

## ΕΥΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

ΕΤΗΣ ΑΘΗΝΑ

Υπό

Ι. ΔΙΚΑΤΑΚΟΥ , Η. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ , Π. ΝΑΣΤΟΥ , Ε. ΙΩΑΝΝΟΥ

## ( I ) ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το μονοξείδιο του άνθρακα ( CO ) αποτελεί ένα ρυπο που μέχρι τώρα απολαμβάνει περιουσιμένης δημοσιότητας συγκριτικά με άλλους, όπως το όζον η το διοξείδιο του θείου. Υπάρχουν όμως βάσιμες ενδείξεις ότι στα προσεχές μέλλον θα απασχολήσει το ευρύ κοινό διότι οι συγκεντρώσεις του στην ατμόσφαιρα παρακολουθούν την αύξηση της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων και ενθαρρύνονται από τη γενικότερη κλιματική τάση της έντασης του ανέμου που παρατηρήθηκε (1).

Το μονοξείδιο του άνθρακα αποτελεί πρωτογενή και σχετικά αδρανή χημικά ρυπο, αποτέλεσμα κυρίως της λειτουργίας κινητήρων εσωτερικής καύσης. Έχει όμως οξεία βιολογική δράση , διότι ανταγωνίζεται το οξυγόνο στο μόριο

## CONCENTRATION OF CARBON MONOXIDE IN ATHENS

J. Dikatakos : Professor of Climatology , University of Athens

H. Sakellariou : Physicist - Meteorologist

P. Nastos : Physicist - Meteorologist

E. Ioannou: Geologist

της αιμοσφαιρίνης με την οποία σχηματίζει την σταθερή ένωση της ανθρακυλαιμοσφαιρίνης. Το μέγιστο παραδεκτό επίπεδο ανθρακυλαιμοσφαιρίνης στο αίμα είναι 4 % της αιμοσφαιρίνης. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας το ανώτερο επιτρεπτό όριο μονοξειδίου του άνθρακα για οκτάωρη έκθεση είναι  $10 \text{ mg/m}^3$  και παρέχει δε απόλυτη ασφάλεια όσον αφορά ενδεχόμενες δυσμενείς επιδράσεις στον άνθρωπο, διότι αντιστοιχεί σε επίπεδο 1.2 % ανθρακυλαιμοσφαιρίνης στο αίμα (3).

Ανεξαρτήτως όμως των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα στον ατμοσφαιρικό αέρα, έχει παρατηρηθεί ότι οι καπνιστές παρουσιάζουν πολύ αυξημένο επίπεδο ανθρακυλαιμοσφαιρίνης (3). Επιπλέον κατά τα επεισόδια ατμοσφαιρικής ρυπανσης παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις και άλλων ρυπαν , οπότε η βιολογική δραστηκότητα του επιτρεπόμενου ορίου μπορεί να μην είναι τόσο αθωα.

Τέτοια επεισόδια, στην περιοχή Αθηνων, είναι π.χ. οι περιπτώσεις, που συμβέπτον με κνησ αμρας και σχηματισμό αναστροφων θερμοκρασίας, κατά τις οποίες το μονοξειδιο του άνθρακα παγιδευεται σε χαμηλά υψη μαζί με το μονοξειδίο του αζωτου και το διαξειδίο του θείου τις κρωινές ωρες και συσχετίζονται αρνητικά με το όζον (2).

