

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 12^{ΗΣ} ΙΟΥΝΙΟΥ 1986

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΤΡΥΠΑΝΗ

ΕΦΗΡΜΟΣΜΕΝΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ - ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ.—

Μαθηματικά Μοντέλα προβλέψεως και Έλέγχου Άτμοσφαιρικής Ρυπάνσεως. Ειδικές Έφαρμογές: Η Ρύπανση Άθηνων, και η Έπίπτωση τής ραδιενεργού μολύνσεως εκ του θερμοπυρηνικού Σταθμού CHERNOBYL Ουκρανίας, υπό του Άντεπιστέλλοντος Μέλους κ. Εύσταθίου Α. Μπουροδήμον*.

Γιορτάσαμε και τιμήσαμε πριν δέκα μέρες στο τόπο μας την Παγκόσμια Ήμέρα του Περιβάλλοντος —όπως την έχει καθιερώσει ο Όργανισμός Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ). Ήταν και είναι ή γιορτή αυτή, μια ώρα υπόμνησης και μνήμης τῶν ἀνθρώπων καὶ τῶν πολιτισμένων Κρατῶν ποὺ μποροῦν νὰ θητεύσουν τὸ λόγο τῆς ἀλήθειας καὶ τὴν ἐντολὴ τῆς ἐπιστήμης πὼς δὲν ζοῦμε, μόνοι σὲ νησί... Πὼς δὲν εἴμαστε ξεκομμένοι ἀπὸ τὴ Φύση. Πὼς δὲν στεκόμαστε ἀδιάφοροι καὶ ἀλαζόνες μπροστὰ στὰ οἰκοσυστήματα τοῦ περιβάλλοντος-χώρου καὶ τοὺς λεπτούς των μηχανισμούς, ποὺ στηρίζουν κι' ὁμορφαίνουν τὴ ζωὴ καὶ τὴ φύση. Κι' ὅμως ζήσαμε τὸ περασμένο μῆνα μαζί μὲ τὴ γιορτὴ τῆς Ήμέρας τοῦ Περιβάλλοντος τὴ δεινὴ δοκιμασία ὅχι μόνο τοῦ μολυσμένου ἀέρος τοῦ μονίμου πιά νέφους τῶν Άθηνων, ἀλλὰ καὶ τὴν πρόσθετη ἐμπράγματη παρουσία τῆς ραδιενεργοῦ μολύνσεως ἀπὸ τὴν ἀπειλητικὴ, τὴ θανατηφόρο διαρροὴ ραδιενέργειας ἐκ τῆς καταστροφῆς τοῦ θερμοπυρηνικοῦ σταθμοῦ Chernobyl τῆς Οὐκρανίας. Ήταν ἓνα ἄλλο «νέφος» τοῦτο γεμάτο ραδιενέργεια καὶ θάνατο. Καὶ κατεκάλυψε ὅλη σχεδὸν τὴν Εὐρώπη καὶ τὴν πατρίδα μας τὴ Μεγάλῃ Παρασκευῇ. Κι' ἔγινε ἡ Μεγάλῃ Ἑβδομάδα, ἑβδομάδα Παθῶν καὶ φόβου.

* E. L. BOURODIMOS, **Fluid Mechanics - Hydrodynamics - Environmental Pollution Control - Water Resources Development.**

Μιά άλλη υπόμνηση για τὸ τί μπορεῖ νὰ συμβεῖ ὅταν ἡ τεχνολογία — ἄθλος καὶ κλέος τῆς σύγχρονης ἐπιστήμης — «παρεκτρέπεται» [1:a,b]. Καὶ γίνεται ὅχι φορεὺς ἐλπίδος καὶ ἀνθρωπίνης εὐδαιμονίας καὶ προκοπῆς, ἀλλὰ σταυρὸς μαρτυρίου στὴν ἀναζήτηση μιᾶς ἀπνευματίστης προόδου ποὺ δυναστεύουν ἐφιάλτες καὶ ἐρινύες κι' ὅχι τὸ πνεῦμα «τοῦ καλοῦ καὶ ἀγαθοῦ» [2, 3a, b]. Τὸ ἐρώτημά μας λοιπὸν διευρύνθηκε πέρα ἀπὸ τὰ ἀρχικά του ὅρια (καὶ περιθώρια) τῶν αἰτίων, τῶν μηχανισμῶν, τῶν ἐπιπτώσεων τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρύπανσης, γιὰ νὰ συμπεριλάβει καὶ τὴ ραδιενεργὸ μόλυνση τοῦ νέφους τοῦ Τσερνόμπιλ [4,5]. Ἔτσι θὰ χωρίσουμε τὸ πρόβλημά μας στὰ δύο:

Πρῶτον. Στὴν ἀτμοσφαιρικὴ ρύπανση καὶ τοὺς μηχανισμοὺς διάχυσης-διασπορᾶς ρυπαντῶν κλασικῆς μορφῆς στὴν ὑδρόσφαιρα.

Δεύτερον. Στὴ ραδιενεργὸ μόλυνση καὶ τὴν πορεία διασπορᾶς ραδιενεργῶν ἰσοτόπων στὴ βιόσφαιρα.

Τὸ πρῶτο ἐρώτημα «διατάσσεται» ὡς ἑξῆς:

Ποιὸς εἶναι ὁ μηχανισμὸς διασπορᾶς ρυπαντῶν ὕλης καὶ ἐνεργείας (κατὰ κανόνα θερμοκῆς) στὴν ὑδρόσφαιρα; Ποιὲς εἶναι οἱ πηγές, ποιὲς οἱ καταστρεπτικὲς ἐπιπτώσεις, ποῖα τὰ μέσα καταστολῆς τοῦ κακοῦ, ποιὸς ὁ στρατηγικὸς προγραμματισμὸς καὶ ἡ εἰσφορὰ τῆς οἰκολογίας καὶ τῆς ὕγειονομικῆς ἐπιστήμης καὶ κυρίως ποιά ἡ ἠθικὴ εὐθύνη τῶν ἐπιστημόνων ποὺ ἔχουν ταχθεῖ στὴν ὑπηρεσία τῆς ἀλήθειας καὶ τῆ διακονίας τῆς ἀνθρώπινης ζωῆς; Τὸ δεύτερο ἐρώτημα. Ποιὸς ὁ μηχανισμὸς μεταφορᾶς (Transport) διάχυσης-διασπορᾶς (Diffusion-Dispersion) ραδιενεργῶν ρυπαντῶν καὶ ἰσοτόπων, ποιὲς οἱ πηγές καὶ κυρίως ποῖα τὰ μέτρα πρόληψης τοῦ κακοῦ; Ἐχει ἐδῶ ἄραγε νόημα καὶ σημασία, ἡ ἔννοια τῆς «καταστολῆς-ἐπανόρθωσης» ὅπως στὴν περίπτωση τῶν κλασικῆς μορφῆς ρυπαντῶν; Μήπως ἡ μόνη τεχνικῶς ἐφικτὴ (καὶ οικονομικῶς ἐνδεχόμενη) λύση, ἡ σῶτερια λύση εἶναι ἡ πρόληψη, ἡ προμηθεϊκὴ πρόληψη καὶ μόνη αὐτὴ [6,7].

Σ' αὐτὰ τὰ πολύπλοκα καὶ καταλυτικὰ ἐρωτήματα, θὰ δώσουμε ἀπάντηση σύντομη καὶ περιεκτικὴ. Ἐξ ἄλλου ἡ ἀνάλυση τοῦ θέματος σ' ὅλες τὶς ἐπὶ μέρους πτυχές καὶ λεπτομέρειες εἶναι ἐξόχως δυσχερὲς καὶ ἀπαιτεῖ στὶς ἀκραῖες τοῦ ἀπολήξεις μελέτη καὶ ἔρευνα ἐτῶν, εἰδικῶν, ἀνεξερευνήτων ἀπὸ τὴν ἐπιστῆμη καὶ τὴν τεχνολογία σημείων, πειραματισμοὺς λεπτοὺς καὶ ἐπαληθεύσεις δύσκολες.

Ἀπάντηση πρώτη: Κατ' ἀρχὴν πρέπει νὰ τονισθοῦν δυὸ καίρια σημεῖα ὡς μερική θεωρητικὴ ἀπόκριση τῶν ἐρωτημάτων, ἦτοι: ὁ ὕδροδυναμικὸς μηχανισμὸς (μοντέλο) τῆς διάχυσης-διασπορᾶς κλασικῆς μορφῆς ρυπαντῶν ὕλης καὶ ἐνεργείας ὡς καὶ ἐκείνης τῆς μεταφορᾶς «διάλυσης-διασπορᾶς» ραδιενεργῶν ἰσοτόπων, εἶναι ὁ ἴδιος στὴ μαθηματικὴ του συγκρότηση μὲ μόνη διαφορὰ τὴν ἀλλαγὴ τῶν τιμῶν τῶν σταθερῶν τῶν μερικῶν διαφορικῶν ἐξισώσεων τῆς διάχυσης (Diffusion Equation).

Γιατί; Γιατί πρόκειται ακριβώς για δύο διαφορετικά «είδη» φυσικῶν διαδικασιῶν (Processes) με τὴν ἀριστοτελικὴ ἔννοια τοῦ ὄρου.

Δεύτερον. Ἡ μόνη λυσιτελὴς μεθοδολογία ἀποτροπῆς ραδιενεργοῦ ρύπανσης-μόλυνσης εἶναι ἡ πρόληψη ὅχι ἡ καταστολή. Εἶναι ἡ a priori θεώρηση καὶ ὁ σχεδιασμός πρόβλεψης ἀποτροπῆς ραδιενεργοῦ ρύπανσης-μόλυνσης καὶ ὅχι ἡ a posteriori διόρθωση. Εἶναι ἡ προμηθεϊκὴ θέαση τοῦ προβλήματος καὶ ὅχι ἡ ἐπιμηθεϊκὴ «λύση» —κατὰ κανόνα ἀλυσιτελὴς σὲ θέματα πρακτικῶν ἐφαρμογῶν πυρηνικῆς ἐνεργείας. Τοῦτο βεβαίως δὲν ἰσχύει στὴν περίπτωση τῆς μὴ ραδιενεργοῦ ρύπανσης, ὅπως ἡ περίπτωση καθαρισμοῦ οἰκιακῶν λυμάτων καὶ βιομηχανικῶν ἀποβλήτων, παραδείγματος χάριν, ὅπου ἡ ἐκ τῶν ὑστέρων «καταστολή» καὶ «διόρθωση» εἶναι δυνατὴ. Βεβαίως τοῦτο προϋποθέτει: (i) ἄρτιο καὶ ὁλοκληρωμένο ὑγειονομικὸ-οἰκολογικὸ πρόγραμμα ἐξυγιάνσεων (ii), οἰκονομικὸ προϋπολογισμὸ δαπανῶν πλήρη καὶ (iii) τεχνολογία συλλογῆς (δίκτυο ὑπονόμων) βιολογικοῦ καθαρισμοῦ (ἐργοστάσιο φυσικοῦ, βιολογικοῦ ἢ χημικοῦ καθαρισμοῦ) καὶ θαλασσίας ἀπόρριψης (μελέτη ὠκεανογραφικῆ-οἰκολογικῆ, τοῦ θαλασσίου ὑποδοχέως λυμάτων), ἐπιστημονικὴ θεωρία καὶ ἐμπειρία («πράξη» καὶ «πρακτικὴ» κατασκευῶν).

Στὴν πυρηνικὴ ἐποχὴ μας, ἔχουν πολλὰ πράγματα καὶ θεωρήσεις πραγμάτων ἀνατραπεῖ. Τὸ αἰσχύλειον πάθος δὲν γίνεται πάντοτε ἐδῶ καὶ αἰσχύλειον μάθος. Γιατὶ ἡ ὑπαρξὴ καὶ ἡ ἰσχὺς φαινομένων μὴ ἀντιστρεπτῶν καὶ καταλυτικῶν τῆς ζωῆς, —ὅπως οἱ διαρροὲς ραδιενέργειας ἐνὸς βραδέος θανάτου ἢ τῆς δημιουργίας θερμοκρασιῶν μεγέθους καὶ στάθμης θερμοκρασιῶν τῆς ἐπιφανείας τοῦ Ἥλιου —ὅπως ἔγινε μὲ τὴν τήξη (Meltdown) τῶν πυρηνικῶν στηλῶν στὸ θερμοπυρηνικὸ σταθμὸ τοῦ Chernobyl— εἶναι φαινόμενα ποὺ δὲν ἐπιδέχονται τὸν «παραδοσιακὸ» χειρισμὸ τῶν τυπικῶν βλαβῶν ἢ «ἀτυχημάτων». Τὰ παραδοσιακὰ ἀτυχήματα, μέχρι χθές, δὲν ἀπειλοῦσαν τὰ θεμέλια τῆς ζωῆς τοῦ ἀνθρώπου καὶ τῆς φύσης μὲ πλήρη ἐκμηδένιση. Τὰ πυρηνικὰ ἀτυχήματα —οὐσιαστικὰ καταστροφικὲς οἰκολογικὲς διαταραχὲς ἀπειλητικὲς τῆς ζωῆς— ἔχουν ἐπιπτώσεις θανατηφόρες ποὺ διαρκοῦν δεκάδες ἔτων, ὅ,τι ἦταν ἀδιανόητο μέχρι τῆς αὐγῆς τῆς «ἀτομικῆς ἐποχῆς».

Οἱ πυρηνικὲς θερμοκρασίες ποὺ λιώνουν τὰ πάντα, σὲ μικρὸ χρονικὸ διάστημα, καὶ ὅ,τι πιὸ στέρεο καὶ ἀνθεκτικὸ ἔχουμε στὴ λιθόσφαιρα τῆς Γῆς, εἶναι ἓνα σοβαρὸ πρόβλημα. Ἐνῶ ὁ καθαρισμός-ἀπόθεση τῶν πυρηνικῶν ἀποβλήτων-καταλοίπων τῶν θερμοπυρηνικῶν σταθμῶν ἀποτελοῦν δύσκολο, ἄλυτο, μέχρι σήμερα ἐπιστημονικὸ πρόβλημα καὶ γιὰ τὴν προηγμένη —τὴν καλὺτερη τοῦ κόσμου— τεχνολογία τῶν ΗΠΑ [10, 11, 12].

Τῶν πραγμάτων οὕτως ἐχόντων, ἂς δοῦμε καὶ ἂς συγκρίνουμε τίς δύο μορφές-ἀπειλὲς ρυπάνσεων. Τὴν ἀτμοσφαιρικὴ ρύπανση τοῦ νέφους τῶν ρυπαντῶν καυσαε-

ρίων, τῇ διαρκῇ [13]. Αὐτὴ ἀπειλεῖ νὰ καταστρέψει τὸ τοπίο, τὴν παράδοση (ἀρχιτεκτονικὴ καὶ κτηριακὴ) τὰ μνημεῖα, τὸν ἄνθρωπο —κάτοικο τῶν Ἀθηνῶν [14, 15]. Ἡ ἄλλη ρύπανση-μόλυνση εἶναι ἡ ξαφνικὴ, ἡ ἀναπάντεχη ραδιενεργὸς τῶν ἰσοτόπων τῶν πυρηνικῶν μονάδων. Εἶναι αὐτὴ μιὰ ἐλλοχεύουσα συνεχὴς ἀπειλή, γιὰ δεκαετίες, γιὰ αἰῶνες, καὶ ὅταν ἀκόμη τὸ πυρηνικὸ ἐργοστάσιο ἔχει «λειτουργήσει» καὶ γιὰ μικρὸ χρονικὸ διάστημα: Οὐδεὶς μπορεῖ νὰ πλησιάσει καὶ νὰ ἀνακόψει τὴ ραδιενεργὸ ἀκτινοβολία. Οὐδεὶς. Σὲ γενικὲς γραμμὲς ἡ ρύπανση-μόλυνση τοῦ περιβάλλοντος ὅπως τὴν ἀντιμετωπίζουμε τὰ τελευταῖα διακόσια χρόνια μὲ τὴ «γένεση-καθιέρωση τῆς μηχανῆς» καὶ τὴ μεσουράνηση τῆς βιομηχανικῆς ἐπανάστασης καὶ θριάμβου τῆς Τεχνολογίας. Εἶναι ἡ ρύπανση, ὡς φυσικὴ διεργασία, ἡ θεμελιωδὴ διαταραχὴ στὴν ἀνακύκλωση-σύνθεση τῶν βασικῶν στοιχείων τῶν ἀνοργάνων καὶ ὀργανικῶν μορφῶν τοῦ ἄζωτου, τοῦ ἄνθρακος, τοῦ φωσφόρου, τοῦ ὕδρογόνου, τοῦ ὀξυγόνου καὶ τῶν μετάλλων, μέσῳ τῆς τροφικῆς ἀλυσίδας. Ἀπὸ τὴν ἄλλη πλευρά, ἡ κανονικὴ παραγωγὴ συνθέτων ὀργανικῶν οὐσιῶν καὶ ἐνζύμων, ἡ ἀδιατάρακτη διαδικασία δημιουργίας χλωροφύλλης διὰ τῆς φωτοσυνθέσεως —ποὺ στηρίζουν οἱ ὕμνιες, οἱ δυναμικὰ ἰσορροπημένοι βιοχημικοὶ κύκλοι τῆς ζωῆς, σημαίνει, σὲ ἀκραία ἀνάληψη, ὕγεια, ἰσορροπία καὶ ποικιλία τῶν οἰκοσυστημάτων. Ὅλα τὰ φαινόμενα ὀξειδώσεων καὶ ὀργανικῶν διασπάσεων (π.χ. οἰκιακὰ λύματα) καὶ ἐνώσεων-συνθέσεων εἶναι κατὰ κανόνα ἀερόβιοι διαδικασίαι [16]. Καὶ ἔτσι κατασφαλίζουν τὴν ὑγιή πορεία καὶ ὁμοιοστατικὴ ἰσορροπία τῶν οἰκοσυστημάτων καὶ τοῦ περιβάλλοντος [17]. Ρύπανση-μόλυνση εἶναι ἀδιανόγητὴ στὶς περιπτώσεις αὐτές. Ἡ Φύσις καὶ τὰ οἰκοσυστήματα τῆς ζωῆς γιὰ ἑκατομύρια χρόνια ὅδυσαν τὴ λεωφόρο μιᾶς οἰκολογικῆς ἰσορροπίας καὶ ἁρμονίας [18, 19, 20]. Αὐτὴ διετάραξε καὶ, ὡς ἓνα μεγάλο βαθμὸ ἀνέτρεψε ὁ ὑπερπληθυσμὸς τῆς Γῆς [21, 22, 23]. Καὶ μὲ τὴν κατακόρυφὴ ἀνάπτυξη-προώθηση τῆς βιομηχανίας, τῆς κατανάλωσης σοβαρῶν ποσοτήτων ὕλης (τροφές) καὶ ἐνέργειας (ἐνέργεια γιὰ παραγωγὴ, μεταφορά, θέρμανση κλπ.), ἐνὸς ὑψηλοῦ ἐπιπέδου διαβίωσης γιὰ ἑκατομύρια ἀνθρώπων ποὺ ἡ τεχνολογία ἡγγυᾶτο γιὰ ἓνα περιορισμένο χρονικὸ διάστημα, ἡ ἀπειλὴ μεγάλωσε. Εἶναι οἱ ἀπορρίψεις κολοσιαίων ποσοτήτων ὕλης καὶ ἐνέργειας στὴ μορφή λυμάτων-ἀποβλήτων παντὸς εἶδους καὶ καυσασίων πάσης μορφῆς. Εἶναι ἡ ἀπόρριψη αὐτῆ τῶν λυμάτων, ἡ κυρία αἰτία «ἀρνησης» καὶ «ἀδυναμίας» τῆς φύσης καὶ τῶν οἰκοσυστημάτων τῆς νὰ ἀναδεχθοῦν καὶ νὰ «ὀξειδώσουν» τὰ ὡς ἄνω λύματα ὡς ποσότητες (μεγάλου ὄγκου) καὶ ὡς ποιότητες (ὑψηλὴ ρυπαντικὴ ἰσχὺς). Οἰαδήποτε διαταραχὴ τῶν οἰκοσυστημάτων καὶ τοῦ Περιβάλλοντος ἔχει ἐκεῖ τὶς γερές τῆς ρίζες [19, 20, 24].

Περῶτον. Ἀπὸ τίς ἀπορρίψεις ὕλης-μάζας στὸ φυσικὸ χῶρο στὴ μορφή στερεῶν ρυπαντῶν (στερεὰ ἀπόβλητα-σκουπίδια), ὑγρῶν ρυπαντῶν (οἰκιακὰ, βιομηχανικὰ

λύματα-απόβλητα, αποπλύσεις αγροτικών φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων), αερίων ρυπαντών (καυσάερια κυρίως αὐτοκινήτων-ὀχημάτων, καυσάερια καπνοδόχων πολυκατοικιών, βιοτεχνιών και βιομηχανιών). Ἡ παρουσία μονοξειδίου τοῦ ἀνθρακος (CO), διοξειδίου τοῦ θείου (SO₂) και διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος (CO₂) και ὀξειδίων τοῦ ἄζωτου εἶναι ἀπὸ τοὺς σοβαρότερους ρυπαντὲς τῶν καυσασερίων. Εἰδικότερα τὰ ὀξείδια τοῦ ἄζωτου (Nitrogen oxides) —ποὺ παράγονται ὅταν ὁ ἀέρας ὑπερθερμαίνεται— ὅπως συμβαίνει σὲ θερμικοὺς σταθμοὺς ὑψηλῆς στάθμης θερμοκρασιῶν ἢ ὑψηλῆς ἰσχύος μηχανές, καύσεως βενζίνης ἢ πετρελαίου. Αὐτὸς ὁ ὑπερθερμαινόμενος ἀέρας μίγνυται και ἐπιδρᾷ στὴ χημικὴ σύνθεση (Interaction) τοῦ φυσικοῦ ἄζωτου και ὀξυγόνου. Ἡ ἐν λόγω σύνθεση συνδυαζομένη μετὶς ὀργανικῆς συνθετικῆς ἐνώσεις (Organic compounds) —ποὺ δὲν εἶναι τίποτε ἄλλο παρὰ ἡ ἀκαυστὴ βενζίνη— ποὺ ἀπορρίπτεται στὸ περιβάλλον ἀπὸ κακῆς λειτουργίας καυστήρες μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσης (Waste gasoline)— και τὸ ἥλιακὸ φῶς (Sunlight) δημιουργεῖ τὸ ὅρατὸ και δύσσομο τελικὸ προϊόν τῆς φωτοχημικῆς ὁμίχλης (Photochemical smog) ποὺ ὀνομάζουμε PAN (Peroxy Acetyl Nitrate). Αὕτὴ εἶναι μιὰ οὐσία ἐξόχως ρυπαίνουσα και δηλητηριώδης σὲ μεγάλες ποσότητες και διάρκεια εἰσπνοῶν [17, 25, 26, 27].

