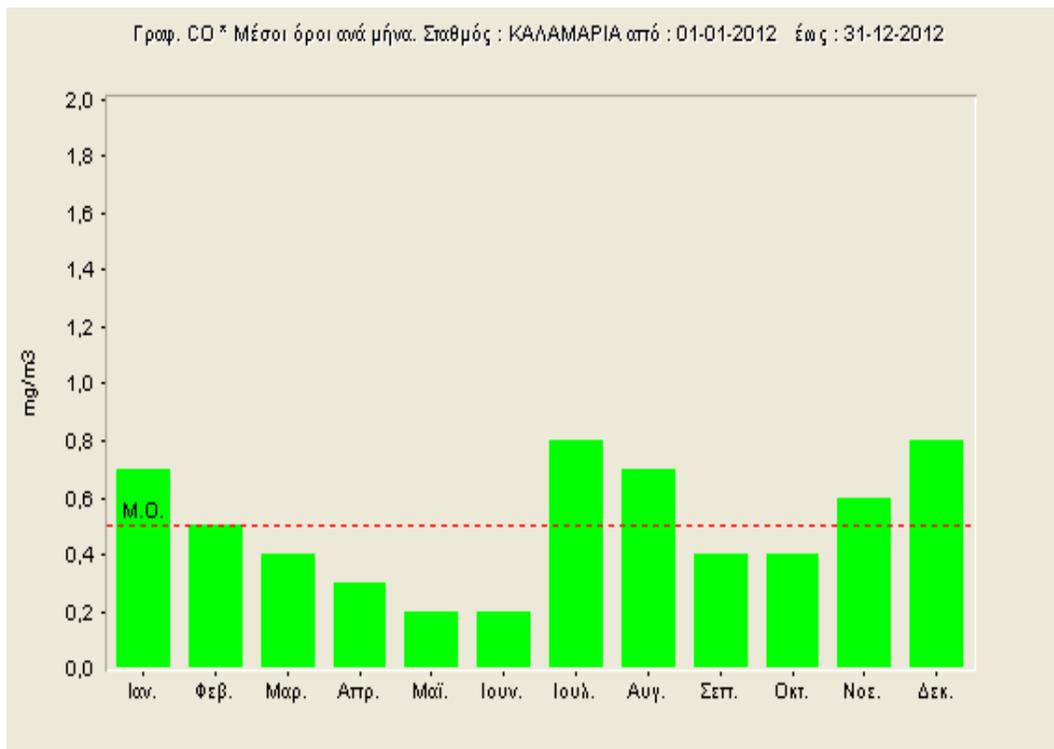
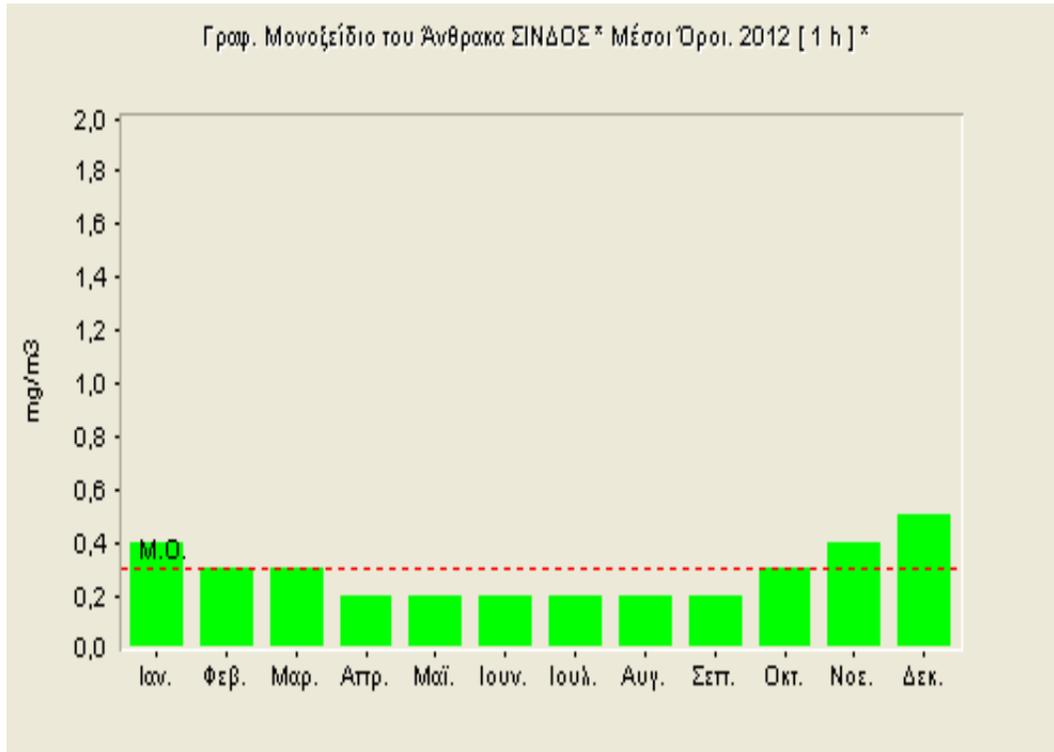
Η μηνιαία μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων παρουσιάζεται στην Εικόνα 3. Από το σχήμα είναι φανερό ότι:

- ο πρωτογενής ρύπος SO_2 παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές τους χειμερινούς μήνες. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το 70% των εκπομπών SO_2 προέρχεται από την παραγωγή και διανομή ενέργειας, είναι άμεσα αντιληπτό ότι η συγκεκριμένη μηνιαία μεταβολή οφείλεται κυρίως στη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης.
- ο πρωτογενής ρύπος CO παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές τους μήνες του χειμώνα. Το ένα τρίτο των εκπομπών του CO προέρχονται από τις οδικές μεταφορές. Τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται μεγαλύτερη κυκλοφορία αυτοκινήτων συνοδευόμενη από χειρότερες συνθήκες λειτουργίας των μηχανών (ξεκίνημα με κρύα μηχανή). Την ίδια χρονική περίοδο υπάρχει ανάγκη θέρμανσης των κτιρίων και παρατηρείται στροφή μέρους του πληθυσμού προς διαφορετικούς τρόπους θέρμανσης και βιοκαύσιμα.
- ο δευτερογενής ρύπος όζον (O_3) παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές τη θερινή περίοδο του έτους. Οι αυξημένες τιμές της συγκέντρωσης του όζοντος τους καλοκαιρινούς μήνες οφείλονται στην αυξημένη ηλιοφάνεια σε διάρκεια και ένταση των μηνών αυτών, δεδομένου ότι αυτός ο ρύπος σχηματίζεται από φωτοχημικές διεργασίες στις οποίες καθοριστικό ρόλο παίζει η ηλιακή ακτινοβολία.
- το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) δεν παρουσιάζει σαφή μηνιαία μεταβολή, παρόλο που διακρίνεται μία ασθενής τάση υψηλότερων τιμών τους κρύους μήνες εξαιτίας της περιορισμένης ικανότητας διασκορπισμού ρύπων της ατμόσφαιρας.
- τα αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10}) παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές τους χειμερινούς μήνες, αλλά και τους καλοκαιρινούς μήνες του 2012 παρατηρούνται επίσης σχετικά ψηλές τιμές. Η διαφοροποίηση αυτή σε σύγκριση με τις μετρήσεις του προηγούμενου έτους, οφείλεται και στη συνεισφορά των φυσικών πηγών σωματιδίων στους σταθμούς της ΠΚΜ, που παρατηρούνται ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες (π.χ. σκόνη από τη Σαχάρα). Οι σχετικά ψηλές τιμές που παρατηρούνται στον σταθμό της Σίνδου το φθινόπωρο, σχετίζονται και με αγροτικές εργασίες (π.χ. καύση ρυζοκαλαμιών). Τέλος, οι ψηλές συγκεντρώσεις το Δεκέμβριο του 2012, οφείλονται στις ιδιαίτερα δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν: άπνοια, θερμοκρασιακή αναστροφή, ανομβρία, και την στροφή σημαντικού μέρους των κατοίκων προς άλλους τρόπους θέρμανσης αντί της κεντρικής θέρμανσης (τζάκια, σόμπες) και στην χρήση βιοκαυσίμων.

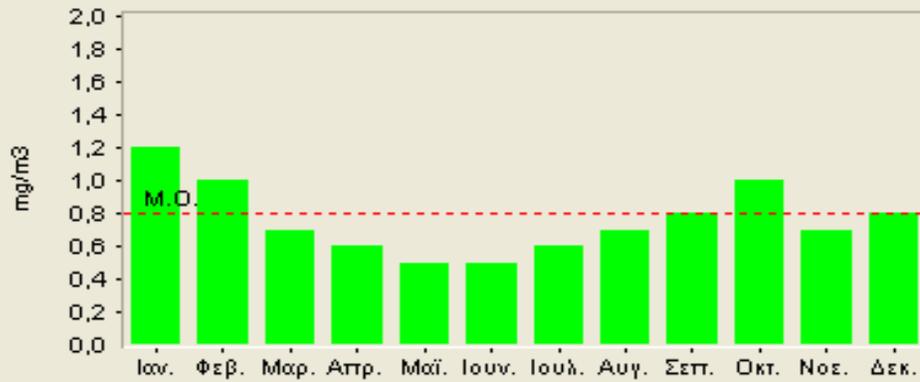
Εικόνα 3. Μέσες μηνιαίες τιμές για το 2012: SO₂ (μg/m³)



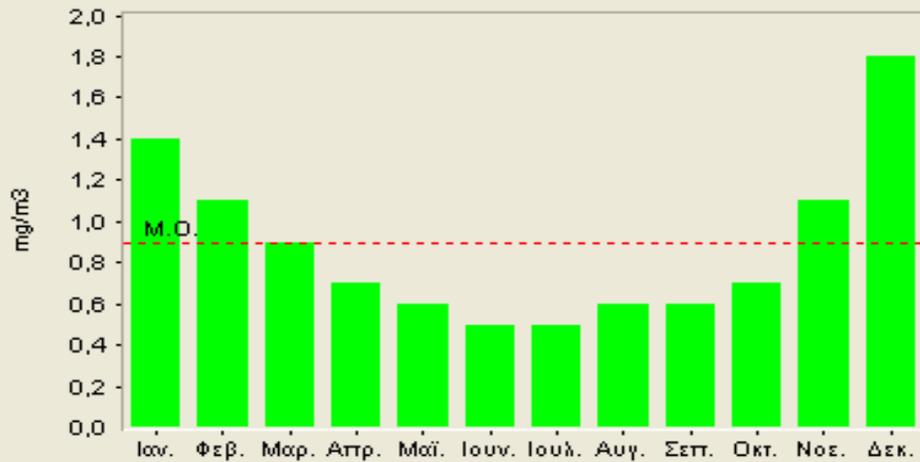
Εικόνα 3 (συνέχεια) Μέσες μηνιαίες τιμές για το 2012: CO (mg/m³)



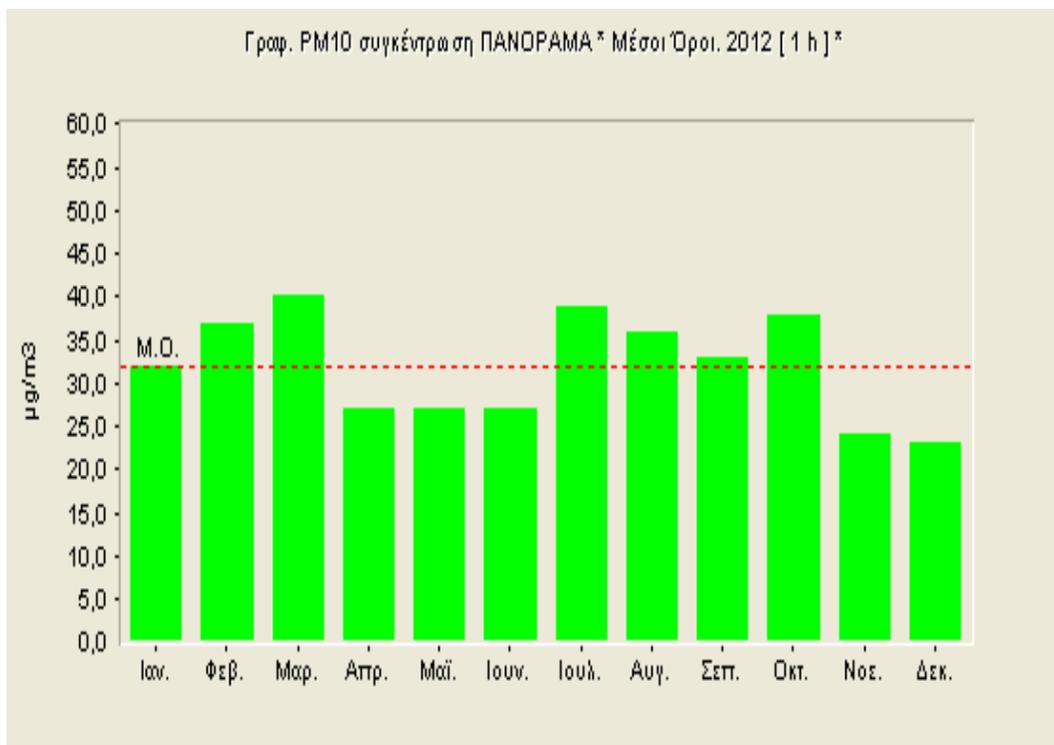
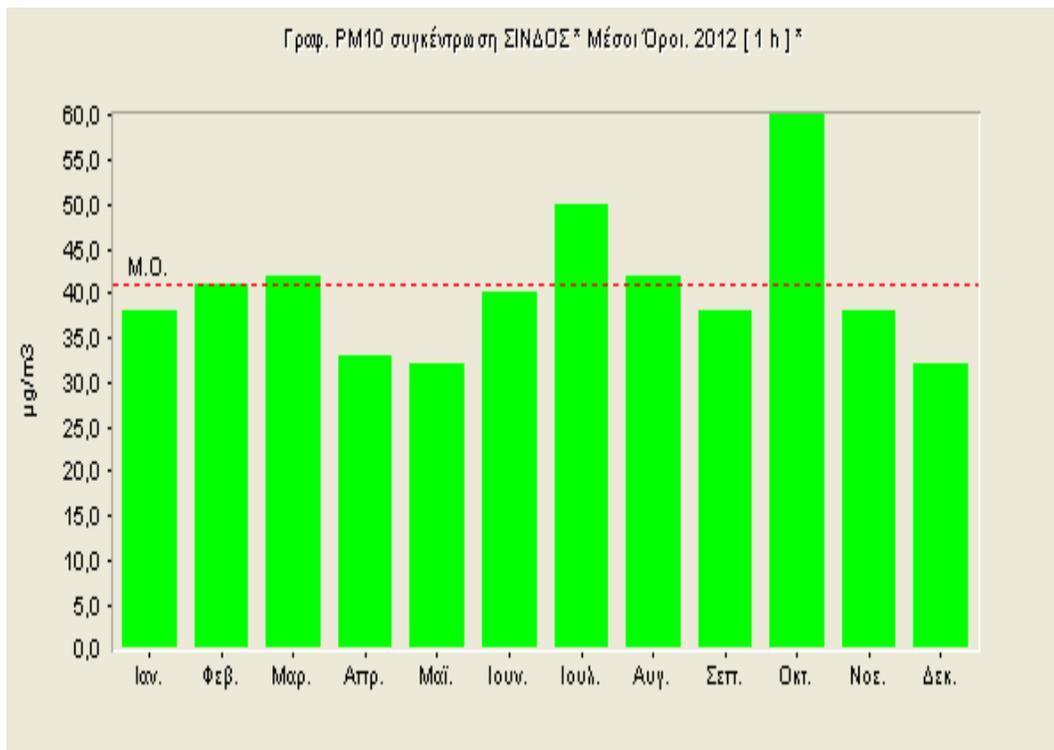
Γραφ. Μονοξείδιο του Άνθρακα ΠΛ. ΑΓ. ΣΟΦΙ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