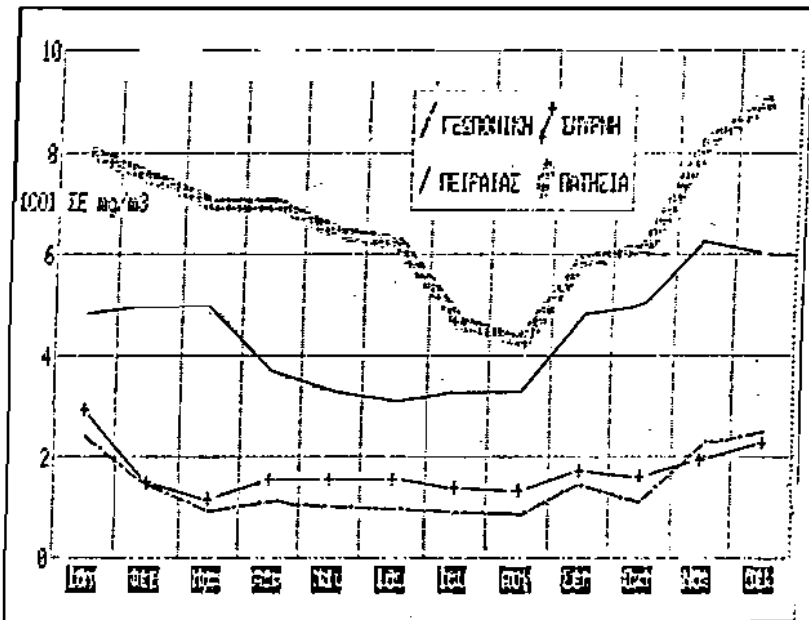
#### (II) ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στη παρούσα ανάλυση εξετάζονται οι ωριαίες μετρήσεις συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα κατά τα έτη 1986, 1987 και 1988, θάσει μετρήσεων, που ευγενως μας παραχωρηθηκαν από το ΠΕΡΙΠΛ. Οι σταθμοί, τα θεδομένα των οποίων εξετάσθηκαν, είναι της οδου Πατησίων, του Παιραιά, της

Γεωπονικής και της Ν. Ξυρνης. Η επιλογή αυτή έγινε διότι στους προαναφερθέντες σταθμούς παρατηρείται συνέχεια μετρήσεων κατά τα ανωτέρω έτη. Επίσης συμπεριλάβαμε και τις μετρήσεις του έτους 1965 για το σταθμό Πατησίων.

Η μέση ετησια συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα στην περιοχή Αθηνών είναι της τάξεως των 6 - 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

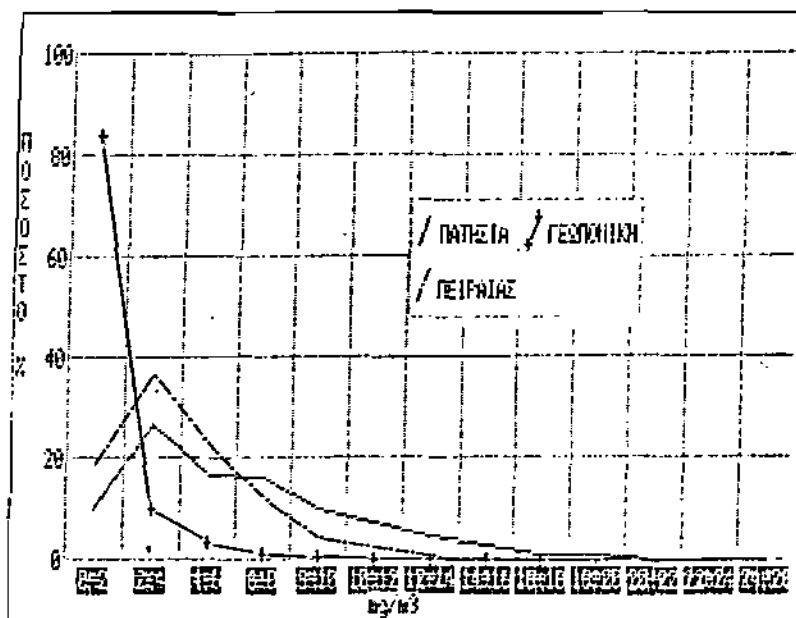
Δεν είναι όμως ομοιόμορφα κατανομημένη κατά την διάρκεια του έτους αλλά παρουσιάζει μείωση κατά τους θερινούς μήνες Ιούλιο, Αυγούστο και έξαρση ιδίως κατά τους Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Ιανουάριο όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Η ετησια αυτή πορεία είναι ιδιαίτερα τονισμένη στο σταθμό Πατησίων που παρουσιάζει και τις πιο αυξημένες συγκεντρώσεις. Αμέσως μετά από άποψη αυξημένων συγκεντρώσεων ακολουθεί ο σταθμός του Πειραιά αλλά με σημαντικά



Σχήμα 1. Ετησια πορεία μέσων τιμών CO στους σταθμούς Πατησίων Πειραιά, Γεωπονικής και Ν. Ξυρνης.

