

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ.— Τάσις μεταβολῆς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως ἐν Ἀθήναις, ὑπὸ Ἰωάννου Δ. Ζαμπάκα*. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Ἡλία Γ. Μαριολοπούλου.

1. Εἰσαγωγή καὶ ὕλικόν.

Ἀποτελεῖ κοινήν πεποίθησιν ὅτι ἡ ρύπανσις τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπεράνω τῶν μεγαλουπόλεων αὐξάνει συνεχῶς, ὡς αἱ πάσης φύσεως δραστηριότητες τοῦ ἀνθρώπου μὲ ρυπαντικὰ παραπροϊόντα αὐξάνουν (2, 3).

Σκοπὸς τῆς παρουσίης ἐργασίας εἶναι ἡ ἀντικειμενικὴ ἀντιμετώπισις τοῦ θέματος καὶ ἡ διαπίστωσις ἢ οὐ τῆς αὐξήσεως ἢ μὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως.

Πρὸς τοῦτο καὶ ἐκ τῶν ὑπαρχουσῶν μετρήσεων ρυπάνσεως τῆς ἀτμοσφαίρας ἐν Ἀθήναις (1) ἐπελέγησαν δύο σημεῖα μὲ τὰς πλέον τακτικὰς παρατηρήσεις (4), ἥτοι :

I. Ὁ σταθμὸς τῆς Φοιτητικῆς Λέσχης τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, κείμενος ἐπὶ τῆς διασταυρώσεως τῶν ὁδῶν Ἰπποκράτους καὶ Ἀκαδημίας (88 m περίπου ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης καὶ ὕψος συλλέκτου 8 m ὑπεράνω τοῦ καταστρώματος τῆς ὁδοῦ Ἀκαδημίας). Ὁ σταθμὸς οὗτος εἶναι ἀντιπροσωπευτικὸς τῶν περιοχῶν ἐντόνου ἀνθρωπίνης δραστηριότητος, εὐρίσκειται ὑπὸ ἰσχυρὰν μικροκλιματικὴν ἐπίδρασιν καὶ παρουσιάζει παρατηρήσεις ρυπάνσεως διὰ τὴν πενταετίαν 1968 - 1972 μὲ ἀμελητέας σχεδὸν ἑλλείψεις.

II. Ὁ εὐρισκόμενος ἐπὶ τοῦ λόφου τῶν Νυμφῶν σταθμὸς ($\varphi = 37^{\circ}58'3''$ N, $\lambda = 23^{\circ}43'$ E, $h = 107$ m ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης μὲ ὕψος συλλέκτου 17 m ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους). Ὁ σταθμὸς οὗτος εἶναι ὁ πλέον ἀντιπροσωπευτικὸς διὰ τὴν περιοχὴν τῆς πρωτευούσης ἀπὸ πλευρᾶς γενικωτέρας κλιματικῆς καταστάσεως, ὡς εὐρισκόμενος εἰς τὸ κέντρον τῆς ὁσημέραι ἐκτεινομένης πέριξ αὐτοῦ πόλεως καὶ εἰς ὑψόμετρον κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον μεγαλύτερον τοῦ μέσου ὑψομέτρου τῆς κατωκημένης πέριξ αὐτοῦ περιοχῆς. Αἱ μετρήσεις ἐν αὐτῷ τῆς τριετίας 1970 - 1972 προσφέρονται ὡσαύτως διὰ τὴν παροῦσαν μελέτην, μολοντί ἑλλείπουν ὁ Ἰανουάριος καὶ Μάρτιος τοῦ 1970 καὶ ὄρισμένα σποραδικὰ 24ωροι μετρήσεις.

Οἱ σταθμοὶ οὗτοι εὐρίσκονται ὑπὸ τὴν αἰγίδα τοῦ Μετεωρολογικοῦ Ἰνστιτούτου τοῦ Ἐθνικοῦ Ἀστεροσκοπεῖου Ἀθηνῶν καὶ ἐκ τῶν παρατηρουμένων ρυπαντικῶν στοιχείων μελετῶνται ἐνταῦθα τὰ αἰωρούμενα ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ σωμα-

* J. D. ZAMBAKAS, *Trend of atmospheric pollution in Athens.*

τίδια διαμέτρου $\leq 10 \mu$. περίπου, χαρακτηριζομένων ως «αιθάλης» (smoke), άνευ απώλειας προφανώς της γενικότητας. Τοῦτο διότι ὑπάρχει ικανοποιητική θετική συσχέτισις μεταξύ τῶν διαφόρων ρυπαντικῶν στοιχείων (1).

