

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ.— Ἡ επίδρασις τοῦ ἀνέμου ἐπὶ τῆς αἰθάλης τῆς ἀτμοσφαιράς ὑπεράνω τῶν Ἀθηνῶν, ὑπὸ Ἰ. Δ. Ζαμπάκα*. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Ἡλία Γ. Μαριολοπούλου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ, ΥΔΙΚΟΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΙ

Ἡ αἰθάλη, ἣτις αἰωρεῖται ἐν τῇ ἀτμοσφαιρᾷ ὑπεράνω τῶν Ἀθηνῶν, μετρεῖται ἀνελλιπῶς ἀπὸ τὸ 1971 καὶ ἐντεῦθεν εἰς 2 τοποθεσίας τῶν Ἀθηνῶν. Αἱ μετρήσεις διενεργοῦνται ὑπὸ τοῦ Μετεωρολογικοῦ Ἰνστιτούτου τοῦ Ἐθνικοῦ Ἀστεροσκοπείου Ἀθηνῶν καὶ δημοσιεύονται εἰς τὰ ὑπ' αὐτοῦ τακτικῶς ἐκδιδόμενα *Bulletins of air pollution*. Ἡ περιγραφὴ τῶν ὀργάνων καὶ ὁ τρόπος μετρήσεως περιγράφονται εἰς τὰ οἰκεία *Bulletins*, ὡς καὶ ὑπὸ ἄλλων ἐρευνητῶν [2, 3, 4].

Αἱ παρατηρήσεις διενεργοῦνται ἐπὶ τῶν, καταλλήλως ἐκλεγέντων, κάτωθι δύο τοποθεσιῶν (2) :

I. Ἐπὶ τοῦ λόφου τῶν Νυμφῶν ($\varphi=37^{\circ}58.3' N$, $\lambda=23^{\circ}43' E$, $h=107$ m, μὲ ὕψος συλλέκτου 17 m περίπου ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους). Κεῖται εἰς τὸ κέντρον περίπου τῆς ὁσημέραι αὐξανομένης πέριξ καταφνημένης περιοχῆς καὶ ὑψηλότερον τοῦ μέσου ὑψομέτρου τῶν διεσπαρμένων πέριξ πηγῶν αἰθάλης, προφανῶς δὲ καὶ τῆς κυκλοφορίας ὀχημάτων. Εἶναι, ὡς ἐκ τούτου, σταθμὸς ἀντιπροσωπευτικὸς τῆς γενικῆς κλιματικῆς καταστάσεως τῆς πρωτευούσης. Ἐπὶ τοῦ λόφου τούτου λειτουργεῖ καὶ ἀνεμογράφος τύπου *pressure-tube* (W. H. Dines), καταγεγραφομένων οὕτω καὶ τῶν στοιχείων τοῦ ἀντιπροσωπευτικοῦ διὰ τὴν πόλιν τῶν Ἀθηνῶν ἀνέμου.

II. Εἰς τὴν Φοιτητικὴν Λέσχην τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, κειμένην ἐπὶ τῆς διασταυρώσεως τῶν ὁδῶν Ἰπποκράτους καὶ Ἀκαδημίας ($h=88$ m περίπου καὶ ὕψος συλλέκτου 8 m ὑπεράνω τοῦ καταστρώματος τῆς ὁδοῦ Ἀκαδημίας). Εἶναι ἀντιπροσωπευτικὴ τοποθεσία ἀνθρωπίνης δραστηριότητος καὶ τὸ μικρόκλιμα αὐτῆς εὐρίσκεται ὑπὸ τὴν ἰσχυρὰν ἐπίδρασιν τῶν κτισμάτων, τῆς διατάξεως αὐτῶν καὶ τῶν ἐλευθέρων εἰς τὸν ἄνεμον διαύλων τῶν ὁδῶν τῆς πόλεως.