χαμηλότερες τιμές. Οι σταθμοί Γεωπονικής και Κ. Σμυρνης παρουσιάζουν πολύ χαμηλές τιμές ρυπανσης.

Παρόμοια είναι και η ενδειξη που σχηματίζουμε από το σχημα 2 , όπου παρουσιάζονται τα ποσοστά συχνότητας εμφάνισης διαφόρων τιμών συγκεντρώσεως μονοξειδίου του άνθρακα. Υπολογίστηκε ότι 17 % των ωριαίων τιμών βρίσκονται πάνω από  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  για τον σταθμό της οδου Πατησίων ενώ 3.7 % του συνολικού αριθμού τιμών ξεπερνούν αυτό το όριο για τον σταθμό του Πειραιά .Έτσι λοιπόν για τον σταθμό της οδου Πατησίων είναι εξαιρετικά πιθανό να έχουμε 8 συνεχείς τιμές πάνω από  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  πράγμα το οποίο συνιστά υπέρβαση του ανωτερου επιτρεπτου ορίου για οκτάωρη βάση, κατά τον Π.Ο.Υ. ( Στο εξής όταν αναφερόμαστε στον όρο υπέρβαση θα εννοουμε ακριβως τον ανωτέρω ορισμό του Π.Ο.Υ. : Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας ).

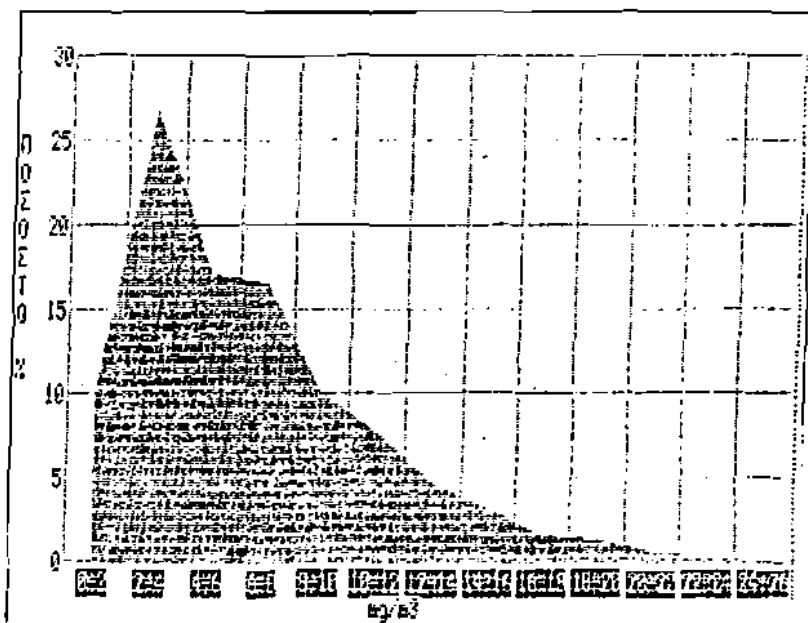


Σχημα 2. Κατανομές τιμών συγκεντρώσεων CO στους σταθμούς Γεωπονικής Πειραιά και Πατησίων .

Παρόμοια πιθανότητα είναι περιορισμένη για τον σταθμό του Πειραιά και μηχανική σχεδόν για τους σταθμούς Κ. Γλυφνης και Γεωπονικής.

Στο σχήμα 3, που παρουσιάζονται πιο εσπερικά οι συχνότητες εμφάνισης των διαφόρων τιμών συγκέντρωσης του μονοξειδίου του άνθρακα στο σταθμό Πατησίων βλέπουμε ότι οι φτωχές τιμές μπορούν και ξεπερνούν κατά πολύ το όριο των  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  με αποτέλεσμα οι μέσες τιμές συγκεντρώσεων για υπέρβαση οκτώωρου να είναι αισθητά ανώτερες από  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