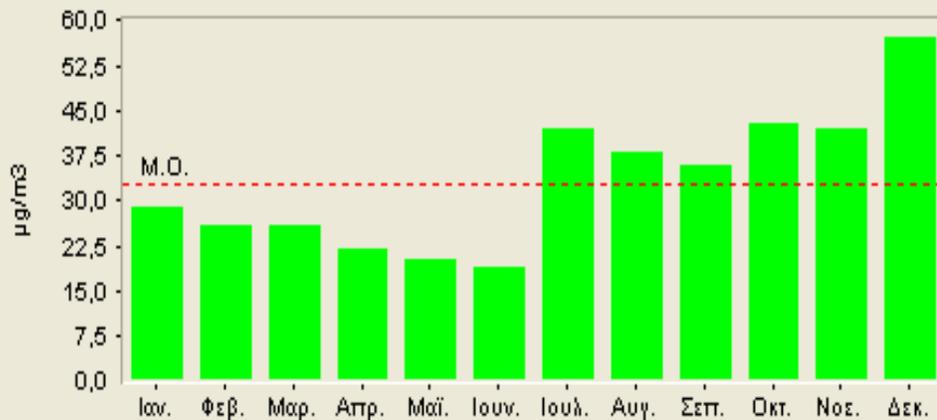
Γραφ. Μονοξείδιο του Άνθρακα ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



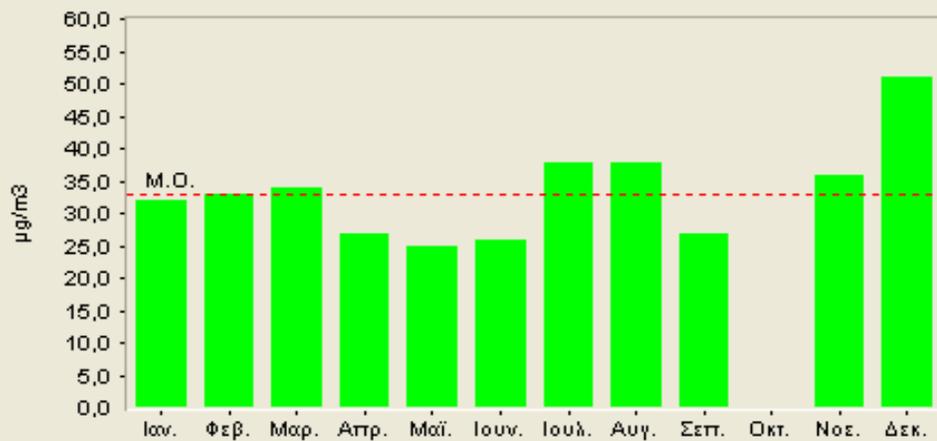
Εικόνα 3 (συνέχεια) Μέσες μηνιαίες τιμές για το 2012: PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



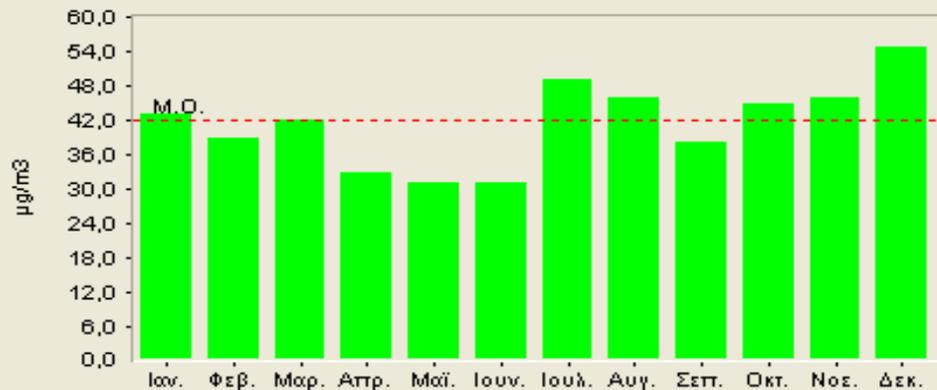
Γραφ. PM10 συγκέντρωση ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



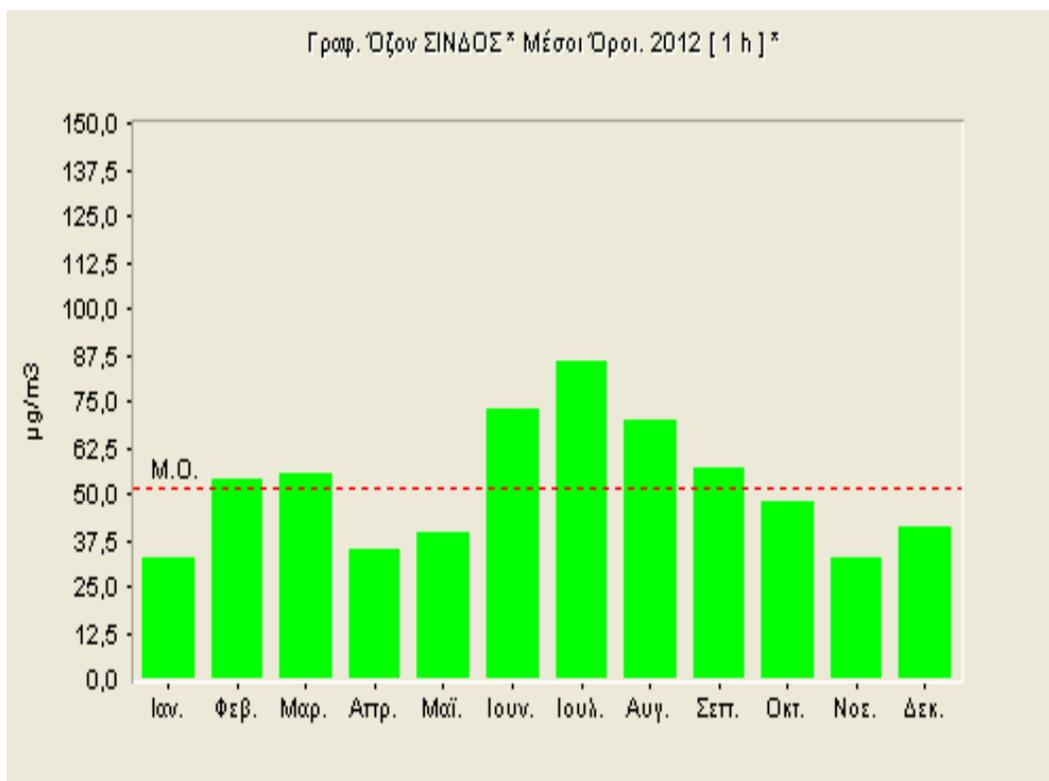
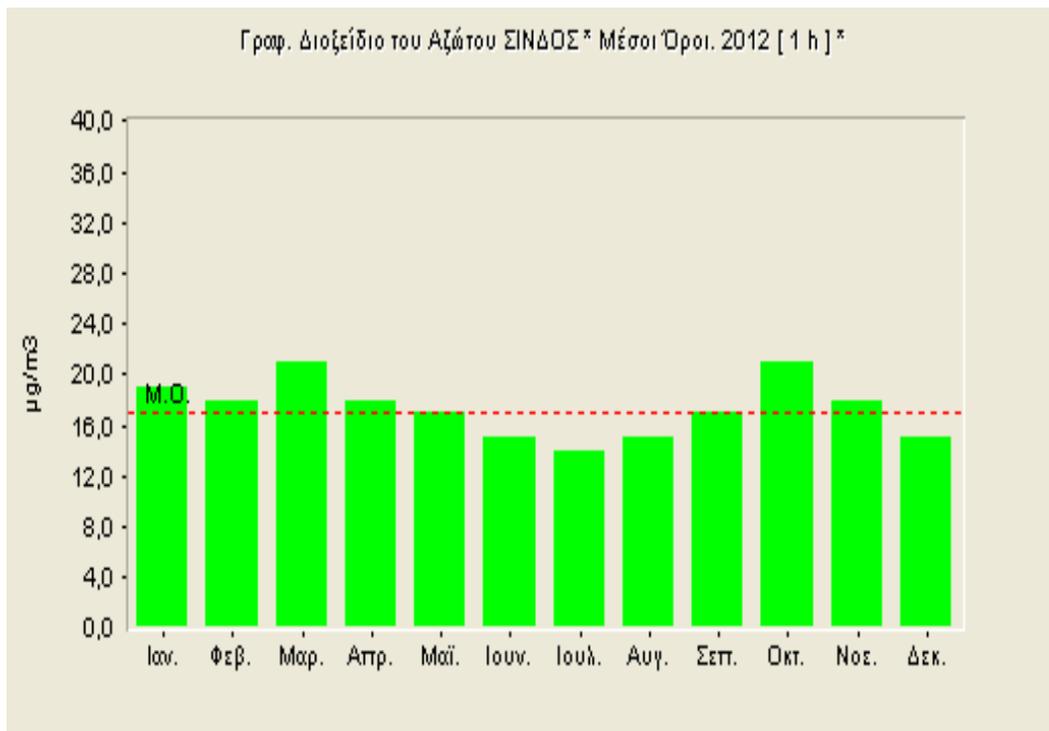
Γραφ. PM10 συγκέντρωση ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



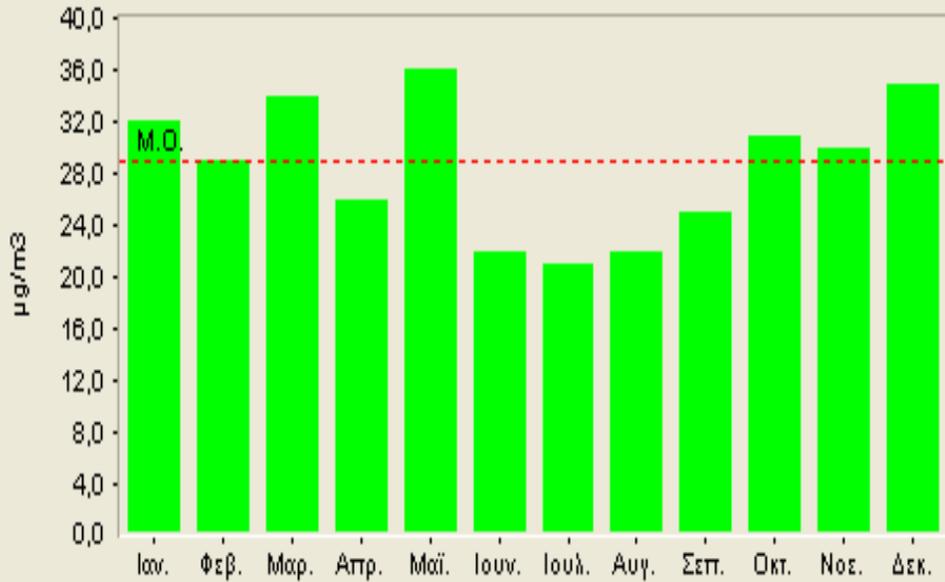
Γραφ. PM10 συγκέντρωση ΠΛ. ΑΓ. ΣΟΦΙ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



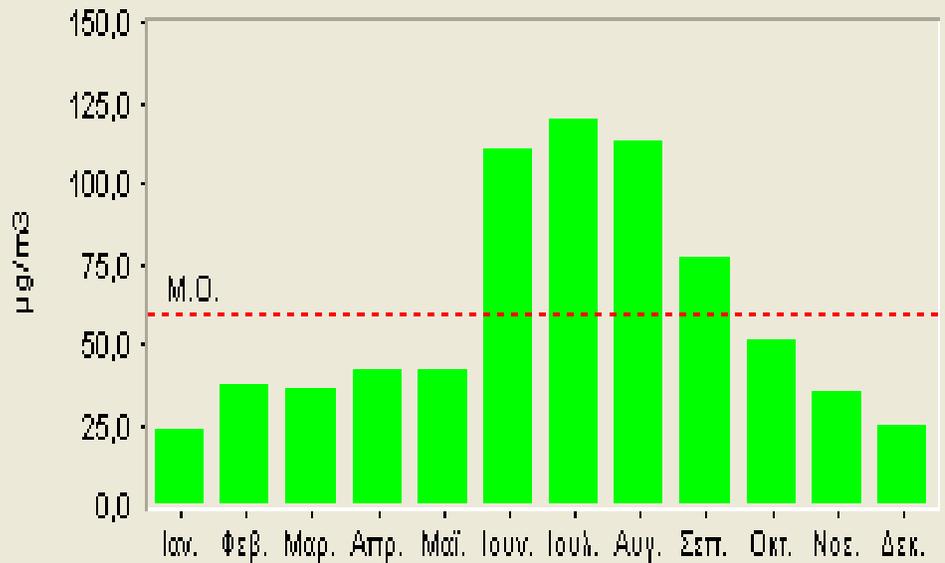
Εικόνα 3 (συνέχεια) Μέσες μηνιαίες τιμές για το 2012: NO₂ (μg/m³) και O₃ (μg/m³)