2. Πορεία αιθάλης εἰς σταθμὸν I.

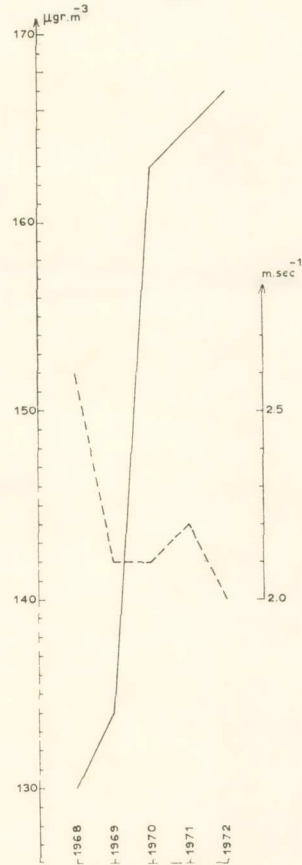
α. Εἰς τὸν σταθμὸν τοῦτον αἱ μεσαῖαι τιμαὶ (medians) ρυπάνσεως εἰς $\mu\text{gr.m}^{-3}$ καὶ ἡ μέση ταχύτης τοῦ ἀνέμου εἰς m.sec^{-1} ἔχουν ὡς κάτωθι :

1968	1969	1970	1971	1972
130.0	134.0	163.0	165.0	167.0
2.6	2.1	2.1	2.2	2.0

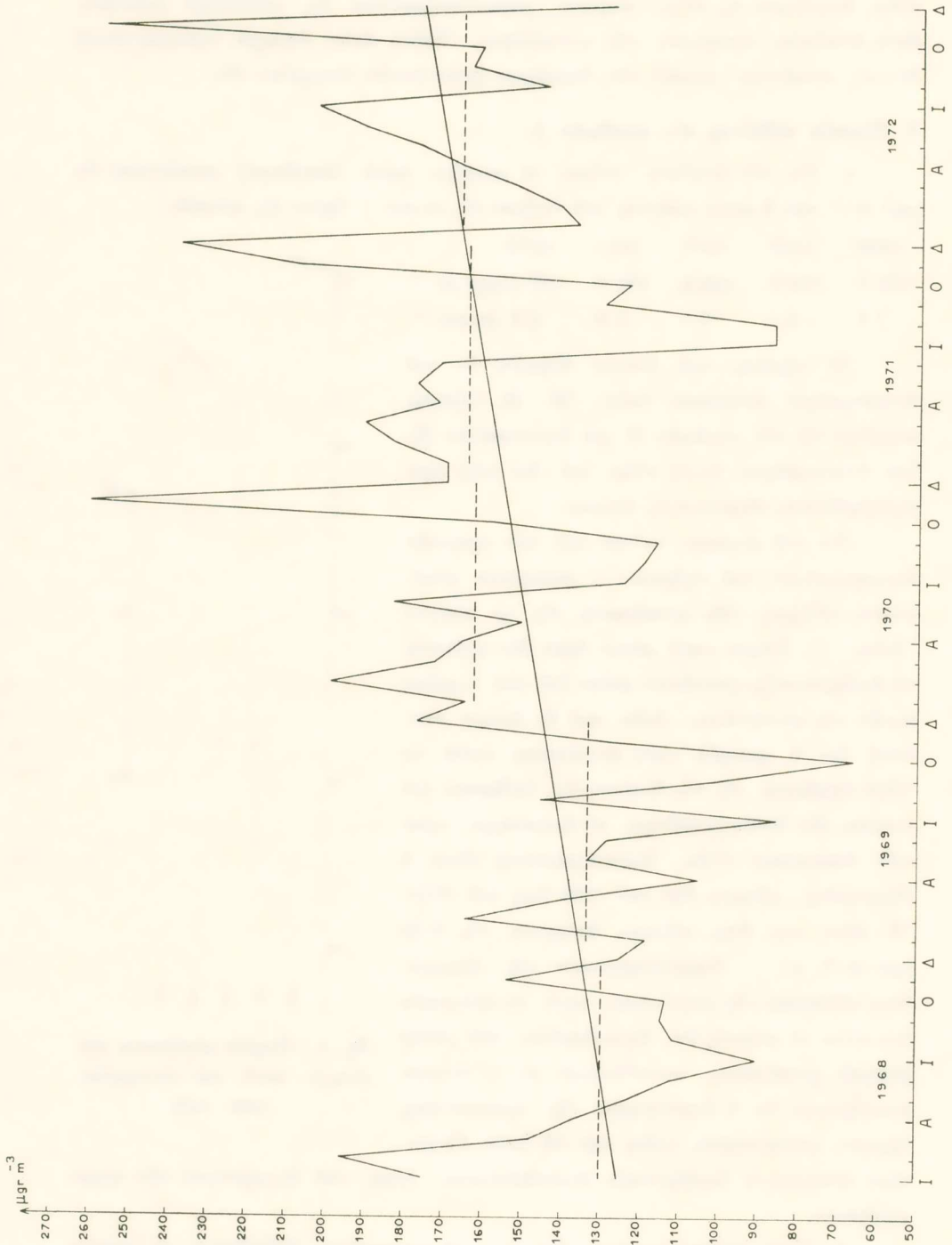
Ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου ἐλήφθη ἐκ τοῦ ἀνεμογράφου pressure - tube (W. H. Dines), κειμένου εἰς τὸν σταθμὸν II, μὴ ὑφισταμένου ἄλλου ἀνεμογράφου ἐν τῇ πόλει καὶ διὰ τοὺς προαναφερθέντας κλιματικούς λόγους.