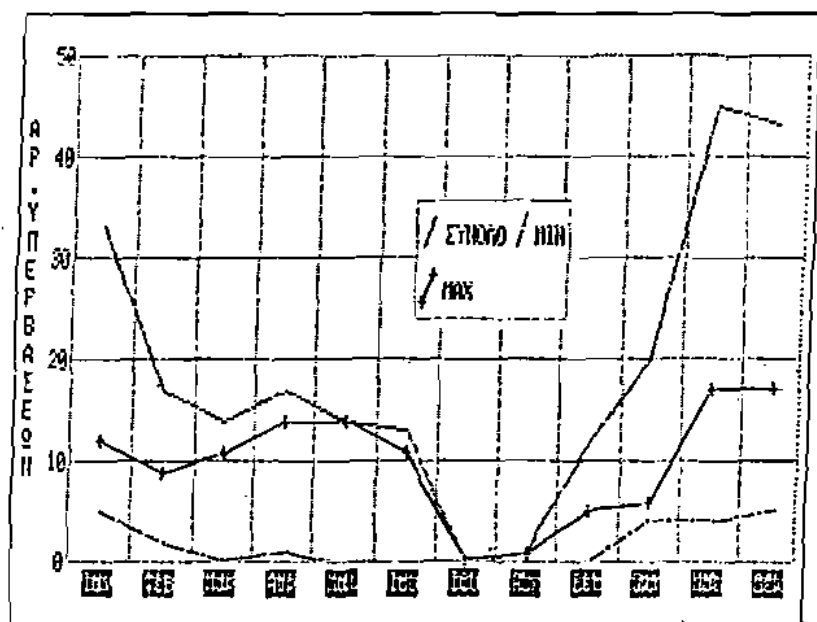
Αναζητήθηκαν αυτές οι υπερβάσεις θωρου και πλέον για τα έτη 85, 86, 87 και 88 για τον σταθμό Πατησίων.



Σχήμα 3. Κατανομή τιμών συγκέντρωσης CO στο σταθμό Πατησίων.

Στο σχήμα 4, παρουσιάζονται κατά μήνα το σύνολο αυτών των υπερβάσεων για όλα τα έτη καθώς επίσης και ο μέγιστος και ελάχιστος μηνιαίος αριθμός.

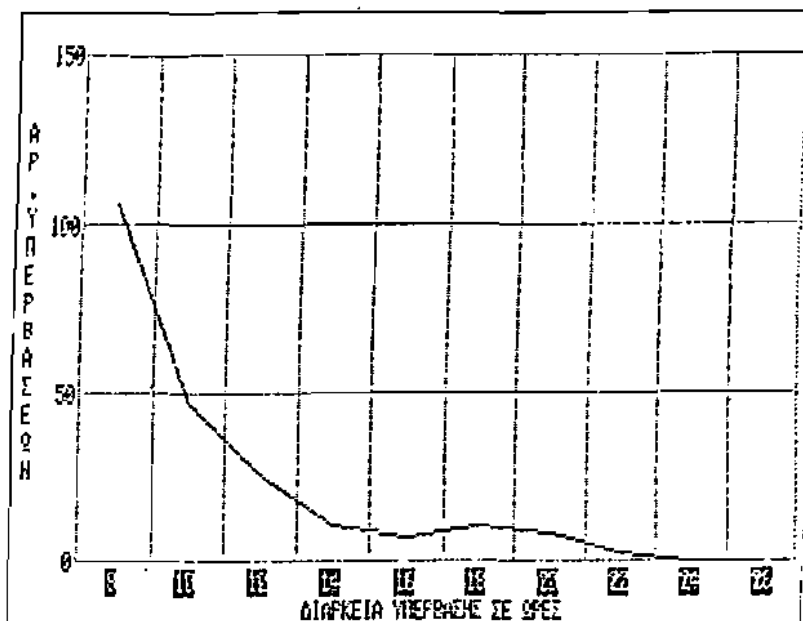
υπερβάσεων. Παρατηρούμε ότι το φαινόμενο παρουσιάζει ετήσια διακύμανση αλλά και μεταβλητότητα. Υπάρχει μηδενικός αριθμός υπερβάσεων τον Ιούλιο, μία μόνο υπέρβαση τον Αυγούστο ενώ ένας μεγάλος αριθμός υπερβάσεων παρατηρήθηκε τον Ιανουάριο και ιδίως τον Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο. Όταν αφορά την από έτος σε έτος μεταβλητότητα παρατηρούμε ότι ο μέγιστος αριθμός υπερβάσεων είναι πολύ κοντά στον ολικό κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο, που σημαίνει ότι ένας μόνο μήνας έδωσε περισσότερους αριθμούς υπέρβασης από όλους τους αμείνους του των υπολοίπων ετών. Η διαφορά αυτή από έτος σε έτος δεν μπορεί να αποδοθεί σε μεταβολή της ανθρώπινης δραστηριότητας αλλά υπογραμμίζει μάλλον την σπουδαιότητα των μετεωρολογικών παραγόντων για την δημιουργία καταστάσεων αυξημένων συγκεντρώσεων μονοξειδίου του άνθρακα.