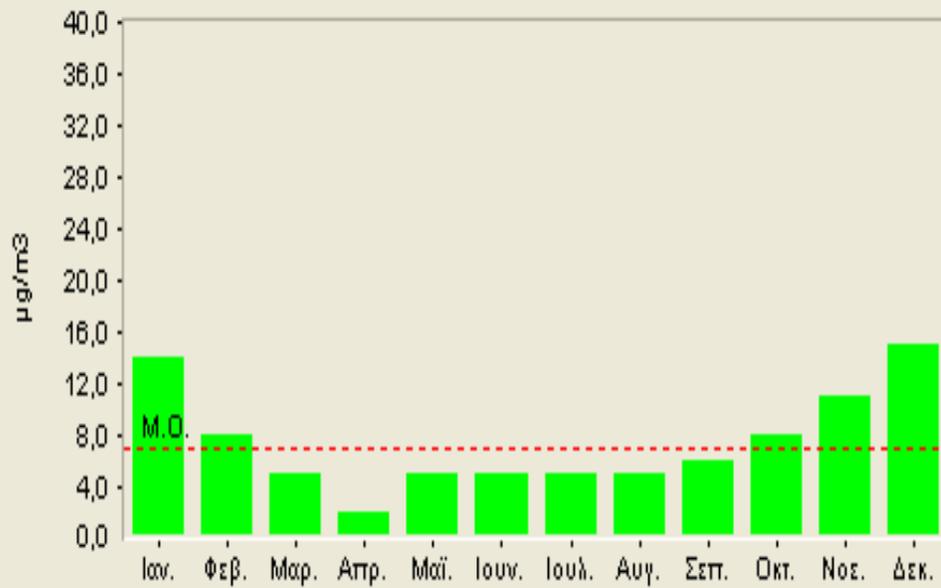
Γραφ. Διοξείδιο του Αζώτου Α.Π.Θ. * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



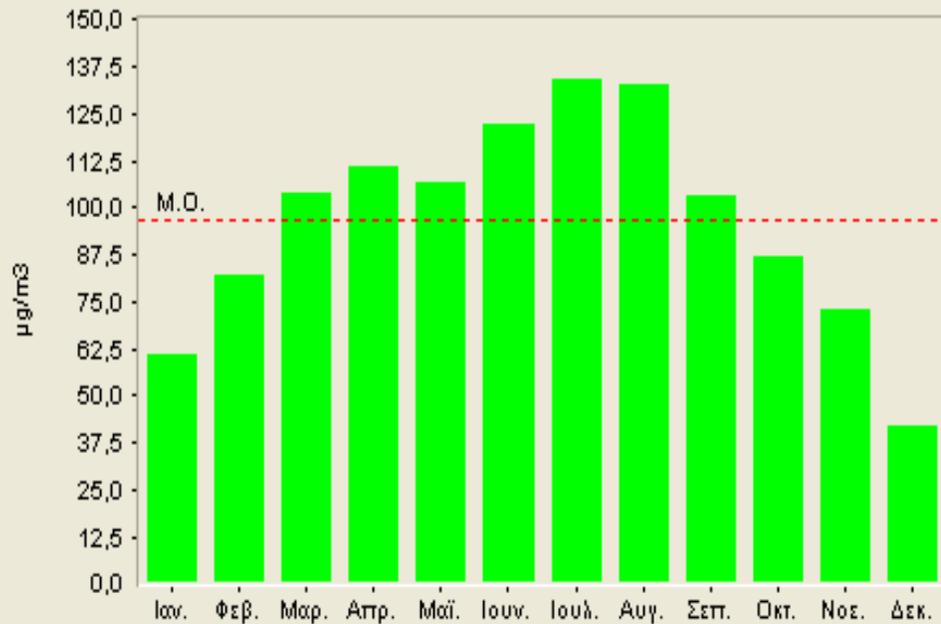
Γραφ. Όζον Α.Π.Θ. * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



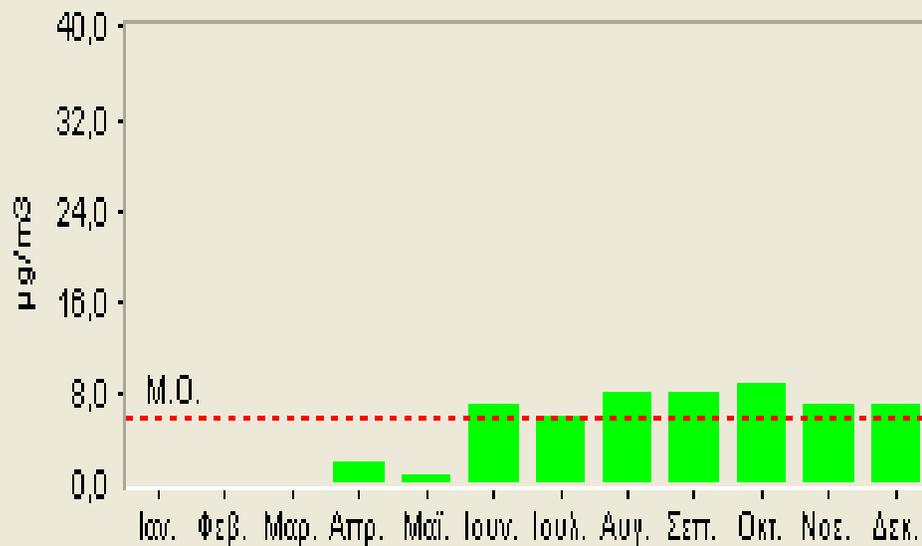
Γραφ. Διοξείδιο του Αζώτου ΠΑΝΟΡΑΜΑ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



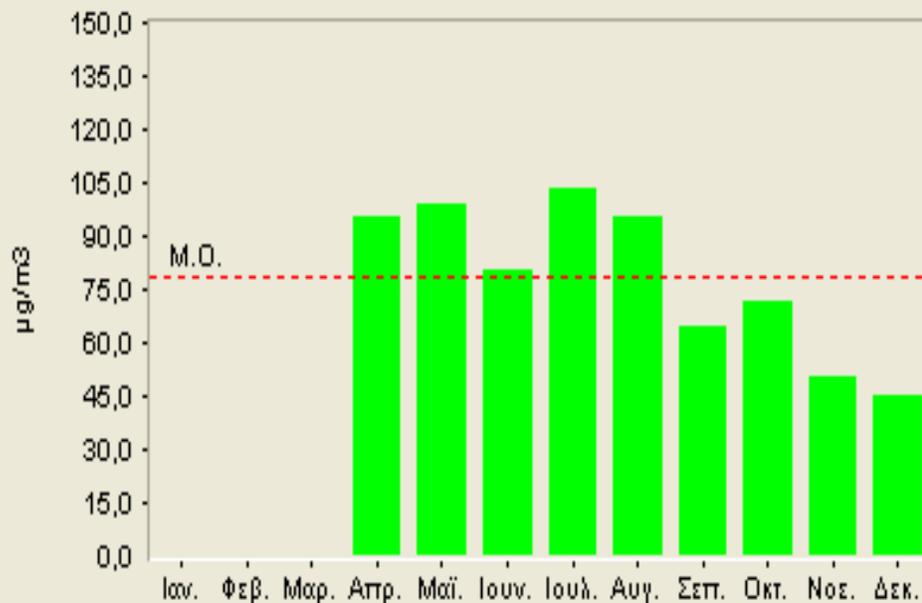
Γραφ. Όζον ΠΑΝΟΡΑΜΑ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



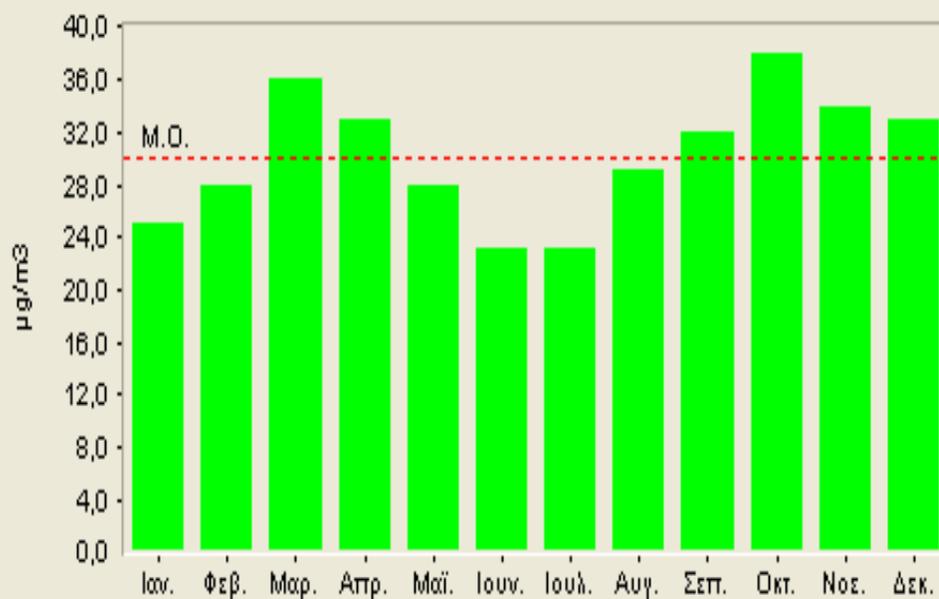
Γραφ. Διοξείδιο του Αζώτου ΝΕΟΧΟΡΟΥΔΑ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



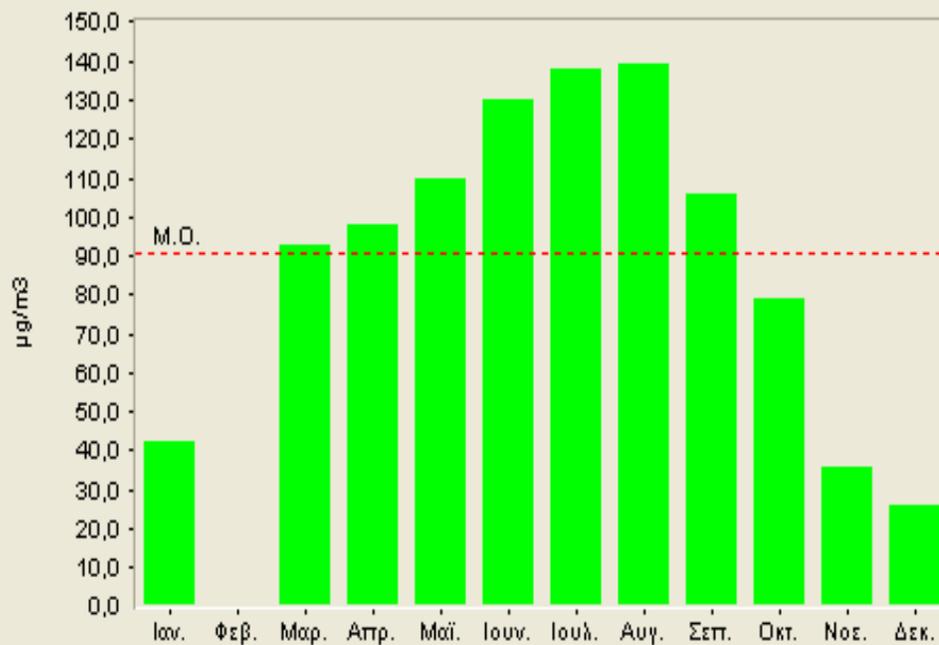
Γραφ. Όζον ΝΕΟΧΟΡΟΥΔΑ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



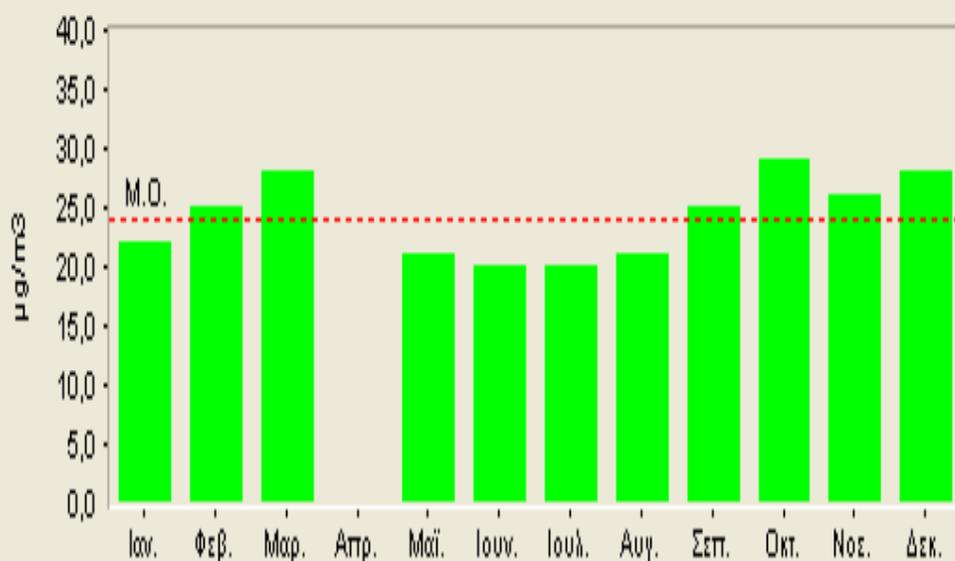
Γραφ. Διοξείδιο του Αζώτου ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



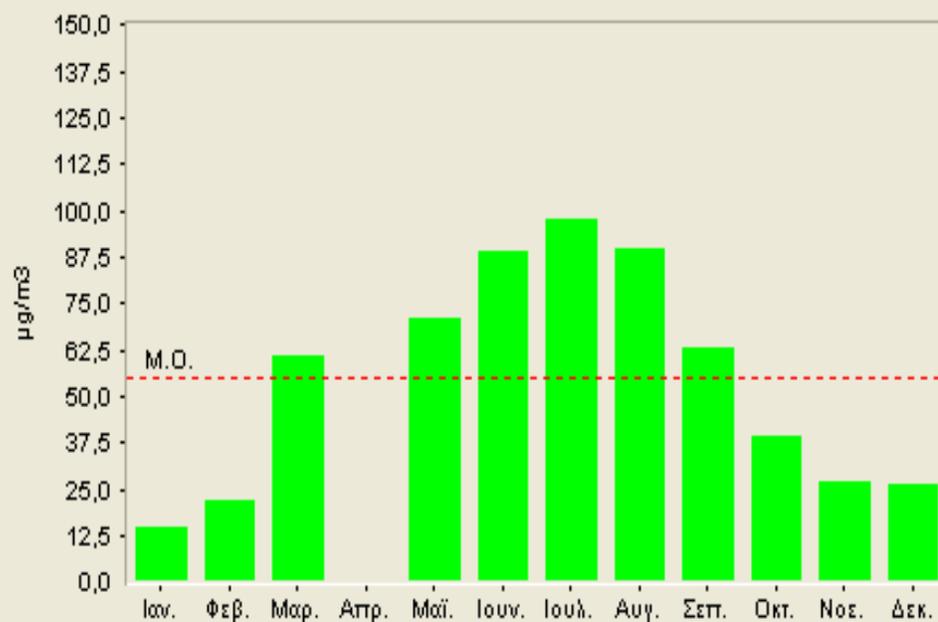
Γραφ. Όζον ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



