

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 17ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ 1988

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΜΕΡΙΚΑ

---

ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΔΑΣΗ  
ΚΑΙ ΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ. ΕΙΔΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ:  
ΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΕΠΙΣΤΕΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕΛΟΥΣ Κ. ΕΥΣΤΑΘΙΟΥ Λ. ΜΠΟΥΡΟΔΗΜΟΥ

I. ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

*Ἡ ὑποβάθμιση τῆς δημόσιας ὑγείας, ἡ κατακόρυφη πτώση τῆς ὑγειονομικῆς στάθμης τοῦ φυσικοῦ καὶ «ἀνθρωπογενοῦς» περιβάλλοντος, τέλος ἡ ἀνατροπὴ τῆς οἰκολογικῆς ἰσορροπίας καὶ βιολογικῆς ποικιλίας τῶν οἰκοσυστημάτων τοῦ πλανῆ- του μας, συνιστοῦν «σήμερα πρώτη καὶ μέγιστη» ἀπειλὴ τῆς ἀνθρώπινης ζωῆς καὶ τῆς πνευματικῆς ἱστορίας τοῦ πολιτισμοῦ.*

*Γιὰ τὴν πατρίδα μας τὸ κορυφαῖο τοῦτο πρόβλημα συνιστᾶ θέμα καὶ μέλημα ἐπιβιώσεως τοῦ Ἑθνους. Πρέπει νὰ εἶναι ἡ βάση τοῦ οἰκονομικοῦ μας προγραμ- ματισμοῦ ἐν ὄψει τοῦ 1992, τῆς ἐνιαίας ἀγορᾶς τῆς ΕΟΚ, τῆς κοινότητος τῆς ὁποίας ἡ χώρα μας εἶναι ἰσότιμο καὶ ἐνεργὸ μέλος. Ἡ ὄξινη βροχὴ συνιστᾶ σημαῖνον τμήμα τῆς οἰκολογικῆς διαταραχῆς στὴ χώρα μας. Ἡ πρόκληση ποὺ τίθεται σήμερα ὡς σοβαρὴ ἀπειλὴ — καὶ «μάθημα μέγιστον» — μπορεῖ νὰ ἀντιμετωπισθεῖ μὲ ἐπιτυχία καὶ ὁ κίνδυνος νὰ ἀποτραπεῖ — ἀν ὑπάρχει ὀρθὸς σχεδιασμός. Τίθεται σήμερα εὐρύ- τερα «ὡς ἱστορικὴ ἐπιταγὴ ὁ καθολικὸς ἐπιστημονικὸς προγραμματισμὸς σὲ παγκόσμια κλίμακα» (Global planning), ποὺ θὰ «ὀριοθετήσῃ» καὶ θὰ «ἐποπτεύσῃ» τρεῖς προβάσεις ἀμέσων μέτρων-πράξεων:*

*Π ρ ὶ τ ο. Πρέπει — καὶ μπορεῖ — νὰ γίνῃ πλέον κατανοητὴ ἡ οἰκολογικὴ ἀπειλὴ — ἀπειλὴ ζωῆς ἢ θανάτου — ἀπὸ τὶς ἀναπτυγμένους χώρες τοῦ «Βορρᾶ»*

κατ' ἀρχήν, ἀλλὰ καὶ τὶς ἀναπτυσσόμενες χώρες τοῦ «Νότου» ἐν συνεχείᾳ (καὶ ἐν συνεργασίᾳ). Γιὰ πρώτη φορὰ στὴν πορεία τῶν λαῶν υἰφίσταται «ἐμπράγματη ἀπειλὴ καταρρεύσεως τοῦ οἰκολογικοῦ ἴστοῦ, τῶν βιοχημικῶν κύκλων καὶ τῆς λειτουργίας τῶν οἰκοσυστημάτων ὡς συνέπεια τῶν διογκουμένων μεγεθῶν ρυπάνσεων-μολύνσεων οἰκολογικῆς διαταραχῆς». Ἐσχατὴ κατάληξη θὰ εἶναι ἡ καταστροφὴ τῆς ἔμβιας ζωῆς καὶ ἡ συντέλεια τῆς Ἱστορίας σὲ περίοδο Εἰρήνης, χωρὶς τὴν «πολυτέλεια» ἐνὸς θερμοπυρηνικοῦ κατακλυσμοῦ.

**Δ ε ὕ τ ε ρ ο.** Ὡς παρεπόμενη συνέπεια τῆς ὡς ἄνω διαπιστώσεως τίθεται σήμερα ἡ ἀνάγκη συντάξεως ἐνὸς «παγκοσμίου οἰκολογικοῦ χάρτου» κι ἐνὸς τεχνολογικοῦ ὑγειονομικοῦ σχεδιασμοῦ ἐπιβιώσεως: — δηλ. «ἐπιβιώσεως» τῆς βιοσφαίρας καὶ ὑδροσφαίρας (ὕδατων, ἀέρος, ἐδάφους, ὑπεδάφους).

**Τ ρ ῖ τ ο.** Οἱ βιομηχανικὲς χώρες τοῦ Βορρᾶ (Εὐρώπη, Βόρειος Ἀμερική, Σοβιετικὴ Ἐνωση καὶ Ἰαπωνία), ποὺ κυρίως «παράγουν» τοὺς δηλητηριώδεις ρύπους τῶν καυσαερίων πάσης μορφῆς καὶ τὴν δξινὴ βροχὴ — ὡς κύρια παράμετρο τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως — μολύνσεως, «πρέπει νὰ ἀναλάβουν τὴ δαπάνη τῆς οἰκολογικῆς ἀποκαταστάσεως (καὶ περικοπῆς τῆς δξινῆς βροχῆς)», ποὺ πιθανὸν νὰ φτάσει τὸ μεγάλο κοντύλι τῶν ἑκατὸν πενήντα δισεκατομμυρίων δολλαρίων τὸ χρόνον γιὰ τὴν ἐπόμενη δεκαετία — καὶ ἴσως μέχρι τῶν ἄρχῶν τοῦ 21ου αἰῶνα. Ὁ Dr. Lester Brown, Πρόεδρος τοῦ Worldwatch Institute τῆς Washington, στὴν ἐτήσια ἔκθεσι τῶν ἔρευνῶν τοῦ Ἰδρύματος μὲ τίτλο «The 1988 State of the World», [2], τονίζει:

«...Τὸ ποσὸ τῶν 150 δισεκατομμυρίων δολλαρίων τὸ χρόνον θὰ ἀπαιτηθεῖ γιὰ νὰ ἀναστραφεῖ ἡ οἰκολογικὴ πτώσις τοῦ περιβάλλοντος καὶ νὰ θεμελιωθεῖ ὁ δρόμος μιᾶς σταθερῆς (καὶ ἀδιατάρακτῆς) ἀναπτύξεως καὶ οἰκονομικῆς προόδου τῶν ἀνεπτυγμένων καὶ τῶν ὑπαναπτύκτων χωρῶν. Θὰ ἀπαιτηθεῖ «μιὰ ὀλικὴ ἀναθεώρηση καὶ ἐπανατοποθέτηση προτεραιοτήτων», μιὰ βασικὴ ἀναδόμησις τῆς παγκόσμιας οἰκονομίας καὶ ἓνα σημαῖνον «ποσοτικὸ πῆδημα πρὸς μιὰ διεθνῆ συνεργασία».