Δεύτερον. Ἀπόρριψη ἐνέργειας στὸ φυσικὸ χῶρο, ἥτοι στὴ μορφὴ θερμικῆς ἐνέργειας —ὅπως τὸ ὑψηλῆς θερμοκρασίας νερὸ τῶν ἀτμοηλεκτρικῶν σταθμῶν κλασικῶν καυσίμων, ἀλλὰ κυρίως καυσίμων οὐρανίου τῶν θερμοπυρηνικῶν σταθμῶν [28, 29]. Εἶναι οἱ μεγάλες ποσότητες νεροῦ ἀναγκαῖες γιὰ τὴ λειτουργία και οἰκονομικὴ ἀποδοτικότητα τοῦ θερμοπυρηνικοῦ σταθμοῦ —κυρίως γιὰ τὴν ψύξη και ἀποφυγὴ καταστρεπτικῆς ὑπερθέρμανσης τῶν συμπυκνωτῶν (condensers) τῶν σταθμῶν. Χωρὶς τὴν παροχὴ ἐπαρκοῦς ποσότητος νεροῦ σὲ μεγάλη μεγέθη ὕγκου, ἡ λειτουργία των εἶναι προβληματικὴ. Εἶναι ὁ κύριος λόγος ἐγκατάστασης πυρηνικῶν μονάδων σὲ παραθαλάσσιες περιοχὲς ὅπου ὑπάρχει ἀφθονία κρύου νεροῦ και ἀποφεύγεται ἡ ἄνοδος θερμοκρασίας στὸ θαλάσσιο φορέα λόγω ἰσχυρῆς ὕδροδυναμικῆς κυκλοφορίας και θαλασσίων ρευμάτων, ἐνῶ δημιουργοῦνται ἄλλα καίρια προβλήματα ραδιενεργοῦ μόλυνσης τῶν ἁκτῶν και τῶν θαλασσίων ὀργανισμῶν (ζωοπλαγκτὸν) και ψαριῶν μετὰ κάληξιν τὸν ἄνθρωπον, τὸν «καταναλωτὴ» θαλασσίας τροφῆς (sea food). Στὸ σημεῖο αὐτὸ μιὰ παρέμβαση σχετικὰ μετὰ τὴν ὕδατικὴ παροχὴ θερμοηλεκτρικῶν σταθμῶν (κλασικῆς ἢ μὴ μορφῆς) και τὴ θερμορύπανση ὑποδοχέων σοβαρῆς σὲ μέγεθος παροχῆς νεροῦ: "Ἐνας θερμοπυρηνικὸς σταθμὸς παραγωγῆς ἐνέργειας μπορεῖ κυριολεκτικῶς νὰ συντελέσει σὲ σημανίνουσα αὕξηση τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατινου ὑποδοχέως (ποταμοῦ ἢ λίμνης) και στὴ νέκρωση οἰασθήποτε μορφῆς ζωῆς, δηλ. πλήρη οἰκολογικὴ καταστροφή τοῦ φορέως.

Ἡ ἀπαιτούμενη και ἀναγκαία ποσότης νεροῦ γιὰ τὴν ἀπρόσκοπτη λειτουργία

ένος θερμοηλεκτρικού σταθμού —κλασικής και κυρίως θερμοπυρηνικής εγκατάστασης— είναι περίπου δύο κυβικά πόδια κατά δευτερόλεπτο ανά εγκατεστημένο μεγαβάτ. Τοῦτο είναι μιὰ χαρακτηριστική και ὀριακή παράμετρος σχεδιασμοῦ θερμοπυρηνικοῦ σταθμοῦ, ἄκαμπτη και καθοριστική. Τοῦτο σημαίνει πὼς γιὰ μιὰ εγκατάσταση δυὸ χιλιάδων μεγαβάτ (2000 MW) παραδείγματος χάριν—χρειαζόμαστε τουλάχιστον (4000) τέσσερις χιλιάδες κυβικά πόδια νεροῦ κατὰ δευτερόλεπτο, ποὺ σημαίνει μιὰ ὑδατική παροχὴ μεγαλύτερη ἐκείνης τῆς χειμερινῆς παροχῆς τοῦ ποταμοῦ Ἀχελώου, ποὺ στὴ μεγίστη αἰχμὴ παροχῆς του εἶναι τῆς τάξεως 3200-4400 κυβικά πόδια κατὰ δευτερόλεπτο. Ἡ βασικὴ αὐτὴ τεχνικὴ προϋπόθεση, χωρὶς τὴν ὁποία, λειτουργία θερμοπυρηνικοῦ σταθμοῦ εἶναι ἀδιανόητη, εἶναι τεχνικῶς ἀδύνατη. Γιὰ τὸ λόγο αὐτὸ στὸν τόπο μας —ἐὰν ἐξαιρέσει κανεὶς τὶς παραθαλάσσιες περιοχὲς ἢ τὰ νησιά— ἡ εγκατάσταση θερμοπυρηνικοῦ σταθμοῦ εἶναι ἴσως ἀπαγορευτική. Ἡ ἐπιλογὴ παραθαλασσίον, ἢ νησιωτικοῦ χώρου λυεῖ βεβαίως τὸ πρόβλημα τοῦ νεροῦ, ἀλλὰ δημιουργεῖ πρόσθετα σοβαρὰ προβλήματα ραδιενεργοῦ μόλυνσης γιὰ μακρὰ χρονικὴ περίοδο ἀπὸ τὴ διαρροή-διαφυγὴ ὑδατικῶν καταλοίπων τοῦ σταθμοῦ —κατὰ κανόνα ραδιενεργῶν— και βεβαίως μικρὴ τοπικὴ θερμικὴ ρύπανση, ἐὰν τὰ βάθη τῆς ἀκτῆς και ἡ κυκλοφορία εἶναι μικρά. Γιὰ τὸν ἑλληνικὸν χῶρον, εἰδικότερα πρέπει νὰ προστεθεῖ ἡ ὑψηλὴ σεισμικότης του, ἡ μεγάλῃ δαπάνῃ συναλλάγματος τῆς τάξεως τῶν \$ 3,5-4 δισεκατομμυρίων δολλαρίων περίπου, γιὰ ἓνα πυρηνικὸν σταθμὸν εγκατεστημένης ἰσχύος (1000) χιλίων μεγαβάτ, ἡ ἔλλειψη ἐπαρκῶν ἀποθεμάτων οὐρανίου και κυρίως ἡ ἀπουσία εἰδικῆς τεχνολογίας ἐμπλουτισμοῦ οὐρανίου —ποὺ σημαίνει πλήρη και διαρκὴ ἐξάρτηση ἀπὸ τοὺς ξένους— τέλος ἡ ἀνύπαρκτη σήμερα μεθοδολογία ἀσφαλοῦς ἀπόθεσης (ἢ «καθαρισμοῦ»(!)) τῶν πυρηνικῶν ἀποβλήτων τοῦ θερμοπυρηνικοῦ σταθμοῦ [11, 30, 31, 32].

Ἡ πρακτικὴ μεθοδολογία ἀσφαλοῦς ἀπόθεσης πυρηνικῶν ἀποβλήτων καταλοίπων δὲν ὑπάρχει σήμερα οὔτε στὴν Ἀμερικὴ μὲ τὴν ὑψηλότερη στάθμην πυρηνικῆς τεχνολογίας. Ἡ περίπτωση τῆς πυρηνικῆς καταστροφῆς τοῦ Chernobyl ἔφερε κοντὰ μας τὴν πνοὴ τοῦ θανάτου ἀπὸ ἀπόσταση πλέον τῶν χιλίων μιλίων. Τοῦτο καθιστᾷ τελεείως ἀπαγορευτικὴ τὴν πυρηνικὴ ἐπιλογὴ ὡς «βάσεως ἐνεργειακῆς» ἀκινδύνου και σοβαρῆς στὸν τόπο μας [33, 34]. Οὔτε στὸ *Πλατανιστὸ Καρύστου*, οὔτε σὲ ἑλληνικὸν νησι οὔτε σὲ ἄλλη ἀπόμερη γωνιά τῆς Ἑλληνικῆς Γῆς και τῆς Ἑλληνικῆς ἐπικράτειας νοεῖται σήμερα πυρηνικὴ εγκατάσταση μετὰ τὴ δραματικὴ δοκιμασία και τὴ θανατηφόρο περιπέτεια τῆς Οὐκρανίας τοῦ περασμένου μηνός. Ἡ Ἑλληνικὴ Γῆ εἶναι μία, ἠθικὰ ἰσότημη και «χωρικὰ» ἀδιαίρετη.

Ἀπὸ τὸ βῆμα τοῦτο τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν εἶχα ὑπογραμμίσει και διαγράψει τοὺς κινδύνους τῆς πυρηνικῆς ἐπιλογῆς στὸν τόπο μας τὴν 26ῃ Ἰανουαρίου 1978.

Ἡ ἐπανάληψη σήμερα εἶναι μιὰ σοβαρὴ ὑπόμνηση ποὺ δὲν βλάπτει. Ἀντιθέτως, ὠφελεῖ. Γιατὶ ἡ ἐγκατάλειψη τῆς πυρηνικῆς ἐπιλογῆς στὸν τόπο μας εἶναι ἡ μόνη σῶσιμα λύση σήμερα, ἡ μοναδικὴ πρόβαση σὲ σωστὸ δρόμο αὔριο, ὅπως θὰ καταδειχθεῖ περαιτέρω.

Τρίτον ἡ ἀπόρριψη ἢ ἡ διαρροὴ ραδιενέργειας θανατηφόρου, συνιστᾷ ἄμεσο κίνδυνο καὶ μαζὶ μακροχρόνια ἀπειλὴ γιὰ τὴν ὅλη δομὴ-λειτουργία καὶ πορεία τῆς διαίτης τῶν βιοχημικῶν καὶ οἰκολογικῶν διαδικασιῶν ζωῆς τῆς Φύσης καὶ τῶν οἰκοσυστημάτων τους ποὺ τὴν στηρίζουν βιολογικά καὶ ὄχι μόνον βιολογικά [34, 35, 36, 37, 38].

Ἐπανερχόμεθα καὶ ἀνακεφαλαιώνουμε:

Ἡ ἀπόρριψη στὸ περιβάλλον ρυπαντῶν μάζης-ὕλης καὶ ρυπαντῶν ἐνέργειας θερμικῆς ἢ ραδιενέργειας, συνιστᾷ σήμερα τὸ πρόβλημα τῆς οἰκολογικῆς διαταραχῆς καὶ προσδιορίζει μιὰ ἀπ' τὶς μεγαλύτερες προκλήσεις τῆς ἱστορίας: *Εἶναι ἡ πρόκληση ἐπιβίωσης τῆς ἀνθρωπίνης ζωῆς καὶ τοῦ πολιτισμοῦ*. Χρειάζεται σήμερα γιὰ νὰ σώσουμε τὸν Πλανήτη Γῆ, τὸ μεγάλο «παγκόσμιο χωριὸ» — (The global village) *μὲ τὴν αὐτόματη ἄμεση ἐπικοινωνία ἀνὰ πᾶσαν στιγμήν*— ὅπως τὸ διαγράφει κατὰ τρόπο ἐπιστημονικὸ καὶ φιλοσοφικὸ ὁ Marshall Mc. Luhan [39]—χρειάζεται, τονίζω, νὰ ἀποκριθοῦμε θετικὰ καὶ δημιουργικὰ στὴν πρόκληση [40, 41]. Εἶναι μιὰ ἀπόκριση (response) σωστή, πράξη τοῦ Λόγου καὶ τῆς εὐθύνης στὴν κρίσιμη πρόκληση (challenge) σ' ἓνα σχῆμα σωτήριο καὶ δημιουργικὸ τῆς Ἱστορίας καὶ τῶν συνθηκῶν τῆς, ὅπως τὸ διέγραψε ὁ A. Toynbee.

Χρειάζεται σήμερα —Κυρίες καὶ Κύριοι— ὅσο ποτὲ ἄλλοτε ὁ λόγος τῆς ἐπιστήμης, ἡ ἐπικουρία μιᾶς προμηθεϊκῆς τεχνικῆς, μὲ ὑπεύθυνη ἄσκηση παιδείας «ἐν δικαιοσύνῃ καὶ ἐλευθερίᾳ», «μ' ἀνοιχτὰ πάντα κι' ἄγρυπνα τὰ μάτια τῆς ψυχῆς μας» ὅπως λέει ὁ ἐθνικός μας ποιητής. Γιατὶ ἡ οἰκολογικὴ κρίση καὶ ἡ ρύπανση εἶναι ἓνα δύσκολο τεχνικὸ καὶ ἐπιστημονικὸ πρόβλημα, ποὺ ὅμως σήμερα μπορούμε νὰ λύσουμε μὲ τὴν ἐπικουρία τῶν ἐφηρμοσμένων μαθηματικῶν καὶ τῶν ἠλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν, τῆς φυσικοχημείας, βιολογίας-οἰκολογίας καὶ τῆς Ὑγειονομικῆς Μηχανικῆς. Ἀσφαλῶς χρειάζεται πρωτίστως (καὶ πρωταρχικῶς) ἡ ἐμπνευστικὴ ἐποπτεία καὶ ἀνάταση μιᾶς μεγάλης ἐθνικῆς Οἰκολογικῆς Πολιτικῆς —ὡς πολιτικῆς ἀμύνης τῆς δημόσιας υἱείας καὶ τῆς βιολογικῆς ἀκεραιότητος τῶν οἰκοσυστημάτων τῆς χώρας [42, 43, 44, 45].

Ἡ πρώτη μου ἀνακοίνωση στὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν [46], δέκα σχεδὸν χρόνια πρίν, ἀναφέρεται ἀκριβῶς, στὸ πρόβλημα τῆς δυναμικῆς ἰσορροπίας τῶν οἰκοσυστημάτων τοῦ ἑλληνικοῦ χώρου καὶ τὸν ἐνδεικνυόμενον ὑγειονομικὸ καὶ οἰκολογικὸ της σχεδιασμό. Ἦταν (καὶ παραμένει) ἡ πρόταση ἐκείνη μιὰ θέση ὀρθοῦ οἰκολογικοῦ-ὑγειο-

νομικοῦ καὶ οἰκονομικοῦ προγραμματισμοῦ, μέλημα σοβαρῆς πολιτικῆς «πράξεως» (καὶ ἡγεσίας) γιὰ τὴν ἀνάληψη εὐθύνης, τὴν ἀποδοχὴ θυσιῶν ἀπὸ ὅλους. Κυβέρνηση, Βουλὴ καὶ Πολίτες: ὅλοι πρέπει νὰ γνωρίζουν τὸ μέγα πρόβλημα ζωῆς ἢ θανάτου, προκοπῆς ἢ κατάρρευσης τοῦ τόπου ποὺ ἀκολουθεῖ τὴν καταστροφὴ τοῦ περιβάλλοντος.

Ἐπανερχόμενοι στὴν εἰδικὴ θεώρηση τοῦ μαθηματικοῦ προσδιορισμοῦ τῆς ὑδροδυναμικῆς διάχυσης-διασπορᾶς ρυπαντῶν οἰασδῆποτε μορφῆς, ἃς τονίσουμε τοῦτο: Τὸ δύσκολο πρόβλημα ἐπιδέχεται σήμερα μαθηματικὴ λύση ὡς θεμελιῶδες πρόβλημα τῆς ἐφηρμοσμένης φυσικῆς (ὑδροδυναμικῆς), δηλ. ὡς πρόβλημα ἀρχικῶν καὶ ὁριακῶν συνθηκῶν (Boundary Value Problem). Ἡ φυσικὴ καὶ ὑδροδυναμικὴ νομοτέλεια τοῦ προβλήματος —ὁ νόμος διάχυσης-διασπορᾶς (Diffusion) εἶναι γνωστὴ στὴ θεωρητικὴ καὶ φυσικὴ τῆς δόμησης: Μοριακὴ Διάχυση (Molecular Diffusion) —Τυρβώδης Διάχυση (Turbulent Diffusion) — «Ἐπιμήκης» (κατὰ μῆκος) Διασπορὰ (Longitudinal Dispersion). «Ὅλες αὐτὲς οἱ μορφὲς διαχύσεων λαμβάνουν χώραν ταυτοχρόνως, μὲ ἀντίστοιχὴ εἰσφορὰ μεγέθους (μίξης-διάλυσης) ποὺ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ στάθμη καὶ ἔνταση τοῦ πεδίου ροῆς (Field Turbulent Intensity).

Ἡ κατασκευὴ ὑδραυλικῶν-ἀεροδυναμικῶν μοντέλων ἀτμοσφαιρικῆς διασπορᾶς ρυπαντῶν, στὸ ἐργαστήριό εἶναι μιὰ ἄλλη σημαίνουσα σήμερα μεθοδολογία πειραματικῆς ἔρευνας καὶ ἐργαστηριακῆς σπουδῆς, συμπληρωματικῆς τῆς θεωρητικῆς ἀνάλυσης.

Τέλος, ἡ μεγαλειώδης πορεία καὶ ἄνοδος τῶν χρήσεων τῆς ἠλεκτρονικῆς καὶ τῶν ἠλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν, ἡ πρακτικὴ ἀρτίωση τῶν ἐφαρμογῶν τῆς «ἀριθμητικῆς ἀναλύσεως» (Numerical Analysis) ὁλοκληρώνει καὶ ἀντιμετωπίζει πλήρως τὸ τραχύ, τὸ μέγα πρόβλημα τῶν ἀκριβῶν ὑπολογισμῶν-ἀπρόσιτων μέχρι πρὶν λίγα χρόνια. Ἔτσι τὸ ἐρώτημα τίθεται ἀβίαστα:

Τί μποροῦμε, τί πρέπει νὰ κάνουμε σήμερα γιὰ νὰ σώσουμε τὴν Ἀθῆνα ἀπὸ τὸν ὄλεθρο τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρύπανσης; Πῶς θὰ ἐπιβιώσει τὸ ἱοστεφές-νεφροστεφές ἄστυ μας; Ὁ χῶρος ὅπου διεκόνησε ὁ λόγος τοῦ Πνεύματος, ὡς φιλοσοφικὸς στοχασμὸς, ὡς τραγικὸς λόγος, ὡς λόγος τοῦ μέτρου καὶ τῆς ἁρμονίας δὲν μπορεῖ καὶ δὲν πρέπει νὰ πεθάνει, νὰ ἀφανισθεῖ ἀπὸ τὴν ἀσφυξία τοῦ νέφους. Ὁχι. Ἀσφαλῶς ὄχι. Τὸ χρέος καὶ ἡ εὐθὺνὴ ὅλων μας εἶναι ἀκεραία· ξεκινᾷ ἀπὸ τὴν Ἀκαδημία Ἀθηνῶν καὶ ἀπλώνεται ὡς τὴν ἔσχατη γωνία τῆς Ἑλληνικῆς Γῆς. Καὶ δὲν εἶναι μόνον ὑπόθεση τῶν Κυβερνώντων ποὺ ἡ μνήμη τους —καὶ ἡ κρίση τους— πολλὰς φορὲς τοὺς ἐγκαταλείπει, ἀλλοίμονο, στὰ μεγάλα αὐτὰ προβλήματα. Ἡ νεώτερη Ἑλληνικὴ ἱστορία εἶναι γεμάτη μὲ περιπτώσεις «ἀπωλείας μνήμης».

Διπλὸς εἶναι, πρέπει νὰ εἶναι, ὁ στόχος μας. Ὁ Πρῶτος: Ἡ μελέτη, ἡ ἔρευνα,

ή θεωρητική και ή πειραματική, σέ εργαστηριακά μοντέλα τοῦ προβλήματος τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρύπανσης στὸ εἰδικὸ γεωγραφικὸ χῶρο τοῦ Λεκανοπεδίου. Μὲ τὴν συγκεκριμένη μορφολογία καὶ ὁρογραφικὴ του διαμόρφωση —Αἰγάλεω, Πάρνηθα, Πεντέλη, Ὑμηττός— ὁ χῶρος τοῦ Λεκανοπεδίου ἐγκλωβίζει τοὺς ρυπαντὲς καὶ ἀνακόπτει τὴν «κατακρύρυφη» ὑδροδυναμικὴ κυκλοφορία, μίξη-ἀνάμιξη καὶ διάλυση τῶν ρυπαντῶν. Αὐτὴ ἡ δημιουργία καὶ ἡ κατασκευὴ τοῦ εἰδικοῦ γιὰ τὴν Ἀθήνα μαθηματικοῦ μοντέλου —ὑπόθεση δυσχερῆς καὶ καθόλου ἀπλῆ— ἡ λύση, τῶν μερικῶν διαφορικῶν ἐξισώσεων —μὲ τίς εἰδικὰς ὁριακὰς συνθῆκες— εἶναι σήμερα δυνατὴ μὲ τὴ βοήθεια τῶν ἡλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν. *Πρέπει γιὰ τὸ ἔργο αὐτὸ νὰ ἐπάρξει μιὰ ἐνοποιούσα ἀρχή, μιὰ ἐπιτελικὴ ἐμπνευστικὴ ἡγεσία* —ἴσως τὸ ΥΧΟΠ (Ὑπουργεῖο Χωροταξίας καὶ Περιβάλλοντος) κι' ὅχι οἱ πολλές, ἴσως δέκα διάσπαρτες καὶ ἀσυντόνιστες ὑπηρεσίαι δέκα Ὑπουργείων σήμερα.