Γραφ. Διοξείδιο του Αζώτου ΠΛ. ΑΓ. ΣΟΦΙ* Μέσοι Όροι. 2012 [1 h]*



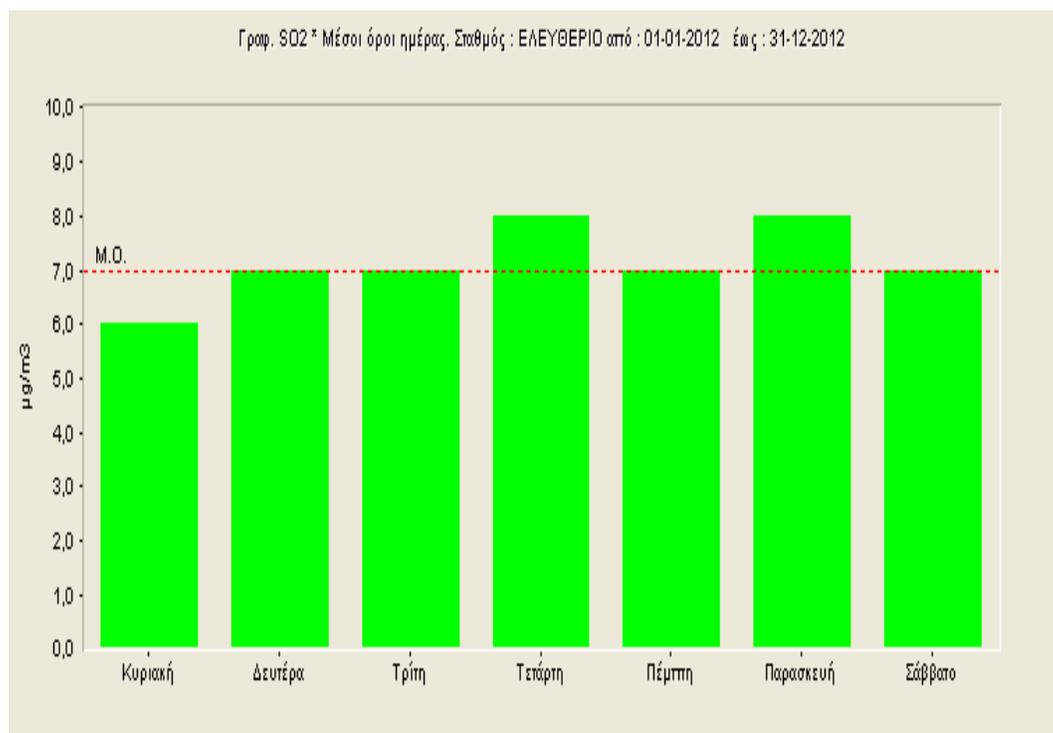
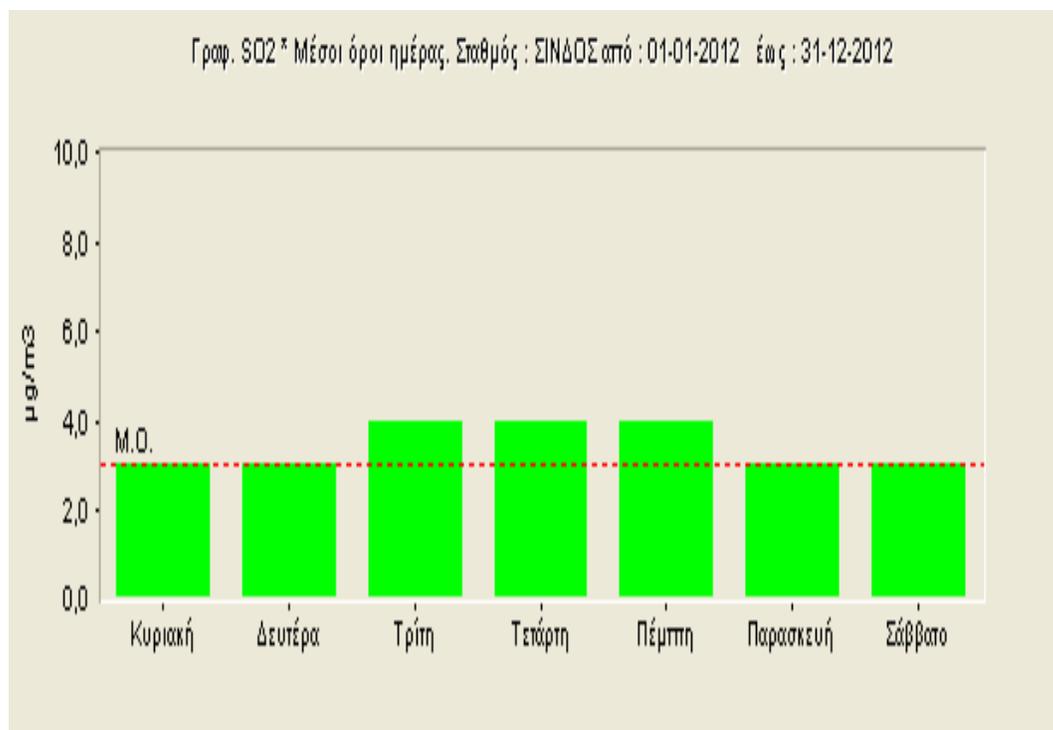
Γραφ. Όζον ΠΛ. ΑΓ. ΣΟΦΙ* Μέσοι Όροι. 2012 [1 h]*



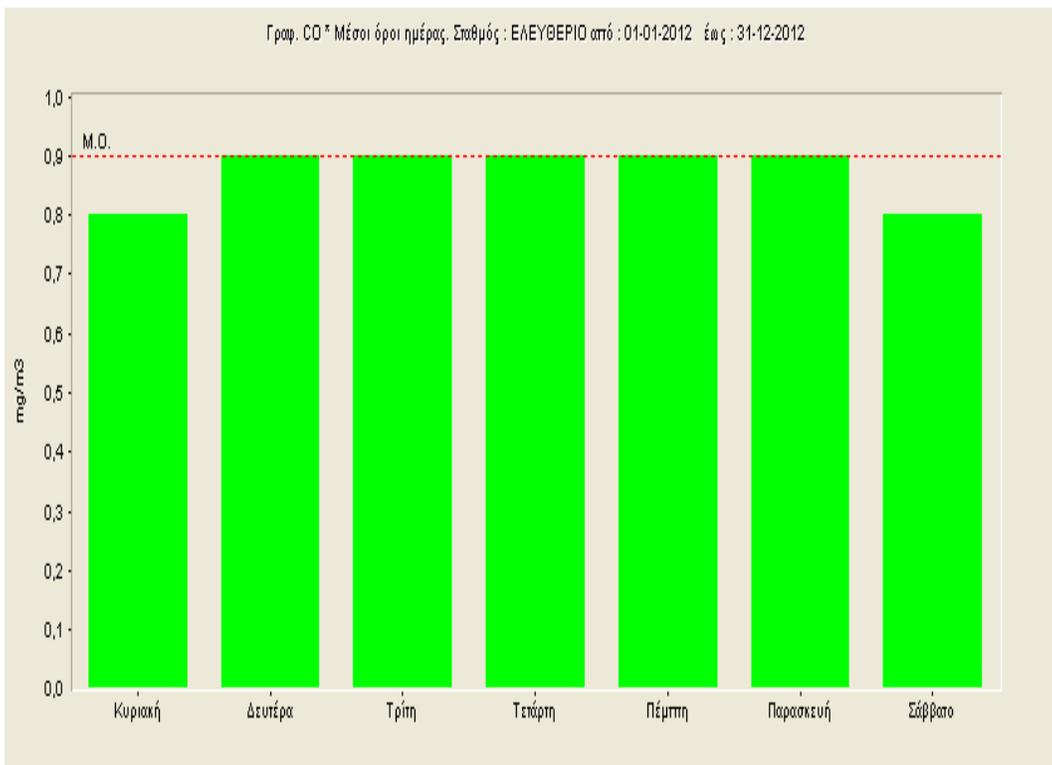
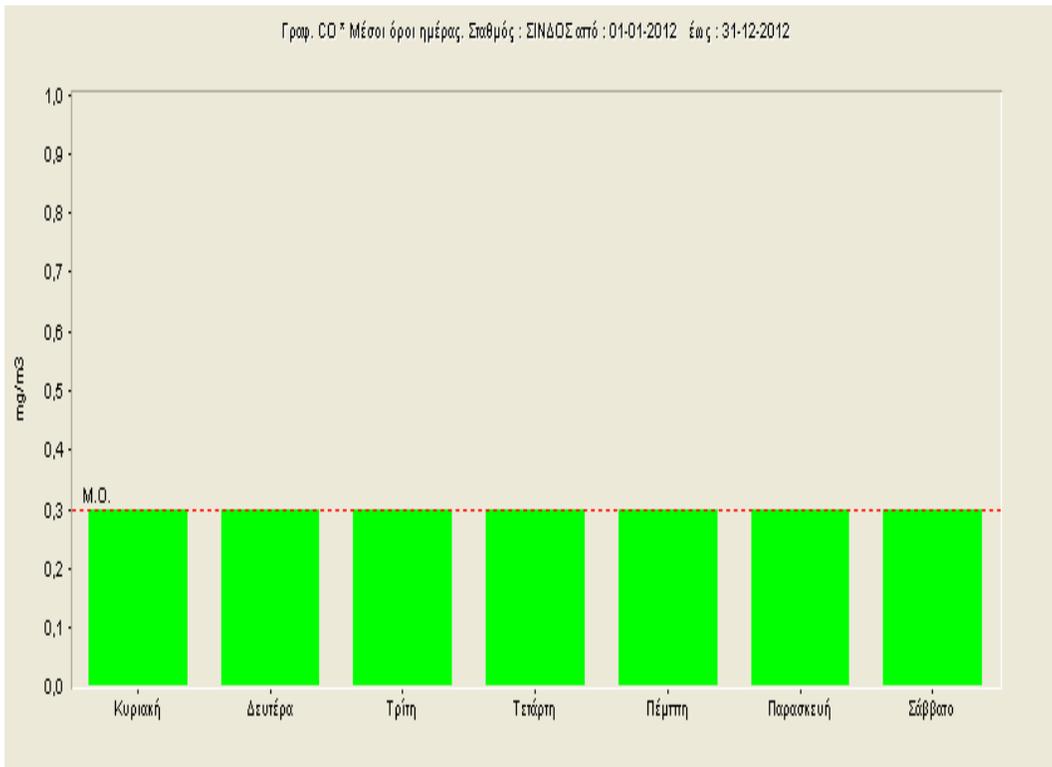
Ημερήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων (2012)

Η ημερήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων παρουσιάζεται στην Εικόνα 4. Όλοι οι ρύποι εκτός από το O_3 εμφανίζουν σε μεγάλο ή μικρό βαθμό μείωση στη διάρκεια του Σαββατοκύριακου. Συγκεκριμένα, μεγαλύτερη σχετικά μείωση παρατηρείται στο SO_2 και το NO_2 και μικρότερη στα PM_{10} και στο CO . Αντιθέτως, το όζον εμφανίζει αύξηση κατά τη διάρκεια του Σαββατοκύριακου. Πρόκειται για το γνωστό *weekend effect* και οφείλεται στο γεγονός ότι ο σχηματισμός των φωτο-οξειδωτικών εν γένει, και του όζοντος ειδικότερα, είναι μία εξαιρετικά μη-γραμμική διαδικασία στην οποία ο ρυθμός σχηματισμού εξαρτάται από τις συγκεντρώσεις των προδρόμων του με πολύπλοκο τρόπο. Το γενικό φαινόμενο του Σαββατοκύριακου δείχνει μία περιοχή με περιορισμένη συγκέντρωση πτητικών οργανικών ενώσεων και περίσσεια NO_2 , διατηρώντας το σχηματισμό του όζοντος σε χαμηλά επίπεδα τις καθημερινές εξαιτίας της αντίδρασής του με το NO . Τα σαββατοκύριακα, όταν μειώνονται οι εκπομπές, τα επίπεδα των NO_x μειώνονται και η συγκέντρωση του O_3 αυξάνεται.

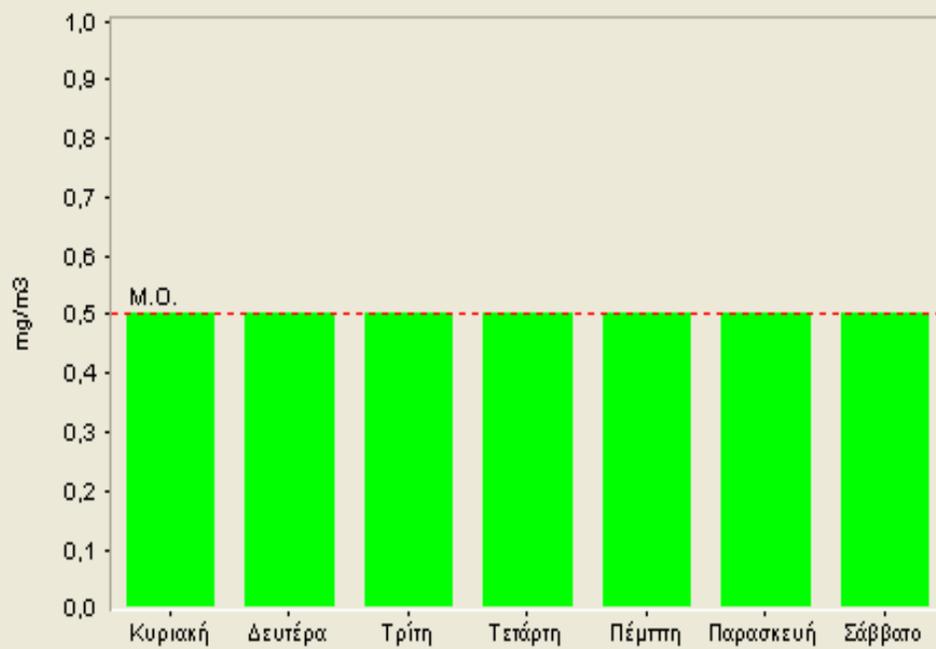
Εικόνα 4. Μέσες ημερήσιες τιμές για το 2012: SO₂ (μg/m³)