«...Τὰ δάση τῆς Γῆς — ὑπογραμμίζεται στὴν ἔκθεσι — συνεχῶς μειώνονται σὲ μέγεθος καὶ ὑποβαθμίζονται ποιοτικά, οἱ ἔρημοι ἐπεκτείνονται ἐνῶ τὰ ἐδάφη υἰφίστανται συνεχῆ διάβρωση. Ἡ στάθμη τῶν ὑπογείων ὑδάτων κατέρχεται στὴ βόρειο Ἀφρική, στὴν Κίνα, στὶς Ἰνδίες καὶ τὰ ὑπόγεια ὕδατα στὴν Ἀμερική καὶ ἄλλες χώρες ρυπαίνονται ἀπὸ ζιζανιοκτόνα-φυτοφάρμακα καὶ τοξικὲς οὐσίες. Οἱ λίμνες τοῦ Πλανῆτου πεθαίνουν ἀπὸ τὴν δξινὴ βροχὴ τοῦ βιομηχανικοῦ βορρᾶ».

## II. ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Ἡ ἀτμοσφαιρική ρύπανση-μόλυνση ἐθεωρεῖτο πρὶν λίγα χρόνια «τοπικὸ πρόβλημα». Σήμερα μὲ τὴν ἐπικουρίαν ἀκριβῶν ἐπιστημονικῶν μετρήσεων πεδίου καὶ ἐργαστηρίου (*Field and Laboratory Measurements*) καὶ τὴ σύνθεση μαθηματικῶν (ἀριθμητικῶν) μοντέλων τῆς ἀναλυτικῆς θεωρίας (*Numerical-Computer Modeling*) ἡ ἀτμοσφαιρική ρύπανση τοποθετεῖται σὲ εὐρύτερο χωρικὸ (καὶ χρονικὸ) πλαίσιο μὲ παγκόσμιες ἐπιπτώσεις «στὸ κλίμα, στὸ οἰκοσύστημα, στὴν πανίδα καὶ στὴ δημόσια ὑγεία» [3, 4, 5] (*Global effects of air pollution*).

Τὰ ἀποτελέσματα εἶναι θανατηφόρα σὲ πλεῖστες περιπτώσεις ὅπως, (i) στὴν Ἀθήνα, τέλος Ἰουλίου τοῦ 1987 — μὲ 2500 περίπου θανάτους λόγω συνδυασμοῦ βαρέας ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως καὶ κύματος καύσωνος, (ii) στὴ *Meuse Valley* τοῦ Βελγίου (Δεκ. 1930) μὲ 63 θανάτους καὶ 6000 ἀσθενήσαντας καὶ στὴ *Dopora* τῆς Πενσυλβανίας μὲ 17 θανάτους καὶ 6000 ἀσθενήσαντας, (iii) στὸ Λονδίνο (Νοεμβ. 26-Δεκ. 1, 1948) μὲ 700-800 θανάτους καὶ ἐν συνεχείᾳ τὸ 1952 (Δεκ. 5-9, 1952) μὲ 4000 πρόσθετους θανάτους καὶ μιὰ ἄλλη ἐκατόμβη 2400 θανάτων στὸ Λονδίνο τὸ 1957 (Δεκ. 2-5), 1959 (Ἰαν. 26-31) καὶ 1962 (Δεκ. 5-10), (iv) τέλος στὴ Νέα Ὑόρκη μὲ 200-400 πρόσθετους θανάτους τὸ 1963 (Ἰαν. 9-Φεβ. 12) γιὰ νὰ ἀναφέρουμε λίγες ἀλλὰ χαρακτηριστικὲς περιπτώσεις [6].

Σήμερα εἶναι πλήρως διαπιστωμένο — μὲ τὴ γνώση καὶ τὴν ἐμπειρία θεωρητικῶν καὶ ἐργαστηριακῶν μετρήσεων, χημικῶν ἀναλύσεων ἀέρος καὶ μετεωρολογικῶν-κλιματικῶν παρατηρήσεων πεδίου— πὼς οἱ ρύποι τῶν πάσης μορφῆς καυσασερίων μποροῦν νὰ μεταφερθοῦν ἑκατοντάδες μιλίων ἀπὸ τὴν πηγὴ παραγωγῆς καὶ ἀπορρίψεώς των. Ἔτσι τὸ πρόβλημα προσλαμβάνει διαστάσεις ἀπειλητικοῦ φαινομένου μείζονος περιφερειακῆς ἢ καὶ πλανητικῆς μορφῆς.

## III. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ

Οἱ ρύποι τῶν καυσασερίων τῶν βιομηχανικῶν κυρίως (καὶ βιοτεχνικῶν) ἐγκαταστάσεων, τῶν αὐτοκινήτων-ὀχημάτων καὶ τῶν ἐγκαταστάσεων θερμάνσεως κατοικιῶν (μίγματα διοξειδίου τοῦ θείου ( $SO_2$ ), νιτρικῶν ὀξέων ( $NO_x$ ), ὕδρογονανθράκων καὶ σωματιδίων-ἀναπίπτων (*particulates*) μποροῦν νὰ μεταφέρονται «ἀδιάλυτοι» —ὡς ἓνα μεγάλο βαθμὸ— σὲ ἀποστάσεις 150-700 μιλίων ἤτοι 255-1200 χιλιομέτρων [7]. Οἱ κατευθύνσεις μεταφορᾶς εἶναι κυρίως οἱ κατευθύνσεις τῶν πνεόντων ἀνέμων. Ἔτσι μποροῦν οἱ ἀέριοι ρυπαντὲς μιᾶς χώρας νὰ δημιουργοῦν ὀξείνη βροχὴ σὲ γειτονικὴ χώρα (ἢ καὶ χώρα ποὺ ἀπέχει 1000 καὶ πλέον χιλιόμετρα!) καὶ νὰ καταστρέφουν τὰ δάση, τὶς λίμνες καὶ τὰ οἰκοσυστήματα τῆς χώρας ποὺ



δὲν ἔχει δική της μεγάλη «παραγωγή» ὄξινης βρογχῆς... Παραδείγματα χαρακτηριστικὰ μποροῦν νὰ ἀναφερθοῦν τὰ ἑξῆς:

**Πρῶτο.** Ρύποι καυσαερίων (καὶ ὄζοντος  $O_3$ ) τῆς βιομηχανικῆς περιοχῆς τοῦ Ohio καὶ Detroit τοῦ κεντρικοῦ τμήματος τῆς Ἀμερικῆς μποροῦν νὰ μεταφέρονται μὲ τοὺς πνέοντες ἀνέμους πρὸς Ἀνατολὰς στὶς περιοχὰς τῶν πολιτειῶν τῆς Δυτικῆς Βιοργινίας, Νέας Ὑόρκης, Μασσαχουσέτης καὶ Πενσυλβανίας ἢ πρὸς βορρᾶν, δηλ. πρὸς τὶς περιοχὰς τοῦ Τορόντο, Μόντρεαλ καὶ Ὀττάβας τοῦ Καναδά (ἢ πρὸς Νότον καὶ πρὸς τὶς Δυτικὰς Πολιτεῖες τῶν ΗΠΑ [7]).