Βεβαίως θὰ χρειασθεῖ ἓνα ἄλλο ΥΧΟΠ ἔργων οὐσιαστικῶν κι' ὅχι λόγων κενῶν. Τὰ ὑπάρχοντα προγράμματα ποὺ ἔχουν μελετηθεῖ τὰ τελευταῖα δέκα πέντε χρόνια εἶναι ἐξάίρετα [47, 48]. *Ἐνὸς δ' ἔστι χρεῖα: Νὰ ἐφαρμοσθοῦν μὲ συνέπεια τεχνικὴ καὶ ἐπιστημονικὴ καὶ χωρὶς καθυστερήσεις καὶ δικαιολογίες ρηχὰς καὶ ἀθεμελίωτες, καὶ μὲ τὴ διάθεση τῶν ἀπαραιτήτων δαπανῶν ἐλέγχον ρυπάνσεων. Γιατὶ οἱ πάντες «μελετοῦν» (καὶ τυρβάζουν φεῦ!) τὰ προβλήματα τῶν ρυπάνσεων καὶ ὑποβάθμισης τοῦ περιβάλλοντος τὰ τελευταῖα εἴκοσι περίπου χρόνια! Καὶ ἔχουμε φθάσει στὸ σημερινὸ ἀδιέξοδο τῆς ὑγειονομικῆς καὶ οἰκολογικῆς δοκιμασίας τοῦ οἰκοσυστήματος τοῦ Λεκανοπεδίου —μὲ ἐνδείξεις βιολογικῆς κατάρρευσης σὲ πλεῖστα σημεῖα τοῦ ὑδατίνου φορέως του (Σαρωνικὸς)— καὶ σημαντικῆς αἰσθητικῆς ὑποβάθμισης καὶ ἀσφυξίας τῆς πόλης. Καὶ ἡ δαπάνη, γιὰ τὴν ὑγειονομικὴ-οἰκολογικὴ τῆς προστασία; Αὐτὴ στὸν τόπο μας ἴσως εἶναι τριπλάσια ἐκείνης τῶν Εὐρωπαϊκῶν χωρῶν καὶ τῆς Ἀμερικῆς γιὰ ὠφέλιμο καὶ ἀποδοτικὸ ἔργο βελτίωσης τοῦ περιβάλλοντος μεγέθους μισοῦ —ἴσως καὶ μικροτέρου— ἀπὸ ὅ,τι ἐπιτυγχάνεται στὴν Εὐρώπη καὶ Ἀμερικῇ.*

Ἐδῶ, ἃς προστεθεῖ, πὼς ἡ ἀτμοσφαιρικὴ ρύπανση ἔχει σοβαρὰς ἐπιπτώσεις στὴ σωματικὴ καὶ ψυχικὴ υἰεῖα τοῦ Ἀθηναίου, ὅπως εἶναι ἡ αὐξηση τῶν καρκινικῶν συμπτωμάτων, ἡ ἐπιδείνωση τῆς πορείας τῶν πνευμονικῶν παθήσεων, τῶν ἀσθενειῶν τῶν ματιῶν, οἱ συνεχεῖς πονοκέφαλοι καὶ ἡμικρανίες, οἱ ποικίλες καὶ σοβαρὰς ψυχικὰς διαταραχὰς —τὴν τάξην μεγέθους τῶν ὁποίων αὐξάνει καὶ ἐπιτείνει ἡ ἡχορύπανση [44, 45, 49, 50, 51].

Πλέον τῶν πενταχοσίων Ἀθηναίων πεθαίνουν κάθε χρόνο ἀπὸ ἀσθματικὰς παθήσεις. Ἡ σοβαρὴ ἀτμοσφαιρικὴ ρύπανση τῶν Ἀθηναίων τίς μέρες τῆς ἀπνοίας καὶ τῆς ὑδροδυναμικῆς ἀντιστροφῆς, μὲ τὴν παγίδευση ρυπαντῶν τοῦ Νέφους τῶν Ἀθηναίων, ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ ὀδηγοῦνται καθημερινὰ διακόσια καὶ πλέον ἄτομα

στούς σταθμούς τῶν πρώτων βοηθειῶν [14]. Τί πρέπει νά γίνει σήμερα; Τὸ *πρῶτο βήμα*. Ἡ θεωρητικὴ-ἀναλυτικὴ σύλληψη τοῦ προβλήματος καὶ «ἐν ταυτῷ» ἡ πειραματικὴ-ἐργαστηριακὴ του κατὰστροφῃ. Εἶναι ἡ διαδικασία τῆς μαθηματικῆς ἀνάλυσης, ποὺ ἐνσωματώνει σὲ τόπο καὶ χρόνο τὴν πηγὴν, τὸ βαθμὸ ρυπαντικῆς ἰσχύος καὶ ἔντασης τοῦ ρυπαντικοῦ καὶ τὴ φάση τῆς συνεχοῦς διάχυσης-διασπορᾶς [14, 52, 53, 54, 55]. Βεβαίως πρέπει νά συμπληρωθεῖ μὲ ἄμεσα πρακτικὰ κατασταλτικὰ καὶ προφυλακτικὰ μέτρα ἐλέγχου ρύπανσης. Τὸ ἀναλυτικὸ πρόβλημα τίθεται ὡς πρόβλημα τῆς κλασικῆς ὕδροδυναμικῆς (καὶ θερμοδυναμικῆς), ὡς πρόβλημα «ἐπιταχυνομένης ροῆς» ἰξώδους ὕγρου (Viscous Fluid) σὲ χῶρο ροῆς τοῦ πεδίου βαρύτητος, ποὺ προσδιορίζονται ἀπὸ τὴ γεωμετρία τοῦ πεδίου, τῆς ρυπαντικῆς πηγῆς, τὸ μέγεθος τῶν θερμοκρασιακῶν μεταβολῶν καὶ τῆς βαρομετρικῆς πίεσης, τοὺς πνέοντες ἀνέμους καὶ τὴν ἔνταση τῆς τυρβώδους ροῆς (Turbulence Intensity) ποὺ «ἐν τέλει» καθορίζουν τὴ δίαίτα τῆς συγκέντρωσης καὶ βραδείας διασπορᾶς (διάλυσης) τοῦ ρυπαντοῦ σὲ τόπο καὶ χρόνο [56, 57, 58, 59, 60].

Αὕτῃ εἶναι ἡ θεωρητικὴ τοποθέτηση τοῦ προβλήματος (Posing the problem), πρωταρχικὴ προϋπόθεσις μαθηματικῆς μελέτης καὶ ἔρευνας τοῦ φαινομένου διάχυσης-διασπορᾶς καὶ θεμελίωσης μοντέλων πρόβλεψης (Predictive models). Στὸ σημεῖο τοῦτο, ἃς ὑπογραμμισθεῖ πῶς πρέπει νά ἀγνοηθοῦν (καὶ νά παραμερισθοῦν) τελείως οἱ ρηχοὶ καὶ οἱ ἀνεύθυνοι καὶ λῆροι «λόγοι» τῶν πολλῶν «εἰδικῶν» τοῦ περιβάλλοντος —ποὺ σήμερα ἔγιναν τῆς μόδας— καθὼς καὶ οἱ ἀφορισμοί, οἱ κατάρες καὶ τὰ εὐχολόγια τῶν αὐτόκλητων ἱεροδιακόνων-ἐξορκιστῶν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρύπανσης. "Ἄς τονισθεῖ πῶς τὸ πρόβλημα τοῦτο ἀνήκει στὴν ἐπιστήμη καὶ τὴν ἔρευνα. Καὶ δὲν ἀνήκει στὴν «Ἰδεολογία», σὲ καμιά ἰδεολογία. Δὲν ἀνήκει στὸ «Κόμμα», σὲ κανένα κόμμα.

Τὸ δεύτερο βῆμα μας εἶναι ἀκόμη πλεονεκτήσιμο: Χρειάζεται τὴν ὑστατή αὐτὴ ὥρα —στὶς δώδεκα παρὰ πέντε— ν' ἀποκτήσουμε τὴ θέληση γιὰ σκληρὴς σωτήριες ἀποφάσεις, τὴ βούληση γιὰ ἀνάληψη εὐθύνης. Δὲν γνωρίζω ἂν θὰ χρειασθεῖ ν' ἀλλάξουν οἱ νόμοι τῆς Πολιτείας καὶ τὸ Σύνταγμα, μὲ κοινὴ ἀπόφαση τοῦ συνόλου τοῦ Πολιτικοῦ κόσμου. Τὸ αἶτημα εἶναι ἐθνικόν, πανεθνικόν, πανελληνιον. Ἴσως χρειασθεῖ καὶ τοῦτο, προκειμένου νά σωθεῖ ἡ Ἀθῆνα καὶ ὁ Ἑλληνικὸς χῶρος ἀπὸ τὴν ἐπερχόμενη οἰκολογικὴ καταστροφή. "Ἐνα γνωρίζω: πῶς τὸ Σάββατον ἐγένετο διὰ τὸν Ἄνθρωπον καὶ ὅχι ὁ ἄνθρωπος διὰ τὸ Σάββατον...

Στὰ πλαίσια αὐτῆς τῆς πρακτικῆς πρόβασης λήψης καὶ κυρίως ἐφαρμογῆς μέτρων, ἰδοὺ μερικὲς σωστὲς καὶ ἄμεσες —πιστεύουμε— ὑποδείξεις πρὸς ἐπισήμους καὶ μὴ, πρὸς «ἐπαίοντας» καὶ «λαϊκοὺς» γιὰ νά σωθεῖ ἡ Ἀθῆνα, οἱ Ἀθηναῖοι, τὰ μνημεῖα τῶν Ἀθηνῶν, ποὺ δὲν εἶναι μόνο δικὰ μας ἀλλὰ τοῦ κόσμου ὁλόκληρου. Τὰ

συμπεράσματά μου στηρίζονται στα δεδομένα, στη μελέτη του θέματος και στις εξελίξεις του τα τελευταία σαράντα χρόνια. Τα μέτρα ίσως μοιάζουν με αστυνομικά μέτρα αλλά, δεν είναι —όταν συνδυασθούν μελετημένα με την επιστημονική έρευνα. Όστερα, ως τονισθεῖ και τοῦτο: Τὸ πρόβλημα προστασίας τοῦ περιβάλλοντος δὲν εἶναι ἀρμοδιότης τῆς ἀστυνομίας! Καὶ δὲν «λύνεται» οὔτε μὲ τὴν καλύτερη ἀστυνομευσή. Ἰδοὺ τὰ προτεινόμενα πρακτικὰ μέτρα:

Πρῶτον. Σοβαρὴ μείωση τοῦ ἀριθμοῦ τῶν 798.000 (τὸ 1985) αὐτοκινήτων-ὀχημάτων Ἀθηνῶν-Πειραιῶς-Ἐλευσίνος καὶ Περιχώρων —κατὰ πενήντα τοῖς ἑκατὸν (50%) ἐντὸς διετίας μὲ παράλληλη ἀνάπτυξη-καθιέρωση συγκοινωνιακῶν μέσων —ὀρθῶν καὶ λυσιτελῶν—μαζικῆς μεταφορᾶς. Αὐτὸ τὸ δύσκολο (καὶ ἀσφαλῶς «ἀντιδημοτικὸ») μέτρο θὰ εἶναι ἡ βαθιὰ τομή, ἡ σῴτειρα ἐγχείρηση καὶ ὅχι ἡ ἐπέκταση ἐφαρμογῆς τῶν δακτυλίων κυκλοφορίας. Τὰ καυσάεiria τῶν αὐτοκινήτων —ὡς κινητῶν πηγῶν ρύπανσης— εἶναι ἡ πρώτη, εἶναι ἡ δευτέρα, εἶναι ἡ τρίτη πηγή καὶ κυρία αἰτία τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρύπανσης καὶ τοῦ νέφους τῶν Ἀθηνῶν καὶ ὕστερα τὰ καυσάεiria θερμάνσεων τῶν πολυκατοικιῶν καὶ τῶν βιομηχανιῶν-βιοτεχνιῶν —ὧσων ἀκόμη δὲν ἔχουν γίνῃ προβληματικὴς ἢ δὲν ἔχουν χρεωκοπήσει στὴ μείζονα περιοχὴ πρωτευούσης καὶ σκιδωδῶς λειτουργοῦν.

Δεύτερον. Αὐστηρὸς καὶ ἀμείλικτος ἔλεγχος τῆς λειτουργίας τῶν μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσης ὧλων ἀνεξαιρέτων τῶν κυκλοφορούντων αὐτοκινήτων-ὀχημάτων σὲ συνδυασμὸ μὲ ἀφαίρεση τῆς ἀδείας κυκλοφορίας τοῦ ὀχήματος, τοῦ ὁποίου ἡ μηχανὴ λειτουργεῖ πλημμελῶς καὶ ἐκπέμπει-φορτίζει τὸ περιβάλλον μὲ ἀπειλητικὰ φορτία ρυπαντῶν (CO_2 , SO_2 , CO , NO_x). Σὲ ὁποιαδήποτε ἄλλη χώρα τῆς Εὐρώπης ἢ τῆς Βορείου Ἀμερικῆς-Καναδᾶ τουλάχιστον 30-35% ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν τῶν ἐν Ἑλλάδι κυκλοφορούντων σήμερον ὀχημάτων δὲν θὰ κυκλοφοροῦσαν καὶ οἰαδήποτε δημόσια χρῆση θὰ ἀπηγορεύετο. Τὰ αὐτοκίνητα τοῦ ὧς ἄνω τμήματος μεγέθους καὶ ποσοστοῦ, ἐξεταζόμενα ἀπὸ τὴν ὑπηρεσίαν ἐλέγχου κανονικῆς λειτουργίας, θὰ «ἀπερρίπτοντο» χωρὶς νὰ λάβουν τὸ πιστοποιητικὸ καλῆς κυκλοφορίας, πὺν ἀνανεώνεται ἐκεῖ κάθε χρόνο, ὅ,τι εἶναι ἀδιανόητο στὸν τόπο μας. Οἱ ἀπηρεχαιωμένες μηχανὲς τῶν ὀχημάτων παλαιᾶς —πρὸ εἰκοσαετίας κατασκευῆς— κατὰ κανόνα ἀντιοικονομικὴς στήν κατανάλωση βενζίνης— δὲν «ὀλοκληρώνουν» τὴν καύση καὶ «ἐκπέμπουν» σοβαρὰς ποσότητες ρυπαντῶν. Εἶναι σήμερα ἀναγκαῖο ὅπως καθιερωθεῖ τὸ «πιστοποιητικὸ καλῆς λειτουργίας-κυκλοφορίας» τοῦ ὀχήματος πὺν πρέπει νὰ «ἀνανεώνεται» κάθε χρόνο. Πρέπει νὰ ἐφαρμοσθεῖ ἀμέσως ἡ χρῆση ἀμόλυβδης (NO-LEAD) βενζίνης καὶ νὰ ἐπεκταθεῖ στὰ «προσεχῇ» χρόνια σ' ὅλα τὰ αὐτοκίνητα-ὀχήματα.

Τρίτον. Στὸ ἴδιο πνεῦμα ἐφαρμογῆς μέτρων καταστολῆς καὶ ὑποβιβασμοῦ

τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρύπανσης, πρέπει μὲ ἐπιμέλεια καὶ συνέπεια ἀταλάντευτη νὰ γενικευθεῖ καὶ καθιερωθεῖ, ὁ ἔλεγχος λειτουργίας τῶν καυστήρων τῶν συστημάτων θέρμανσης καὶ κλιματισμοῦ τοῦ συνόλου τῶν κτηρίων καὶ τῶν πολυκατοικιῶν τοῦ Λεκανοπεδίου καὶ τῆς μείζονος περιοχῆς Πρωτευούσης ἐνῶ πρέπει νὰ ἀποκλεισθεῖ μὲ αὐστηρὸ ἔλεγχο ἡ χρῆση μαζοῦτ ἂν καὶ ὅπου γίνεται χρῆση, μιὰ καὶ ἡ χρῆση τοῦ ἔχει καταργηθεῖ διὰ νόμου. Τὸ μαζοῦτ εἶναι φορτωμένο μὲ ὑψηλὰ μεγέθη ρυπαντῶν θείου, ἄζωτου κλπ. (Δὲν ἀρκεῖ μόνο ἡ ἐφαρμογὴ τοῦ μέτρου γιὰ τὴν περιοχὴ τοῦ χώρου τῆς Ἀκρόπολης. Γιατὶ ἡ διάχυση-διασπορά ρυπαντῶν ἀπὸ καύση μαζοῦτ π.χ. στὸ τέρμα Πατησίων, φτάνει τὴν ἴδια μέρα τῆς ἐμπομπῆς τοῦ στὴν Ἀκρόπολη καὶ καταστρέφει, χωρὶς οἶκτο, τὶς Καρυάτιδες τοῦ Ἑρεχθίδου...).

Τέταρτον. Πρέπει νὰ ἐφαρμοσθεῖ, ἀκέραιος καὶ συστηματικὸς ἔλεγχος τῶν συστημάτων καθαρισμοῦ (συγκράτησης-κατακρήμνισης) ρυπαντῶν καὶ ἀναπίπτων τῶν καυσθερίων τῶν βιομηχανιῶν-βιοτεχνιῶν καὶ φούρνων τῆς μείζονος περιοχῆς Πρωτευούσης-Πειραιῶς-Ἐλευσίνος. Νὰ γίνῃ ὑποχρεωτικὴ ἡ ἐγκατάσταση συσκευῶν καθαρισμοῦ ὅπου δὲν ὑφίστανται ἐγκαταστάσεις αὐτοῦ τοῦ εἶδους —ὅ,τι εἶναι νόμος καὶ πράξη γιὰ ὅλα τὰ βιομηχανικὰ-βιοτεχνικὰ συγκροτήματα τῆς Εὐρώπης καὶ Η.Π.Α.

Πέμπτον. Νὰ ἐπιδιωχθεῖ (καὶ νὰ δλοκληρωθεῖ) ἡ πλήρης ἡ συστηματικὴ δενδρο-φύτευση τῆς ἀποφιλωθείσης (λόγω πυρκαϊῶν καὶ ὑλοτομίας) ἀπὸ τὰ δάση καὶ τὴ χλωρίδα μείζονος περιοχῆς τοῦ Λεκανοπεδίου Ἀθηνῶν, τῶν γύρω βουνῶν ἐν συνδυασμῷ μὲ τὴν προσπάθεια γιὰ τὴ δημιουργία καὶ καθιέρωση χώρων πρασίνου. Τὸ ἥμισυ καὶ πλέον τῶν δρόμων καὶ λεωφόρων τῆς Πρωτευούσης καὶ τοῦ Πειραιῶς ἐνδείκνυται γιὰ δενδροφύτευση, ποὺ μπορεῖ σὲ λίγα χρόνια νὰ ἀλλάξῃ τὴν ὅλη κλίμακα πρασίνου τῆς Πόλης. (Παραδείγματα: Ἡ δενδροφύτευση τῆς κεντρικῆς γραμμῆς τῆς λεωφόρου Ἀλεξάνδρας καὶ δεκάδος δρόμων στὴν περιοχὴ τοῦ Δημοτικοῦ Νοσοκομείου Ἀθηνῶν στὴν περιοχὴ τῶν Ἀμπελοκήπων —σταγῶν ἐν τῷ ὠκεανῷ— εἶναι ἐνδεικτικὰ λαμπρὰ παραδείγματα πρὸς μίμηση. Ἴδου —μέσα στὰ ἄλλα καίρια καὶ μεγάλα θέματα τῶν Δήμων τοῦ Λεκανοπεδίου— ἓνα πεδὶον εὐγενοῦς ἀμίλλης καὶ ἐργασίας γιὰ τοὺς νέους δημοτικούς μας ἄρχοντες τοῦ προσεχοῦς φθινοπώρου.

Ἡ ἐξαίρετη πρωτοβουλία —δέκα χρόνια περίπου πρὶν— τοῦ πρώην Προέδρου τῆς Ἑλληνικῆς Δημοκρατίας Κωνσταντίνου Καραμανλῆ ὡς Πρωθυπουργοῦ πρέπει νὰ βρεῖ μιμητὲς καὶ ἄξιους συνεχιστὲς σήμερα καὶ αὔριο. Τὸ πράσινο μειώνει ἀποφασιστικὰ τὴν ἀτμοσφαιρικὴ ρύπανση καὶ στηρίζει σημαντικὰς πηγὲς παραγωγῆς-δημιουργίας καὶ διάχυσης ὀξυγόνου. Ἄς ὑπομνησθεῖ πὼς ἡ Ἀθήνα εἶναι ἡ πόλη μὲ τὸ μικρότερο ἴσως ποσοστὸ πρασίνου στὸν Εὐρωπαϊκὸν ὁρίζοντα. Ἴδου οἱ ἀμείλικτοι ἀριθμοί: Ἀθήνα: ποσοστὸ πρασίνου ἐπὶ τοῦ συνόλου τοῦ χώρου τῆς πόλης, 0,5%

έναντι ποσοστού 5-10% του χώρου του συνόλου για τις πόλεις, Λονδίνο, Παρίσι, Κοπεγχάγη.

Πρέπει να δοῦμε τὸ πρόβλημα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρύπανσης τοῦ Νέφους τῶν Ἀθηνῶν ὡς θέμα (καὶ ὡς μέλημα) ὑψίστης προτεραιότητος γιὰ τὴ Δημόσια Ὑγεία, τὴν οἰκολογικὴ ἰσορροπία καὶ τὴν προφύλαξη-συντήρηση τῶν κλασικῶν καὶ βυζαντινῶν μνημείων τῆς Πρωτεύουσας [61].

Ἐπὶ τοῦ θέματος τῆς ραδιενεργοῦ μόλυνσης μὲ τὴν ἔκρηξη καὶ καταστροφή τοῦ πυρηνικοῦ ἀντιδραστήρος RBMK —1000 τοῦ Chernobyl «μεθοδολογίας-κατασκευῆς γραφίτου» γιὰ τὴν ἐπιβράδυνση τῶν νετρονίων τῶν πυρηνικῶν στηλῶν— καὶ μὲ «ἐλαφρὺ» νερὸ ὡς μέσο μεταφορᾶς θερμότητος καὶ παραγωγῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας —ποὺ ἦταν τὸ καύχημα τῆς σοβιετικῆς πυρηνικῆς τεχνολογίας— τὰ ἐξῆς πρέπει νὰ τεθοῦν ἄμεσα:

Πρῶτον: Μετὰ τὴν τραγικὴ ἐμπειρία θανάτου καὶ οἰκολογικῆς καταστροφῆς τοῦ θερμοπυρηνικοῦ σταθμοῦ Chernobyl ἡ παραδοσιακὴ θεώρηση τοῦ Ἑνεργειακοῦ προβλήματος μὲ πιθανὴ ἀφετηρία ἀνάπτυξης τὴν πυρηνικὴ ἐνέργεια πρέπει νὰ ἐγκαταλειφθεῖ. Ἰδιαίτερα στὸν τόπο μας ἡ πυρηνικὴ ἐπιλογή, ὡς βάση ἐνεργειακῆς, πρέπει νὰ ἀπορριφθεῖ. Πρέπει νὰ ἀνασταλεῖ πλήρως καὶ νὰ διαγραφεῖ ὀριστικῶς στὴν Πατρίδα μας οἰαδήποτε «μελέτη» καὶ «σχέδια» ἐγκατάστασης πυρηνικοῦ σταθμοῦ στὸ Πλατανιστὸ Καρύστου ἢ σ' ὅποιαδήποτε ἄλλη γωνιά τοῦ ἑλληνικοῦ χώρου. Οἱ λόγοι ἀπορρίψης τῆς πυρηνικῆς ἐπιλογῆς εἶναι ἀκαταμάχητοι. Εἶναι μὲ λίγα λόγια καὶ ὅπως ἐκτενῶς ἐξετέθησαν ἀνωτέρω: (α) ἡ ὑψηλὴ σεισμικότης καὶ σεισμογένεια τοῦ Ἑλληνικοῦ χώρου, (β) ἡ ἔλλειψη τῆς πρώτης ὕλης, ἥτοι τῶν ἐπαρκῶν ἀποθεμάτων ὀρυκτοῦ οὐρανίου (τὰ ἀποθέματα οὐρανίου —τὰ οἰκονομικῶς ἐκμεταλλεύσιμα— θὰ ἐξαντληθοῦν πολὺ πρὶν ἀπὸ τὰ ἀποθέματα πετρελαίου, μὲ τὴ συνεχῆ λειτουργία τῶν ὑφισταμένων πυρηνικῶν σταθμῶν ἀνὰ τὸν κόσμον), (γ) Ἡ οὐσιαστικὴ ἔλλειψη ἑλληνικῆς τεχνολογίας ἐμπλουτισμοῦ οὐρανίου —ποὺ σημαίνει συνεχῆ (καὶ ἐξουθενωτικὴ) ἐξάρτησή μας —ὅπως ἐτονίσθη— ἀπὸ τὴν ξένη τεχνολογία—, (δ) Ἡ παντελὴς ἔλλειψη θεωρητικῆς καὶ πρακτικῆς γνώσης καὶ ἐμπειρίας ἀποθέσεως τῶν ἐντόνως —καὶ γιὰ δεκαετίες— ἐνεργῶν (ραδιενεργῶν) ἀποβλήτων-καταλοίπων (τὸ μέγιστο τοῦτο πρόβλημα δὲν ἔχει «λύσει» ὀριστικῶς καὶ πλήρως, ἡ τελευταίη σήμερα στὸν κόσμον ἀμερικανικὴ πυρηνικὴ τεχνολογία [11]). Καὶ δὲν μπορούμε νὰ ἀπορρίψουμε τὰ ραδιενεργὰ κατάλοιπα στὸ «στενὸ» καὶ «ρηχὸ» θαλάσσιο χῶρο τοῦ Κάβο-Ντόρο ἢ τοῦ Σαρωνικοῦ, (ε) Ἡ ἔλλειψη ἐπαρκῶς γνώσης καὶ ἐμπειρίας γενικὰ στὴν πυρηνικὴ Φυσικὴ καὶ Τεχνικὴ τῶν πυρηνικῶν ἐφαρμογῶν, ἀκόμη καὶ ἐκείνη τῶν ραδιοϊσοτόπων, ἀποφασιστικῆς σημασίας καὶ ὠφελιμότητος γιὰ τὴν ἱατρικὴ, (στ) Τελευταία καὶ ἐξ ἴσου ἀποφασιστικῆς σημασίας ἡ δαπάνη σὲ συνάλ-

λαγμα. Το κόστος σήμερα ενός εγκατεστημένου πυρηνικού μεγαβάτ (MW) είναι της τάξεως των \$ 3,5-5 εκατομμυρίων δολλαρίων.