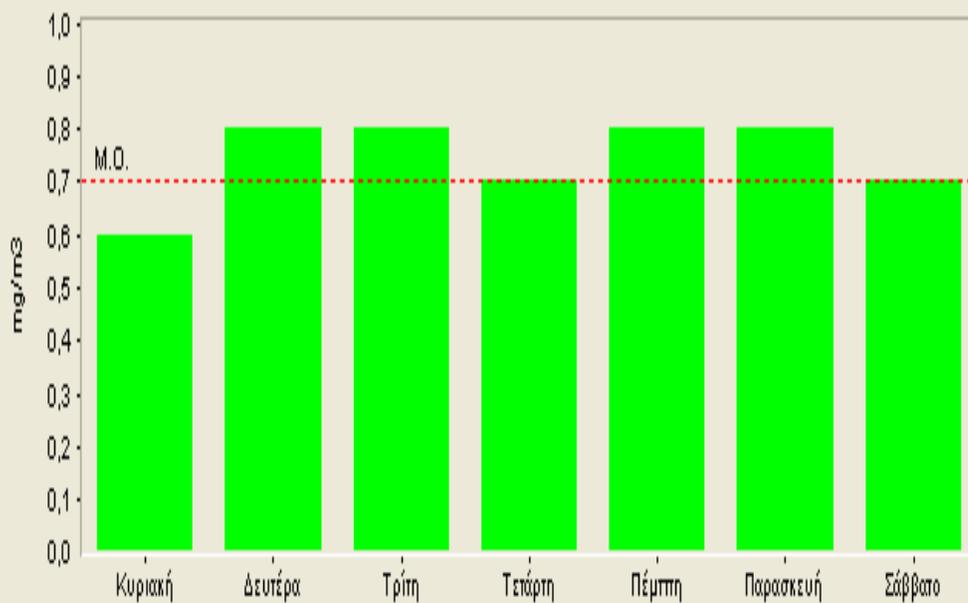
Εικόνα 4 (συνέχεια) Μέσες ημερήσιες τιμές για το 2012: CO (mg/m³)



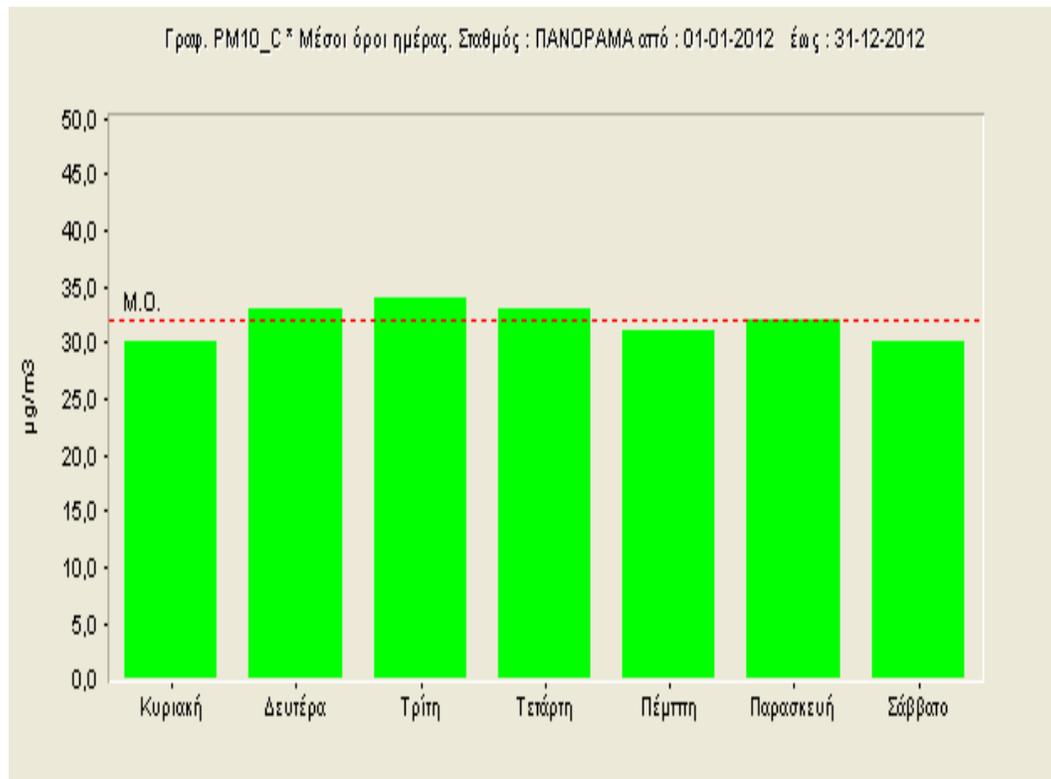
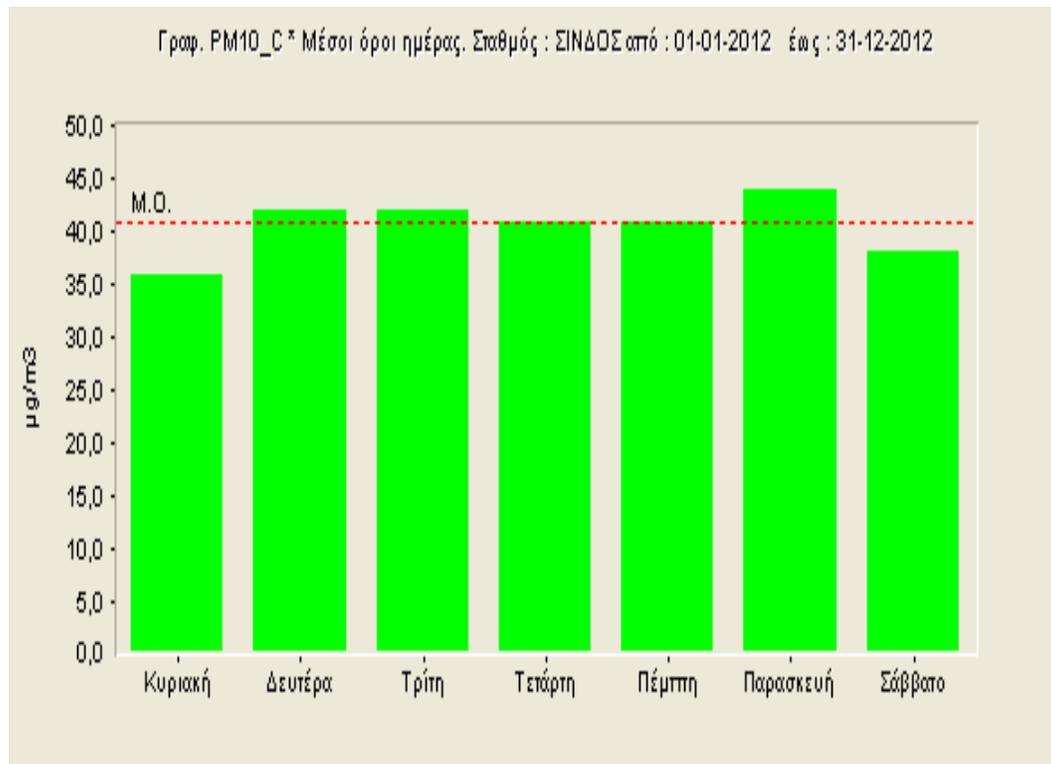
Γραφ. CO * Μέσοι όροι ημέρας. Σταθμός : ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ από : 01-01-2012 έως : 31-12-2012



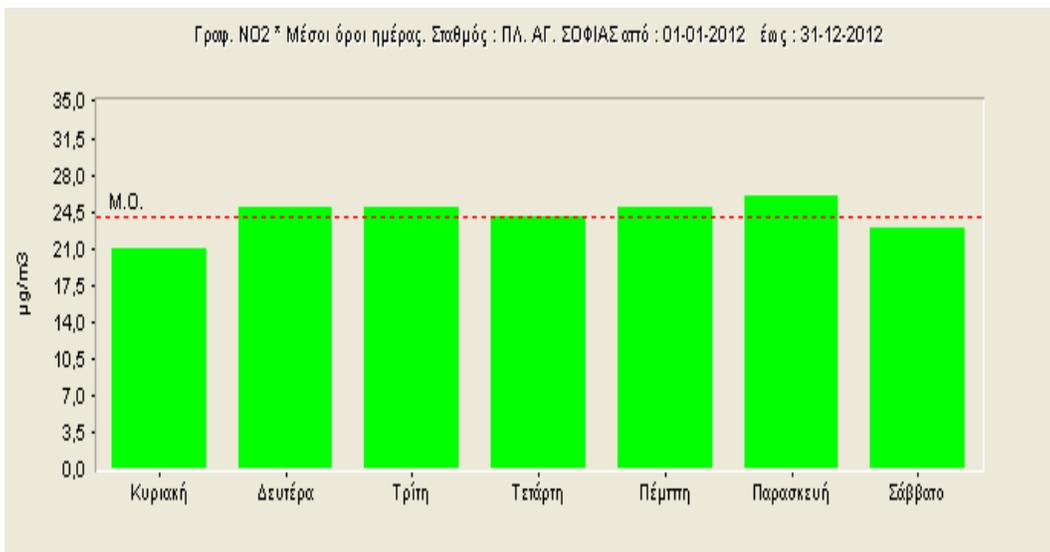
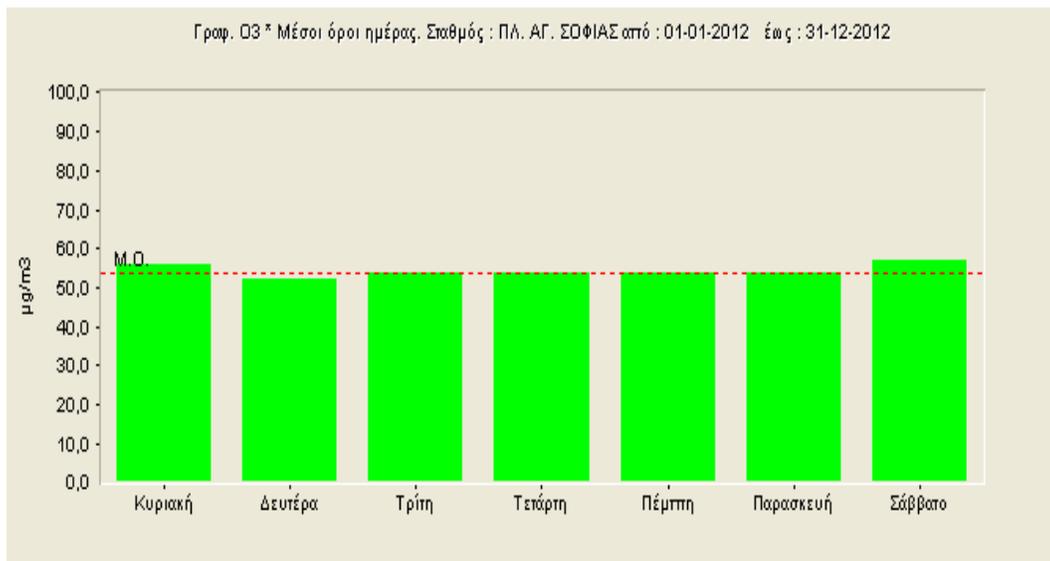
Γραφ. CO * Μέσοι όροι ημέρας. Σταθμός : ΠΛ. ΑΓ. ΣΟΦΙΑΣ από : 01-01-2012 έως : 31-12-2012



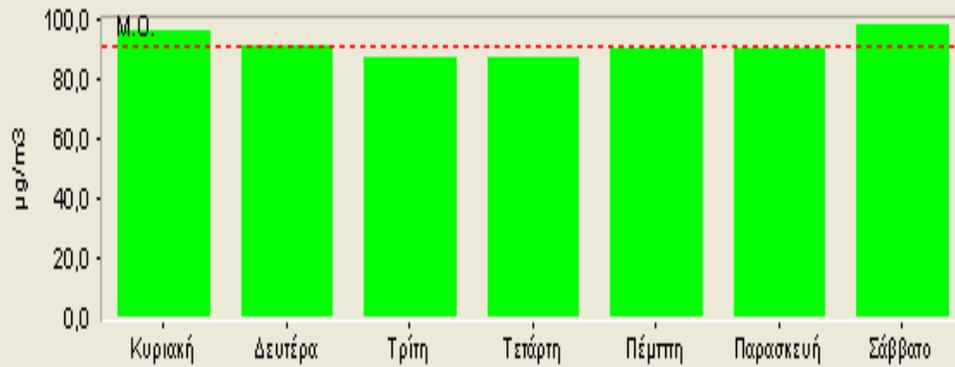
Εικόνα 4 (συνέχεια) Μέσες ημερήσιες τιμές για το 2012: PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



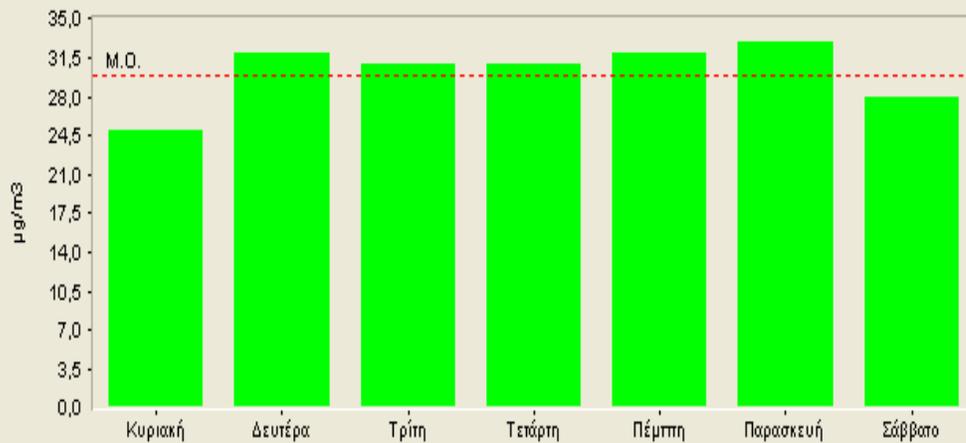
Εικόνα 4 (συνέχεια) Μέσες ημερήσιες τιμές για το 2012: O₃ (μg/m³) και NO₂ (μg/m³)