Εχίμα 4. Μέγιστος, ελάχιστος και συνολικός μηνιαίος αριθμός υπερβάσεων κατά την περίοδο 1985 - 1993 στο σταθμό Πατισίων.

Παρατηρούμε επίσης ότι υπάρχουν ημερές κατά τους οποίους οι υπερβάσεις απαντούν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50 % των ημερών και εφ' όσον η υπέρβαση του ορίου που τέθηκε από τον Π.Ο.Υ. είναι η μάλλον συνηθισμένη κατάσταση, η υγεία των κατοίκων είναι δυνατόν να επηρεάζεται δυσμενώς. Το συνολικό χρονικό διάστημα κατά το οποίο η συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα διακυμάνθηκε πάνω από 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  για οκτώ και πλέον συνεχείς ώρες ποικίλει. Όπως βλέπουμε στο σχήμα 5, είναι αρκετές οι περιπτώσεις που η συνολική διάρκεια ξεπέρασε κατά πολύ τα όρια.

Μέγιστη παρατηρηθείσα διάρκεια είναι 70 ώρες από 7 π.μ. της 7/6/85 έως και 5 π.μ. της 10/6/85 με μέση τιμή μονοξειδίου του άνθρακα 15.04  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  και μέγιστη 22.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



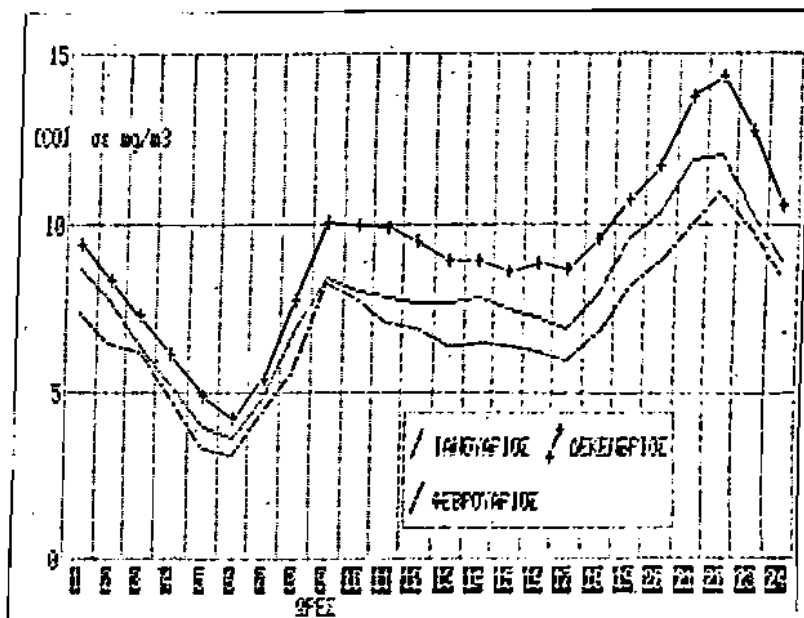
Σχήμα 5. Κατανομή τιμών διάρκειας υπερβάσεων στο σταθμό Πατησίων για την περίοδο 1985 - 1988.