Αἱ μετρήσεις εἶναι 24/ωροι μὲ ἀλλαγὴν φίλτρου τὴν 08.00 τοπικὴν ὥραν τῆς ἡμέρας εἰς ἣν κατεχωρήθη ἡ παρατήρησις, εἰς ἀμφοτέρους τοὺς σταθμούς.

* J. D. ZAMBAKAS. *The wind influence on the atmospheric smoke over Athens.*

Διὰ τὰς αὐτὰς ἀκριβῶς ὥρας ὑπελογίσθη καὶ ἡ μέση 24/ώρος ἔντασις τοῦ ἀνέμου, ἐκ τοῦ ἐπὶ τοῦ πρώτου σταθμοῦ λειτουργοῦντος ἀνεμογράφου.

Πλεῖστα ὅσα συμπεράσματα ἔχουν ἐξαχθῆ ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἀνέμου ἐπὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως [1, 3, 4]. Διὰ τινος μεθόδου ἐφαρμοσθείσης τὰ τελευταῖα ἔτη εἰς τὸ Toronto τοῦ Canada, τὴν Moscow καὶ τὸ Leningrad ἐδείχθη ὅτι ἡ ρύπανσις δὲν ἐλαττοῦται πάντοτε αὐξανομένης τῆς ἐντάσεως τοῦ ἀνέμου, ἰδίᾳ εἰς ταχύτητας ἄνω τῶν 4 m. sec^{-1} . Κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην αἱ ἡμέραι χωρίζονται εἰς ὑποσύνολα μὲ σαφῶς καθωρισμένα ὅρια μέσης ἡμερησίας ἐντάσεως τοῦ ἀνέμου. Καί, ἐνῶ ἡ μεσαία τιμὴ τῆς ρυπάνσεως τῶν ἡμερῶν ἐκάστου ὑποσυνόλου εἶναι μεγαλύτερα τῆς ἀντιστοίχου τιμῆς τοῦ ἐπομένου ὑποσυνόλου μὲ μεγαλύτεραν ταχύτητα ἀνέμου, μετὰ τὰ 4 m. sec^{-1} ὁ κανὼν αὐτὸς δὲν τηρεῖται. Τοῦτο ἀπεδόθη εἰς τὸν κοινότοπον ὅστις ἐγείρεται ἐκ τοῦ ἐδάφους ὑπὸ τὰς ὑψηλὰς αὐτὰς ταχύτητας ἀνέμου, εἰς τὴν ἐπίδρασιν τῆς μικροτέρας ρυπάνσεως τῶν Κυριακῶν καὶ ἑορτῶν (αἵτινες δὲν ἰσοκατανέμονται εἰς τὰ ὑποσύνολα ἡμερῶν) καὶ εἰς ἐπίδρασιν μεμακρυσμένων πηγῶν ρυπάνσεως.