Ἐκ τοῦ πίνακος τούτου καὶ τῶν σχετικῶν διαγραμμάτων τοῦ σχήματος 1, προκύπτει σαφέστατα αὔξεις τῆς ρυπάνσεως εἰς τὸ κλεινὸν Ἄστυ. Ὁ ἀνεμος κατὰ μέσον ὄρον δὲν φαίνεται νὰ διαδραματίζη σπουδαῖον ρόλον ἐπὶ τῶν ἐτησίων τιμῶν τῆς ρυπάνσεως. Διότι καὶ ἂν ἀκόμη ὑποθεθῆ ὅτι ἡ χαμηλὴ τιμὴ ρυπάνσεως κατὰ τὸ 1968 ὀφείλεται εἰς τὴν διαλυτικὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἀνέμου, δὲν δικαιολογοῦνται αἱ ἀντίστοιχοι τιμαὶ τῶν ὑπολοίπων ἐτῶν. Χαρακτηριστικὴ εἶναι ἡ ἀλματώδης αὔξις ἀπὸ τοῦ 1969 ἕως τοῦ 1970. Ἡ μέση κατ' ἔτος αὔξις ἀνέρχεται εἰς $9.25 \mu\text{gr.m}^{-3} \cdot \text{y}^{-1}$. Χαρακτηριστικὸν τῆς ἀλματώδους αὔξεως τῆς ρυπάνσεως κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη εἶναι τὸ γεγονός ὅτι, ὑποτιθεμένου τοῦ αὐτοῦ ρυθμοῦ ρυπάνσεως, καταλήγομεν εἰς τὸ ἄτοπον συμπέρασμα ὅτι ἡ ἀτμόσφαιρα τῆς πρωτεύουσας ἤρχισεν ρυπαινομένη μόλις πρὸ 18 ἐτῶν. Περαιτέρω στατιστικὴ ἐπεξεργασία ἀντενδείκνυται, λόγῳ τοῦ ὀλιγαριθμοῦ τῶν παρατηρήσεων.

β. Πρὸς λεπτομερεστέραν ἐξέτασιν τοῦ φαινομένου ἐλήφθησαν αἱ μεσαῖαι



Σχ. 1. Πορεία ρυπάνσεως καὶ ἀνέμου κατὰ τὴν πενταετίαν 1968 - 1972.