Ἀπὸ τὴν ἄλλη πλευρὰ ἀέριοι ρύποι τῶν βιομηχανικῶν περιοχῶν καὶ τῶν μεγάλων ἀστικῶν κέντρων τοῦ νοτίου χώρου τοῦ Καναδά μποροῦν νὰ «ταξιδεύσουν» καὶ νὰ μεταφερθοῦν πρὸς Νότον καὶ ὡς ὄξινη βροχὴ νὰ ρυπάνουν τὴ Βοστώνη, τὴ Νέα Ὑόρκη, τὴ Φιλαδέλφεια καὶ ἴσως τὴν Οὐάσιγκτον! Ἀκόμη μπορεῖ οἱ πνέοντες ἀνεμοὶ νὰ ὀδηγήσουν τοὺς ἀερίους ρύπους στὶς πολιτικὰς περιοχὰς. Ἔχουν βρεθεῖ καὶ μετρηθεῖ ρύποι καὶ τοξικὰς οὐσίες στὰ χιόνια, στοὺς πάγους καὶ στὰ ὄστᾶ καὶ κελύφη ἀγρῶν τῶν πουλιῶν τῶν ἀρκτικῶν περιοχῶν.

**Δεύτερο.** Ἡ προσθήκη τῶν εἰσαγομένων στὴν ἀτμόσφαιρα ρύπων ἀυξάνει τὸ «ποιοτικὸ» μέγεθος τῆς ρυπαντικῆς ἰσχύος τῆς βρογχῆς, τῶν χιόνων καὶ ὄλων τῶν δετίων κατακρημνίσεων, ὅ,τι προσδιορίζουμε μὲ τὸ γενικὸ τίτλο ὡς «ὄξινη βροχὴ», ὅπως ἀποτιμᾶται μὲ τὸ δείκτη ὀξύτητος  $pH < 6$ . Ἄς προστεθεῖ στὸ σημεῖο αὐτὸ πὼς ἡ ὀξύτης (ἢ «ὀξύτιση») (Acidity) ἀυξάνει καθόσον ὁ δείκτης  $pH$  μικραίνει κατὰ νόμο λογαριθμικὸ (μὴ γραμμικὸ). Ἔτσι στὶς Ἠνωμένες Πολιτεῖες τῆς Ἀμερικῆς ἡ ἐτήσια μέση τιμὴ τοῦ  $pH$  τῆς βρογχῆς κυμαίνεται μεταξὺ 4 καὶ 6. Ἐὰν ὀρίσουμε τὴν τιμὴ  $pH=6$  — πὸν μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ σχεδὸν ὀριακὴ «μικρὴ» τιμὴ ὀξύτητος — ἡ τιμὴ ὀξύτητος  $pH$  τοῦ «ἀρίστου» πόσιμου νεροῦ εἶναι 6,5-7— τότε ἡ τιμὴ  $pH=5$  ἰσοδυναμεῖ μὲ ὄξινη βροχὴ δέκα φορές περισσότερο ὄξινη ἐκείνης τοῦ  $pH=6$ , ἐνῶ ἡ τιμὴ  $pH=4$  ἰσοδυναμεῖ μὲ ὄξινη βροχὴ ὀξύτητος  $10^2=100$  ἑκατὸ φορές μεγαλύτερη τῆς ὀριακῆς τιμῆς  $pH=6$ .

**Τρίτο.** Χαρακτηριστικὸ ἐπίσης παράδειγμα μεταφορᾶς ἀερίων ρύπων — οὐσιαστικὰ «ἀνταλλαγῆς ρύπων» — καὶ δημιουργίας «πρόσθετης ὄξινης βρογχῆς» (μακρὰν τῶν πηγῶν παραγωγῆς καὶ ἐκροῆς) ἔχουμε στὴν Εὐρώπη. Ἐδῶ, μὲ ἀκριβεῖς παρατηρήσεις καὶ μετρήσεις πεδίου, ὑπάρχουν περιπτώσεις ρύπων, π.χ. τῆς βιομηχανικῆς περιοχῆς τῆς Νοτίου Ἀγγλίας καὶ τῆς βιομηχανικῆς ζώνης τοῦ Ρούρ, πὸν μεταφέρονται μὲ τοὺς πνέοντες ἀνέμους πρὸς τὴ Νότιο Γερμανία καὶ Βαυαρία καὶ ὡς ὄξινη βροχὴ καταστρέφουν τὰ αἰωνόβια δένδρα τοῦ Μέλανος Δρυμοῦ καὶ τῶν Ἀλπεων τῆς Κεντρικῆς Εὐρώπης. Ἐκεῖ «τὰ δένδρα πεθαίνουν ὄρθια» (Waldsterben) στὴν πλούσια — μὰ ἀπὸ τὶς ὠραιότερες ζῶνες δασῶν τῆς Εὐρώπης



καὶ τοῦ κόσμου —τὴν ἱστορικὴν περιοχὴν τοῦ *Baden-Baden*, *Στουτγάρδης* καὶ *Χαϊδελβέργης*, κοιτίδος τοῦ γερμανικοῦ πνεύματος τῶν νεωτέρων χρόνων καὶ ἐστίας τοῦ ποιητικοῦ Μύθου καὶ Λόγου τοῦ γερμανικοῦ ρωμαντισμοῦ. Ἡ παρουσία τῆς οἰκολογικῆς ἀπειλῆς τῆς ὄξινης βρογχίτιδος, πὸν εἶναι οὐσιαστικὰ ἀτμοσφαιρικὴ ρύπανση σὲ μορφήν ὕγραν («ὕετιων λυμάτων ἐξ οὐρανοῦ»), ὑφίσταται ὡς ἄμεση καὶ σοβαρὴ ἀπειλὴ καταστροφῆς τῶν λιμνῶν τῶν Σκανδιναβικῶν χωρῶν. Τὰ κανσαέρια τῶν χωρῶν αὐτῶν ἀπὸ τὶς δικές τους βιομηχανίες μεγεθύνονται σὲ σοβαρὴ ποσότητα καὶ ποιότητα —καὶ ὡς ἐκ τούτου καὶ οἱ ὑέτιες κατακρημνίσαις (βρογχίτις, χιόνι, χαλάζι)— ἀπὸ τὴν «εἰσαγωγὴν ρυπαντῶν» τῶν Ἑνωμένων Πολιτειῶν καὶ Καναδά —μέσω ἐναερίου μεταφορᾶς διὰ τοῦ Βορείου Πόλου— καὶ ἀπὸ τὶς βιομηχανικὰς ζῶνας τῆς Κεντρικῆς καὶ Βορείου Ἀγγλίας, τοῦ Ροῦρ καὶ τῆς Πολωνίας καὶ πιθανὸν τῆς Σοβιετικῆς Ἑνώσεως. Δεκάδες χιλιάδες λιμνῶν στὴ Σουηδία-Νορβηγία εἶναι ἤδη κατεστραμμένες ἀπὸ τὴν ὄξινη βρογχίτιδα. Ἡ πλήρης ἀποκατάστασή τους εἶναι δύσκολη —ἀν ὄχι ἀδύνατη—, δαπανηρὴ καὶ προϋποθέτει χρόνον.