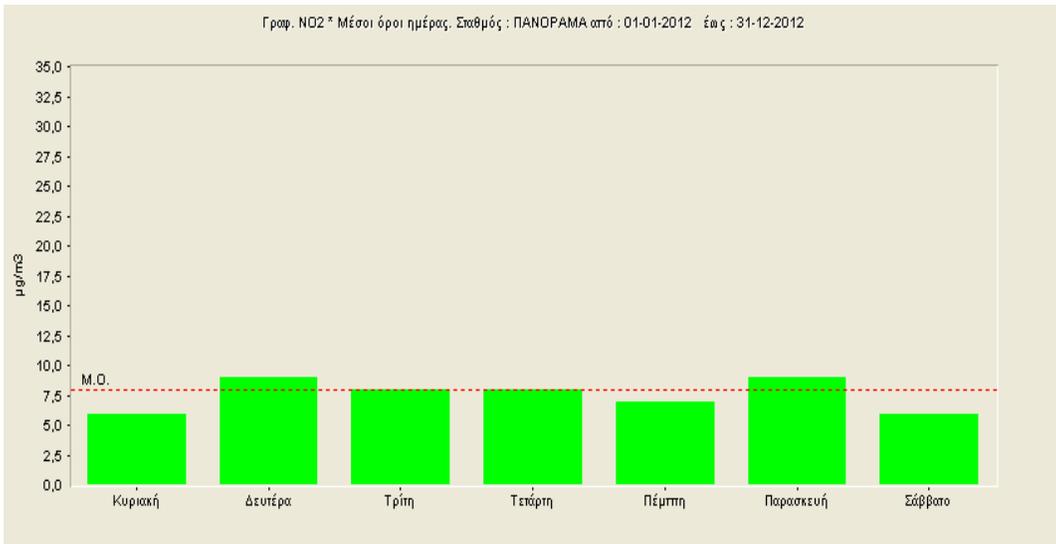
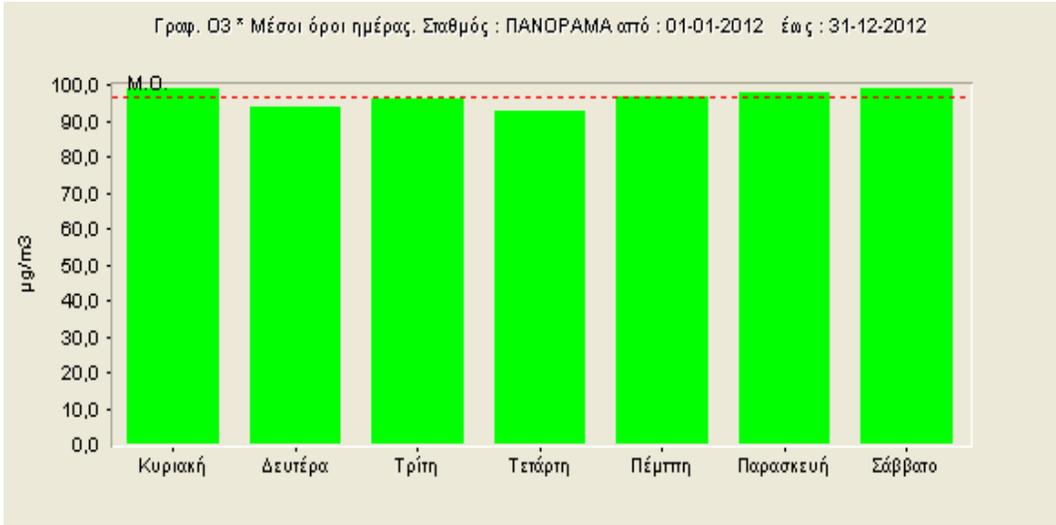


Γραφ. O₃ * Μέσοι όροι ημέρας, Σταθμός : ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ από : 01-01-2012 έως : 31-12-2012

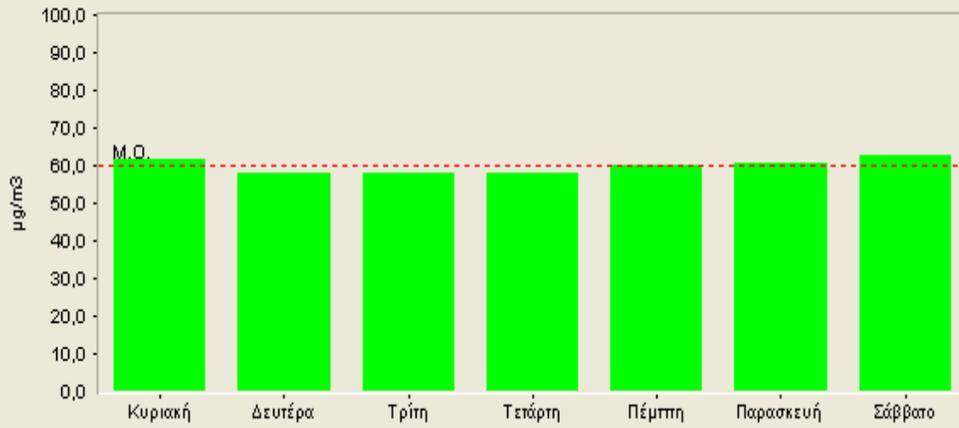


Γραφ. NO₂ * Μέσοι όροι ημέρας, Σταθμός : ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ από : 01-01-2012 έως : 31-12-2012

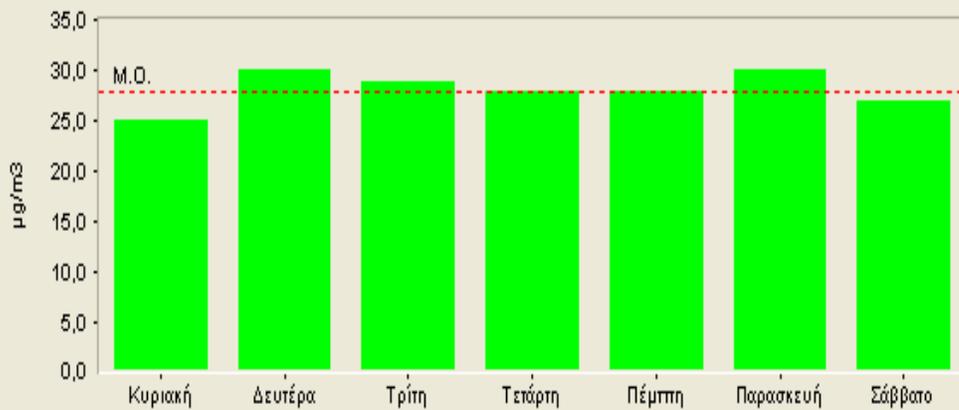




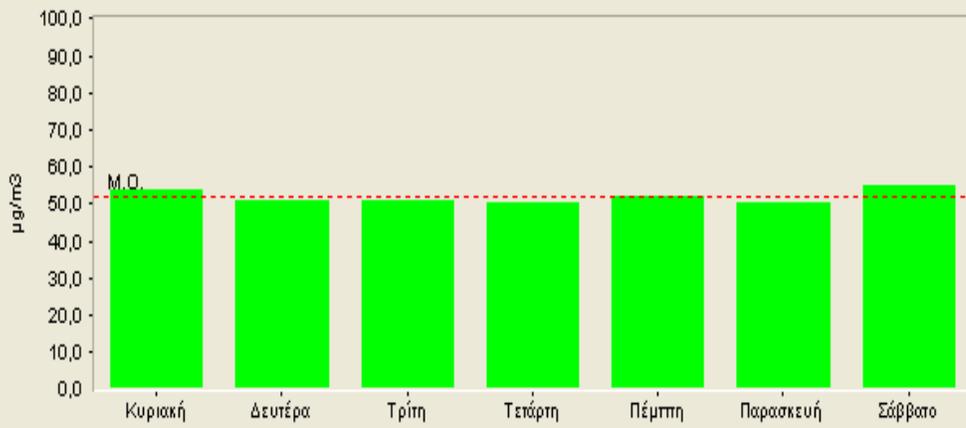
Γραφ. O3 * Μέσοι όροι ημέρας. Σταθμός : Α.Π.Θ. από : 01-01-2012 έως : 31-12-2012



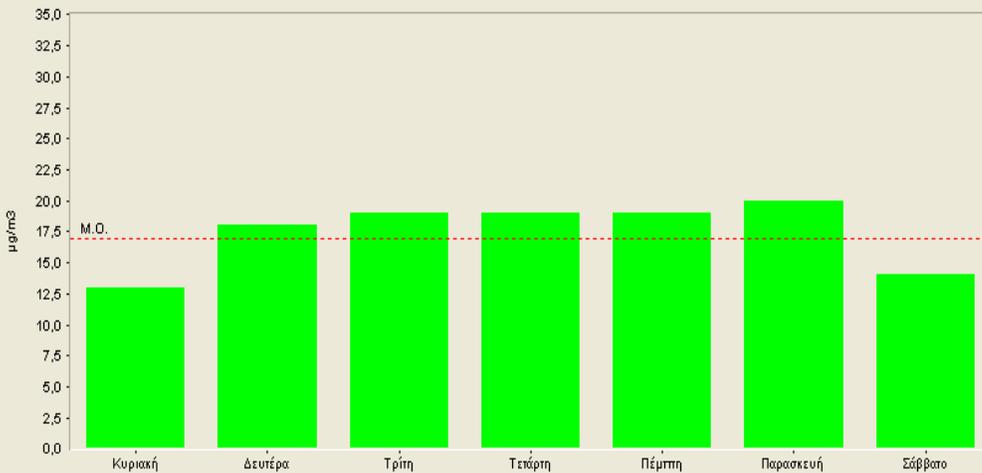
Γραφ. NO2 * Μέσοι όροι ημέρας. Σταθμός : Α.Π.Θ. από : 01-01-2012 έως : 31-12-2012



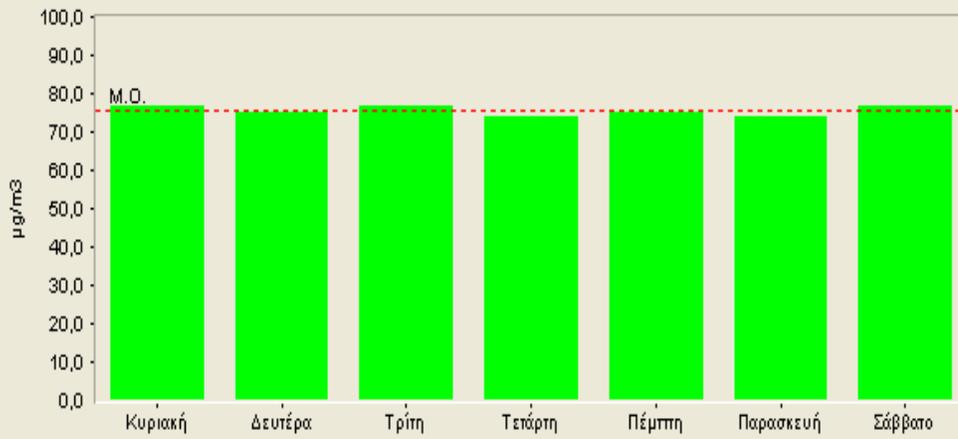
Γραφ. O3 * Μέσοι όροι ημέρας, Σταθμός : ΣΙΝΔΟΣ από : 01-01-2012 έως : 31-12-2012



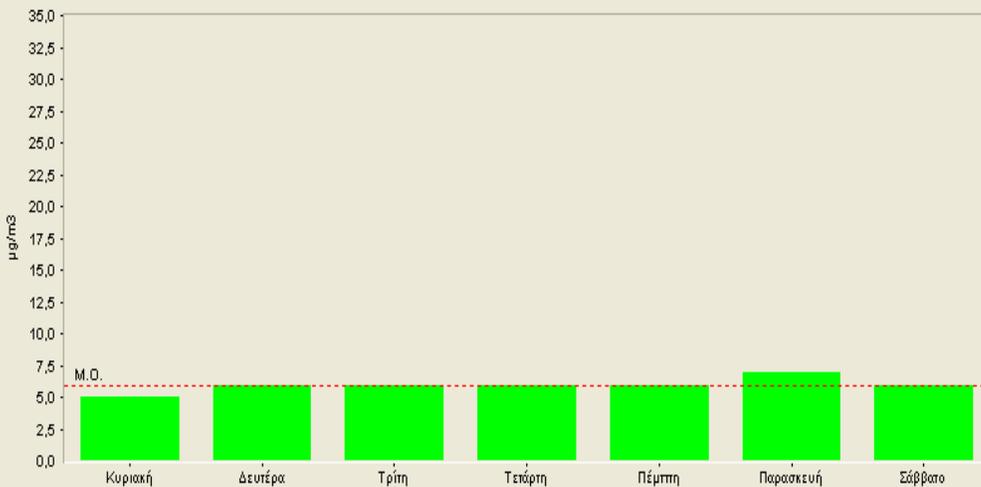
Γραφ. NO2 * Μέσοι όροι ημέρας, Σταθμός : ΣΙΝΔΟΣ από : 01-01-2012 έως : 31-12-2012



Γραφ. O3 * Μέσοι όροι ημέρας. Σταθμός : ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ από : 01-01-2012 έως : 31-12-2012



Γραφ. NO2 * Μέσοι όροι ημέρας. Σταθμός : ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ από : 01-01-2012 έως : 31-12-2012

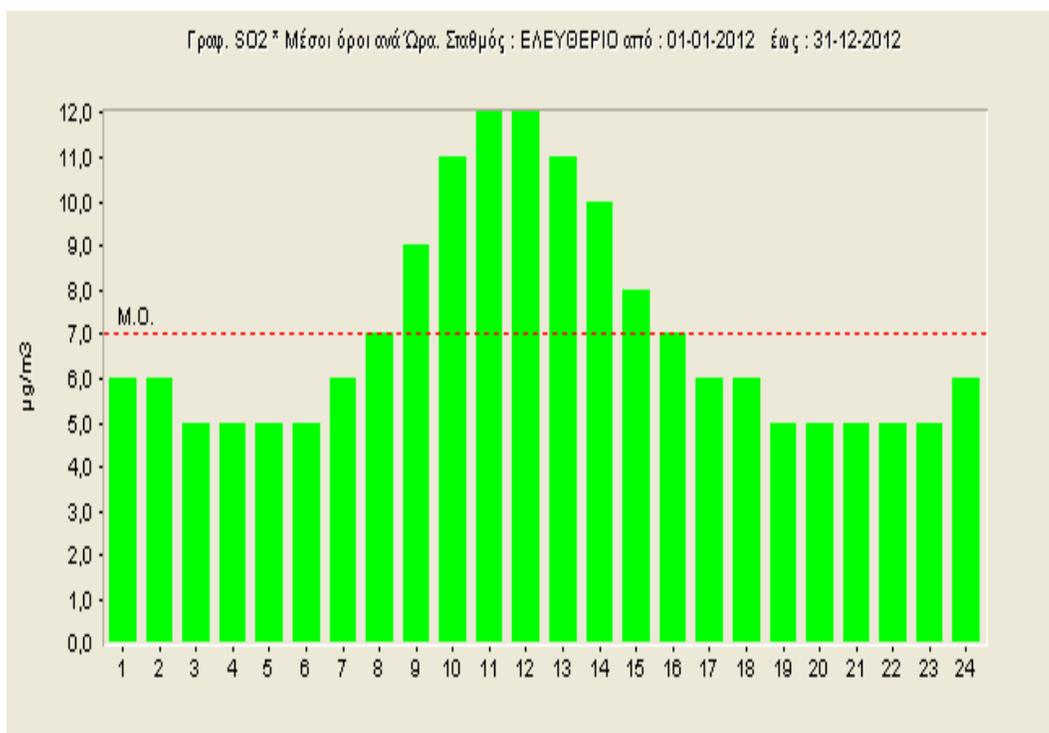
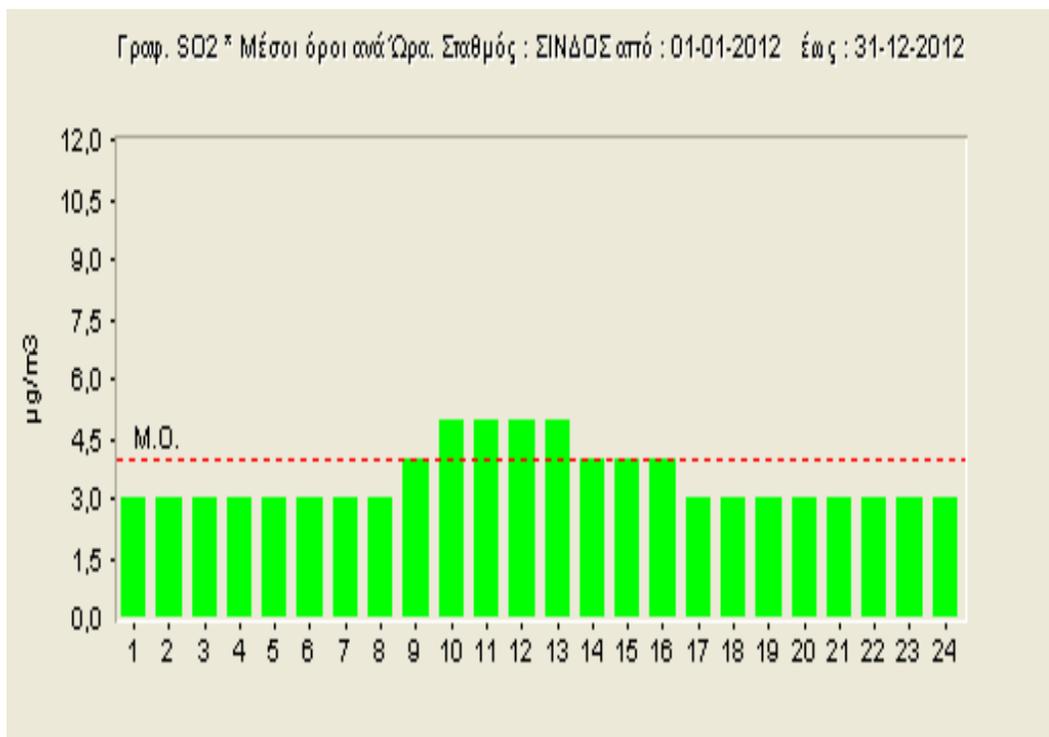