Δοθέντος ότι ένας πυρηνικός σταθμός απαιτεί συναλλαγματική δαπάνη της τάξεως του 70-80% του συνόλου του κόστους, παρέπεται ότι θα απαιτηθούν για τὰ ἑλληνικά δεδομένα \$ 3-4 δισεκατομμύρια δολλάρια για τὴν κατασκευή ενός πυρηνικοῦ σταθμοῦ (1000) χιλίων μεγαβάτ, ποὺ εἶναι τὸ μικρότερο ἀποδοτικὸ μέγεθος (Optimum) ἐγκατεστημένης ἰσχύος. Ἡ πυρηνικὴ αὐτὴ ἰσχὺς θὰ εἶναι ποσοστοῦ μεγέθους 10-12% δέκα ἕως δώδεκα περίπου τοῖς ἑκατὸν τῆς συνολικῆς ἐγκατεστημένης ἰσχύος τῆς χώρας. Αὐτὴ —σ' ἓνα «αἰσιόδοξο σενάριο» τῆς ΔΕΗ προβλέπεται γιὰ τὸ 1994 νὰ εἶναι: 8.150 MW (μὲ ἐτήσια παραγωγή 47.834 GWH γιγαβατῶρες) [62], χωρὶς τὴν πυρηνικὴ μονάδα: ἤτοι ἀπὸ κλασικὲς πηγὲς καυσίμων (πετρελαίου-λιγνίτη) καὶ ὑδρενέργεια —ποὺ θὰ καλύπτει τὸ ἓνα τρίτο τῆς ὥς ἄνω ἐγκατεστημένης ἰσχύος —περίπου. Ὡς ὑπογραμμισθῇ πῶς καὶ ἂν ὁ θερμοπυρηνικός σταθμός κατὰ μιὰ ὑποθετικὴ χρονικὴ ἀποτίμηση, ἄρχιζε νὰ κατασκευάζεται σήμερα— θὰ χρειαζόταν τουλάχιστο μιὰ δεκαετία γιὰ τὴν πλήρη ἀποπεράτωση καὶ λειτουργία ὑπὸ τοὺς καλύτερους οἰωνοὺς καὶ μὲ ἀδιάκοπη διάθεση συναλλαγματικῆς δαπάνης —πράγματα ἀμφίβολα. Γιατί; Γιατί ἡ ἑλληνικὴ οἰκονομία περνάει μιὰ ἐπικίνδυνη φάση ἀληθινῆς συναλλαγματικῆς φλεβοτομίας καὶ κρίσης. Οἱ εἰσαγωγὲς ξεπερνοῦν τὰ ἑνδεκα δισεκατομμύρια δολλάρια τὸ χρόνο, ἐνῶ οἱ ἐξαγωγὲς μόλις φτάνουν τὰ ἑπτὰ δισεκατομμύρια δολλάρια, ἤτοι ἔλλειμμα ἐμπορικοῦ ἰσοζυγίου 4 δισ. δολλ. Τὸ ἐξωτερικὸ δημόσιο χρέος εἶναι βαρὺ: τῆς τάξεως τῶν (18) δέκα ὀκτῶ καὶ πλέον δισεκατομμυρίων δολλαρίων. (Ἀντιστοιχοῦν περίπου δέκα χιλιάδες δολλάρια χρέος γιὰ κάθε ἑλληνικὴ οἰκογένεια τῶν πέντε ἀτόμων!) Ποιὰ χώρα καὶ ποιὲς ξένες Τράπεζες ἢ ἐταιρεῖες θὰ μᾶς δανείσουν τὰ 3 ἢ 4 δισεκατομμύρια δολλάρια γιὰ τὴν κατασκευὴ τοῦ πυρηνικοῦ σταθμοῦ, ὅταν ἡ πιστωτικὴ-δανειοδοτικὴ μας ἱκανότητα ἔχει ἐπικίνδυνα συρρικνωθεῖ; Ἡ ΔΕΗ δὲν μπορεῖ νὰ στηρίζεται στὴν ἐγκατάσταση πυρηνικῶν σταθμῶν γιὰ τὴν κάλυψη τῶν ἐνεργειακῶν ἀναγκῶν ποὺ μὲ ἓνα μέσο ρυθμὸ αὐξήσεως ἐνεργειακῶν καταναλώσεων 5-6% ποὺ δὲν εἶναι τόσο ὑψηλὸς —ἴσως ὁ μισὸς— τὰ τελευταῖα 5-8 χρόνια— θὰ ἀπαιτεῖ τὴν ὥς ἄνω στάθμην ἐγκατεστημένης ἰσχύος μὲ τὸ αἰσιόδοξο σενάριο «πρόβλεψης» [62]. Ἄλλες πηγὲς ἐνέργειας πρέπει νὰ «ἀνευρεθοῦν», κι' ἂν παραστῇ ἀνάγκη ἄς χρησιμοποιηθεῖ ἡ Τύρφη τῶν Φιλίππων, ἡ ὀλοκλήρωση πρόσθετων μικρῶν ὑδρενεργειακῶν ἔργων, ἡ αἰολικὴ καὶ ἡ ἡλιακὴ ἐνέργεια καὶ ἡ συντήρηση-ἐξοικονόμηση (Conservation) ἐνέργειας. Καὶ βεβαίως ἡ κατασκευὴ πρόσθετων ἀτμοηλεκτρικῶν σταθμῶν πετρελαίου. Σήμερα μὲ τὴν πτώση τῆς τιμῆς τοῦ πετρελαίου (\$ 8-14 δολλάρια τὸ βαρέλι) ἡ πετρελαιϊκὴ κιλοβατώρα κοστίζει σχεδὸν τὸ ἥμισυ τῆς τιμῆς τῆς πυρηνικῆς κιλοβατώρας. Πι-

στεύουμε πώς πρέπει νὰ ἀπαλλαγεῖ ἡ χώρα μας ἀπὸ σχέδια κατασκευῆς πυρηνικῶν σταθμῶν, μὲ τοὺς τόσοις σοβαροὺς κινδύνους —τεχνικούς, οἰκολογικούς, οἰκονομικούς, δημόσιας υγείας ποὺ ἐγκυμονοῦν— μαζὶ μὲ τόση ἀβεβαιότητα λειτουργίας στὸ μέλλον. Τέλος, ἡ μεγάλωστομη πρόταση τῶν συντακτῶν τοῦ Προγράμματος ἀνάπτυξης τῆς ΔΕΗ (σελ. 57) [62] πῶς «.. στὸν Δούναβη πρόκειται νὰ λειτουργήσουν μέχρι τὸ 2000 περὶ τοὺς 100 πυρηνικοὶ σταθμοί» δὲν νομίζουμε πῶς χρειάζεται ἀπάντηση ἢ σχολιασμό, ἰδιαιτέρα ὕστερα ἀπὸ τὴν τραγωδία καὶ τὰ θύματα τῆς φοβερῆς τραγωδίας τοῦ Τσερνόμπιλ. «Ἄλλα τὰ χεῖλη τῶν ἀσεβῶν» ἅς εἶναι μετὰ τὸ Τσερνόμπιλ.

Δεύτερον. Χρειάζεται σήμερα ὡς πρῶτο μέλημα τῆς Ἑλληνικῆς ἐξωτερικῆς πολιτικῆς ἓνα ἄμεσο διάβημα-ὕπόμνημα στὴ γείτονα Βουλγαρία —καὶ ἔσως στὸν ΟΗΕ— διάβημα-αἴτημα μὴ ἐπιδεχόμενο συμβιβασμοὺς λόγῳ βαλκανικῆς φιλίας κ.λπ.) ὅπως ἡ Βουλγαρία κατασκεύασει χωρὶς καθυστέρηση τὰ ἀναγκαῖα προστατευτικὰ τοιχώματα —αὐτὰ τὰ τοιχώματα δὲν εἶχαν κατασκευασθεῖ στὸν πυρηνικὸ σταθμὸ Τσερνόμπιλ—λόγῳ οἰκονομικῶν!—στοὺς δύο πυρηνικούς της σταθμοὺς ποὺ βρίσκονται σὲ ἀπόσταση (90) ἐνενήντα περίπου μιλίων ἀπὸ τὴ Θεσσαλονίκη καὶ ὄχι χιλίων διακοσίων περίπου ποὺ ἀπεῖχε ἀπὸ τὴν Ἑλλάδα ὁ πυρηνικὸς σταθμὸς Τσερνόμπιλ. Ἡ μεθοδολογία κατασκευῆς τῶν βουλγαρικῶν πυρηνικῶν σταθμῶν εἶναι ἀκόμα ὅμοια μ' ἐκεῖνη τοῦ σοβιετικοῦ σταθμοῦ Τσερνόμπιλ ἤτοι μεθοδολογικὰ γραφίτου, σύμφωνα μὲ σχετικὴ πληροφόρησή μας. Σὲ περίπτωσι ἀτυχήματος —ἔτσι χαρακτηρίστηκε κατ' εὐφημισμὸν ἡ πυρηνικὴ καταστροφή τοῦ Τσερνόμπιλ— σὲ θερμοπυρηνικὸ σταθμὸ τῆς Βουλγαρίας ὁ κίνδυνος-θάνατος γιὰ τὴ Θράκη, Μακεδονία καὶ τὴ λοιπὴ Ἑλλάδα θὰ εἶναι ἄμεσος, ἐμπράγματος καὶ μέγιστος.

Τρίτον καὶ ἀκροτελεύτιο ἐρώτημα —ποὺ μόνον αὐτὸ συνθέτει μιὰ ἄλλη ξεχωριστὴ ἀνακοίνωσι στὴν Ἀκαδημία εἶναι τοῦτο:

Ἐχομε ἄραγε διανοηθεῖ τί μπορεῖ νὰ συμβεῖ στὴν ἀτμόσφαιρα —αὐτὸ τὸ λεπτὸ καὶ εὐθραυστο ντύμα ζωῆς τῆς Γῆς— σὲ περίπτωσι θερμοπυρηνικῆς σύγκρουσις μὲ ἐκτόνωση-ἐκρηξὴ πολλῶν συγχρόνως πυρηνικῶν ὅπλων —τὸ καθένα τῶν ὁποίων ἔχει ἰσχὺ καταστροφῆς πεντάκις χιλιαπλασίας ἐκείνης τοῦ Τσερνόμπιλ, κι' ἐπέκεινα στὸν Πλανήτη Γῆ; Ὁ εὐαγγελιστὴς Ἰωάννης ἔδωκε προφητικὰ αὐτῇ τὴν περιγραφὴ θανάτου στὴν «Ἀποκάλυψις»: (Ἰωάννου Ἀποκάλυψις - Κεφ. 7, 8, 9).

«.. Καὶ ἐγένετο χάλαζα καὶ πῦρ μεμιγμένα ἐν αἵματι, καὶ ἐβλήθη εἰς τὴν γῆν καὶ τὸ τρίτον τῆς γῆς κατεκάη· καὶ πᾶς χόρτος χλωρὸς κατεκάη... Καὶ πολλοὶ ἄνθρωποι ἀπέθανον ἐκ τῶν ὑδάτων ὅτι ἐπικράνθησαν.. Καὶ ἤνοιξε τὸ φρέαρ τῆς ἀβύσσου καὶ ἀνέβη καπνὸς ἐκ τοῦ φρέατος, ὡς καπνὸς καμίνου καιομένης, καὶ ἐσκοτίσθη ὁ ἥλιος καὶ ὁ ἄηρ ἐκ τοῦ καπνοῦ τοῦ φρέατος... Καὶ ἐν ταῖς ἡμέραις ἐκείναις ζητήσου-

σιν οἱ ἄνθρωποι τὸν θάνατον καὶ οὐ μὴ εὐρήσουσιν αὐτόν, καὶ ἐπιθυμήσουσιν ἀποθανεῖν, καὶ φεύζεται ἀπ' αὐτῶν ὁ θάνατος..»

II. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΩΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

2.1. Εἰσαγωγικὲς Παρατηρήσεις

Ἡ μαθηματικὴ διατύπωση τοῦ νόμου τῆς ὑδροδυναμικῆς διαχύσεως-διασπορᾶς (Diffusion-Dispersion), δηλ. τὸ πρότυπο (Model) τῆς διαδικασίας διαχύσεως οἰασδῆποτε οὐσίας ρυπαντοῦ ἢ σωματιδίων (οὐσίας ὀργανικῆς, ἀνοργάνου (ραδιοϊσοτόπου) ἢ νετρονίων) λαμβάνει τὴ μορφή δευτεροβαθμίου μερικῆς διαφορικῆς ἐξισώσεως (Partial Differential Equation), παραβολικῆς μορφῆς, γραμμικῆς ἢ μὴ. (Οἱ ὀριακὲς συνθήκες εἶναι κατὰ κανόνα μὴ γραμμικές).

Ὁ νόμος τῆς διαχύσεως-διασπορᾶς ἀποτελεῖ τμήμα τῆς θεωρίας πεδίου (Field Theory) τῆς Θεωρητικῆς Φυσικῆς, κατὰ τὴν ὁποία ὅλες οἱ φυσικὲς διαδικασίες (processes) καθορίζονται ἀπὸ πεδιακὰ μεγέθη (Field Quantities) ποὺ ἔχουν μιὰ καθορισμένη τιμὴ εἰς οἰονδῆποτε σημεῖο τοῦ πεδιακοῦ χώρου ποὺ εἶναι κατὰ κανόνα συνάρτηση τοῦ χρόνου. Παρέπεται, ὡς ἐκ τούτου, ὅτι τέσσερες ἀνεξάρτητες μεταβλητὲς x, y, z, t (τρεῖς καρτεσιανὲς συντεταγμένες καὶ ὁ χρόνος) ὑπαισέρχονται στὴ διατύπωση τοῦ νόμου. Τοῦτο ἐν συγκρίσει πρὸς τὴ θεμελίωση τῶν νόμων τῆς Κλασικῆς Νευτωνεῖου Μηχανικῆς, τῆς μιᾶς μόνον ἀνεξαρτήτου μεταβλητῆς, ἦτοι τοῦ χρόνου t , ἐκφραζομένων διὰ κανονικῶν διαφορικῶν ἐξισώσεων (Ordinary Differential Equations).

2.2. Θεμελίωση μαθηματικῶν μοντέλων

Ἡ μαθηματικὴ θεμελίωση μιᾶς φυσικῆς διαδικασίας (process) μὲ σχέσεις συναρτήσεων καὶ παραγῶγων συναρτήσεων, ἐκφράζει κατὰ κανόνα τὸ νόμο τῆς αἰτιότητος (Causality Law) εἰς μαθηματικὸν συμβολισμόν τῆς σχέσεως μιᾶς φυσικῆς καταστάσεως (State) καὶ τῆς ἀμέσως γειτονικῆς της, τῆς «ἀπειροστικῆς γειτονικῆς» της [63].

Ἡ πληρεστέρα μορφή διαδικασίας διαχύσεως-διασπορᾶς ποὺ ἀνταποκρίνεται στὴ φυσικὴ πραγματικότητα, εἶναι ὁ συνδυασμὸς κύματος (κυματικῆς) ταλαντώσεως (Wave) καὶ διαχύσεως-διασπορᾶς χημικῆς οὐσίας ἢ ρυπαντῶν (ἢ ἐπαγωγῆς θερμότητος —Heat conduction) εἰς τὴν ἀτμόσφαιρα— ὑδρόσφαιρα (ἢ εἰς οἰονδῆποτε πεδίο), τὸ ὁποῖον περιέχει «πηγές» ἐν ἐνεργείᾳ —(θετικὲς ἢ ἀρνητικὲς).

‘Η θεμελιώδης αὐτὴ ἐξίσωση τῆς κλασικῆς μηχανικῆς εἶναι:

$$\nabla^2 \Phi = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = C_1 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} + C_2 \frac{\partial \Phi}{\partial t} + g(x, y, z, t) \quad (1)$$

ὅπου: $\Phi(x, y, z, t)$, εἶναι ἀλγεβρική (ἢ διανυσματική) συνάρτηση τῆς μεταβαλλομένης εἰς χρόνον καὶ χώρον παραμέτρου ἥτοι τῆς συγκεντρώσεως τοῦ ρυπαντοῦ (Pollutant Concentration), C_1 καὶ C_2 πραγματικὲς σταθερές, ποὺ ἐκφράζουν τοὺς συντελεστὰς τῆς κυματικῆς διαδικασίας ὡς καὶ τῆς διαδικασίας διασπορᾶς καὶ $g(x, y, z, t)$ ἡ συναρτησιακὴ ἔκφραση τῶν πηγῶν ἐντὸς τοῦ πεδίου ροῆς.

‘Η ἐξίσωση διαδικασίας διαχύσεως-διασπορᾶς ἄνευ οἰασθήποτε ἄλλης συμπαρομαρτοῦσης ροῆς ἢ κινήσεως εἰς πεδίου ἄνευ πηγῶν λαμβάνει τὴ μορφή:

$$\nabla^2 \Phi = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = C_2 \frac{\partial \Phi}{\partial t} \quad (2)$$

ὅπου C_2 παριστᾷ τὸν συντελεστὴν μοριακῆς διαχύσεως (Molecular Diffusion), ἢ τυρβώδους διαχύσεως (Turbulent Diffusion-Dispersion Coefficient) ἢ εὐθυγράμμου κατὰ μῆκος διασπορᾶς (Longitudinal Dispersion-Convection).

Τὰ ὡς ἄνω μαθηματικὰ μοντέλα εἰς τὴ μορφή μερικῶν διαφορικῶν ἐξισώσεων ἀντιπροσωπεύουν ἓνα γενικὸ νόμο μιᾶς φυσικῆς διαδικασίας καὶ ὄχι ἓνα εἰδικὸ πρόβλημα. Τὸ εἰδικὸ φυσικὸ ἢ πρακτικὸ πρόβλημα καθορίζεται διὰ τοῦ συνδυασμοῦ τῆς γενικῆς λύσεως τῆς διαφορικῆς ἐξισώσεως καὶ τῆς ἐφαρμογῆς τῶν ἀρχικῶν ἢ ὁριακῶν συνθηκῶν (Initial and / or Boundary Conditions) διὰ τὸν ἐπακριβῆ καθορισμὸ τῶν σταθερῶν τῆς ὁλοκληρώσεως (Boundary Value Problems). Βεβαίως τὰ ἀκριβῆ μαθηματικὰ μοντέλα, ὡς διαγράφονται ὑπὸ διαφορικῶν ἐξισώσεων, δὲν μποροῦν νὰ ἀποδώσουν μὲ ἀπόλυτὴ ἀκρίβεια τὸ ἀνάγλυφο τοῦ πεδίου ροῆς (ποταμοῦ, λίμνης, ἀκτῆς ἢ ἐδάφους σὲ περίπτωση ἀερολυμάτων), ἥτοι τὴ γεωμετρία τοῦ φορέως καὶ τὴ δομὴ τοῦ πεδίου ροῆς (Flow Field), τὰ ὅποια κατὰ κανόνα δὲν ἀκολουθοῦν τὴν ἐξιδανικευμένη μορφή τῶν μαθηματικῶν ἐξισώσεων καὶ συνθηκῶν. Ἐδῶ ὑπείσρχεται ἡ ἀνάγκη κατασκευῆς (καὶ ἐπαληθεύσεως) φυσικῶν ὁμοιωμάτων (models) ὑπὸ κλίμακα εἰς τὸ πειραματικὸ ἐργαστήριον. Τόσον τὰ μαθηματικὰ ὁμοιώματα (Διαφορικαὶ ἐξισώσεις - Boundary Value Problems), ὅσον καὶ τὰ φυσικὰ ὑδροδυναμικὰ ὁμοιώματα ἀέρος-ἀέρος καὶ ἀέρος-ὑδατος (πρωτότυπον-ὁμοίωμα) καταστρώνονται καὶ θεμελιοῦνται ἀκριβέστερον μὲ μετρήσεις τοῦ πραγματικοῦ πεδίου, εἰς τὸ ὅποιον λαμβάνει χώραν ἡ διαδικασία διαχύσεως-διασπορᾶς.