Όσον αφορά την ημερησια πορεία των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου

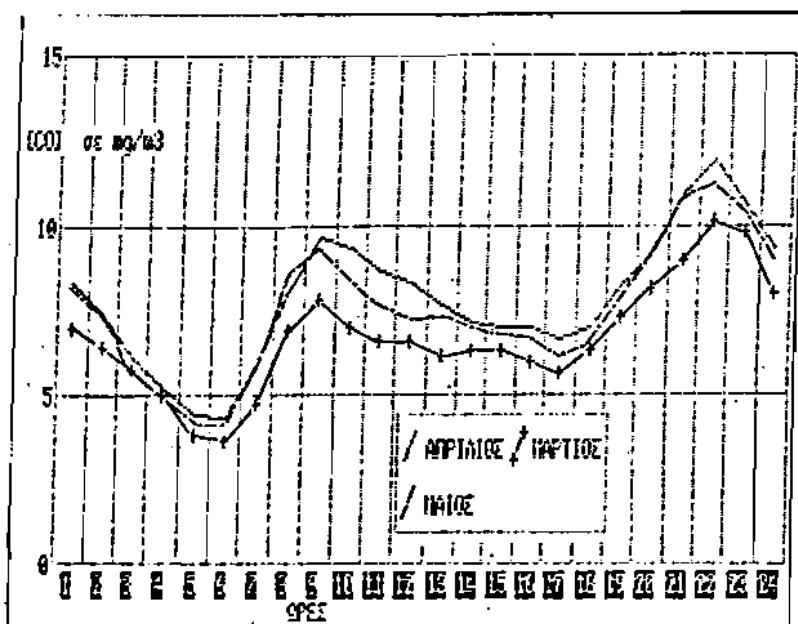
του άνθρακα στο σταθμό Πατησίων παρατηρούμε ότι αυτή εμφανίζει κατά μέσο όρο όλους τους μήνες μία διπλή κυμάνση. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 6 για τους χειμερινούς μήνες, στο σχήμα 7 για τους εαρινούς, στο σχήμα 8 για τους θερινούς και στο σχήμα 9 για τους φθινοπωρινούς. Ίπάρχει ένα ελάχιστων ημερησίου μέγιστο περί ώρα 9 π.μ. και ένα μείζον μέγιστο περί ώρα 22α. Εκτός από τους θερινούς μήνες όπου τα δυο μέγιστα τείνουν να εξισοροποιηθούν, το μέγιστο της 22ας ώρας εμφανίζεται να υπερτερεί του ημερησίου σημαντικά, ιδίως κατά τους μήνες των συχνών υπερβάσεων δηλ. τον Ιούλιο, Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Το νυκτερινό μέγιστο είναι σημαντικό και από την άποψη ότι εμφανίζει συχνά μέσες ωριαίες τιμές άνω των 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ενώ το ημερησίο της ενάτης ώρας μόνο κατά μήνα Δεκέμβριο προσεγγίζει αυτή την τιμή.

Αναμένεται λοιπόν οι υπερβάσεις να επικεντρωνονται στο νυκτερινό μέγιστο, το οποίο εμφανίζει επίσης και τις μέγιστες ωριαίες τιμές. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 10 όπου παρουσιάζεται η ώρα έναρξης των περιπτώσεων υπέρβασης. Όχι εδώ βλέπουμε μία διπλή κυμάνση με ένα μέγιστο περί την 3ην πρωινή και ένα δευτερο μέγιστο υπερδικλάσιο του πρώτου περί την 18η. Δηλαδή το μεγαλύτερο ποσοστό υπερβάσεων ξεκινάει την 13η ώρα, ελάττωσε ώρες προ του νυκτερινού μέγιστου της 22ας και συνεχίζει κατά την διάρκεια της νυχτας.