Ωριαία μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων (2012)

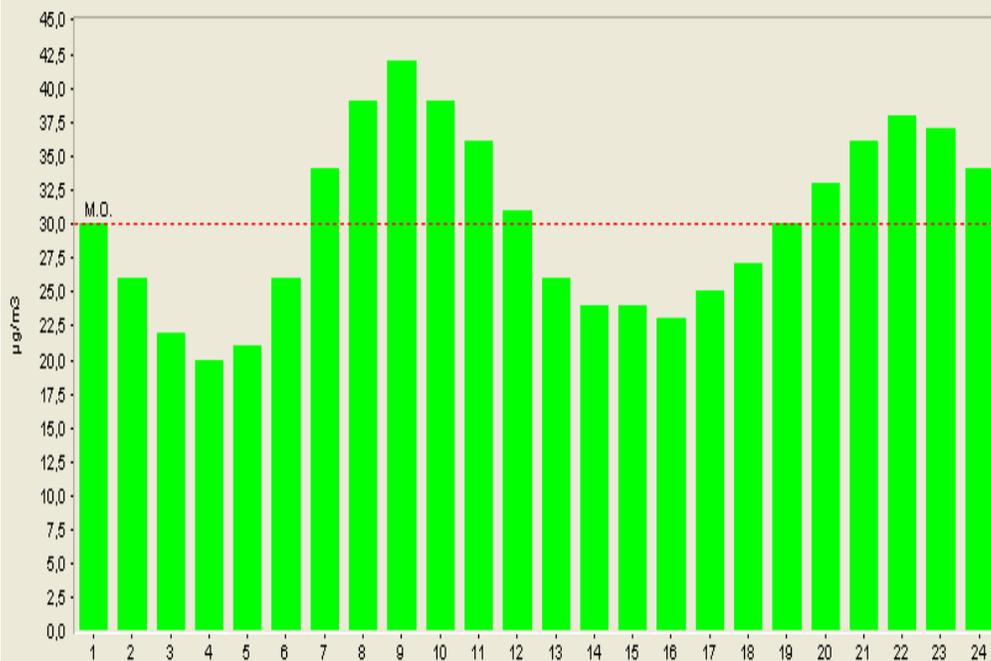
Στο επόμενο σχήμα (Εικόνα 5) δίνεται η ωριαία μεταβολή των συγκεντρώσεων όλων των ρύπων στη διάρκεια του έτους 2012. Γενικά, οι υψηλές τιμές των συγκεντρώσεων των πρωτογενών ρύπων εμφανίζονται τις ώρες που μεγιστοποιούνται οι εκπομπές τους (πλαίσιο 2). Από το σχήμα είναι φανερό ότι:

- ο πρωτογενής ρύπος SO_2 παρουσιάζει αισθητά μεγαλύτερες τιμές το μεσημέρι (10-16) σε σύγκριση με την υπόλοιπη μέρα, με το μέγιστο να παρατηρείται γύρω στις 11-12.
- ο πρωτογενής ρύπος CO παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές γενικά το πρωί (8-9) και το βράδυ (19-23). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ώρες αυτές συμπίπτουν χρονικά με τις ώρες λειτουργίας της κεντρικής θέρμανσης και τις αιχμές κυκλοφορίας. Παράλληλα, κατά τη διάρκεια των μεταβατικών αυτών ωρών επικρατούν ευνοϊκές για τη συσσώρευση των ατμοσφαιρικών ρύπων μετεωρολογικές συνθήκες.
- το διοξείδιο του αζώτου NO_2 εμφανίζει τις μέγιστες τιμές τις πρωινές ώρες (8-9) που συμπίπτουν χρονικά με την πρωινή αιχμή κυκλοφορίας. Ένα δευτερογενές μέγιστο μετρήθηκε τις βραδινές ώρες που συνδέεται με τις μετακινήσεις προς και από το κέντρο της πόλης, αντίστοιχα, μεγάλου μέρους του πληθυσμού.
- το ημερήσιο μέγιστο για το O_3 εμφανίζεται τις μεσημεριανές ώρες (15-16), όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία παρουσιάζουν το μέγιστο.
- Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10}) παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές τις βραδινές ώρες (19-21) που συμπίπτουν χρονικά με τις ώρες αιχμής στη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης. Ένα δευτερογενές μέγιστο εμφανίζεται το μεσημέρι (γύρω στις 12) στους σταθμούς της Αγίας Σοφίας του Ελευθερίου και του Πανοράματος με πιο πιθανή συνεισφορά την κυκλοφορία οχημάτων και την επαναιώρηση της σκόνης του δρόμου.

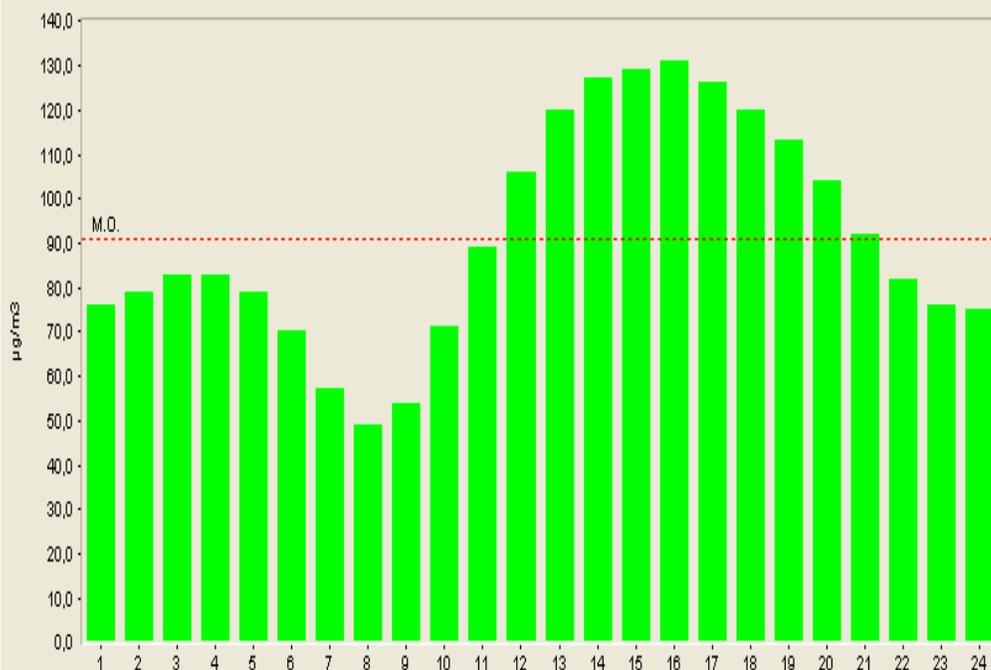
Εικόνα 5. Μέσες ωριαίες τιμές για το 2012: SO₂ (µg/m³)



Γραφ. NO₂ * Μέσοι όροι ανά Ώρα. Σταθμός : ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ από : 01-01-2012 έως : 31-12-2012



Γραφ. O₃ * Μέσοι όροι ανά Ώρα. Σταθμός : ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ από : 01-01-2012 έως : 31-12-2012

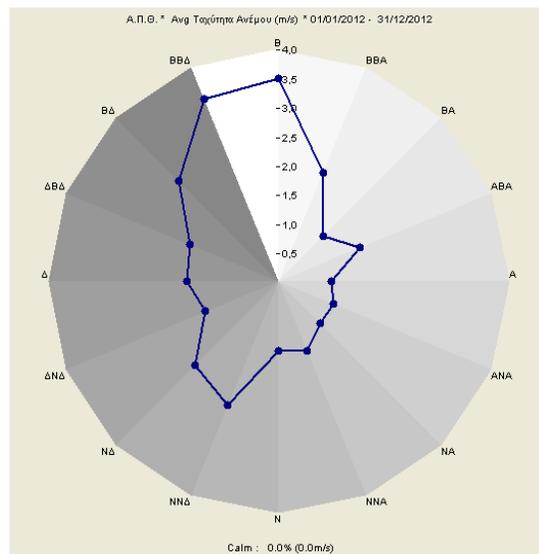
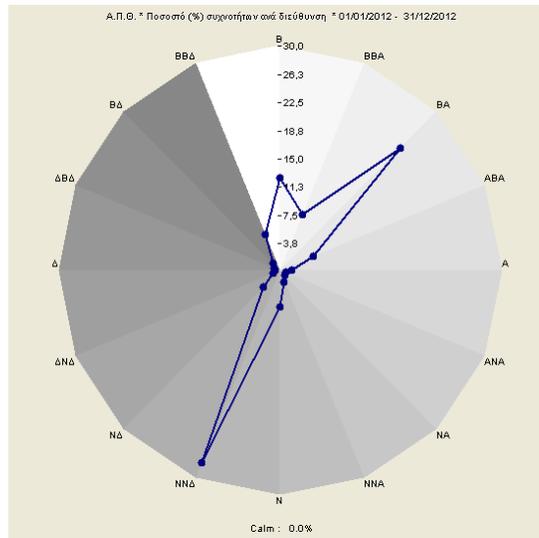
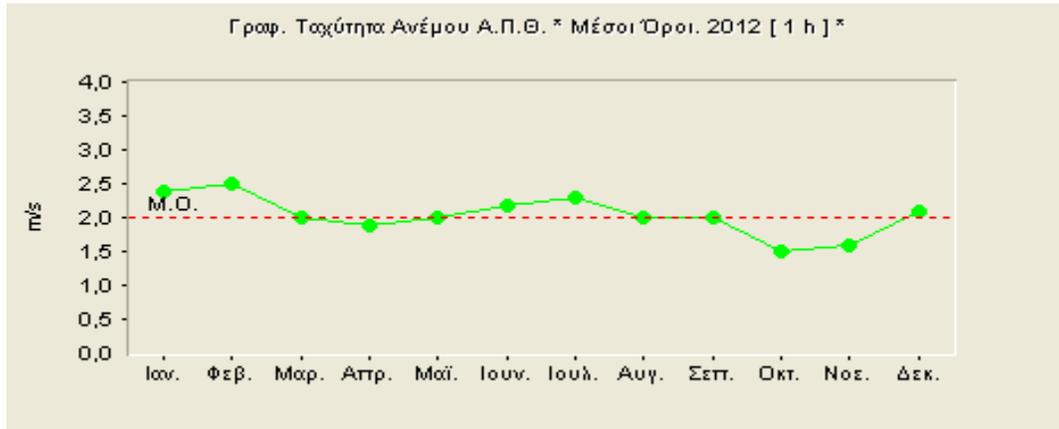


Στην Εικόνα 7 δίνονται οι μέσες τιμές συγκεντρώσεων των ρύπων ανά διεύθυνση ανέμου (τριαντάφυλλα ρύπανσης). Από τα σχήματα αυτά προκύπτει ότι:

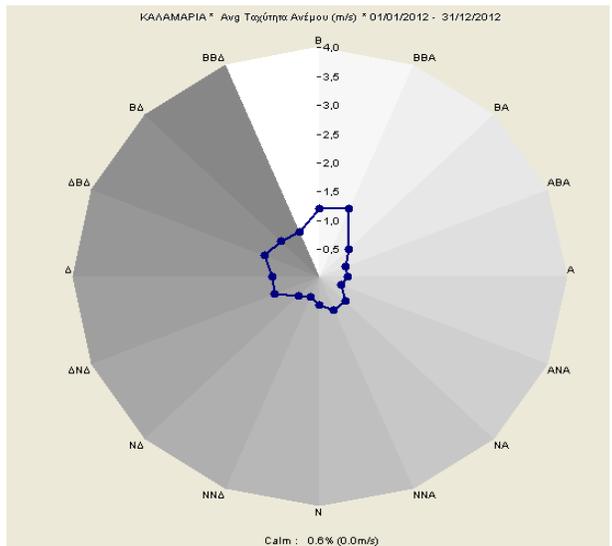
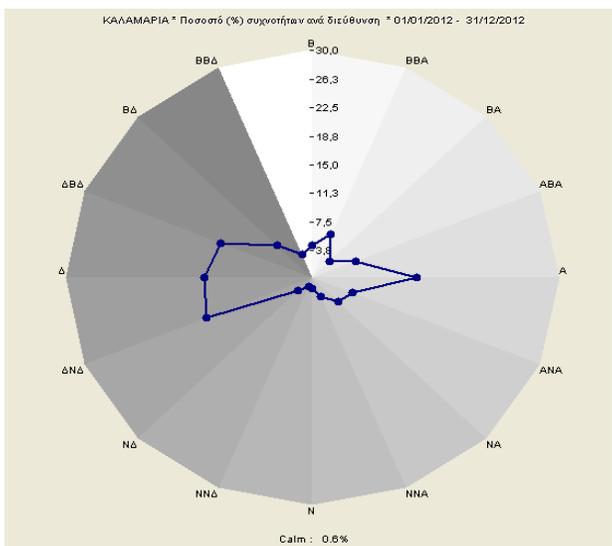
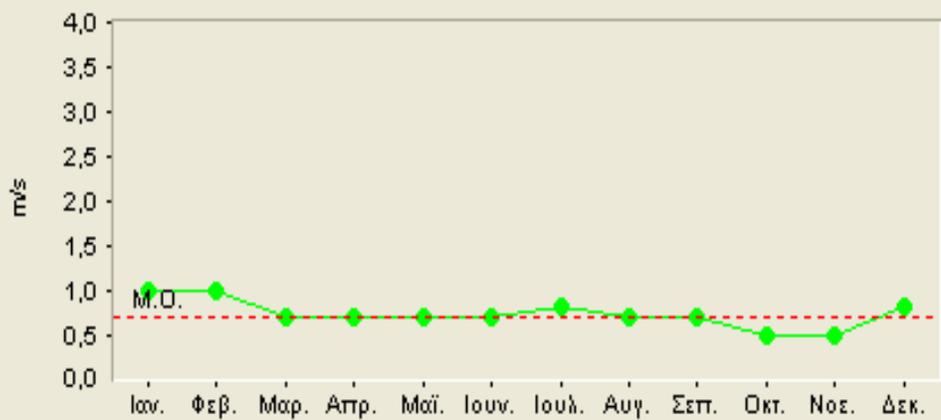
- μικρότερες τιμές συγκέντρωσης για τους *πρωτογενείς* κυρίως ρύπους, παρατηρούνται με ανέμους του βορειοδυτικού τομέα που είναι ισχυροί άνεμοι και συντελούν καθοριστικά στη διάχυση των ρύπων.