2.3. Μαθηματικά μοντέλα πρακτικῶν ἐφαρμογῶν διαδικασιῶν διαχύσεως - διασπορᾶς ρυπαντῶν εἰς ὑδρόσφαιρα-ἀτμόσφαιρα

Ἡ γενικὴ ἐξίσωση ταυτοχρόνου μεταφορᾶς (κινήσεως μὲ διάνυσμα ταχύτητος πεδίου ροῆς q (U, V, W) καὶ διαχύσεως-διασπορᾶς ρυπαντῶν σὲ οἰονδήποτε ὑδάτινο φορέα (Convection and Diffusion), εἰς τὸν ὅποῖον οἱ διαδικασίες ἀναπνοῆς (Respiration) τῶν φυσικῶν καὶ ζωικῶν ὁργανισμῶν λαμβάνουν χώραν ἐν συνδυασμῷ μὲ βιολογικὰς διαδικασίες «δημιουργίας ἢ μεταλλαγῆς» μάζης-ὑλῆς τοῦ οἰοσυστήματος εἶναι:

$$\begin{aligned} \frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial c}{\partial x} - U c \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial c}{\partial y} - V c \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial c}{\partial z} - W c \right) - \Phi c + \Psi(t) \end{aligned} \quad (3)$$

ὅπου: (i) D_x, D_y, D_z οἱ συντελεστὲς μοριακῆς ἢ τυρβώδους διαχύσεως — ποὺ πρέπει *a priori* νὰ καθορισθοῦν διὰ πειραματικῶν μετρήσεων ἢ μετρήσεων πεδίου,

(ii) $c(x, y, z, t) = \eta$ συνάρτηση «συγκεντρώσεως» ρυπαντοῦ [Sewage (Substance Concentration)] (ἢ θερμοκρασίας) ὡς συνάρτηση χωρο-χρονική.

Ἐὰν οἱ συντελεστὲς διαχύσεως διασπορᾶς «ὑποτεθοῦν ἢ («ἀποτιμηθοῦν») διὰ τὸν εἰδικὸν ὑδάτινον φορέα καὶ τὶς εἰδικὰς συνθῆκες ροῆς καὶ γεωμετρικοῦ σχήματος) ὡς σταθερές, ἢ ὡς ἄνω διαφορικὴ ἐξίσωση εἶναι γραμμική. Ἐὰν οἱ συντελεστὲς διαχύσεως διασπορᾶς ὑποτεθοῦν ὡς συναρτήσεις τοῦ χώρου-χρόνου, τὸ πρόβλημα εἶναι μὴ γραμμικὸν καὶ ἐξόχως δυσχερές. Εἰς οἰανδήποτε περίπτωσιν ἢ ἀποτίμηση τῶν συντελεστῶν διαχύσεως πρὸ τῆς ἀναλυτικῆς θεωρήσεως τοῦ προβλήματος εἶναι *sine qua non* προϋπόθεσις λύσεως.

Σὲ περίπτωσιν τυρβώδους ροῆς (Turbulent Flow Field) οἱ συντελεστὲς διασπορᾶς-διαχύσεως ἔχουν τιμὰς πολλαπλάσιες ἐκείνων τῶν συντελεστῶν μοριακῆς διαχύσεως (100-200 πλάσιαι). Στὶς περιπτώσεις αὗτὲς οἱ συντελεστὲς μοριακῆς διαχύσεως καὶ ἡ συμβολὴ των εἰς τὴν ὅλην διαδικασίαν τῆς διασπορᾶς μίξεως μπορεῖ νὰ ἀγνοηθεῖ. Τὸ ὅλο πρόβλημα εἶναι τότε θέμα τυρβώδους διαχύσεως καὶ τυρβώδους μίξεως-διασπορᾶς.

Στὴν περίπτωσιν τυρβώδους ροῆς, ἡ τυρβώδης ροὴ μάζας-οὐσίας (πυκνότητος ρ) κατὰ ἐπιφανειακὴ ὁμάδα εἶναι $= \rho(\overline{u' C'_A})$, εἶναι ἀνάλογοι συμφώνως πρὸς τὸν νόμον Fick (Fick's First Law) διὰ μοριακὴν ροὴν μέ:

$$\overline{\rho u' C'_A} = -\rho D_x \frac{\partial \bar{C}_A}{\partial x}, \quad \overline{\rho v' C'_A} = -\rho D_y \frac{\partial \bar{C}_A}{\partial y} \quad \text{and} \quad \overline{\rho w' C'_A} = -\rho D_z \frac{\partial \bar{C}_A}{\partial z}$$

όπου \bar{C}_A = ή μέση (μὲ βάση τὸ χρόνο) τιμὴ συγκεντρώσεως οὐσίας ρυπαντοῦ καὶ u' , v' , w' αἱ διακυμάνσεις (fluctuations) τῆς ταχύτητος q (U , V , W) ἀπὸ τῇ μέση (μὲ βάση τὸ χρόνο) τιμὴ *i.e.* $U = \bar{U} + u'$ etc, καὶ D_x , D_y , D_z οἱ συντελεστές τυρβώδους διαχύσεως-διασπορᾶς.

Στὸν πίνακα ποὺ ἀκολουθεῖ παρατίθενται ὁκτὼ μαθηματικὰ μοντέλα διάχυσης-διασπορᾶς στὴ μορφή μερικῆς διαφορικῆς ἐξίσωσης μὲ ὁρισμένες ὁριακὲς-χρονικὲς συνθῆκες (Boundary Conditions), ὅπως ἡ μορφή, ποιότητος καὶ ποσότης ἀπόρριψης τοῦ ρυπαντοῦ, ἡ γεωμετρία τοῦ πεδίου ροῆς καὶ ἀπόρριψης, ἡ λύση τῆς ἐξίσωσης καὶ οἱ τύποι πρακτικῆς ἐφαρμογῆς γιὰ τὶς οἰεσδήποτε τιμὲς τοῦ χώρου (x , y , z) καὶ τοῦ χρόνου t .

2.4. Διασπορὰ μὴ-συντηρητικῶν οὐσιῶν (BOD-Sewage)

Στὶς περιπτώσεις συνεχοῦς ἀπορρίψεως συντηρητικῶν οὐσιῶν εἰς πεδία τυρβώδους ροῆς χωρὶς κίνηση (Turbulent Field with no Convection) ὑψηλές («ἀ-πείρως ὑψηλές» θεωρητικῶς) συγκεντρώσεις οὐσίας ρυπαντῶν θὰ λάβουν χώραν.

Σὲ περιπτώσεις ἀπορρίψεως μὴ «συντηρητικῶν» οὐσιῶν (BOD) μὲ ὑποβάθμιση τῆς οὐσίας ἀνάλογη πρὸς ke (ὅπου k ὁ συντελεστὴς ὑποβαθμίσεως), ὅλες οἱ ὥς ἄνω λύσεις θὰ πρέπει νὰ πολλαπλασιασθοῦν μὲ τὸ συντελεστὴ e^{-kt} .

2.5. Ἐνδεδειγμένη Πορεία Ἑρεύνης καὶ Ἐπαλήθευσης (Verification)

Σὲ περιπτώσεις θεωρητικῆς καὶ ἐργαστηριακῆς ἐρεύνης ἐπὶ θεμάτων ὑδροδυναμικῆς κυκλοφορίας καὶ διασπορᾶς ρυπαντῶν (pollutant dispersion and circulation) ἡ ὀρθὴ πορεία ἐρεύνης καὶ σημασιολογήσεως τῶν φαινομένων εἶναι «παλινδρομικὴ» καὶ ἀμφιμονοσήμαντη· ἥτοι ἀπὸ τὰ φυσικὰ ὁμοιώματα τοῦ ἐργαστηρίου στὰ μαθηματικὰ μοντέλα καὶ τοὺς ἡλεκτρονικοὺς ὑπολογιστὲς κατὰ τὸ σχῆμα

Φυσικὰ ὁμοιώματα (Models) Ἑργαστηρίου + μετρήσεις πεδίου \rightleftharpoons μαθηματικὰ μοντέλα + Computer Simulation Models [63].

III. ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΙΔΙΚΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΔΙΑΧΥΣΗΣ - ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ - ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΠΕΔΙΟΥ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ - ΔΙΑΙΤΑ ΑΝΕΜΩΝ ΚΑΙ ΡΟΗΣ

Οἱ εἰκόνες -διαγράμματα ποὺ ἀκολουθοῦν βασίζονται στὴν πρόσφατη θεωρητι-

Ελιδικαι πρακτικαι εφαρμογαι Διαχυσεως - Διασπορας	Διαφορικη εξισωση (Μοντέλο)	Λυση εξισωσης και τυπος πρακτικης εφαρμογης
1. Μονοδιάστατη, Διάχυση - Διασπορά εις Υδάτινον Υποδοχέα χωρίς κίνηση-ροή ($m = \text{μάζα μετά στιγμιαίας απορρόφησης}$)	$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$ One - Dimensional Diffusion - No convection	$C = \left(\frac{m}{\sqrt{4\pi D_x t}} \right) e^{-\frac{x^2}{4D_x t}}$ Στιγμιαία απόρριψη m (instantaneous release) εις χρόνον $t = 0$ και τό- πον $x = 0$
2. Μονοδιάστατη Διάχυση - Διασπορά εις Υποδοχέα χωρίς κίνηση-ροή ($m = \text{μάζα}$ $\sigma \upsilon \nu \epsilon \chi \tilde{\omega} \varsigma$ απορροπόμενη)	$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$ One - Dimensional Diffusion - No Convection - Continuous release	$C = \frac{m\sqrt{t}}{\sqrt{\pi D_x}} \exp \left[-\frac{x^2}{4D_x t} \right] -$ $- \frac{mx}{2D_x} \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_x t}} \right)$
3. Μονοδιάστατη Διάχυση και Κίνηση-Ροή εις την ίδιαν κατεύθυνσιν (Convection along x) Στιγμιαία απόρριψη m	$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - U \frac{\partial c}{\partial x}$ Convection along x	$C = \frac{m}{\sqrt{4\pi D_x t}} \exp \left[-\frac{(x - Ut)^2}{4D_x t} \right]$ Instantaneous release m
4. Μονοδιάστατη Διάχυση και Κίνηση-Ροή (Convection along x) Συνεχής απόρριψη m	$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - U \frac{\partial c}{\partial x}$	$C = \left[\frac{m}{\sqrt{4\pi D_x}} \int_0^t \frac{1}{\sqrt{t-t'}} \cdot \right.$ $\cdot \left. \left[\exp \left(-\frac{[x - U(t-t')]^2}{4D_x(t-t')} \right) \right] dt' \right]$

(Συνέχεια του πίνακος)

Ειδικαί πρακτικαί εφαρμογαί Διαχύσεως	Διαφορικὴ ἐξίσωση (Μοντέλο)	Λύση ἐξισώσεως καὶ τύπος πρακτικῆς εφαρμογῆς
5. Διδιάστατη Διάχυση - Διασπορά χωρίς κίνηση - ροή Συγμμετακίνητος συντηρητικῆς οὐσίας εἰς ποσότητα m κατὰ μονάδα βάθους	$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2}$	$C = \frac{m}{4\pi\sqrt{D_x D_y t}} \exp \left[-\frac{x^2}{4D_x t} - \frac{y^2}{4D_y t} \right]$
6. Διδιάστατη Διάχυση-Διασπορά καὶ ροή-κίνηση εἰς διεύθυνσιν x Συγμμετακίνητος συντηρητικῆς οὐσίας	$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} - U \frac{\partial c}{\partial x}$	$C = \frac{m}{4\pi\sqrt{D_x D_y t}} \exp \left[-\frac{(x-Ut)^2}{4D_x t} - \frac{y^2}{4D_y t} \right]$
7. Διδιάστατη Διάχυση - Διασπορά χωρίς ροή Συνεχῆς ἀπόρρευση συντηρητικῆς οὐσίας εἰς χρόνον $t=0$ καὶ $x=0$ εἰς ποσότητα m κατὰ μονάδα βάθους ὑποδοχέως καὶ μονάδα χρόνου	$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2}$ Διὰ συμμετρικῶν περιπτώσεων $D_x = D_y = 0$	$C = \frac{m}{4\pi D} \int_0^\infty \frac{e^{-\theta}}{r^2} d\theta$ ' H ἐν λόγω λύση θεωρητικῶς σημαίνει ὅτι ἡ συγκέντρωση τῆς οὐσίας (συντηρητικῆς) θὰ αὐξηθῇ ἀπέλως μετὰ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου.
8. Διδιάστατη Διάχυση - Διασπορά - Ροή καὶ Κίνηση εἰς διεύθυνσιν x Συνεχῆς ἀπόρρευση συντηρητικῆς οὐσίας (two Dimensional Diffusion Convection along x axis).	$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} - U \frac{\partial c}{\partial x}$ Συμμετρικὴ περίπτωση $D_x = D_y = 0$	$C = \frac{m}{2\pi D} \exp \left[-\frac{Ux}{2D} \right] K_0 \left(\frac{Ur}{2D} \right)$ ὅπου K_0 εἶναι ἡ συνάρτηση Bessel (Modified Bessel function of the Second Kind of order Zero).

κή και πειραματική ανάλυση και έρευνα [49, 50, 51, 52, 53, 54, 55] που έχει πραγματοποιηθεί κυρίως στη Μεγάλη Βρετανία και ΗΠΑ. Συνοψίζονται στη διατριβή του H. C. Perkins [52, 56, 57, 58, 59, 60]. Ούτω οι εικόνες παριστάνουν και διευκρινίζουν τὰ ἐξῆς:

Εἰκὼν 1. Μοντέλα Τάσεων Θερμοκρασιακῶν καθ' ὕψος Μεταβολῶν ἐν σχέσει μὲ τὴν Ἀτμοσφαιρικὴ Σταθερότητα (Atmospheric Stability).

Εἰκὼν 2. Παρουσιάζεται Νέφος Ρυπαντῶν Διαχεόμενο ἐντὸς ἀτμοσφαιρικοῦ πεδίου μικρῶν, μεγάλων ἢ καὶ μεταβαλλομένου μεγέθους δινῶν-στροβίλων (Eddies).

Εἰκὼν 3. Δείκνυται ἐδῶ ἡ ἐπιρροὴ τῆς «τραχύτητος»-ἀνομοιομορφίας τῆς ἐδαφικῆς ἐπιφανείας στὴν κατατομὴ (Profile) καὶ μορφὴ διανομῆς ταχυτήτων τῶν πνεόντων ἐνέμων.

Εἰκὼν 4. Δείκνυται ἐδῶ ἡ διασπορὰ νέφους ρυπαντῶν στὴν ἀτμόσφαιρα καὶ ἡ μορφὴ ἰσχυρῆς ἀτμοσφαιρικῆς ἀστάθειας (Instability).

Εἰκὼν 5. Δείκνυται ἡ μορφὴ ἐπιφανειακῆς θερμοκρασιακῆς καὶ ὕδροδυναμικῆς ἀντιστροφῆς (Surface Inversion).

Εἰκὼν 6. Δείκνυται ἐδῶ ἡ εἰδικὴ περίπτωση (ἀντιστροφή) νέφους ρυπαντῶν ἄνωθεν καπνοδόχου. Εἶναι ἡ περίπτωση κεκορεσμένου στρώματος μίξης καὶ ἡ παγίδευση τῶν Ρυπαντῶν (Trapping).

Εἰκὼν 7. Δείκνυται ἐδῶ ἡ ἐπιφανειακὴ ἀντιστροφή νέφους ρυπαντῶν κάτωθεν καπνοδόχου.

Εἰκὼν 8. Παρουσιάζει τὴ δίκαιτα-διασπορὰ ρυπαντῶν ἐκ καπνοδόχων σὲ παραθαλάσσια περιοχὴ.

Εἰκὼν 9. Δείκνυνται ἐδῶ οἱ ἀεροδυναμικὲς ἐπιπτώσεις διασπορᾶς νέφους ρυπαντῶν.

Εἰκὼν 10. Δείκνυται ἐδῶ ἡ διασπορὰ νέφους ρυπαντῶν σὲ βαθιὰ κοιλάδα καὶ δύο περιπτώσεις ὕδροδυναμικῆς διαχύσεως σὲ εἰδικὴ γεωμετρία ἐδάφους μὲ τὴν ἐπενέργεια τῶν ἀεροδυναμικῶν στροβίλων (Aerodynamic Eddies).

Εἰκὼν 11. Δείκνυται τὸ ἀποτελεσματικὸ (Effective) ὕψος καπνοδόχου ἐπαρκoῦς διασπορᾶς ρυπαντῶν στὴν ἀτμόσφαιρα.

Εἰκὼν 12. Δείκνυται ἡ ἀεροδυναμικὴ λειτουργία καὶ ὁ μηχανισμὸς διασπορᾶς ρυπαντῶν στὴν ἀτμόσφαιρα.

Εἰκὼν 13. Παρουσιάζεται γεωμετρικῶς ἡ ἐκπομπὴ ἐκ πηγῆς καὶ ἡ δίκαιτα μεταβολῆς, διασπορᾶς-μίξης ρυπαντοῦ (σὲ τρισδιάστατο χῶρο καρτεσιανῶν συντεταγμένων) καὶ ἐν ταυτῷ ἡ μαθηματικὴ ἐξίσωση συγκέτρωσης ρυπαντοῦ (Pollutant

Concentration) και «ἀραιώσής» του εἰς τὰ κατάντη τοῦ πεδίου ροῆς στὴν ἀτμόσφαιρα.

Εἰκὼν 14. Ἡ εἰκὼν παρουσιάζει τὸ ἀποτέλεσμα καὶ τὴν ἐπίπτωση τῆς ταχύτητος τοῦ ἀνέμου στὴ δομὴ-μορφὴ συγκέντρωσης τοῦ ρυπαντοῦ. Ἐπίσης παρουσιάζεται ἐκεῖ ἓνα μοντέλο ὑπολογισμοῦ ρυπαντικῆς ποσότητος σὲ πρακτικὸ τύπο μιᾶς πόλης μὲ τὰς ἐξῆς παραμέτρους:

(i) Τὴν ἐκπεμπομένην ποσότητα ρυπαντῶν ἀνὰ μονάδα ἐπιφανείας (Q) (ii) τὴν μέσην ταχύτητα ἀνέμου (U) (iii) τὸ μῆκος εἰς τὰ κατάντη (L) (iv) τὸ μέγεθος συγκέντρωσης ρυπαντῶν (C) (v) ἡ τιμὴ ρύπανσης μετὰ ἐπαρκῆ ἀνάμιξη (H).

$$\text{Ὁ μαθηματικὸς τύπος εἶναι: } C = \frac{QL}{UH}.$$

IV. ΔΙΑΣΠΟΡΑ - ΔΙΑΧΥΣΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΟΥ ΜΟΛΥΝΣΗΣ) ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΥΡΗΝΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ CHERNOBYL ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ

Ἡ διάχυση-διασπορὰ ραδιενεργείας ἀκολουθεῖ τὸν ἴδιο μαθηματικὸ νόμο διάχυσης-διασπορᾶς (Diffusion-Dispersion) μὲ μόνη τὴ διαφορὰ πὼς ἡ κύρια παράμετρος εἶναι ἡ συγκέντρωση ἐνεργῶν ραδιοϊσοτόπων-ιόντων (radioactive) ἀντὶ τῆς συγκέντρωσης κλασικῶν ἀνενεργῶν (οὐδετέρων-neutral) ρυπαντῶν ὕλης (μάζας) ἢ ἐνέργειας (θερμικῆς).

Ἔτσι στὴν εἰκὼνα 15, ἀπεικονίζεται ἡ περιοχὴ τοῦ Chernobyl σὲ μεγέθυνση μικροῦ τμήματος ἐπὶ τῆς σφαίρας τῆς ὕδρογείου ποὺ δείχνει κυρίως τὴ γεωγραφικὴ περιοχὴ τῆς Κεντρικῆς Εὐρώπης καὶ τῆς Σοβιετικῆς Ἑνώσεως (USSR).

Ἡ εἰκὼν 16 δεικνύει τὴ διαδοχικὴ ἐξάπλωση-ἐπέκταση τῆς διάχυσης-διασπορᾶς τοῦ ραδιενεργοῦ νέφους ἀπὸ τῆς 27 Ἀπριλίου καθημερινῶς μέχρι τῆς 6ης Μαΐου 1987. Ὁ καθορισμὸς τῆς διάχυσης-διασπορᾶς τῶν ραδιοϊσοτόπων-ιόντων στὶς χῶρες τοῦ Βορείου Ἡμισφαιρίου καὶ τῆς Κεντρικῆς Εὐρώπης μέχρι καὶ τῆς Μεσογείου, εἶναι βασισμένος σὲ μοντέλο ἡλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ τοῦ Ἑθνικοῦ Ἐργαστηρίου τῆς Καλιφόρνιας (Laurence Livermore Laboratory— Computer Simulation Model), θεμελιωμένο σὲ μετεωρολογικὰς μετρήσεις τῆς Ἀμερικανικῆς Ἀεροπορίας.

Ἡ εἰκὼν 17 καθορίζει μὲ ἀρκετὴ ἀκρίβεια τὴν περιοχὴ διάχυσης τοῦ πυρηνικοῦ ραδιενεργοῦ νέφους τὴν 1ην Μαΐου, ἑπτὰ ἡμέρες μετὰ τὴν ἔκρηξη, μὲ σημεῖα πυκνότητος-συγκέντρωσης ρυπαντοῦ στὶς διάφορες περιοχές. Τέλος ἡ εἰκὼν 18 ἀποτελεῖ προσωπικὴ ἐπικοινωνία τοῦ Δρος Δ. Α. Ρετάλη, ὑπευθύνου τοῦ Ἰνστιτούτου Μετεωρολογίας καὶ Φυσικῆς τοῦ Ἑθνικοῦ Ἀστεροσκοπεῖου Ἀθηνῶν. Εἶναι ἐξαιρε-

τικῶς ἐνδιαφέρουσα, καθόσον παρουσιάζει τὸν ἰονισμόν τῆς ἀτμοσφαίρας τῶν Ἀθηνῶν μεγαλύτερον τοῦ συνήθως καθιερωμένου. Στὸ διάγραμμα τῆς εἰκόνας 18, φαίνεται ἡ μεταβολὴ τῆς συγκέντρωσης τῶν θετικῶν ἰόντων ($n+$) καὶ ἀρνητικῶν ($n-$) «μικρῶν» ἰόντων τῆς ἀτμόσφαιρας γιὰ τὶς ἡμέρες ἀπὸ 27 Ἀπριλίου 1986 (ἐπομένῃ τοῦ ἀτυχήματος τοῦ Τσερνόμπιλ) μέχρι καὶ τῆς 15 Μαΐου 1986. Οἱ τιμὲς εἶναι οἱ μέσες ἡμερήσιες (ἰόντα /κυβικὸν ἑκατοστὸν ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος). Τὸ διάγραμμα δείχνει καθαρά, πὼς ἡ αὐξηση τῆς συγκέντρωσης τῶν «μικρῶν» ἰόντων τοῦ ἀέρος, ἄρχισε νὰ αὐξάνει σημαντικὰ στὴν περιοχὴ τοῦ Ἑθνικοῦ Ἀστεροσκοπεῖου Ἀθηνῶν (Ε.Α.Α.) ἀπὸ τὸ Μεγάλο Σάββατο ἤτοι τὴν 3ην Μαΐου καὶ παρουσίασε τὶς μεγαλύτερες τιμὲς τῇ Δευτέρᾳ 5ῃ Μαΐου 1986. Οἱ τιμὲς αὐτὲς συγκρινόμενες πρὸς τὴ μέση ἐτήσια τιμὴ τῆς τελευταίας πενταετίας (Ε) ἢ τὴ μέση τιμὴ τοῦ Μαΐου (Μ) γιὰ τὴν ἴδια πενταετία, εἶναι γιὰ μὲν τὰ μικρὰ θετικὰ ἰόντα (—) 3,7 φορές μεγαλύτερη, καὶ γιὰ τὰ ἀρνητικὰ μικρὰ ἰόντα (---) 4,6 φορές μεγαλύτερα. Σὲ μέσες ὠριαῖες τιμές, βρέθηκαν μερικὲς πρὸς ἥσαν 5 καὶ 6 φορές μεγαλύτερες. Ἀπὸ τὴν Πέμπτη 8 Μαΐου 1986, οἱ τιμὲς μειώθηκαν σημαντικὰ, παραμένουν ὅμως μεγαλύτερες τῶν κανονικῶν. Ὡς τονισθεῖ ἐδῶ πὼς ὁ συνήθης ἰονισμὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος ὑπεράνω τοῦ ἐδάφους ὀφείλεται κυρίως στὴν ἀκτινοβολία πρὸς ἐκπέμπεται ἀπὸ τὰ ραδιενεργὰ σωματίδια τῆς ἀτμόσφαιρας (κοσμικὴ ἀκτινοβολία) καὶ τῆς ἐπιφάνειας τῆς Γῆς. Ὡς ἄνω μέτρηση τοῦ Ε.Α.Α. καταδεικνύει ποιά ἦταν ἀκριβῶς ἡ ἀκριβὴς ἐπίπτωση τῆς ραδιενεργοῦ μόλυνσης ἐκ τοῦ Chernobyl στὸν ἐλληνικὸ χῶρο, εἰδικότερα στὸ χῶρο τοῦ Λεκανοπεδίου Ἀθηνῶν.