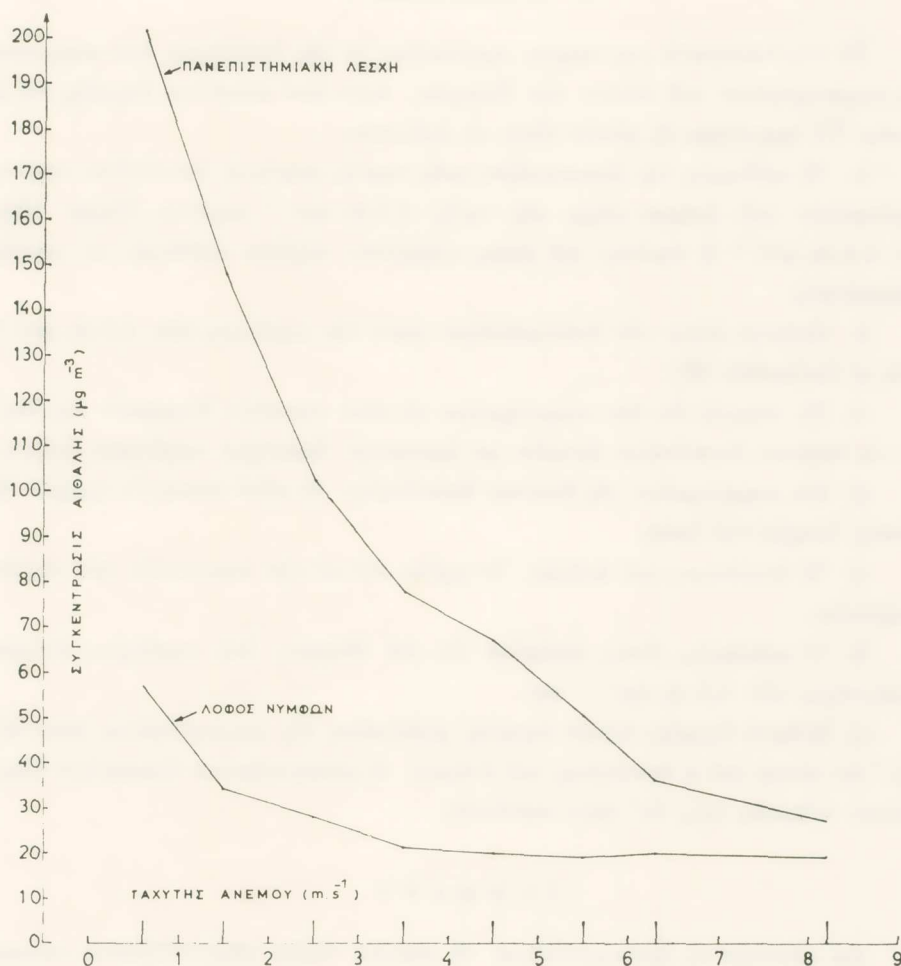
Σκοπὸς τῆς παρούσης μελέτης εἶναι ἡ διαπίστωσις ὑπάρξεως ἢ μὴ ἀναλόγου φαινομένου καὶ εἰς Ἀθήνας. Ἡ ἀνάλυσις διενεργεῖται ἐπὶ 24/ώρου βάσεως, ἂν καί, ὅπως πιστεύεται, καὶ εἶναι λογικόν, μικρότερα χρονικὰ διαστήματα θὰ παρεῖχον καλλίτερα ἀποτελέσματα.

Ἡ ρύπανσις, ὡς γνωστόν, δὲν εἶναι κλιματικὸν στοιχεῖον, ὡς τὰ συνήθη, διὰ νὰ κυμαίνεται περὶ μέσην τινὰ τιμὴν. Εἶναι μία παθολογικὴ κατάστασις τῆς ἀτμοσφαιράρας καὶ μελετᾶται συνήθως διὰ μικρὰ χρονικὰ διαστήματα. Τὰ μεγάλα χρονικὰ διαστήματα ὑποκρύπτουν τὸν κίνδυνον ἐξαγωγῆς λανθασμένων συμπερασμάτων, διότι καλύπτουν πιθανώτατα περιόδους μεγάλης ἢ μηδαμινῆς ρυπάνσεως. Διὰ τοὺς λόγους αὐτοὺς ἡ 4/ετία 1971 - 1974 ἐχωρίσθη εἰς δύο 2/ετίας. Ἡ μελέτη αὐτῶν κεχωρισμένως ἔδωσεν ἀκριβῶς τὰ αὐτὰ ἀποτελέσματα, δι' ὃ καὶ ἐκτίθεται ἐνταῦθα ἡ μελέτη τῆς 2/ετίας 1973 - 1974. Διὰ λόγους συγκρίσεως καὶ ὁμοιογενείας ἐλήφθησαν μόνον αἱ 722 ἡμέραι, καθ' ἃς αἱ παρατηρήσεις διενεργήθησαν ἄνευ οὐδεμιᾶς ἀβεβαιότητος εἰς ἀμφοτέρας τὰς τοποθεσίας.

2. ΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΑΝΕΜΟΥ ΕΠΙ ΤΗΣ ΑΙΘΑΛΗΣ

Εἰς τὸν πίνακα I δίδονται τὰ στοιχεῖα τῆς ἀναλύσεως. Ὡς μέτρον τῆς διασπορᾶς δίδεται ἡ διαφορὰ μεταξὺ τοῦ τρίτου καὶ πρώτου τετάρτου (interquartile range). Εἰς τὸ σχῆμα 1 δεικνύεται ἐποπτικῶς ἡ σχέσις μεταξὺ μεσαίας συγκεντρώσεως αἰθάλης καὶ τῆς ἀντιστοίχου 24/ώρου τελικῆς ταχύτητος ἀνέμου.

Ἐκ τῆς ἀναλύσεως ταύτης προκύπτει σαφῶς ἡ ἐξαιρετικὴ ἐξάρτησις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως ἐκ τοῦ ἀνέμου. Εἰς τὴν Πανεπιστημιακὴν Λέσχην ἢ προκύψασα σειρά τῶν μεσαίων τιμῶν αἰθάλης εἶναι γνησίως φθίνουσα, ἀλλὰ τὸ συμπέρασμα τοῦτο δὲν εἶναι βασικῶς ἀξιόπιστον διότι ὁ ἄνεμος μετρεῖται σχετι-



Σχ. 1. Μεσαία αιώρουμένη συγκέντρωσις αἰθάλης συναρτήσῃ τῆς 24/ώρου ταχύτητος ἀνέμου.

κῶς μακρὰν τῆς θέσεως ταύτης καὶ εἰς μεγαλύτερον ὑψόμετρον. Παρατηροῦμεν, δηλαδή, ὅτι διὰ νὰ λάβωμεν πλήρως τὸ εὐεργετικὸν ἀποτέλεσμα τοῦ ἀνέμου εἰς τὸν σταθμὸν τῆς Πανεπιστημιακῆς Λέσχης, πρέπει εἰς τὸν Λόφον τῶν Νυμφῶν νὰ μετρηῖται ἄνεμος ἄνω τῶν 7.5 m. sec^{-1} περίπου. Ἡ ἰσοδύναμος, ἀπὸ ἀπόψεως

καθάρσεως, ταχύτης ανέμου εις τὸν Λόφον τῶν Νυμφῶν εἶναι 4.5 m. sec^{-1} περίπου. Τοῦτο εἶναι συνέπεια τῶν οἰκοδομῶν καὶ τοῦ μικροτέρου ὑψομέτρου τῆς θέσεως τῆς Πανεπιστημιακῆς Λέσχης.

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τὰ συμπεράσματά μας κυρίως προκύπτουν ἐκ τῆς ἀναλύσεως τῶν στοιχείων τῶν παρατηρήσεων τοῦ Λόφου τῶν Νυμφῶν, διότι ἐκεῖ μετρεῖται ἀκριβῶς καὶ ὁ ἄνεμος. Τὰ κυριώτερα ἐξ αὐτῶν εἶναι τὰ ἀκόλουθα :

1. Ἡ κάθαρσις τῆς ἀτμοσφαιρας μιᾶς στενῆς περιοχῆς ἐπιτελεῖται ταχέως ἀξυανόμενου τοῦ ανέμου μέχρι τῆς τιμῆς 4.5 m. sec^{-1} περίπου. Πέραν ὅθεν τῶν 4.5 m. sec^{-1} ἡ ποιότης τοῦ ἀέρος παραμένει περίπου σταθερά, μὲ μικρὰς διακυμάνσεις.

2. Πιθανοὶ λόγοι τῶν διακυμάνσεων μετὰ τὴν ταχύτητα τῶν 4.5 m. sec^{-1} εἶναι οἱ ἀκόλουθοι [6] :

α) Τὸ γεγονός ὅτι δὲν παρατηρεῖται τὸ αὐτὸ ποσοστὸν Κυριακῶν καὶ ἑορτῶν εἰς ἕκαστον ὑποσύνολον ἡμερῶν μὲ ὠρισμένον διάστημα ταχύτητος ανέμου.