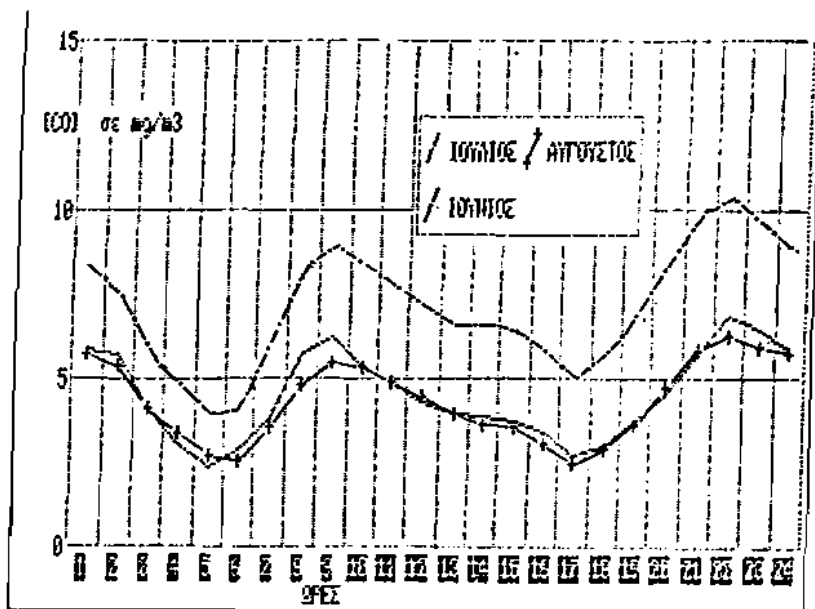




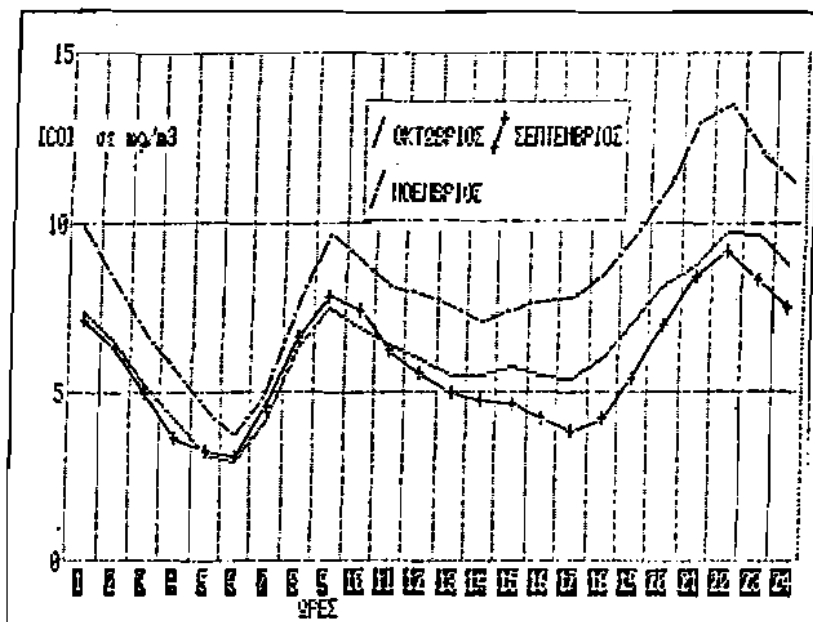
Επιμα 6. Ημερησια πορεία μέσων συγκεντρώσεων του CO κατά τους χειμερινούς μήνες στο σταθμό Πατησίων (1985 - 1988).



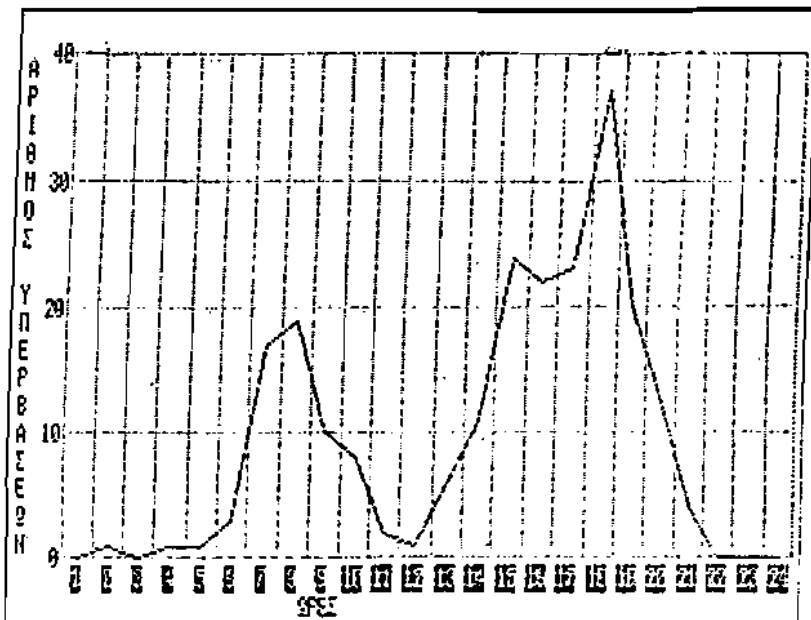
Επιμα 7. Ημερησια πορεία μέσων συγκεντρώσεων του CO κατά τους εαρινούς μήνες στο σταθμό Πατησίων (1985 - 1988).