Σχ. 2. Μηνιαία πορεία της μεσαίας 24ώρου ρυπάνσεως δια την περίοδο 1968 - 1970.

τιμαί 24ώρου ρυπάνσεως διὰ τοὺς 60 μῆνας τῆς περιόδου 1968 - 1972 καὶ ὑπελογίσθη ἡ εὐθεία παλινδρομήσεως,

$$\text{ἦτοι :} \quad P = 0.849 \times + 125.125 \left\{ S_{PX} \simeq 37.63 \right.$$

ἔνθα P ἡ ρύπανσις καὶ X = 1, 2, 60 οἱ μῆνες.

Πάντα ταῦτα ἀπεικονίζονται εἰς τὸ σχῆμα 2, ἐξ οὗ ἡ αὔξις καθίσταται προφανής, ἀνερχομένη, ἐκ τῆς εὐθείας παλινδρομήσεως, εἰς 0.85 $\mu\text{gr.m}^{-3}$ ἀνά μῆνα διὰ τὴν ὑπ' ὄψιν περίοδον.

Εἰς τὸ σχῆμα 2 δίδονται διὰ διακεκομμένης γραμμῆς καὶ αἱ ἐτήσιαι στάθμαι 24ώρου ρυπάνσεως.

Σημειωτέον ὅτι ὁ ἐτήσιος κύκλος τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως διαγράφεται σαφῶς εἰς ὅλα τὰ ἔτη.

3. Πορεία αἰθάλης εἰς σταθμὸν II.

Ἡ χρονικὴ περίοδος καὶ αἱ ἐλλείψεις εἰς τὸν σταθμὸν τοῦτον δὲν ἐπιτρέπουν ἔγκυρα συμπεράσματα. Προσέτι δέ, ὡς προελέχθη, αἱ μετρήσεις ἐνταῦθα ἀντιπροσωπεύουν τὴν κατάστασιν εἰς ἓν ὑψόμετρον μεγαλύτερον τοῦ μέσου ὑψομέτρου τῆς πέριξ κατοικημένης καὶ ρυπαιούσης τὴν ἀτμόσφαιραν περιοχῆς.

Αἱ μεσαῖαι 24ωροι συγκεντρώσεις ρυπάνσεως διὰ τὰ 3 ἔτη ὡς καὶ αἱ ἀντίστοιχοι μέσαι ἐτήσιαι ἐντάσεις τοῦ ἀνέμου ἔχουν ὡς ἀκολούθως :

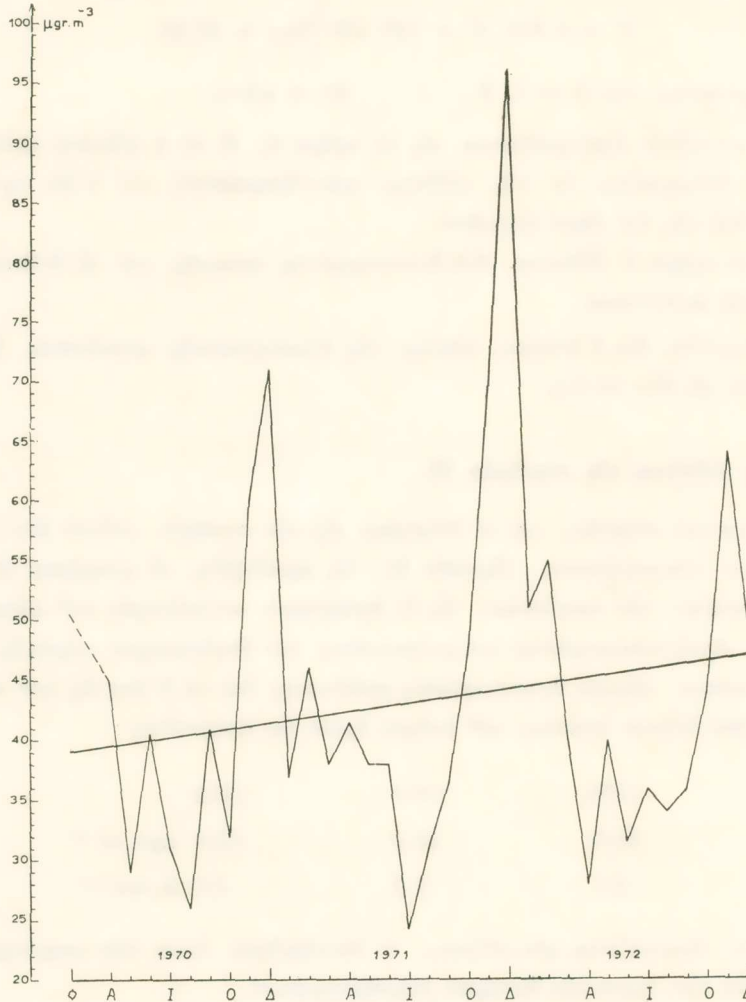
1970	1971	1972
40.0	43.0	42.0 $\mu\text{gr.m}^{-3}$
2.1	2.2	2.0 m.sec.^{-1}