β) Δὲν παρατηρεῖται εἰς ἕκαστον ὑποσύνολον τὸ αὐτὸ ποσοστὸν ἡμερῶν ἐξ ἐκάστης ἐποχῆς τοῦ ἔτους.

γ) Ἡ διεύθυνσις τοῦ ανέμου, ἐν σχέσει καὶ μὲ τὴν κατανομὴν τῶν πηγῶν ρυπάνσεως.

δ) Ὁ κονιορτός, ὅστις ἐγείρεται ἐκ τοῦ ἐδάφους διὰ ταχύτητας ανέμου μεγαλυτέρας τῶν 4.5 m. sec^{-1} καὶ

ε) Πιθανὴ ὑπαρξις πηγῶν ὑψηλῆς ρυπάνσεως εἰς μεμακρυσμένας ἀποστάσεις. Ἐν εὐνοῇ καὶ ἡ διεύθυνσις τοῦ ανέμου, οἱ μεταφερόμενοι ἀερορροῦποι ἐπηρέαζον πιθανῶς τοὺς ὑπ' ὄψιν σταθμούς.

S U M M A R Y

An attempt to interpretation of smoke daily concentration values has been made through a single meteorological element — a representative wind over the urban area of Athens. The non-regular decrease of median concentrations with increasing wind speed, mainly above 4.5 m. s^{-1} , may be attributed to the effect of each one separately or a combination of the following factors: (a) the re-entrainment of surface dust, (b) the distant high pollution sources and (c) the weekly and seasonal cycles.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. 'Ι. Δ. Ζαμπάκας, Μετεωρολογικαί συνθήκαι ἐλαχίστης καὶ μεγίστης ρυπάνσεως τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπεράνω τῶν Ἀθηνῶν. Δημοσιεύματα Ἐργαστηρίου Κλιματολογίας Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, ἀριθ. 3, 1973.
2. ———, Κατανομή Συχνοτήτων 24/ώρου συγκεντρώσεως αἰθάλης καὶ διοξειδίου τοῦ θείου ἐν Ἀθήναις. Δημοσιεύματα Ἐργαστηρίου Κλιματολογίας τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν, ἀριθ. 4, 1973.
3. Λ. Ν. Καραπιπέρης - Π. Ζερβός καὶ Ἀ. Λιβανοῦ, Συμβολὴ εἰς τὴν μελέτην τῆς μολύνσεως τῆς ἀτμοσφαίρας ἐν Ἀθήναις ὑπὸ αἰθάλης καὶ διοξειδίου τοῦ θείου. Ὑπομν. Ἐθν. Ἀστεροσκοπείου, σειρὰ ΙΙ, ἀριθ. 27, 1972.
4. Λ. Ν. Καραπιπέρης - Π. Ζερβός καὶ Ἀ. Λιβανοῦ, Ἐπὶ τῆς ἐπιδράσεως τοῦ ἀνέμου ἐπὶ τῆς ρυπάνσεως τοῦ ἀέρος ἐν Ἀθήναις. Πρακτ. Σεμ. Φυσικῆς τῆς Ἀτμοσφαίρας, 17 - 20 Σεπτεμβρίου, Ἀθήναι 1973.
5. Ἡ. Γ. Μαρβολόπουλος, Ἡ ρύπανσις τῆς ἀτμοσφαίρας. Πρακτικά Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, Συνεδρία τῆς 10ης Ἰουνίου 1971.
6. R. E. Munh, A study of suspended particulate air pollution at two locations in Toronto, Canada. Atmospheric environment, vol. 7, 1973, 311 - 318.