Σχημα 8. Ημερησια κορσία μέσωσ συγκεντρωσών του CO<sub>2</sub> κατά τούσ θερινούσ μήνεσ στο σταθμό Παθηίων (1985 - 1988).



Σχημα 9. Ημερησια κορσία μέσωσ συγκεντρωσών του CO<sub>2</sub> κατά τούσ φθινοπωρινούσ μήνεσ στο σταθμό Παθηίων (1985 - 1988).



Σχημα 10. Κατανομή της ώρας έναρξης των υπερβάσεων κατά την διάρκεια του 24ώρου στον σταθμό Πατησίων.

## (III) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Απο τα μέχρι τώρα στοιχεία που αναφέραμε προκύπτει ότι :

- 1) Υπάρχει σοβαρό πρόβλημα ρυπανσης όσον αφορά την συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα τουλάχιστον ,στην περιοχή Πατισίων.
- 2) Οι υπερβάσεις είναι συχνότερες την νυχτα παρά την ημέρα και συγκεκριμένα, η πλέον συνηθης ωρα έναρξης τέτοιας υπέρβασης είναι η 18η απογευματινη.
- 3) Οι μεγαλύτερες τιμές συγκεντρωσεω του μονοξειδίου του άνθρακα εμφανίζονται κατά τους μηνες με αυξημένο αριθμό υπερβάσεων, δηλ. τους μηνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Ιανουάριο.
- 4) Τα μέτρα που λαμβάνονται μέχρι τώρα, (Δεκέμβριος 89), για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρυπανσης, δεν καλυπτουν τις ωρες αυξημένων συγκεντρωσεων του 24ωρου.
- 5) Η ακριβης αποτίμηση της σοβαρότητας του προβληματος, τόσο κατά τη έκτασή του στο λεκανοπέδιο Αττικής, όσο και κατά την συχνότητα εμφανισης του, είναι άγνωστη, διότι είναι ενδεχόμενο να υπάρχουν και πιο βεβαρημένες περιοχές από το σημείο, που είναι εγκατεστημένος ο σταθμός.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμώς το ΠΕΡΠΑ και ιδίως τον κ. Σπυρόπουλο, που με την ευγενή παραχώρηση των μετρήσεων των σταθμών του ΠΕΡΠΑ βοήθησε στην πραγματοποίηση της παρούσας ερευνητικής εργασίας.

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

## SUMMARY

Carbon monoxide concentrations in the area of Athens are examined in this paper by means of measurements made in four air pollution stations of central Athens, during the period of 1985 - 1988. The cases, during which these concentrations exceed the limit - value of  $10 \text{ mg} / \text{m}^3$ , at least for a period of 8 consecutive hours, are more often at night than day time. The more often set out time of such an exceeding is at 5 p.m.

The highest values of carbon monoxide concentration appear during the months with increased number of exceedings, that is in November, December and January.

The measures taken up till now ( December 89 ) for the restriction of air pollution, do not cover the hours of the increased concentrations in 24 hours, mentioned above.

The importance of the problem, not only in extention, but also in duration and frequency of appearance as well, through the existing net of automatic measurement stations, cannot be accurately estimated.

## Αναφορές

- 1) ΔΙΚΑΙΑΚΟΣ, J., 1986: The law of evolution of the wind speed, over central Athens, during the period 1908 - 1981. The journal of Meteorology , Vol. 11, N. 108, p. 113 - 116 .
- 2) LALAS, D., ASIMAKOPOULOS, D., DELIGIORGI, D., and XELKIS, K., 1983 :Sea breeze circulation and photochemical pollution in Athens, Greece. Atm., Environment, Vol. 17, N. 9, p. 1621 - 1632.
- 3) ΚΑΡΚΑΝΤΩΝΑΤΟΣ, Γ., 1984 : Στοιχεία Υγιεινής Περιβάλλοντος και Υγιεινομικής Μηχανικής, σελ. 237 .