καί, ναὶ μὲν, ἐμφανίζεται μία αὔξις, τὸ ὀλιγάριθμον ὅμως τῶν παρατηρήσεων δὲν ἐπιτρέπει τὴν ἐξαγωγὴν ἐγκύρων συμπερασμάτων.

Καλυτέραν ἐποπτεῖαν τῆς παρατηρουμένης αὐξήσεως ἔχομεν διὰ τῆς πορείας τῶν μεσαίων τιμῶν 24ώρου ρυπάνσεως κατὰ μῆνα, διὰ τοὺς 34 μῆνας παρατηρήσεων τοῦ ὑπ' ὄψιν σταθμοῦ. Τὰ στοιχεῖα ταῦτα μετὰ τῆς εὐθείας παλινδρομήσεως παρουσιάζονται εἰς τὸ σχῆμα 3, μὲ μίαν μέσην κατὰ μῆνα αὔξισιν ἴσην περίπου πρὸς 0.2 $\mu\text{gr.m}^{-3} \cdot \text{month}^{-1}$.

Ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὴν βροχὴν δὲν ἐξητάσθη ἡ σχέσις μεταξὺ αὐτῆς καὶ τῶν 24ώρων μεσαίων μηνιαίων καὶ μεσαίων ἐτησίων τιμῶν ρυπάνσεως. Πιθανότατα κατὰ τὰς ὥρας βροχοπτώσεως ἢ ὀλίγον μετὰ νὰ εἶναι καλυτέρας σχετικῶς ποιότη-

τος ό άήρ, άλλ' ή έπιβεβαίωσις ή μη άπαιτεί ώριαίας τιμάς ρυπάνσεως. Είται έν τούτοις πιθανή ή αύξησις τής τροχαίας κυκλοφορίας καί, άναλόγως τής έποχής,



Σχ. 3. Μηνιαία πορεία τής 24ώρου ρυπάνσεως δια την τριετίαν 1970-1972.

ή ένεργοποίησης ώρισμένων καυστήρων κεντρικών θερμάνσεων. Τοϋτο δυνατόν να έλαττώνη την άπορρυπαντική επίδρασις τής βροχής επί τής άτμοσφαιρας.

S U M M A R Y

The trend of atmospheric pollution in Athens is examined here. For this reason two stations have been selected :

I. The University Students Club measurements as representative of a location with intense human activities.

II. The measurements at the National Observatory as representative of the general microclimatic situation of the city. This is because the instrument is situated in a height greater than the mean height of the around sources of air pollution.

The pollutant examined is smoke i.e. suspended particulate matter of diameter $\leq 10 \mu$. The results are as follows:

1. At the Students Club the median value over a period of 24 h from year to year and for the 5-years 1968 - 1972 is found to be $9.3 \mu\text{gr. m}^{-3} \cdot \text{y}^{-1}$ on the average. The greatest increase observed, $29.0 \mu\text{gr. m}^{-3}$, is noted between 1969 and 1970.

2. The 24 h median value from month to month at the Students Club is $0.85 \mu\text{gr. m}^{-3}$ on the average.

3. The measurements at the National Observatory for the 3-year period 1970 - 1972 show an average increase of the 24 h monthly median value equal to $0.2 \mu\text{gr. m}^{-3} \cdot \text{month}^{-1}$. This indicates an influence of the local sources of air pollution on the microclimatic conditions of the city as a whole.