REFERENCES

1. Ε. Α. Μπουροδήμου, (α) *Ἡ θετικὴ Ἐπιστήμη εἰς τὴν Ὑπηρεσίαν τῆς Εἰρήνης καὶ τῆς Εὐημερίας*, «Τεχνικὰ Χρονικὰ» τεύχος 145-146, 1-15 Ἰανουαρίου 1958, Ἀθῆναι.
(b) *«Ecological Crisis and Technology»*, Procs. of the European Philosophy Conference, June 24-28, 1985 (Athens, Cultural Capital of Europe), Athens 1985.
2. D. Ehrenfeld, *«The Arrogance of Humanism»*, Oxford University Press. Oxford England, 1981.
3. L. Mumford, (a) *«Art and Technics»*, Columbia University Press, the Bampton Lectures in America, New York 1952, (b) *The Myth of the Machine. Technology and Human Development*, Harcourt Brace and World, New York 1967.
4. A. Lewis, *«The Myth of the Machine»* The New York Times, February 12, 1976.
5. The Wall Street Journal *«The Russian Syndrome Review and Outlook»* April 30, 1986.

6. Daedalus, (a) *Modern Technology: Problem or Opportunity?*, Winter 1980, (b) *Limits of Scientific Inquiry*, Spring 1978 Journal of the American Academy of Arts and Sciences.

7. D. Hayes, *Rays of Hope The Transition to a Post Petroleum World*, A World-watch Institute Book, W. W. Norton Co. Inc. New York, 1977.

8. G. M. Fair & J. C. Geyer, *Elements of Water and Wastewater Disposal* John Wiley & Sons, Inc. New York, 1965.

9. K. Courrier and R. Munson, *Environmental Choices we can live with* Life after '80 Brick House Publishing Co. Andover, Massachusetts 1980.

10. United States Atomic Energy Commission, *Annual and Semiannual Reports to Congress* 1945-73.

11. D. L. Barlett and J. B. Steele, *Forevermore: Nuclear Waste in America* W. W. Norton & Co. New York & London 1985.

12. D. Burnham, *Safe Nuclear Waste Disposal held as still unsolved* The N.Y. Times, March 14, 1979.

13. E. T. Chanlett, *Environmental Protection* Mc. Graw Hill Co. Second Edition New York 1979.

14. D. Plessas, *The Social Cost of Air Pollution in the Greater Athens Region*, Center of Planning and Economic Research, Athens 1980.

15. Ε. Α. Μπουροδής, «Τὸ Πρόβλημα τῆς Ὑδροδυναμικῆς Διαχύσεως-Διασπορᾶς Ροπαντῶν στὴν Ἑλληνικὴ Ἀτμόσφαιρα» ΠΑΑ, τόμ. 54, 1979.

16. Metcalf and Eddy Inc., *Wastewater Engineering* (Treatment, Disposal and Re-use) Mc. Graw Hill Co., Second Edition, New York 1979.

17. B. Commoner, *The Closing Circle - Man, Nature and Technology* A. A. Knopf, New York 1971.

18. A. I. Oparin, *The Origin of Life on Earth*, Academic Press. New York 1957.

19. E. P. Odum, *Ecology* Holt, Rinehart and Winston. New York 1963.

20. B. Commoner, (a) *Nature Unbalanced: How man interferes with the Nitrogen cycle* Scientist and Citizen, 10:1 January 1968, (b) *Biochemical, Biological and Atmospheric Evolution* Procs. National Academy of Sciences Vol 53.

21. G. Hardin, *The Tragedy of the Commons* Science, 162, Dec. 13, 1968.

22. K. E. Boulding, *The Meaning of the 20th Century: The Great Transition* Harper and Row, N.Y. 1964.

23. P. R. Ehrlich, *The Population Bomb*, A Ballantine Book New York 1968.

24. W. Howard, *Man's Population and Environmental Crisis*, Natural Resources Lawyer, 4 (Jan. 1971).

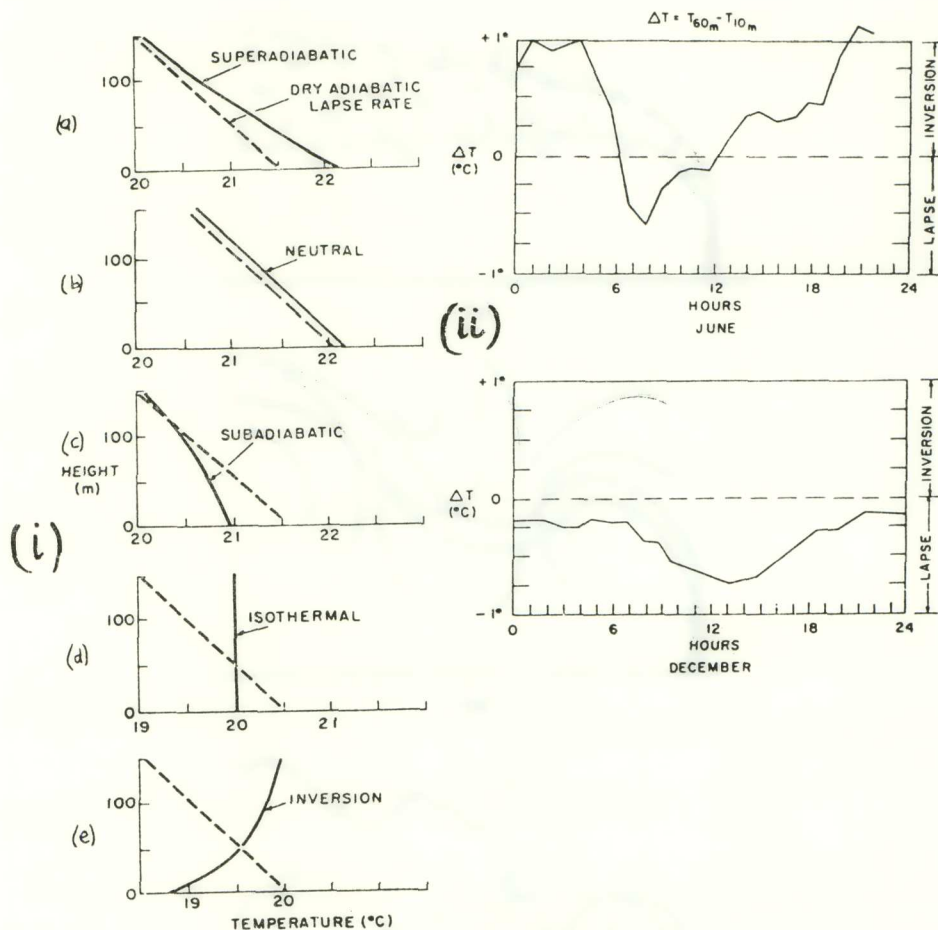
25. J. P. Dixon et al, *Air Conservation*, American Association for the Advancement of Science, Washington D. C. 1965.

26. L. J. Fuller et al, *Profile of Air Pollution Control in Los Angeles County*, Los Angeles County Air Pollution Control District 1967.

27. Virginia Brodine, *Air Pollution* Harcourt, Brace & World, New York 1972.

28. J. W. Clark, W. Viessman, Jr. and M. J. Hammer, «*Water Supply and Pollution Control*», Third Edition, Harper and Row Publishers, New York 1977.
29. A. L. H. Gameson, «*Discharge of Sewage from Sea Outfalls*», Procs. of the London International Symposium. August 27 - Sept. 2, 1974 (Supplement to Progress in Water Technology Pergamon Press).
30. Ε. Α. Μπουροδής, «*Ενέργεια και Ύγειονομική-Οικολογική Προστασία του Έλληνικού χώρου*» ΤΕΕ-Συνέδριο με θέμα «Το Ένεργειακό Πρόβλημα της Έλληνικής οικονομίας Σήμερα», Αθήναι 23-28 Μαΐου 1977.
31. Ε. Α. Μπουροδής, «*Πυρηνική ή Ήλιακή Ενέργεια ή Καλύτερη λύση για την Ελλάδα*», «Καθημερινή» 5-12 Σεπτεμβρίου 1978, Paper for the Conference Energy and Community Development-July 10-15, 1978.
32. Ε. Λ. Βουροδής, (a) «*Ecology and Energy Planning for Survival*» 4th University of Miami International Conference on Alternative Energy Sources Dec. 14-16, 1981, (b) «*Energy Policy and Planning Revisited*» 7th University of Miami International Conference on Alternative Energy Sources» Dec. 9-11, 1985 Session 4E: Techno-Socio-Economics of Energy.
33. Ε. Α. Μπουροδής, «*Το Ένεργειακό μας Πρόβλημα και ο Προγραμματισμός του*», ΠΑΑ, τομ. 53, 1978.
33. The Economist «*Life Without Nuclear Power*» May 24-30, 1986.
34. T. Amos, J. Turk and J. T. Wittes, «*Ecology, Pollution, Environment*», W. B. Saunders Co. Philadelphia 1972.
35. E. P. Odum, «*Fundamentals of Ecology*», W. B. Saunders Co. Philadelphia, 3rd Ed. 1971.
36. American Chemical Society, «*Cleaning our Environment: the Chemical Basis for Action*», Washington D. C. 1969.
37. M. A. Benarde, «*Our Precarious Habitat*», W. W. Norton Co. New York 1970.
38. J. Schell, «*The Fate of the Earth*», Avon Books with A. A. Knopf, New York 1982
39. Marshall McLuhan, «*Understanding Media. The Extensions of Man*», A Mentor and Signet Book, New American Library, New York 1964.
40. The Ecologist, «*A Blueprint for Survival*» Penguin Books, Middlesex, England 1972.
41. «*Technology and National Policy*» A Special Report from the Editors of High Technology Magazine.
42. P. Handler (Ed.), «*Biology and the Future of Man*» New York, Oxford University Press 1970.
43. R. M. Linton, «*Terracide*» Boston, Little, Brown and Co. 1970.
44. E. Flack and M. C. Shipley, Eds, «*Man and the Quality of his Environment*» Boulder: Univ. of Colorado Press 1968.
45. L. J. Battan, «*The Unclean Sky*» N. Y. Doubleday & Co. 1966.
46. Ε. Α. Μπουροδής, «*Η Δυναμική Ίσορροπία των Οικοσυστημάτων και ο Ύγειονομικός-Οικολογικός Σχεδιασμός του Έλληνικού χώρου*», ΠΑΑ, τομ. 52, 1977.

47. ΚΕΠΠΕ: Έκθεση ομάδα εργασίας. Πρόγραμμα ανάπτυξεως 1976-80 «Τὸ Περιβάλλον» ΚΕΠΠΕ - Ἀθῆναι 1976.
48. Ὑπουργεῖο Ἐθνικῆς Οἰκονομίας. Κέντρο Προγραμματισμοῦ καὶ Οἰκονομικῶν Μελετῶν «Πρόγραμμα Οἰκονομικῆς καὶ Κοινωνικῆς Ἀνάπτυξης 1983-1987» Προκαταρκτικὴ Εἰσήγηση Ἀθῆνα Αὐγούστου 1985 (κεφ. XXI: Προστασία καὶ Ἀναβάθμιση τοῦ Περιβάλλοντος σ. 398-400).
49. A. S. Stern «Air Pollution» Academic Press Vols. (I, II, III) New York 1968.
50. H. R. Lewis «With Every Breath you Take» Crown Publishers New York 1965.
51. National Tuberculosis and Respiratory Disease Association «Air Pollution Primer», New York 1969.
52. H. C. Perkins «Air Pollution» Mc Graw Hill Co., New York 1974.
53. P. A. Leighton «Photochemistry of Air Pollution» Academic Press, New York 1961.
54. R. Scorer «Air Pollution» Regramon Press, Oxford, 1948.
55. B. D. Turner «Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates» U. S. Public Health Service Publication 999-AP-26 Revised 1970 Edition.
56. F. Pasquill and F. B. Smith «Atmospheric Pollution: A Study of the Dispersion of Windborne Material from Industrial and other Sources». Ellis Horwood Limited and John Wiley and Sons, New York 1983.
57. Morton B. R., G. I. Taylor and J. S. Turner «Turbulent gravitational Convection from Maintained and Instantaneous Sources» Procs. Royal Society (London) Ser. A. Vol. 234 (pp. 1-23), 1956.
58. G. A. Briggs. «Plume Rise Model Compared with Observations.» Journal Air Pollution Control Association Vol. 15. pp. 433-438, 1965.
59. J. A. Fay, M. Escudier and D. P. Hoult «A Correlation of Field Observations of Plume Rise» Journal of Air Pollution Control Association, Vol. 20 pp. 391-397, 1970.
60. M. Smith (ed.) «Recommended Guide for the Prediction of the Dispersion of Airborne Effluents» Amer. Society of Mechanical Engineers, 1968.
61. Ε. Α. Μποροδής μου «Πρόκληση Ἑξυγίανσης: Ἡ Ἀποχέτευση τῶν Ἀθηνῶν ὡς Τεχνικὸ Πρόβλημα καὶ ὡς Κοινωνικὸ Αἶτημα» Ἀθῆναι, Μάρτιος 1985 (Ἔκδοση IMAGO).
62. ΔΕΗ. Δημόσια Ἐπιχείρηση Ἡλεκτρισμοῦ. Διεύθυνση Προγραμματισμοῦ. Πρόγραμμα Ἀνάπτυξης 1985-1989 - 1994.
63. Ε. Α. Μποροδής μου, Τὸ Πρόβλημα τῆς Ὑδροδυναμικῆς Διαχύσεως - Διασπορᾶς Ρυπαντῶν στὴν Ἑλληνικὴ Ἀτμόσφαιρα, ΠΑΑ, τόμ. 54, 1979.



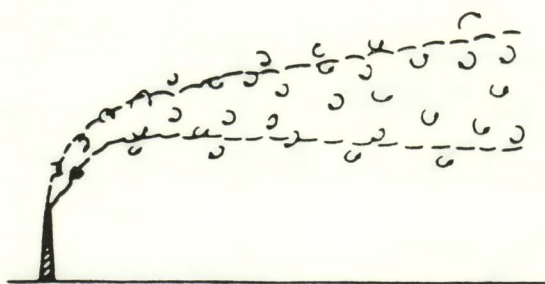
Εικόνα 1. Μοντέλα τάσεων θερμοκρασιακών καθ' ύψος Μεταβολών και 'Ατμοσφαιρική Σταθερότητας (Atmospheric Stability). (i) (α)-(β)-(γ)-(δ)-(ε) ii) 'Ημερήσιοι θερμοκρασία και Μεταβολαι σε 'Ακτή Δίμνης.

(I) TYPICAL ENVIRONMENTAL LAPSE RATES

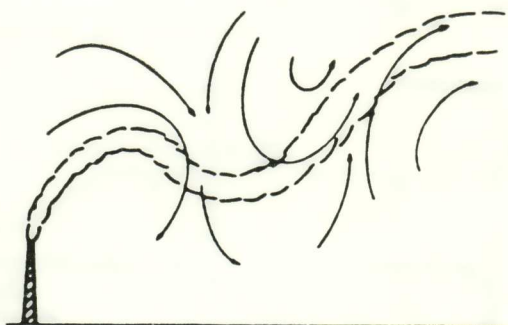
Typical examples of vertical temperature profiles are shown in comparison with the dry adiabatic lapse rate (-1°C/100m) which serves as a reference for distinguishing unstable from stable cases. The position of the dashed line representing the adiabatic lapse rate is not important, is significant only as far as its slope is concerned.

(II) DIURNAL VARIATIONS OF LAPSE RATES ON LAKE SHORE

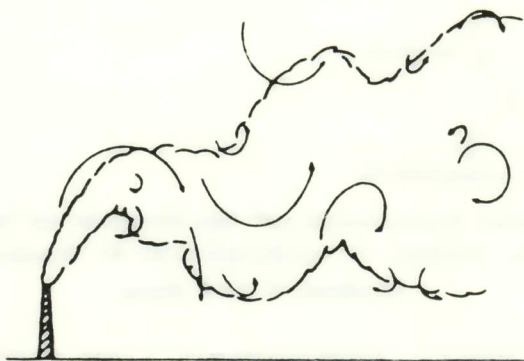
In June, the relatively cold lake water causes temperature inversion to persist close to the ground most of the day. In the morning, the sun destroys the inversion, but in the afternoon the developing lake breeze reestablishes the stable condition. In the winter months, the relatively warm lake maintains lapse conditions throughout the day.



(α)

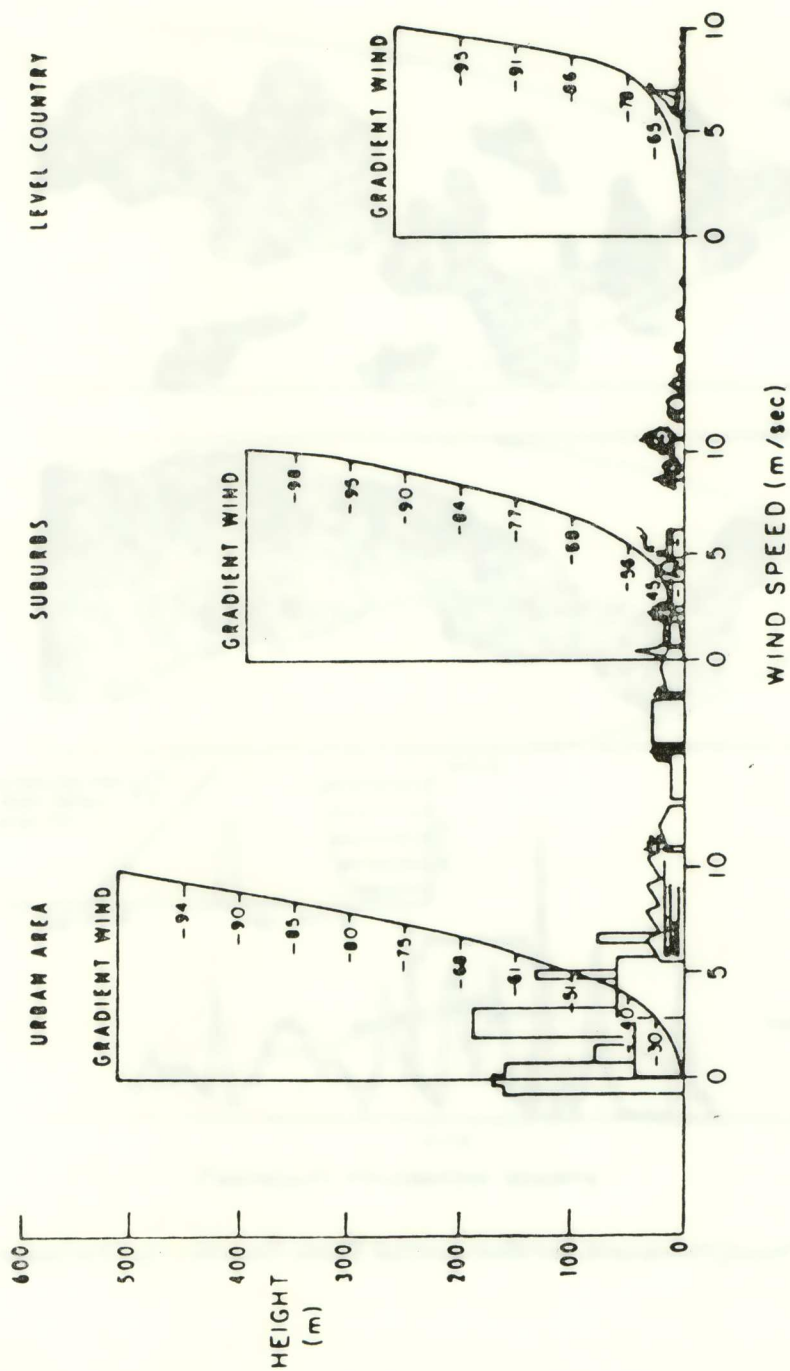


(β)