**Τέταρτο.** Ἀνάλογη ἐπισημάνση πρέπει νὰ γίνῃ στὸ σημεῖο αὐτό: Εἶναι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ μεταφορὰ ρύπων ἐν γένει τῶν περιοχῶν τῆς Βορείου καὶ Κεντρικῆς Εὐρώπης πρὸς τὶς χώρες τῆς Ἀνατολικῆς Εὐρώπης καὶ κυρίως πρὸς τὶς χώρες τῆς Μεσογειακῆς λεκάνης —λόγω τῶν πνεόντων βορείων ἀνέμων μὲ κατεύθυνση πρὸς Νότον: Οἱ χώρες πὸν δέχονται τοὺς ρύπους ὡς ὄξινη βρογχίτις εἶναι: ἡ Νότιος Ἰταλία καὶ ἡ Ἑλλάς. Ἡ Μεσόγειος, ἡ κλειστὴ αὐτὴ «μεγάλῃ λίμνη», δέχεται κάθε χρόνο χιλιάδες τόννων ὄξινης βρογχίτιδος. Ἄμεση συνέπεια τούτου εἶναι ἡ χειροτέρευση τοῦ δείκτου pH καὶ ἡ ὄξυνση τοῦ περιβάλλοντος ὑποβαθμίσεως τοῦ οἰκοσυστήματος καὶ τοῦ ζωοπλαγκτοῦ τοῦ περιβάλλοντος τῆς Μεσογείου καὶ ἡ ἀπειλούμενη ρύπανση-ὄξίνωση (καὶ βιολογικοῦ θανάτου τοῦ ζωοπλαγκτοῦ) ἑκατοντάδων μιλίων μεσογειακῶν ἀκτῶν. Ἄς ὑπομνησθεῖ ὅτι πέραν τῆς διαταραχῆς καὶ τῶν μολύνσεων-δηλητηριάσεων τῆς ὄξινης βρογχίτιδος ὑπάρχει ἡ σοβαρὴ ἀπειλὴ τῶν ἀκαθάρτων (χημικῶν, βιομηχανικῶν, οἰκιακῶν) λυμάτων τῶν Μεσογειακῶν χωρῶν καὶ τῶν ἐκροῶν ποταμῶν τῆς Εὐρώπης πὸν περιέχουν ρυπαντὰς μεγέθους τάξεως δέκα ἕξ ἑκατομμυρίων τόννων περίπου ἀνὰ 24ωρον [9, 10].

Ἐνα σημαντικό στοιχεῖο ἐπιπτώσεων στὴν ψυχικὴ ὑγεία τῶν κατοίκων τῆς Εὐρώπης πρέπει νὰ προστεθεῖ. Οἱ Γερμανοὶ τὰ τελευταῖα χρόνια —σύμφωνα μὲ ἀκριβῆ στοιχεῖα δημοσκοπήσεων καὶ στατιστικῶν ἀποτιμῆσεων τῆς κοινῆς γνώμης— ζοῦν μὲ τὴν ἔγνοια καὶ τὴν ἀγωνία τοῦ μέλλοντος, τῶν δασῶν τῆς χώρας των πὸν καταστρέφει ἡ ὄξινη βρογχίτις, ἀγωνία μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἀγωνία τῶν ἐνδεχομένων πυρηνικῶν ἀντιποίνων ἀπὸ τὴν ἐγκατάστασιν ἐκεῖ τῶν ἀμερικανικῶν πυραύλων μέσου βεληνεκοῦς *Pershing!*

Ἡ ἀνθρώπινη συμπόνια καὶ ἡ ψυχικὴ ἐργήγορση πρὸς τὰ ζωντανὰ δένδρα τοῦ Μέλανος Δρυμοῦ ποὺ ἀργοπεθαίνουν, ξεπερνάει σήμερον τὴν καταλυτικὴν ἀγωνίαν, τὸ φόβο βεβαίου θανάτου ἐνὸς πιθανοῦ πυρηνικοῦ ὀλοκαυτώματος τοῦ Γερμανικοῦ Ἔθνους. Αὐτὴ ἡ βαθιὰ, ἡ ἱερὴ ἔγνοια (καὶ ἀγωνία) γιὰ τὰ δένδρα τοῦ Μέλανος Δρυμοῦ συνθέτει ἓνα σύμβολο πίστεως στὴν ἱστορίαν καὶ τὴν ὁμορφίαν τοῦ τοπίου καὶ χώρου καὶ συνιστᾷ τὴν ἐγκαρδιωτικὴν προσδοκίαν διορθώσεως τοῦ κακοῦ.

#### IV. ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΕΙΣΡΟΩΝ - ΕΚΡΟΩΝ ΟΞΙΝΗΣ ΒΡΟΧΗΣ

Στὰ διαγράμματα (διαφάνειες) τῶν εἰκόνων —στὸ τέλος τῆς διατριβῆς— παρουσιάζεται ἡ χωρικὴ κατανομὴ παραγωγῆς ρύπων καὶ τὸ «ἰσοζύγιο» εἰσαγομένων καὶ ἐξαγομένων ρύπων στὴν Ἀμερικὴ καὶ στὶς Εὐρωπαϊκὰς χῶρας. Στὴ συγκεκριμένη περίπτωσιν τῆς Ἑλλάδος ἔχουμε —ὅ,τι γιὰ πρώτη φορὰ τίθεται ἀπὸ τοῦ βήματος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν— τὸ προνόμιον μιᾶς ἀνεξέλεγκτης καὶ ἀνεπίτρεπτης «εἰσαγωγῆς» ρύπων στὸν ἑλληνικὸν χῶρον ὡς: θείου —ὡς διοξειδίου τοῦ θείου, κυρίου συστατικοῦ τῆς ὄξινης βροχῆς— τῆς τάξεως τοῦ 63% τοῦ συνόλου τῶν ἀποθέσεων θείου («κατακαθίσεων» θείου) τὸ χρόνον. Ἔτσι π.χ. στὴ χώρα μας ἔχουμε «ἐτήσια» ἐκροὴν («παραγωγὴν») θείου (Annual sulfur emissions) 170 χιλιάδων τόννων καὶ «μηνιαία» ἀπόθεσιν ρύπων (κυρίως ὄξινης βροχῆς) 25.3 χιλιάδων τόννων ποὺ σημαίνει «μηνιαία» ἀπόθεσιν τῆς τάξεως 1.9 χιλιογράμμων SO<sub>2</sub> κατὰ ἑκτάριον. Οἱ ἀντίστοιχοι ἀριθμοὶ γιὰ τὴν Ἑλβετίαν εἶναι οἱ ἐξῆς. Ἐτήσια εἰσαγωγὴ ρύπων —ἀερίων ἐκροῶν θειαφιοῦ (ἀπὸ τὶς γειτονικὰς χῶρας —κυρίως: Γερμανία, Νότιο Γαλλία καὶ Βόρειο Ἰταλία— στὴν Ἑλβετίαν τοῦ ποσοστοῦ μεγέθους 90% τοῦ συνόλου τῶν ἐκροῶν θειαφιοῦ. Τοῦτο ἀποτιμᾶται στὰ ἐξῆς μεγέθη: 60 χιλιάδες τόννοι ἐτήσιων ἐκροῶν θειαφιοῦ, μηνιαία ἀπόθεσιν ρύπων θειαφιοῦ —στὴ μορφήν ὄξινης βροχῆς κατὰ κανόνα— 14.1 χιλιάδες μετρικοὶ τόννοι μὲ ἀντιστοιχίαν μηνιαίας ἀποθέσεως 3.4 χιλιογράμμων κατὰ ἑκτάριον. Χαρακτηριστικὴ ὡς ἀκραία θέσιν τοῦ φάσματος τῶν «εἰσροῶν-ἐκροῶν» θειαφιοῦ εἶναι ἐκείνη βιομηχανικῆς χώρας ὅπως ἡ Ἀγγλία —ποὺ εἶναι ἡ μεγαλύτερη παραγωγὸς διοξειδίου τοῦ θείου στὴν Εὐρώπη— μὲ τὴν καύσιν κάρβουνου —ποὺ ἔχει ὑποστῆναι σοβαρὴ ἀποθείωσιν· οἱ ἀριθμοὶ εἶναι οἱ ἐξῆς: Ἐτήσια ἐκροὴ ρύπων θείου (Annual sulfur emissions) 2,130 χιλιάδες μετρικοὶ τόννοι (13 φορὰς περίπου μεγαλύτερη τῶν ἀποθέσεων θειαφιοῦ στὸν ἑλληνικὸν χῶρον) μὲ μέσιν μηνιαία ἀπόθεσιν (Average monthly deposition) 84.7 χιλιάδων μετρικῶν τόννων καὶ μέσιν μηνιαία πυκνότητα ἀποθέσεων (Density of average monthly deposition) 3.5 χιλιογράμμων κατὰ ἑκτάριον, καὶ ἀναλογία εἰσαγωγῆς ἀπὸ ἄλλας χῶρας (καὶ ἀποθέσεων θειαφιοῦ) 20% (Share of deposition imported).