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Ι Σ

Εἰς τὴν παροῦσαν ἐργασίαν ἐξετάζεται ἡ τάσις μεταβολῆς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως εἰς δύο θέσεις, ἤτοι εἰς τὴν Πανεπιστημιακὴν Λέσχην ἐπὶ τῆς διασταυρώσεως τῶν ὁδῶν Ἰπποκράτους καὶ Ἀκαδημίας καὶ εἰς τὸν λόφον τῶν Νυμφῶν.

Μετρήσεις τῆς αἰθάλης (σωματίδια διαμέτρου $\leq 10 \mu$. περίπου) ὑπάρχουν σχεδὸν ἀνελλιπῆς διὰ τὴν πενταετίαν 1968 - 1972 εἰς τὸν πρῶτον καὶ διὰ τὴν τριετίαν 1970 - 1972 εἰς τὸν δεῦτερον σταθμὸν. Ἡ σχετικὴ ἀνάλυσις ἔδωκεν τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα :

1. Εἰς τὸν σταθμὸν τῆς Πανεπιστημιακῆς Φοιτητικῆς Λέσχης ἡ μεσαία 24ωρος (median) αὔξησις ἀπὸ ἔτους εἰς ἔτος ἀνῆλθεν κατὰ τὴν πενταετίαν 1968 - 1972 εἰς $9.3 \mu\text{gr. m}^{-3} \cdot \text{y}^{-1}$ περίπου κατὰ μέσον ὄρον. Ἡ μεγίστη αὔξησις παρατηρήθη ἀπὸ τοῦ 1969 ἕως τὸ 1970 ἀνερχομένη εἰς $29.0 \mu\text{gr. m}^{-3}$.

2. Ἡ μεσαία 24ωρος αὔξησις κατὰ μῆνα ἀνῆλθεν εἰς $0.85 \mu\text{gr. m}^{-3}$ εἰς τὸν σταθμὸν τῆς Λέσχης.

3. Εἰς τὸν σταθμὸν τοῦ λόφου τῶν Νυμφῶν, ὅστις δὲν ἀντιπροσωπεύει

περιοχὴν ἐντόνου ἀνθρωπίνης δραστηριότητος ἐσημειώθη μία αὐξησης $0.2 \mu\text{gr. m}^{-3} \cdot \text{month}^{-1}$. Τὸ γεγονός τοῦτο δεικνύει ὅτι ἡ ἐπίδρασις τῶν ἐστιῶν ρυπάνσεως δὲν εἶναι μόνον τοπική, ἀλλ' ἐπηρεάζει τὸ μικρὸκλίμα τῆς πρωτεύουσας καθ' ὅλου, δεδομένου ὅτι ὁ σταθμὸς οὗτος εὐρίσκεται καὶ εἰς ὑψόμετρον μεγαλύτερον τοῦ μέσου τοιούτου τῆς πέριξ κατωκημένης περιοχῆς καὶ τῶν διασπαρμένων ἐστιῶν ρυπάνσεως.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Καραπιπέρης, Α. - Ζερόβος, Π. καὶ Λιβανοῦ, Α. — Συμβολὴ εἰς τὴν μελέτην τῆς μόλυνσεως τῆς ἀτμοσφαιρας ἐν Ἀθήναις ὑπὸ αἰθάλης καὶ διοξειδίου τοῦ θείου. Ὑπομνήματα Ἐθνικοῦ Ἀστεροσκοπείου Ἀθηνῶν, σειρά II, ἀριθ. 27. Ἀθῆναι 1972.
2. Μαριολόπουλος, Η. Γ. — Μετεβλήθη τὸ κλίμα; Συνεδρία Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν τῆς 11-2-1971.
3. ——— Ἡ ρύπανσις τῆς ἀτμοσφαιρας. Συνεδρία Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν τῆς 10-6-1971.
4. National Observatory of Athens, Meteorological Institute.— Bulletin of air-pollution, Vol. 1, 2 and 3, Athens 1970, 1971 and 1972.