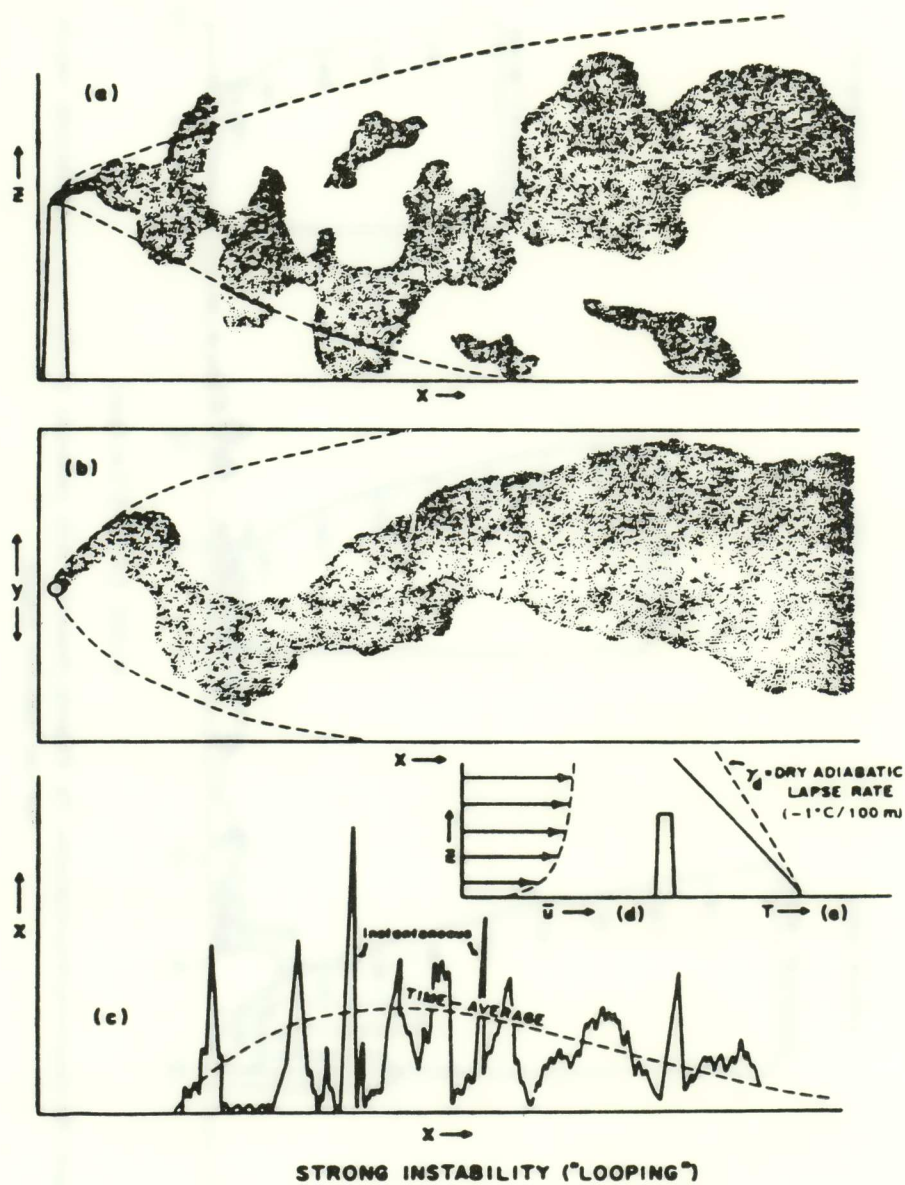


(γ)

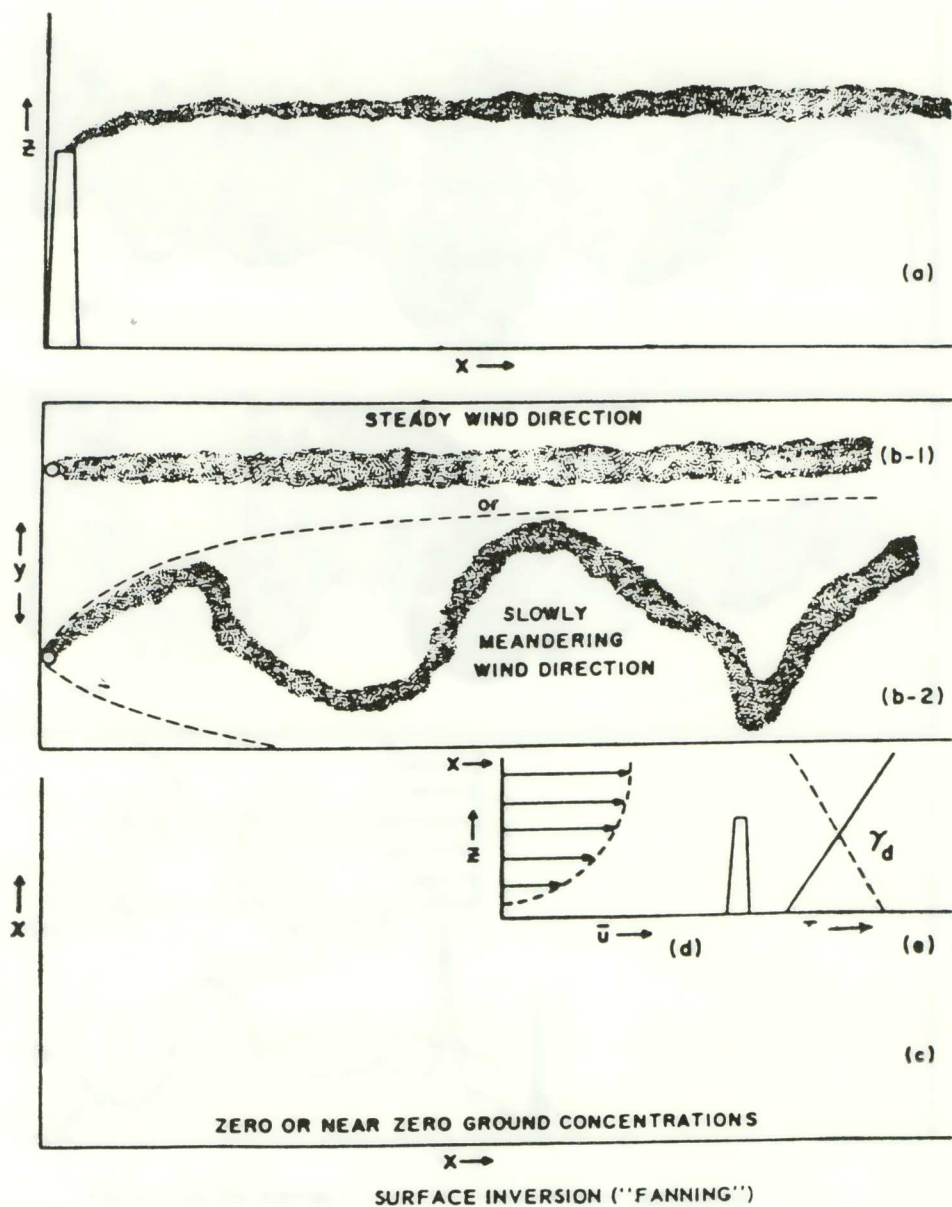
Εἰκὼν 2. (α) Νέφος ρυπαντῶν Διαχεόμενον ἐντὸς Ἀτμοσφαιρικοῦ Πεδίου μικρῶν στροβίλων-δινῶν (Eddies). (β) Διασπορά ρυπαντῶν ἐντὸς πεδίου μεγάλων στροβίλων-δινῶν. Ἐὰν οἱ στροβίλοι εἶναι μεγάλοι σὲ σχέση μετὰ τῆς διαστάσεως τοῦ νέφους, τὸ νέφος τῶν ρυπαντῶν ἀκολουθεῖ πορεία μαιανδρική ἔντονη. (γ) Διασπορά ρυπαντῶν ἐντὸς πεδίου μεταβαλλομένων στροβίλων-δινῶν.



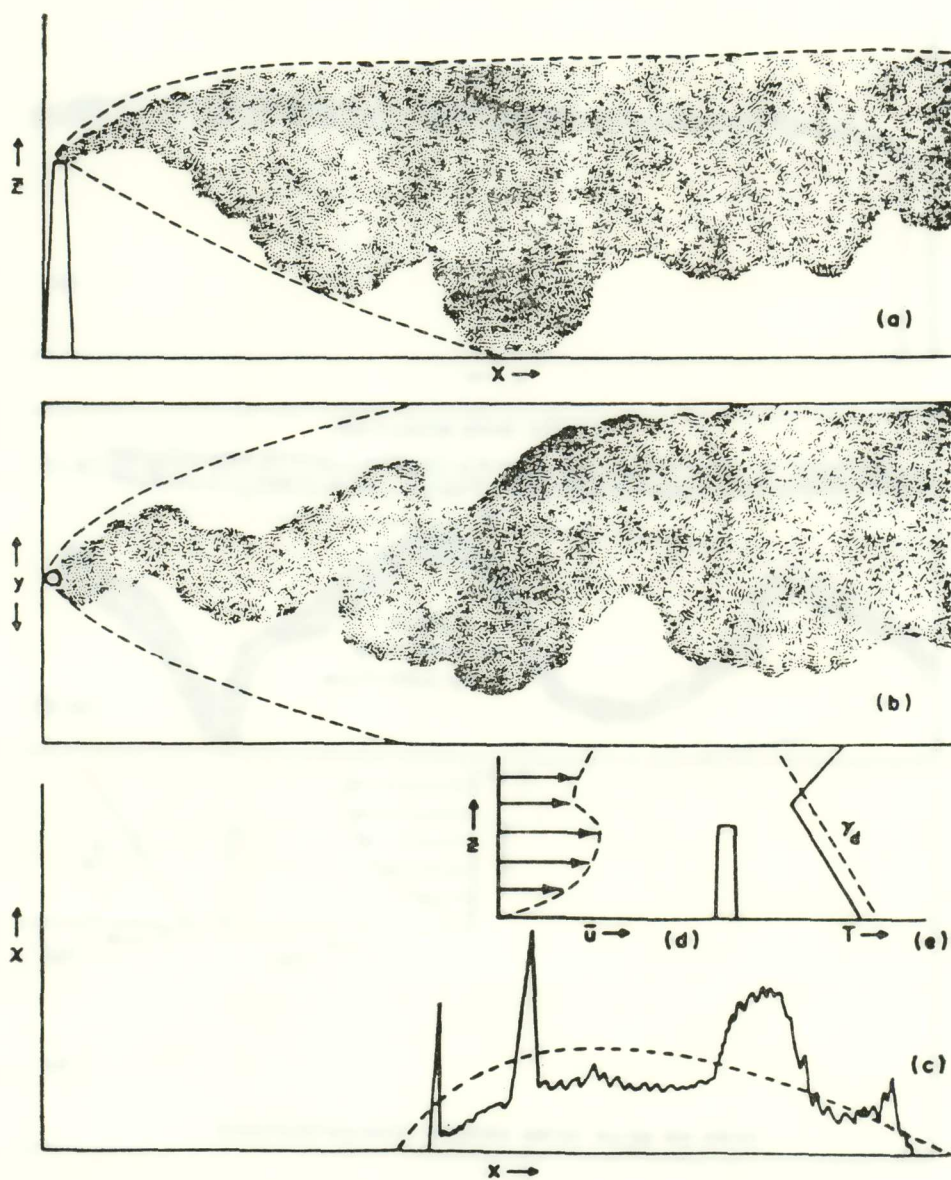
Εἰκὼν 3. Ἡ ἐπιρροὴ τῆς τραχύτητος-ἀνομοιομορφίας τῆς ἐδαφικῆς ἐπιφανείας στὴν κατατομὴ (profile) καὶ μορφὴ διανομῆς ταχυτήτων τῶν πνεύματων ἀνέμων.



Εἰκὼν 4. Ἰσχυρὴ ἀτμοσφαιρικὴ Ἀστάθεια-Διασπορά Νέφους Ρυπαντῶν στὴν Ἀτμόσφαιρα.

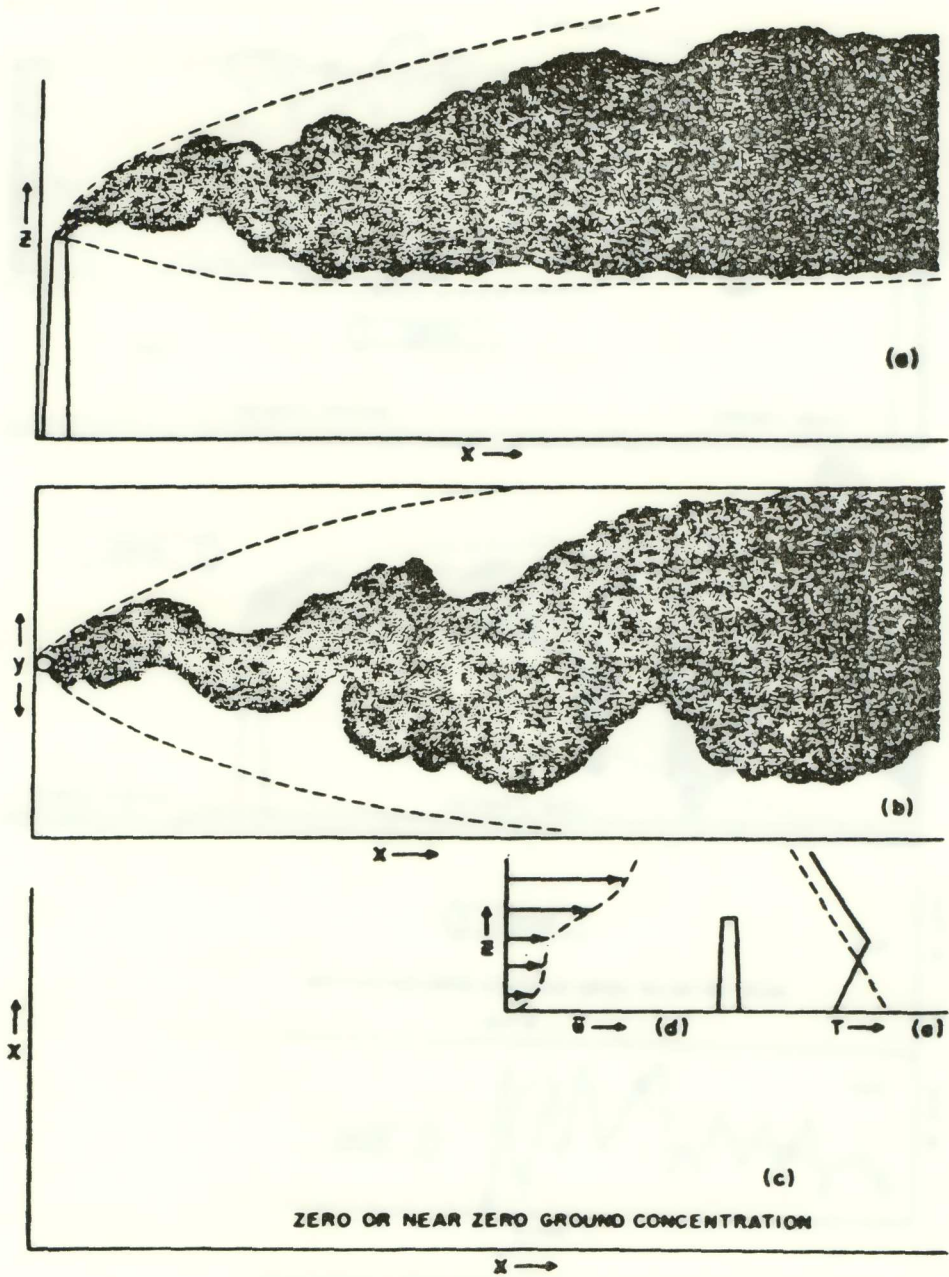


Εικόνα 5. 'Επιφανειακή Θερμοκρασιακή και 'Υδροδυναμική 'Αντιστροφή.

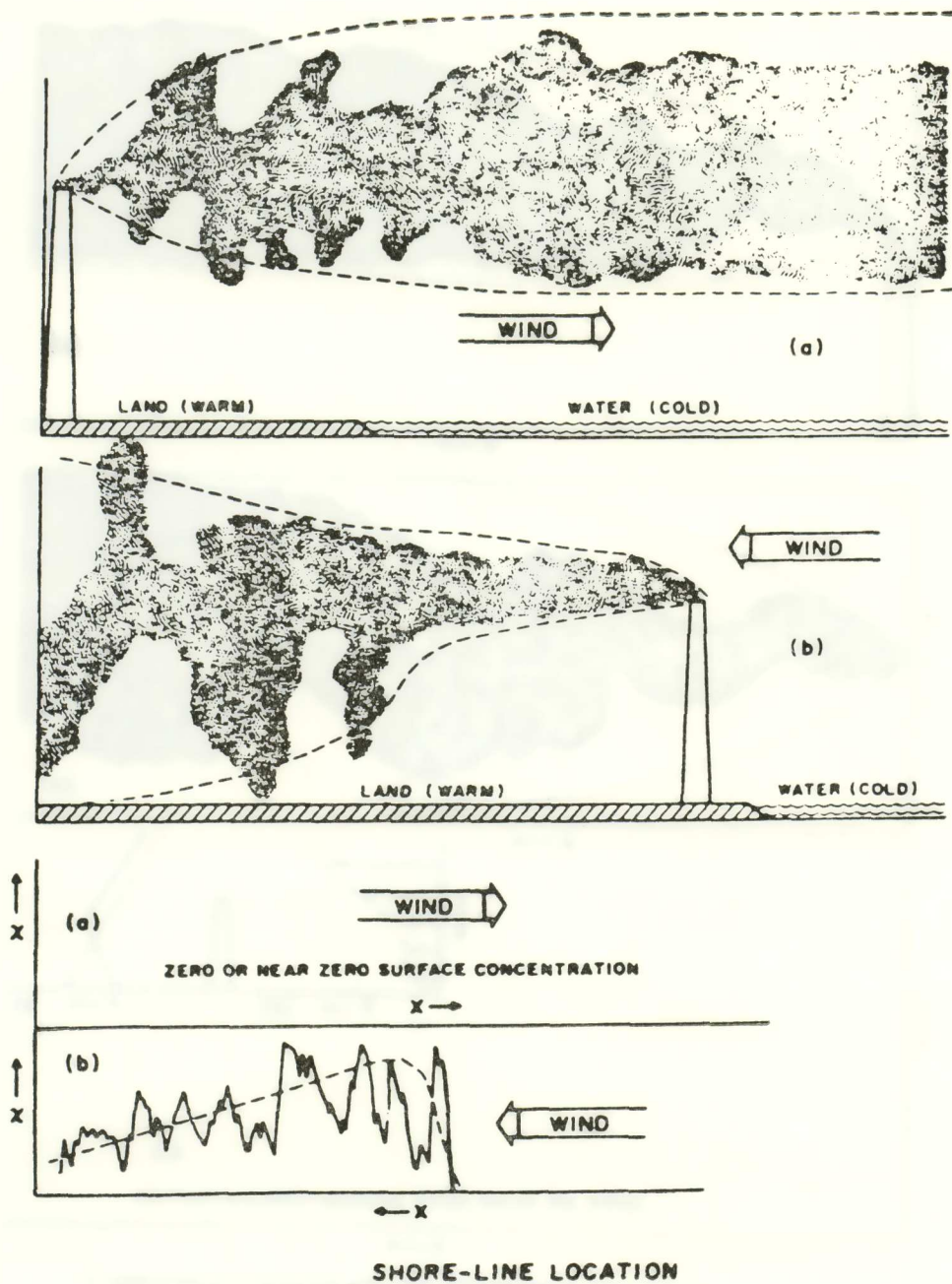


INVERSION ALOFT-ABOVE STACK ("LIMITED MIXING LAYER OR TRAPPING")

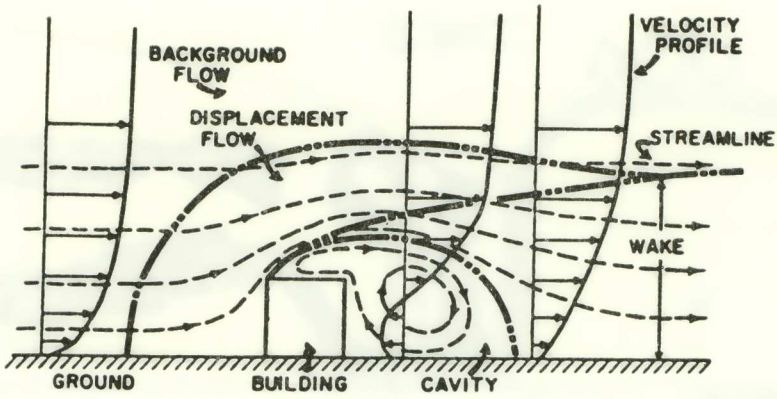
Εικόνα 6. 'Αντιστροφή Νέφους Ρυπαντών άνωθεν Καπνοδόχου. (Περίπτωση «Περιορισμένου στρώματος μίξεως») (Παγίδευσις=Trapping).



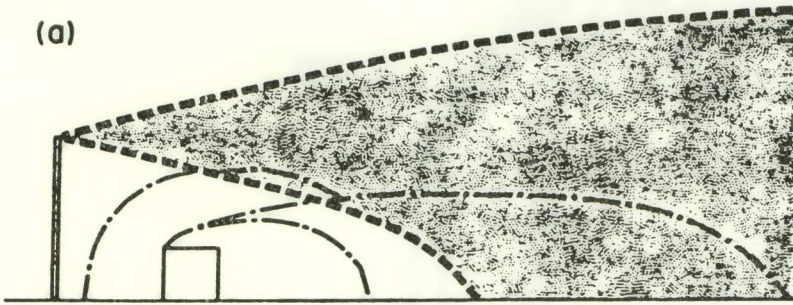
Εικόνα 7. 'Επιφανειακή 'Αντιστροφή Νέφους Ρυπαντῶν κάτωθεν πατηνοδόχου («Lofting»)-'Υπερύψωσις).



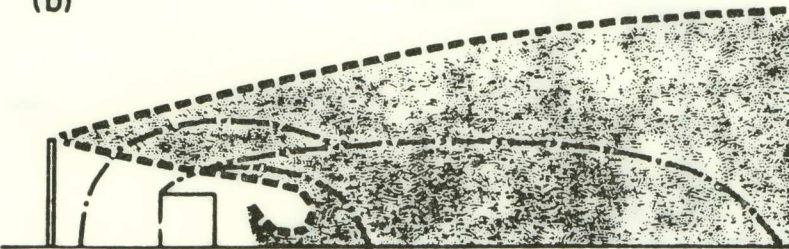
Εικὼν 8. Σχηματικές Μορφές (Patterns) Διασποράς Νέφους Ρυπαντῶν σὲ Παραθαλάσσια περιοχή.