- η ανάπτυξη υψηλών συγκεντρώσεων *δευτερογενών* (φωτοχημικών) ρύπων συνδέεται γενικά με ανέμους νότιας κατεύθυνσης. Σε περίπτωση ασθενούς ή απουσίας συνοπτικής ροής, οι άνεμοι του νότιου τομέα είναι αποτέλεσμα τοπικού συστήματος κυκλοφορίας (θαλάσσια αύρα), γεγονός που ευνοεί την ανάπτυξη υψηλών συγκεντρώσεων δευτερογενών (φωτοχημικών) ρύπων στην ευρύτερη περιοχή.

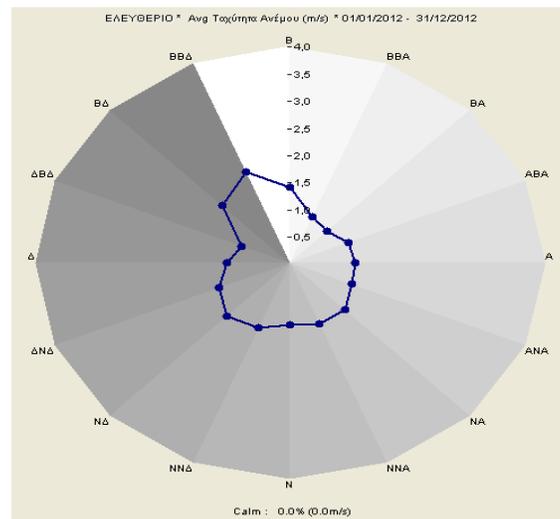
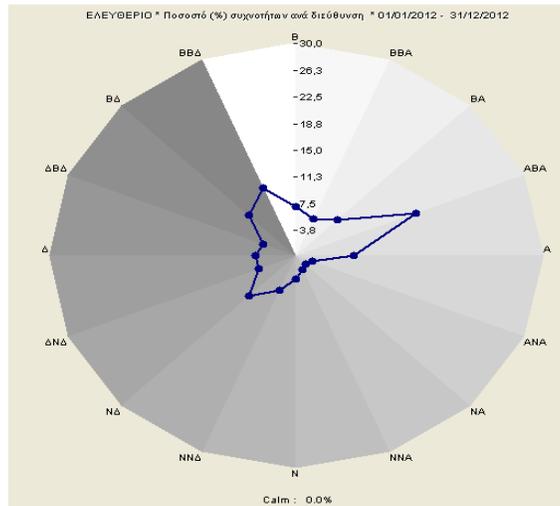
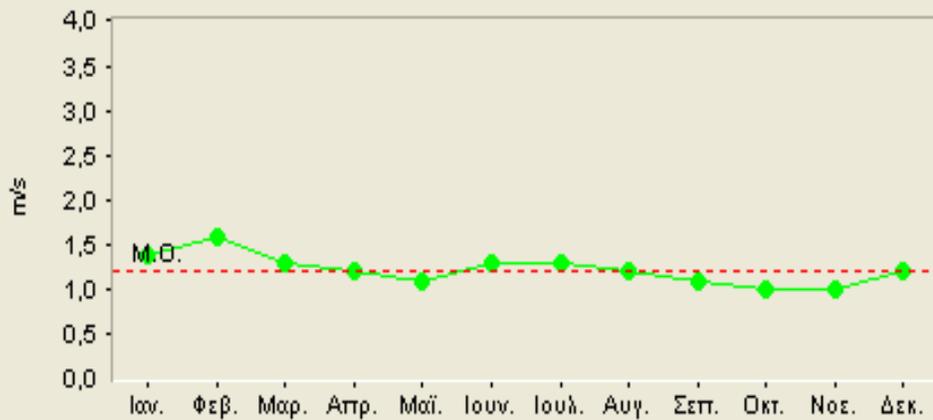
Εικόνα 6. Ο άνεμος στους σταθμούς μέτρησης για το 2012. (α) Μηνιαία μεταβολή του ανέμου. (β) Συχνότητες, επί τοις εκατό (%), των διευθύνσεων του ανέμου. (γ) Μέση ταχύτητα ανά διεύθυνση ανέμου.

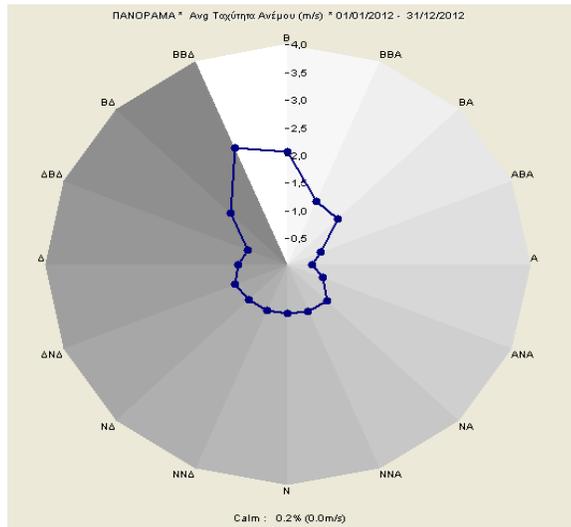
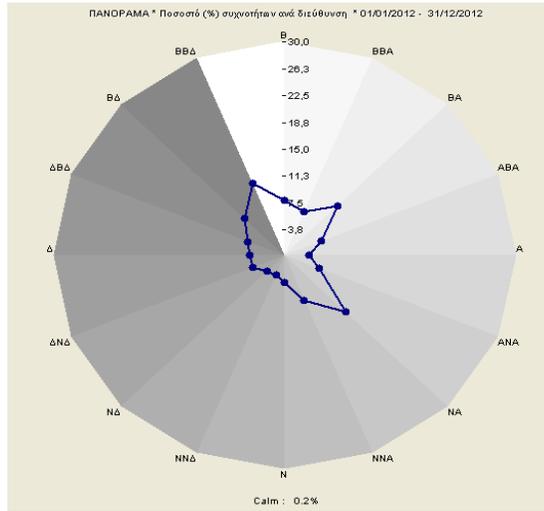
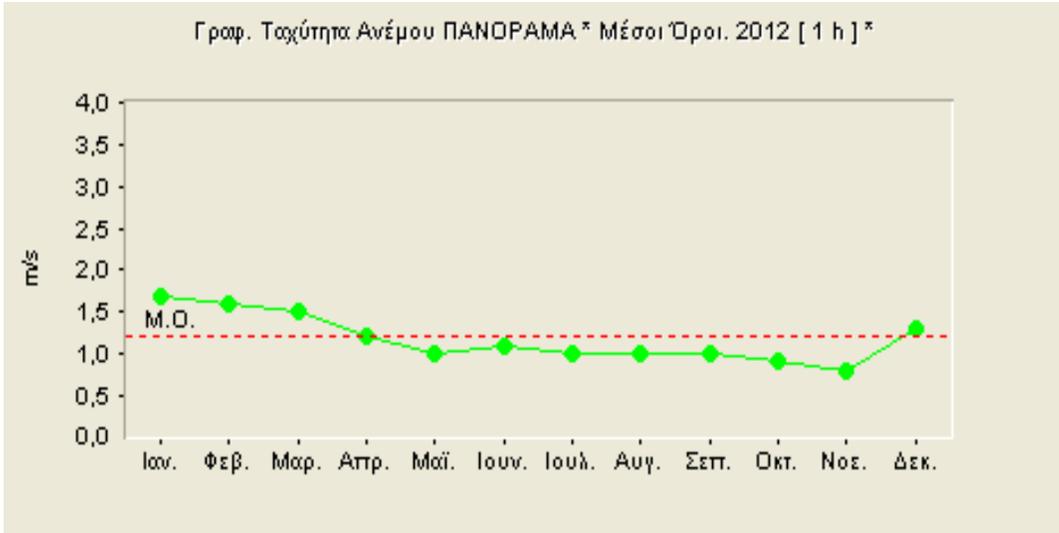


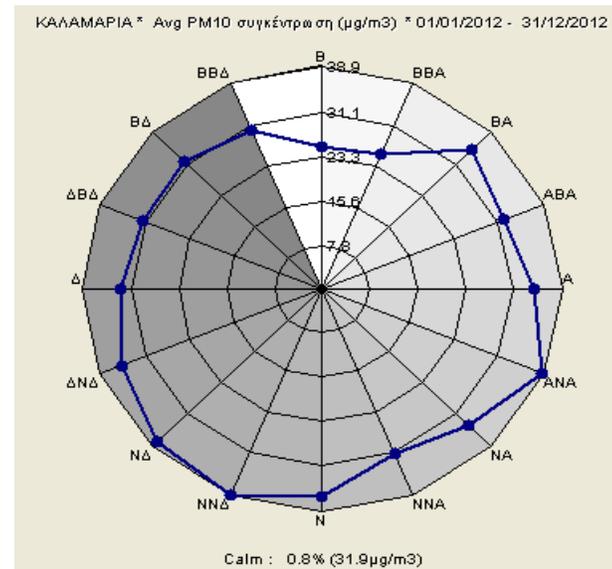
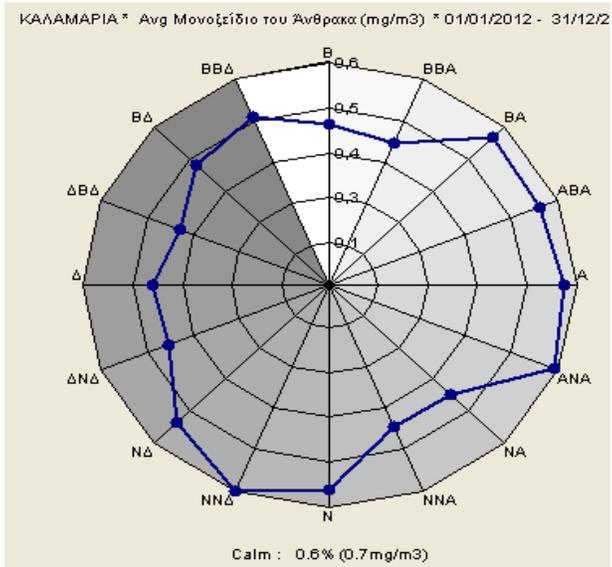
Γραφ. Ταχύτητα Ανέμου ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *



Γραφ. Ταχύτητα Ανέμου ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ * Μέσοι Όροι. 2012 [1 h] *







Οι υπερβάσεις των οριακών τιμών παρουσιάστηκαν για τα αιωρούμενα σωματίδια (στους περισσότερους σταθμούς μέτρησης) και για το όζον (σε περιαστικούς και μερικούς αστικούς σταθμούς μέτρησης). Οι υπερβάσεις του όζοντος οφείλονται κατά κύριο λόγο στη γεωγραφική θέση της χώρας (μεγάλη ηλιοφάνεια και υψηλές θερμοκρασίες, συνθήκες που ευνοούν το σχηματισμό του όζοντος) και παρουσιάζονται σε όλες τις νότιες χώρες της Ε.Ε. Η συμμόρφωση με τις οριακές τιμές για τους συγκεκριμένους ρύπους αποτελεί μία ανοιχτή πρόκληση για αρκετές περιοχές της Ευρώπης, όπως καταλήγει η έκθεση για το ατμοσφαιρικό περιβάλλον στην Ευρώπη:

«Air quality in Europe has improved between 1990 and 2009, as emissions of most pollutants have fallen, according to a new report from the European Environment Agency (EEA). But there is still a lot of room for improvement, as many EU countries are expected to exceed the emissions ceilings in 2010 for at least one pollutant. In addition, concentration levels of ground-level ozone and particulate matter have remained stable over recent years despite efforts to improve air quality.»

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Χάρτης περιοχής της Θεσσαλονίκης που εμφανίζονται οι θέσεις μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	3
Εικόνα 2. Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών: SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), CO (mg/m^3) και NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	9
Εικόνα 3. Μέσες μηνιαίες τιμές για το 2012: SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	12
Εικόνα 4. Μέσες ημερήσιες τιμές για το 2012: SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	24
Εικόνα 5. Μέσες ωριαίες τιμές για το 2012: SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36
Εικόνα 6. Ο άνεμος στους σταθμούς μέτρησης για το 2012. (α) Μηνιαία μεταβολή του ανέμου. (β) Συχνότητες, επί τοις εκατό (%), των διεθύνσεων του ανέμου. (γ) Μέση ταχύτητα ανά διεύθυνση ανέμου.	49
Εικόνα 7. Μέσες τιμές O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), CO (mg/m^3) και PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ανά κατεύθυνση ανέμου για το 2012 στους σταθμούς μέτρησης: (α) ΑΠΘ, (β) Κορδελιό, (γ) Νεοχωρούδα, (δ) Πανόραμα, (ε) Καλαμαριά	54