Ἡ σοβαρότερη (καὶ ἴσως) ἡ πιὸ ἀπειλητικὴ συνοριακὴ εἰσαγωγὴ ὀξίνης βροχῆς (ξένων μὴ γηγενῶν «ρύπων») λαμβάνει χώραν στὶς Σκανδιναβικὲς χῶρες. Ἴδου οἱ ἀμείλικτοι ἀριθμοί:

Ἡ συνοριακὴ (ἢ διασχίζουσα τὰ σύνορα) εἰσαγωγὴ ὀξίνης βροχῆς (καὶ ὀξίνων ἀποθέσεων) στὴ Νορβηγία εἶναι τὸ 92<sup>ο</sup> /<sub>ο</sub>, ἐνῶ τὸ ἀντίστοιχο ποσοστὸ γιὰ τὴ Σουηδία εἶναι 82<sup>ο</sup> /<sub>ο</sub>, γιὰ τὴ Φιλανδία τὸ 74<sup>ο</sup> /<sub>ο</sub> καὶ τὴ Δανία 64<sup>ο</sup> /<sub>ο</sub> τοῦ συνόλου τῶν ἀποθέσεων θειαφιοῦ στὴν κάθε μιὰ ἀπὸ τὶς ὡς ἄνω Σκανδιναβικὲς χῶρες (*Share of deposition of sulfur imported*). Ἡ εἰκόνα 10 παρουσιάζει ἀκριβεῖς ἀποτιμήσεις ἐκροῶν καὶ ἀποθέσεων θείου στὴν Εὐρώπη. Ἡ οἰκολογικὴ καταστροφὴ τῶν βιοκοινοτήτων τῶν λιμνῶν τῶν Σκανδιναβικῶν χωρῶν λόγῳ «ὀξίνωσης-ὀξύτητος» (*Acidification*) χαμηλοῦ βαθμοῦ pH εἶναι πολὺ σοβαρὴ καὶ ἀκρῶς ἀπειλητικὴ γιὰ τὴν οἰκολογικὴ ἰσορροπία τῶν οἰκοσυστημάτων τῶν χωρῶν αὐτῶν. Ἔτσι στὴ Σουηδία 18.000 λίμνες —τὸ ἓνα σχεδὸν τέταρτο τοῦ συνόλου τῶν 85.000 λιμνῶν— καὶ 1700 λίμνες, τὸ ἓνα τρίτο τοῦ συνόλου τῶν 5000 λιμνῶν τῆς Νορβηγίας ἔχουν πρακτικὰ καὶ βιολογικὰ καταστραφεῖ ὡς «βιολογικὲς ἐνότητες» [7, 9, 10]. Στὴ Σουηδία —πλέον τῶν ὡς ἄνω λιμνῶν —4000 λίμνες ἔχουν ὑποστῆ καίριες τὶς ἐπιπτώσεις τῆς ὑψηλῆς ὀξύτητος ὀξίνης βροχῆς, ἐνῶ σὲ ἄλλες 9000 περίπου λίμνες τῆς Νοτίου καὶ Κεντρικῆς Σουηδίας ὑπάρχει σοβαρὴ ζημιὰ καὶ διαταραχὴ στὴν πανίδα τῆς λίμνης (ψάρια κλπ.), πὺν κυμαίνεται ἀπὸ σοβαρὴ ἀνατροπὴ τῆς πορείας τῆς διατροφῆς καὶ ἀναπαραγωγῆς μέχρι πλήρους ἐξαλείψεως καὶ ἀφανισμοῦ τοῦ εἶδους (*Species extinction*). Ἀπὸ τοῦ ἔτους 1970, ὅταν τὸ πρόβλημα τῶν ἐπιπτώσεων τῆς ὀξίνης βροχῆς προσέλαβε διαστάσεις σοβαρῆς οἰκολογικῆς ἀπειλῆς, ἡ Σουηδία ἐθέσπισε ἀόστηρὰ μέτρα ἐλέγχου τῶν ἐκροῶν-ἀπορρίψεων θειαφιοῦ —ἀν καὶ τὸ μεγαλύτερο τμήμα των εἶναι εἰσαγόμενες ἐκροὲς θειαφιοῦ ἄλλων χωρῶν. Μὲ τὴν ἐφαρμογὴ τῶν μέτρων αὐτῶν ἐπετεύχθη ὑποβιβασμὸς τῶν ἐκροῶν θειαφιοῦ ἀπὸ 450.000 μετρικὸν τόννον τὸ 1970 σὲ 250.000 τὸ 1982. Τὴν ἔνοιξη τοῦ 1981 τὸ Σουηδικὸ Κοινοβούλιο καθόρισε: i) εἰδικὰ μέτρα ἐκροῶν θειαφιοῦ γιὰ οἰαδήποτε βιομηχανικὴ ἐγκατάσταση, μὲ μέγιστο ἐπιτρεπόμενον ὄριο 1600 μετρικὸν τόννον τὴν ἡμέρα, ii) ἔθεσε ὡς ἕπατο στόχο ὑποβιβασμοῦ τῶν βιομηχανικῶν ἐκροῶν θειαφιοῦ ἀπὸ 200.000 μετρικὸν τόννον  $SO_2$  τὸ χρόνο (1981) σὲ ἡμισυ, ἥτοι 100.000 τόννον τὸ 1985. Ἡ Σουηδία ἔχει καταστρώσει ἓνα φιλόδοξο πρόγραμμα «ἀσβεσίωσης» τῶν λιμνῶν (*Liming program*) γιὰ τὴν ἀποκατάσταση τῶν λιμνῶν ὀξινώσεως (*Acidified lakes*). Ἐνα σύνολο 3000 λιμνῶν, καὶ 3000 χιλιομέτρων μήκους κοιτῶν ποταμῶν ὡς καὶ 500 περίπου κοιλάδων (χώρων διαχωρισμοῦ ποταμίων συστημάτων) (*watersheds*) ἔχουν «ἀσβεστωθεῖ» ἀπὸ τὴν ἔναρξη τοῦ προγράμματος μέχρι τὸν Ἰούλιο τοῦ 1983. Τὸ κόστος τοῦ προγράμματος εἶναι τῆς τάξεως

των 17 εκατ. δολλαρίων μέχρι τοῦ 1983. Τὰ ἔσοδα τοῦ προγράμματος ἀσβεστώσεως προέρχονται ἀπὸ φόρους καταναλώσεως πετρελαίου [7].