★

Ὁ Ἀκαδημαϊκὸς κ. Ἡλίας Γ. Μαρβολόπουλος, παρουσιάζων τὴν ἀνωτέρω ἀνακοίνωσιν, εἶπε τὰ ἑξῆς :

Εἰς τὴν παροῦσαν ἔρευαν γίνεται ἀνάλυσις τῆς αἰωρουμένης αἰθάλης εἰς δύο τοποθεσίας τῶν Ἀθηνῶν (τοῦ Ἀστεροσκοπείου καὶ τῆς Πανεπιστημιακῆς Λέσχης) συναρτήσῃ τῆς ἐντάσεως τοῦ πνέοντος ἀνέμου. Αἱ παρατηρήσεις εἶναι 24/ωροι καὶ διενεργήθησαν κατὰ τὴν 2/ετῆ περίοδον 1973 - 1974. Τὸ σύνολον τῶν 722 24/ώρων παρατηρήσεων τῆς 2/ετίας ταύτης ἔχωρίσθη εἰς 8 ὑποσύνολα ἀναλόγως τῆς 24/ώρου ἐντάσεως τοῦ ἀνέμου. Τὸ πρῶτον ὑποσύνολον συνιστοῦν αἱ 246 ἡμέραι, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει μέσην ἔντασιν ἀνέμου κυμαινομένην μεταξὺ 0 καὶ 1.0 m. sec⁻¹. Τὸ τελευταῖον ὑποσύνολον ἀποτελοῦν αἱ 5 ἡμέραι καθ' ἃς ἐσημειώθη μέση 24/ωρος ἔντασις ἀνέμου μεγαλυτέρα ἢ ἴση τῶν 7.1 m. sec⁻¹. Τὰ σπουδαιότερα συμπεράσματα εἰς ἃ κατέληξεν ὁ συγγραφεὺς εἶναι τὰ ἀκόλουθα :

1. Ἡ κάθαρις τῆς ἀτμοσφαίρας μιᾶς στενῆς περιοχῆς ἐπιτελεῖται ταχέως ἀξανομένου τοῦ ἀνέμου μέχρι τῆς τιμῆς 4.5 m. sec⁻¹ περίπου. Πέραν τῶν 4.5 m. sec⁻¹ ἡ ποιότης τοῦ ἀέρος, ὡς πρὸς τὴν αἰθάλην, παραμένει περίπου σταθερά, μὲ μικρὰς διακυμάνσεις.

2. Τὸ γεγονός ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ ρύπανσις δὲν ἐλαττοῦται ἀξανομένης τῆς ἐντάσεως τοῦ ἀνέμου πέραν τῶν 4.5 μέτρων ἀνὰ δευτερόλεπτον, ἀπεδόθη εἰς δια-

φόρους λόγους, μεταξύ τῶν ὁποίων εἶναι ὁ ἐγειρόμενος ἐκ τοῦ ἐδάφους κονιορτός, ἢ μεταφορὰ ἀερορρύπων ἀπὸ μεμακρυσμένας πηγὰς ρυπάνσεως κλπ.

3. Ἡ διάταξις τῶν κτιρίων τῆς πόλεως καὶ τὸ φαινόμενον τῆς «θερμικῆς νησίδος», ὡς χαρακτηρίζεται ἐν προκειμένῳ ἢ Πόλις τῶν Ἀθηνῶν, ἐλαττώνει τόσον πολὺ τὴν ἔντασιν τοῦ ἀνέμου, ὥστε διὰ γὰ καθαρίζεται πλήρως ἡ ἀτμόσφαιρα εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Πανεπιστημιακῆς Λέσχης, εὐρισκομένης εἰς χαμηλὸν ἐν σχέσει πρὸς τὸ Ἀστεροσκοπεῖον ὑψόμετρον, πρέπει εἰς τὸν λόφον τῶν Νυμφῶν νὰ πνέῃ ἄνεμος ἄνω τῶν 8 περίπου μέτρων ἀνὰ δευτερόλεπτον.