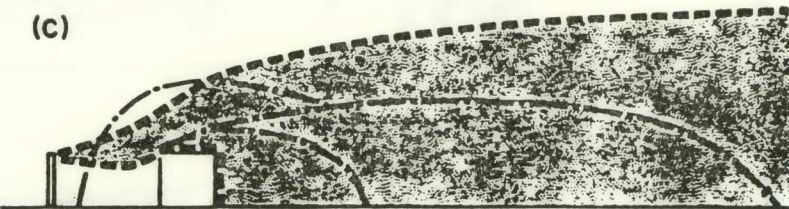
(a)



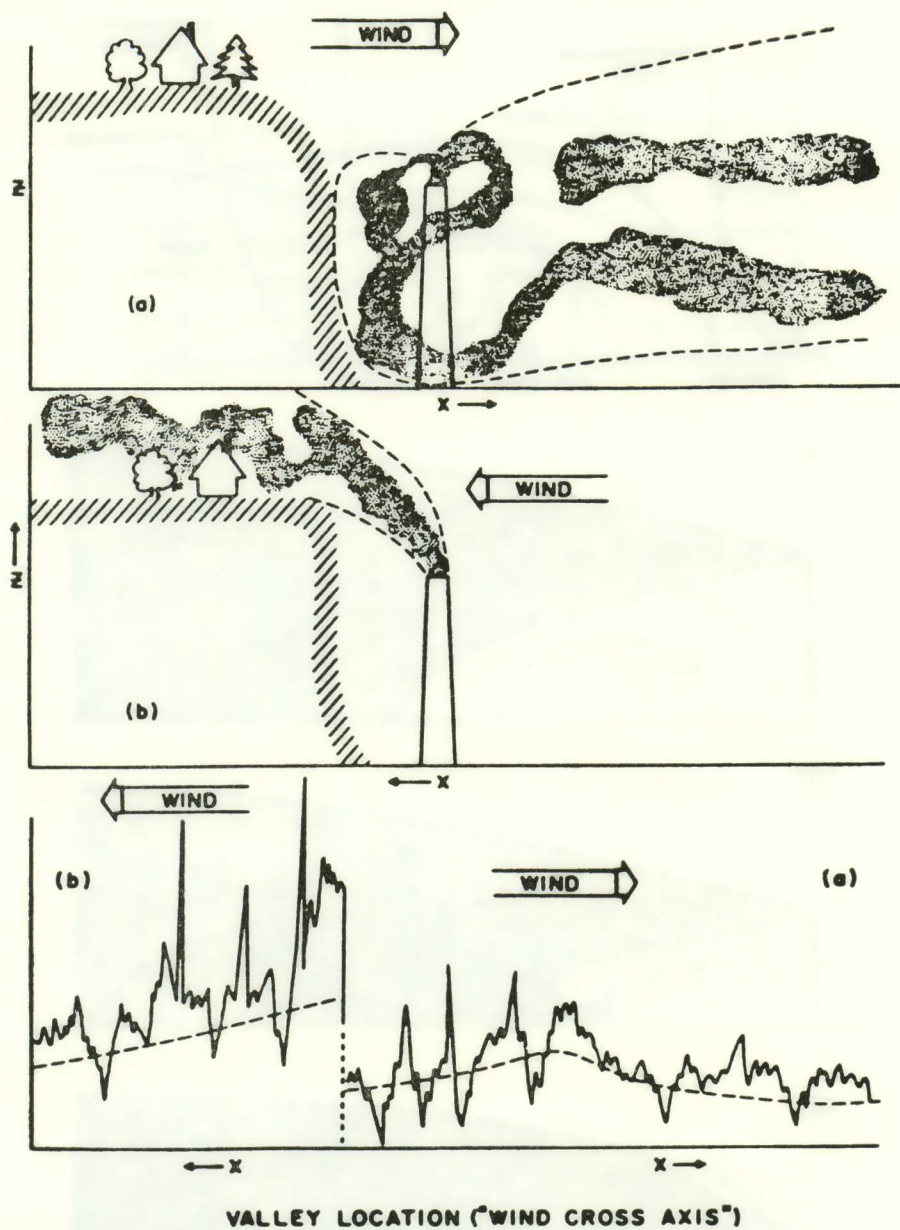
(b)



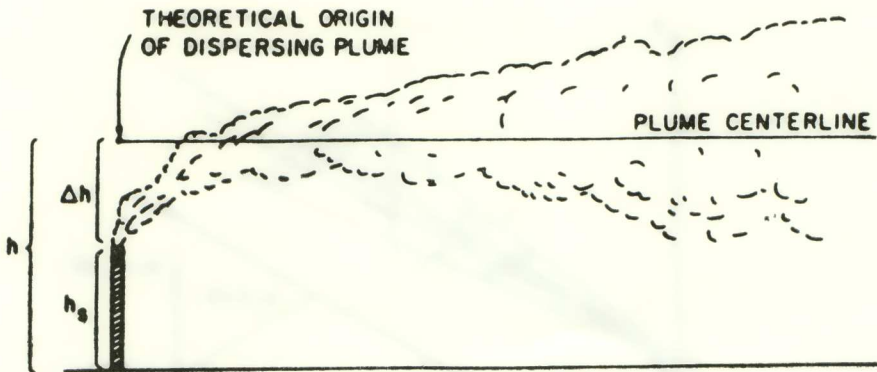
(c)



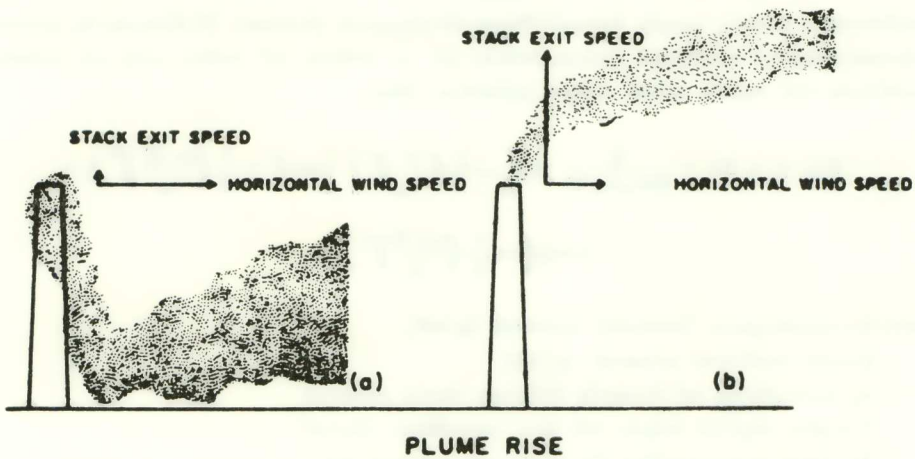
Εἰκὼν 9. Ἀεροδυναμικὲς Ἐπιπτώσεις διασποράς Νέφους Ροπανητῶν.



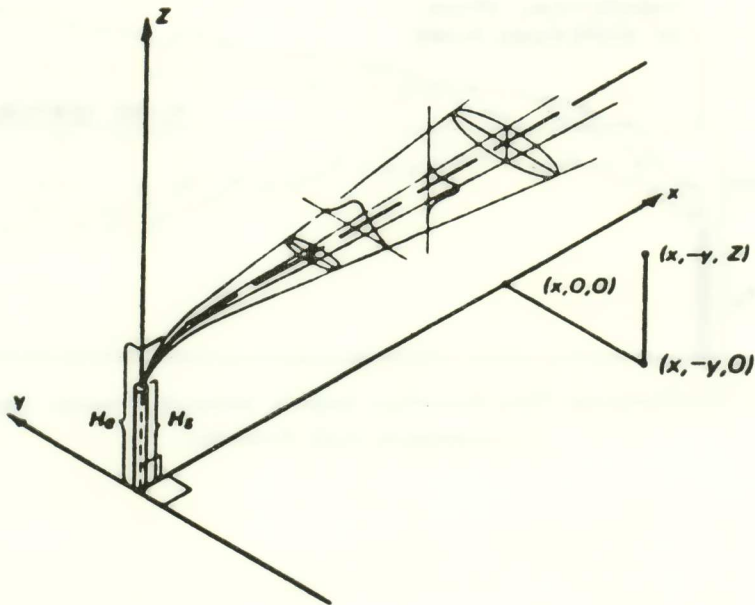
Εικόνα 10. Διασπορά Νέφους Ρυπαντών σε βαθιά κοιλάδα. Μορφές Υδροδυναμικής Διαχύσεως επί επιφανείας εδάφους τη επερνεγεία αεροδυναμικών στροβίλων.



Εικόνα 11. 'Αποτελεσματικό 'Υψος Καπνοδόχου έπαρκούς διασποράς Ρυπαντών (Μαθηματική 'Αντιπροσώπευση πηγής Ρυπαντών).



Εικόνα 12. 'Αεροδυναμικές Μορφές Λειτουργίας - Διασποράς Ρυπαντών.



Εικόνα 13. Σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων παριστάνον διανομήν ρυπαντών από πηγή (τριδιάστατος χώρος), μορφής διανομής Gauss (Μαθηματικό Μοντέλο). 'Η εξίσωση της συγκεντρώσεως ρυπαντού (pollutant concentration) εις τὰ κατάντη τοῦ πεδίου ροῆς γιὰ ρύπανση πηγάζουσα ἀπὸ σημεῖο (point source pollution) εἶναι:

$$X(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z U} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left[\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right) + \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right) \right]$$

ὅπου: X =συγκέντρωση (ποσοτική) ρυπαντοῦ (g/m^3)

Q =ροή ποσότητος ρυπαντοῦ (g/sec)

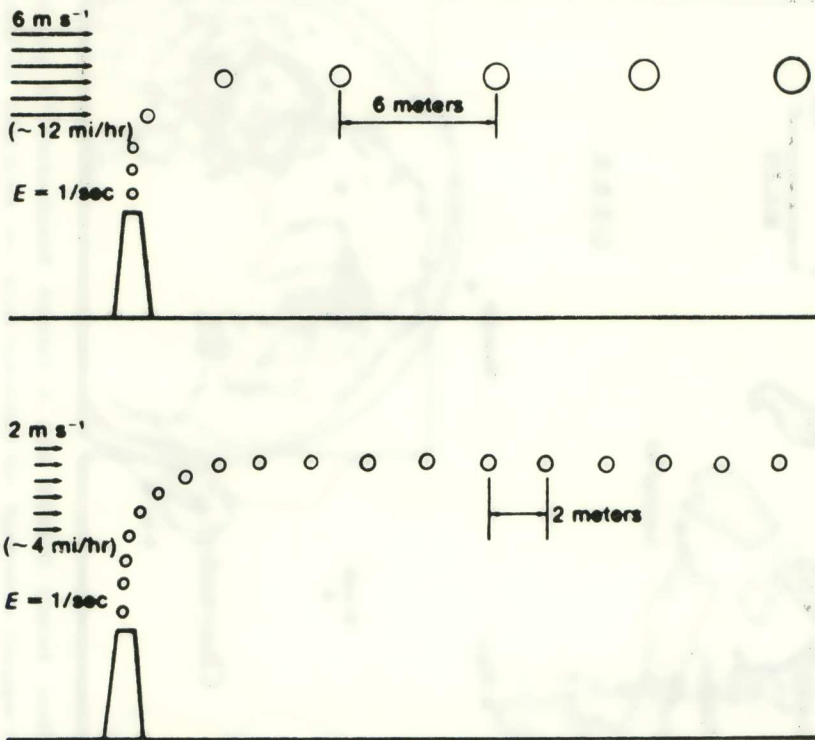
σ_z, σ_y =κάθετος καὶ ἐγκάρσια ἀπόκλιση νέφους ρυπαντοῦ

U =μέση ταχύτης ἀνέμου στὸ ὕψος καπνοδόχου (m/sec)

H =ἀποτελεσματικὸ ὕψος τῆς πηγῆς τοῦ ρυπαντοῦ (m)

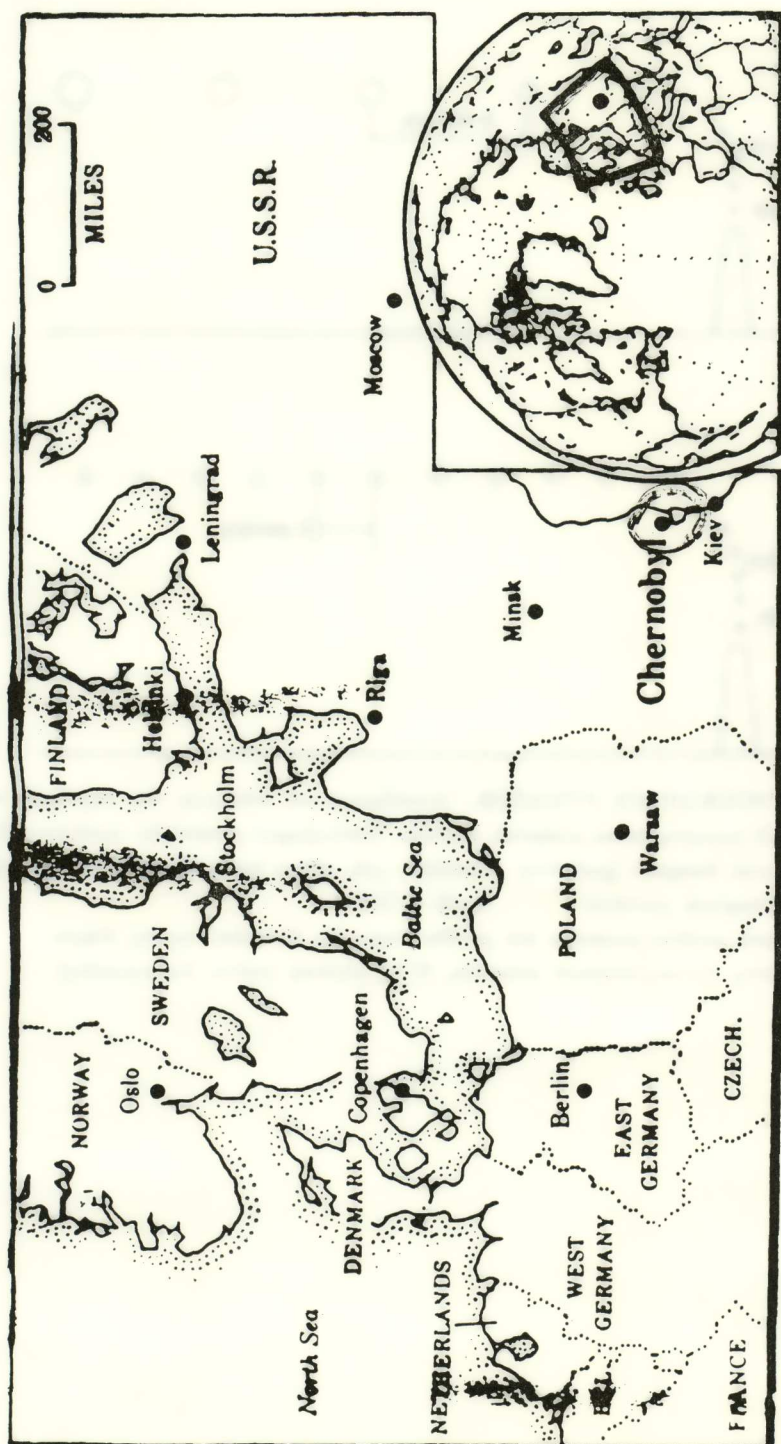
'Η εξίσωση ποὺ δίνει τὸ βαθμὸ συγκεντρώσεως στὸ ἔδαφος:

$$X(x, 0, 0, H) = \frac{Q}{\pi\sigma_y\sigma_z U} \exp\left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) + \frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right]$$

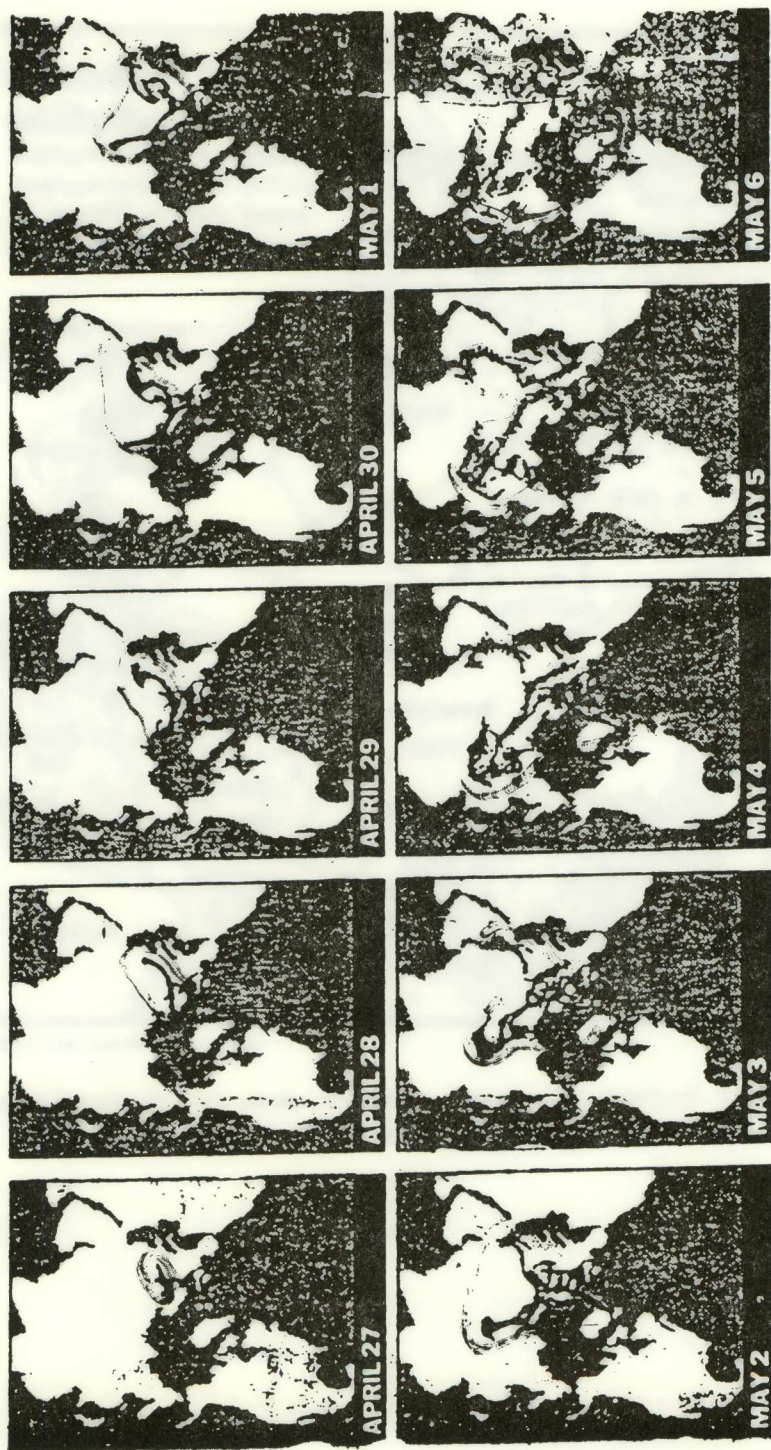


Εικόνα 14. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ. 'Αποτέλεσμα και επίπτωση της ταχύτητας του ανέμου στη δομή συγκεντρώσεως ρυπαντού. Μοντέλο 'Υπολογισμού ρυπαντικής ποσότητας Πόλης. Το ρυπαντικό δυναμικό (pollution potential) μᾶς πόλης ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴν ἀπλὴ συγκεντρωτικὴ ἔκφραση μοντέλου $C=Q L/UH$

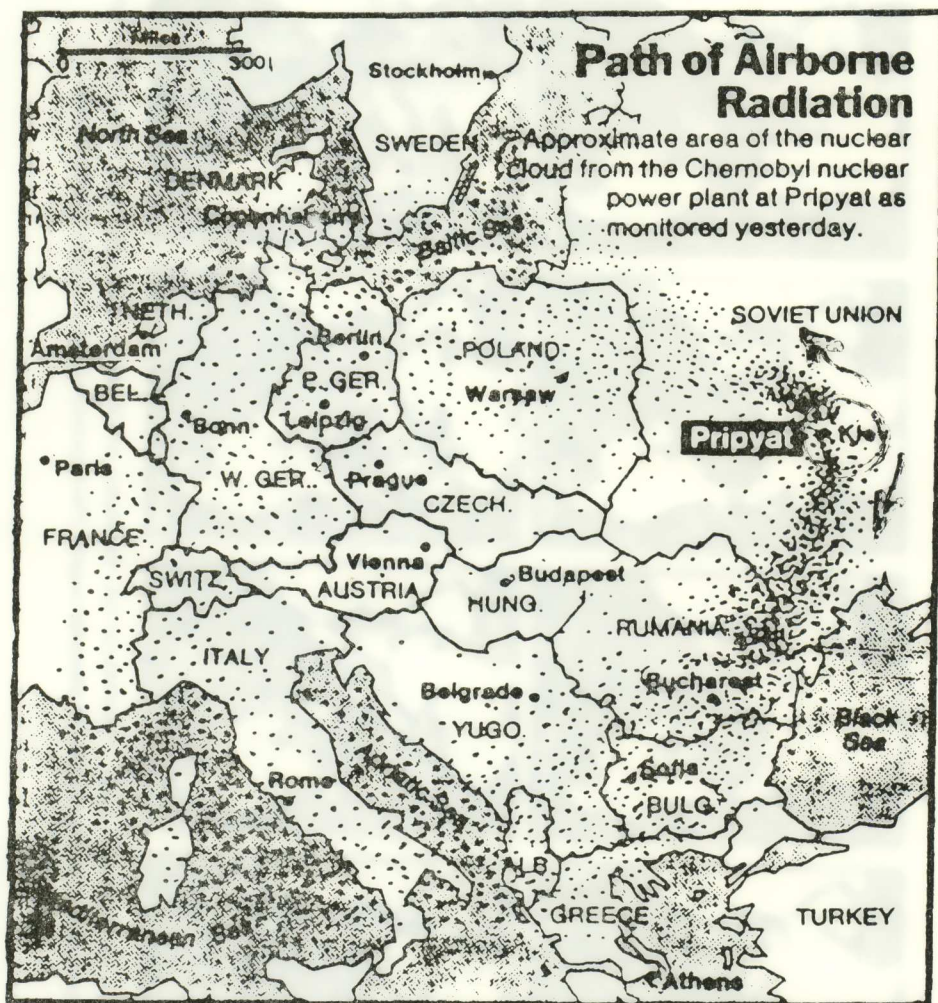
μέ: Q =Ἐκρέουσα ποσότης ρυπαντῶν ἀνὰ μονάδα ἐπιφανείας U =μέση ταχύτης ανέμου L =μῆκος κατάντη, C =συγκέντρωση ρυπαντῶν, H =ῆ ρύπανση (καλῶς ἀναμεμιγμένη).



Εικόνα 15. Troubled Soviet Agriculture Faces Further Setback from Nuclear Disaster next to Nation's Breadbasket. ('Η χειμαζόμενη Σοβιετική Γεωργία αντιμετωπίζει περαιτέρω υποχώρηση από την πυρηνική καταστροφή του Chernobyl κοντά στο σιτοβολώνα του ξθους (Ούκρανία).



Είazon 16. Το Ραδιενεργό Νέφος: Υπολογισμός, Ηλεκτρονικό Μοντέλο, Βασισμένο σε Μοντέλο Ηλεκτρονικού Υπολογιστού του Laurence - Livermore Εθνικού Εργαστηρίου της Καλιφορνίας με στοιχεία καιρού (Μετεωρολογική) της Αμερικανικής Αεροπορίας.



The New York Times / May 2, 1986

Εικόνα 17. Περιοχή διαχύσεως του πυρηνικού ραδιενεργού νέφους από τον ατομικό θερμοηλεκτρικό Σταθμό Chernobyl στο Pripjat (Μέτρηση - 'Αποτίμηση 1ης Μαΐου 1986).