**V. ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΗΣ ΟΞΙΝΗΣ ΒΡΟΧΗΣ: ΚΥΡΙΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΕΩΣ**

Οἱ θεμελιακὲς συνιστώσες τῆς ὀξίνης βροχῆς ὡς ὑετίου κατακρημνίσεως σὲ ἀτμόσφαιρα φορτισμένη (πλήρη) μὲ ἀέριους ρύπους βιομηχανικῶν ἢ οἰκιακῶν ἐκροῶν καὶ ἀπορρίψεων εἶναι:

1. Τὸ διοξείδιο τοῦ θείου ( $SO_2$ -sulfur dioxide) στὶς δύο του μορφές ἦτοι ὡς διοξείδιον τοῦ θείου καὶ ὡς προϊόν μετασχηματισμοῦ του σὲ θεικὸ ἄλας (sulfate).

2. Τὰ νιτρικὰ ὀξειδία (Nitrogen oxides- $NO_x$ ) ὡς ἀέριο καὶ ὡς προϊόν μετασχηματισμοῦ τοῦ νιτρικοῦ ἄλατος (nitrate) ὡς «προδρόμου» (precursor) δημιουργίας (συνθέσεως) τοῦ ὄζοντος (Ozone).

3. Οἱ «ἀντιδρώντες» ὑδρογονάνθρακες (Reactive hydrocarbons) ὡς πρόδρομοι (precursors) δημιουργίας τοῦ ὄζοντος. Ἀπὸ τὴν ἄλλη πλευρὰ ἕνας κύκλος ἀντιδράσεων (reaction cycle) λαμβάνει χώραν στὴν τροπόσφαιρα (τὸ χαμηλότερο τμήμα τῆς ἀτμόσφαιρας μεγέθους 10-12 χιλιομέτρων ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς). Ὁ κύκλος τῆς χημικῆς αὐτῆς ἀντιδράσεως ἀρχίζει ὅταν ἕνα φωτόνιο (τοῦ ἡλιακοῦ φωτός) (Photon of sunlight) συγκρούεται μὲ ἕνα μόριο ὄζοντος ( $O_3$ ). Τὸ ὄζον μπορεῖ νὰ ἔχει «ἀναμιχθεῖ μετατοπιζόμενο πρὸς τὰ κάτω» (ἀπὸ τὸ στρώμα ὄζοντος τῆς στρατόσφαιρας) (Mixed downward from the ozone layer in the stratosphere) ἢ νὰ ἔχει «συντεθεῖ» στὴν τροπόσφαιρα ἀπὸ ρύπους πὸν περιέχουν ἄζωτο καὶ ἄνθρακα (Nitrogen and carbon as containing pollutants). Ἀπὸ τὴ σύγκρουση αὐτὴ ἐλευθερώνεται ἕνα ἄτομο ὀξυγόνου (O) τὸ ὁποῖο μὲ ἕνα μόριο νεροῦ ( $H_2O$ ) «συνθέτει» δύο ρίζες ὑδροξυλίου (HO) (Two hydroxyl radicals). Αὐτὸ τὸ σπάνιο ἀλλὰ πολὺ ἐνεργὸ χημικὸ εἶδος μετατρέπει ἐν συνεχείᾳ τὸ διοξείδιο τοῦ ἄζωτου ( $NO_2$ ) σὲ νιτρῶδες ὄξυ ( $NO_3$ ) καὶ «ξεκινᾷ» τὴν χημικὴ ἀντίδραση πὸν μετασχηματίζει τὸ διοξείδιο τοῦ θείου ( $SO_2$ ) σὲ θεικὸ ὄξυ ( $H_2SO_4$ ). Ὁ βαθμὸς συγκεντρώσεως (Concentration) τοῦ hydroxyl radical στὴν ἀτμόσφαιρα εἶναι ἴσως μικρότερος τοῦ ἑνὸς μέρους σ' ἕνα τρισεκατομμύριο (one part per trillion) ἀλλὰ εἶναι πρακτικὰ ἀνεξάντλητο! Ἐνας ἀριθμὸς χημικῶν ἀντιδράσεων, πὸν ἐκεῖνο «ἀρχίζει» (It triggers), τελειώνουν μὲ τὴν ἐκ νέου ἀναπαραγωγή του (End up by regenerating it). Ἡ παρουσία νιτρικῶν καὶ θεικῶν ὀξέων (nitric and sulfuric acid) στὰ σταγονίδια (droplets) τῶν νεφῶν εἶναι ἡ αἰτία πολὺ χαμηλῶν τιμῶν pH. Νερὸ πὸν συγκεντρώθηκε στὴ βάση αὐτῶν τῶν νεφῶν στὶς ΗΠΑ παρουσίασε πολὺ χαμηλὸ



$pH = 2.6$  έως  $3.6$ . Στην περιοχή του *Los Angeles* υπάρχει περίπτωση σταγονιδίων νέφους με  $pH = 2$ , που είναι η *Acidity* χυμού λεμονιού ή ξυδιού. Τα θειικά άλατα (*Sulfate*) από την άλλη πλευρά εναποτίθενται στο έδαφος σαν «ξηρό κατακάθισμα» (*Dry deposition*). Οι δύο παρατιθέμενοι σχηματικοί πίνακες (*1a, 1b*) δίνουν πλήρη εικόνα του σχηματισμού της όξινης βροχής όπως: (i) Έποπτική διαδικασία των προδρόμων αντιδράσεων της όξινης βροχής: (ii) Ατμοσφαιρικής χημείας νιτρικών-θειικών οξέων και των χημικών αντιδράσεων του όζοντος ( $O_3$ ) (*Hydroxyl radical and dry deposition*).

Πρέπει να τονισθούν εδώ οι εξής σοβαρές επισημάνσεις: (α) Και οι τρείς ή τέσσερες —αν συμπεριληφθεί και το όζον της στρατοσφαιρας— άνω κύριες πηγές (ως έστιες χημικών αντιδράσεων) των οξειδίων θείου, άζώτου, ύδρογονανθράκων έχουν σχέση με την καύση των υγρών, στερεών και αερίων ύδρογονανθράκων ήτοι κλασσικών μορφών ενεργείας (πετρελαίου, κάρβονου, αερίου — *Fossil fuels*).

(β) Η λεπτομερειακή καταγραφή των ποικίλων χημικών αντιδράσεων των ρύπων στην ατμόσφαιρα και στο έδαφος ως βροχή και ξηρή απόθεση έχει σημασιολογηθεί και προσδιορισθεί στις βασικές γενικές της διαστάσεις, ενώ υπάρχουν ακόμη λεπτά σημεία χρήζοντα περαιτέρω αποδελτιώσεως. Για το λόγο αυτό ή αναλυτική και πειραματική έρευνα του πολυπλόκου προβλήματος της όξινης βροχής συνεχίζεται σήμερα με διάθεση δισεκατομμυρίων δολλαρίων ιδιαίτερα από τις χώρες της Β. Αμερικής: Καναδά και ΗΠΑ.

(γ) Έξ ίσου σοβαρή (και «άνεξιχνίαστη» ακόμη) είναι ή λεπτομερειακή, ή πλήρης αποδελτιώση των αντιδράσεων όξινης βροχής και των επιδράσεων-επιπτώσεών της στις γεωχημικές—γεωφυσικές αντιδράσεις του εδάφους (*Soil humus*) και ύπεδάφους —που είναι το μεγάλο έργοστήριο των γεωχημικών κύκλων της τροφής και των χυμών ως δομικών στοιχείων αναπτύξεως των δένδρων και του δάσους.

#### VI. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ-ΧΗΜΙΚΟΥ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΕΩΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΟΞΙΝΗΣ ΒΡΟΧΗΣ

Πότε, πώς και ποίου μεγέθους πρέπει να είναι ο ύποβιβασμός των ρύπων των αερίων έκροών για να άποφενχθεί ή δημιουργία όξινης βροχής και άποθέσεων καθιζημάτων όξινης βροχής στα δάση και στο έδαφος;

—Είναι άκριβής και ένδελεχής σήμερα ο ποσοτικός αυτός προσδιορισμός σε μαθηματική μορφή άριθμητικών μεγεθών;

“Όπως ύπογραμμίσθηκε άνωτέρω, είναι γνωστή σε γενικές γραμμές ή διαδικασία των οίονει χημικών αντιδράσεων που σήμερα μελετώνται στο έργοστήριο και στη

θεωρία με τη δόμηση και βοήθεια ισχυρών μαθηματικών μοντέλων (*Massive computer models*) έρευνας παραγωγής όξινης βροχής, μεταφοράς της ως και προσδιορισμού μεγεθών αποθέσεων της.

Δύο μαζικά μοντέλα όξινης βροχής υπάρχουν σήμερα και δοκιμάζονται για διαφορετικά κάθε φορά δεδομένα και όριακές συνθήκες. Το πρώτο είναι το «Περιφερειακό Μοντέλο Όξινης Βροχής-Όξινων Αποθέσεων» (*Regional acid deposition model-RADM*) —πὸν χρηματοδοτεῖ καὶ ἐπιβλέπει ἡ U.S.-E.P.A (*Environmental Protection Agency*)— ἢ ὁμοσπονδιακὴ Ὑπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος τῶν ΗΠΑ [13, 14]. Τὸ δεύτερο εἶναι τὸ «Μοντέλο Όξινων Αποθέσεων καὶ Οξειδίων Όξειδώσεως» (*Acid deposition and oxidant model, (ADOM)*), πὸν χρηματοδοτοῦν καὶ ἐπιβλέπουν οἱ ὑπηρεσίες Προστασίας τοῦ Περιβάλλοντος τοῦ Καναδά καὶ τῆς Δυτικῆς Γερμανίας.

Ἡ μαθηματικὴ θεώρηση καὶ τῶν δυὸ μοντέλων στηρίζεται στὴν κατάστροψη (καὶ θεμελίωση σ' αὐτὲς) ὅλων τῶν διαδικασιῶν-ἀτμοσφαιρικῶν καὶ μετεωρολογικῶν —ἰδιαίτερος ἐκείνων πὸν ἐπενεργοῦν σὲ μέρια τοῦ ἀέρος πὸν περιέχουν ἄζωτο, θειάφι καὶ ἀνθρακα. Τὸ κάθε ἀριθμητικὸ (*computer*) μοντέλο, καὶ οἱ εἰδικὲς κάθε φορὰ περιπτώσεις περιλαμβάνουν τὶς ὑφιστάμενες γεωμετρικὲς ὁριακὲς συνθήκες (θέση πηγῶν ρύπων, στάθμη καμίνων καὶ ὑψικαμίνων, ἐκροῶν ρύπων κλπ) καὶ εἰδικὲς ἀτμοσφαιρικὲς συνθήκες ὡς «ἀρχικὲς συνθήκες» (*Initial and boundary conditions*) [13, 14]. Τὰ ἐν λόγω μοντέλα, ὅταν τεθοῦν ὀρθῶς ὡς πρόβλημα ὁριακῶν συνθηκῶν (*Boundary value problem*), μποροῦν νὰ προβλέψουν κάθε τέσσερες περίπου μέρες τὶς ἀποθέσεις ρυπαντῶν —ὅση μπορεῖ νὰ εἶναι ἡ διάρκεια τῶν συνθηκῶν σὲ μιὰ ἔκταση πενήντα τετραγωνικῶν μιλίων— ἔκταση δυὸ καὶ πλέον φορὲς μεγαλύτερη τῆς ἐκτάσεως τῆς μεζονος περιοχῆς τοῦ λεκανοπεδίου Ἀθηνῶν. Ἐνα τέτοιο μοντέλο, πὸν μπορεῖ νὰ «δομηθεῖ» καὶ νὰ «δοκιμασθεῖ» στὴν Ἀθήνα ἀπὸ τὸ Ἰνστιτοῦτο Ἀτμοσφαιρικῆς Φυσικῆς τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, θὰ ἀποτελοῦσε ἐργαλεῖο προβλέψεως, προγραμματισμοῦ καὶ προλήψεως τῶν ἐπιπτώσεων τοῦ «Νέφους τῶν Ἀθηνῶν» καὶ τῶν δηλητηριωδῶν ἀποθέσεων τοῦ Νέφους μετὰ τὶς καταστροφὲς μνημείων καὶ τοὺς θανάτους ἀπὸ ἀσφυξία καὶ δηλητηριάσεις (ἐκατόμβη θανάτου τοῦ τέλους Ἰουλίου 1987 στὴν Ἀθήνα).

Τὰ ὡς ἄνω μοντέλα, μετὰ εἰδικὴ στατιστικὴ ἀνάλυση καὶ «πορίσματα» (*Statistical inference*) τῆς ἀναλύσεως πὸν μελετήθηκαν γιὰ μιὰ ποικιλία παραλλαγῶν (*Variety*) ἀτμοσφαιρικῶν-κλιματικῶν συνθηκῶν, μποροῦν νὰ προβλέψουν μακροχρόνια-πρότυπα ὑπόδειγμα (παραδείγματα) ὀξίνων ἀποθέσεων γιὰ ἓνα δοσμένο ὑπόδειγμα ἐκροῶν ρύπων (*The models can also predict the long term pattern of deposition for a given emission pattern*). Μιὰ τέτοια ὑπολογιστικὴ δυνατότης τοῦ μοντέλου ἀποτε-



λει άνεκτίμητη και πολυδύναμη προϋπόθεση σχεδιασμοϋ στρατηγικής και ύποβιβασμοϋ έκροϋν ρύπων και άποθέσεων δξινης βροχής [13, 15, 16].

Σέ «γενικές» γραμμές ό ύποβιβασμός τών έκροϋν ρύπων —πὸ δημιουργοϋν τήν δξινη βροχή και τις καταστρεπτικές στά δάση και οίκοσυστήματα «άποθέσεις» (*Deposition*) και κατακρημνίσεις —θά έπιτευχθει: (i) με τήν καύση μικροτέρων ποσοτήτων (και τήν πληρέστερη καύση στους καυστήρες) ύδρογονανθράκων (πετρελαίου, κάρβουνου κλπ., *Fossil fuels*) για τήν παραγωγή ένεργείας, για τή μεταφορά (αυτοκίνητα κλπ.), τή βιομηχανία, οικιακές άνάγκες, (ii) τή χρησιμοποίηση έναλλακτικῶν πηγῶν ένεργείας (ύδρενεργεια, ήλιακή, βιομάζα, αιολική κλπ.) όπου τοϋτο είναι οικονομικῶς έφικτό —γιατί δέν είναι πάντοτε δυνατό, (iii) τήν εφαρμογή τεχνολογίας βελτιώσεως-καθαρισμοϋ τοϋ χρησιμοποιούμενου πετρελαίου ή κάρβουνου ή χρήσεως —όπως στην 'Αμερική, 'Ιαπωνία, Αντ. Γερμανία— κάρβουνου χαμηλής στάθμης θειαφιού λόγω πλύσεως (*Coal washed to remove sulfur and other contaminants*) δια τής μεθόδου *Fluegas desulfurization (FGS)*, (iv) άνακαίνιση τών παλαιῶν σταθμῶν —(συνολικός αριθμός 410 στην 'Αμερική) παραγωγής ήλεκτρισμοϋ (πὸν είναι μιᾶς μέσης σήμερα ήλικίας τής τάξεως 30-35 ετών) και εφαρμογή νέων τεχνολογιῶν (*Gasification combined cycle*) περισσότερο άποδοτικῶν και όλιγότερο ρυπαινοσῶν.

Ειδικότερα πρακτικά μέτρα έλέγχου έκροϋν ρύπων στην καύση τών ύδρογονανθράκων (*Fossil fuels*) μποροϋν επίσης νά ύποδειχθοϋν. 'Η εφαρμογή πρακτικής ύποβιβασμοϋ τών ρύπων (και έπέκεινα τής δημιουργίας δξινης βροχής) και τών άποθέσεων τής δξινης βροχής για τούς θερμικούς σταθμούς 'Ιπτολεμαίδος και Μεγαλουπόλεως θά έχει κορυφαία σημασία για τή σωτηρία τών οίκοσυστημάτων, τής χλωρίδος-πανίδος και τοϋ μικροκλίματος τών περιοχῶν. Τά οίκοσυστήματα τών ὡς άνω περιοχῶν έχουν ριζικά (και πρὸς τὸ χειρότερο) αλλοιωθει, πέραν από τήν ύφιστάμενη συνεχή άπειλή τής δημόσιας ύγείας, πὸν συνιστᾶ —πρέπει νά συνιστᾶ— πρώτη ύποχρέωση μιᾶς εϋνομουμένης δημοκρατικής πολιτείας. Στά πλαίσια τών ὡς άνω προσδιορισμῶν και έπισημάνσεων οί έξής μέθοδοι είναι σήμερα πρακτικά δόκιμες και άποδοτικές [7, 17, 18]:

**Π ρ ὶ τ η.** «Πρὸ-καύση» (*Precombustion*): 'Η ποσότης τοϋ θειαφιού και άζώτου πὸν συνύαρχουν στά κλασσικά καύσιμα (*Fossil fuel*) μπορεῖ νά έλαττωθει: (α) με τή χρήση ύδρογονανθράκων πὸν έχουν μικρότερη ποσοτική άναλογία θειαφιού ή άζώτου, (β) με ειδική φυσική ή χημική διαδικασία πλύσεως καθαρισμοϋ, πὸν άπομακρύνει τὸ μεγαλύτερο ποσοστὸ άζώτου ή θειαφιού από τή μηχανή καύσεως [7].

**Δ ε ὺ τ ε ρ η.** «Κατὰ τή «διάρκεια τής καύσεως» (*During combustion*).

Είναι η διαδικασία ειδικής μορφής καύσεως που μπορεί να μειώσει την ποσότητα του θειαφιοῦ και ἄζωτου που «εναποτίθεται» (ἢ ἀπορρίπτεται) στο ρεύμα τοῦ γκαζιοῦ και μειώνει ἔτσι τοὺς ρύπους στὶς ἐκροές τῶν καυσαερίων.

*Τριτή.* Κατὰ τὴ διάρκεια τῆς διαδικασίας τῆς «μετακαύσεως» (*Postcombustion*), κατὰ τὴν ὁποία τὰ προϊόντα τῆς καύσεως μπορούν νὰ «καθαρισθοῦν» (*Treatment*) μὲ συνακόλουθη μείωση-ὑποβιβασμὸ τῶν ρύπων πρὸ τῆς τελικῆς ἀπορρίψεως στὴν ἀτμόσφαιρα. Ὅλη ἡ σύγχρονη — και τόσο ἀποτελεσματικὴ — τεχνολογία τῶν «καταλυτικῶν μετατροπέων» (*Catalytic converters*) τῶν αὐτοκινήτων πὸν καταναλίσκουν βενζίνη — μὲ μόλυβδο (ἀντικροτική) ἢ μὴ — κατευθύνεται ἀκριβῶς πρὸς τὸ στόχο αὐτό: τῆς μείωσης τῶν ἐκροῶν ρύπων και ἄρα μείωσης τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως και ἀποτροπῆς δημιουργίας ὄξινης βροχῆς [7].

Οἱ ὑφιστάμενες σήμερα τεχνολογίες καθαρισμοῦ εἶναι τριῶν εἰδῶν:

1. «Τεχνολογίες ἐν χρήσει» (*In-use Technologies*). Εἶναι οἱ τεχνολογίες ἐμπορικῆς χρήσεως τῆς ἐλεύθερης ἀγορᾶς, ὅπως οἱ καταλυτικοὶ μετατροπεῖς τῶν αὐτοκινήτων, τὰ φίλτρα (*Filters*) καθαρισμοῦ ἀερίων λυμάτων τῶν ἐργοστασίων βιομηχανιῶν και ἐργαστηρίων βιοτεχνικῶν, οἱ ἠλεκτρικοὶ κατακρημνιστές τῶν καπνοδόχων τῶν ἐργοστασίων.

2. «Τεχνολογίες πρὸς διάθεση» (*Available Technologies*). Εἶναι οἱ τεχνολογίες πὸν ἔχουν ἐπιστημονικὰ ἀποδειχθεῖ «ὀρθές» και ἔχουν τὴν τεχνικὴ δυνατότητα ὑποβιβασμοῦ ρύπων ἀλλὰ δὲν ἔχουν «διαδοθεῖ» και καθιερωθεῖ σὲ εὐρύτερη κλίμακα και ἐμπορικὴ χρήση στὴν ἐλεύθερη ἀγορά.

3. Τεχνολογίες ἀναπτυσσόμενες («ἀναδυόμενες») (*Emerging Technologies*). Εἶναι οἱ νέες τεχνολογίες στὸ στάδιο ἐρεύνης και ἀναπτύξεως (*R+D: Research and Development*) πὸν βεβαίως δὲν παρέχουν σήμερα ἐγγνήσεις λυσιτελοῦς χρήσεως και πλήρους ἀποδοτικότητος και οἰκονομίας στὴν ἐλεύθερη ἀγορὰ [7, 19, 20].

## VII. ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΟΞΙΝΗΣ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΑ ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Οἱ ἐπιπτώσεις τῆς ὄξινης βροχῆς στὸ «χῶρο» και «χρόνο» παρουσιάζουν καιρίες διαφορές και ἰδιομορφίες πὸν ἔχουν ἄμεση αἰτιακὴ σχέση μὲ:

1. Τὸ κλίμα (και τὸ μικροκλίμα) τῆς περιοχῆς ἢ τοῦ δάσους. Τοῦτο βεβαίως καθορίζεται κυρίως ἀπὸ τὴ γεωφυσικὴ θέση τῆς περιοχῆς (τροπικὴ, εὐκρατὴ κλπ. ζώνη) ἢ μὴ και τὸ γεωγραφικὸ πλάτος σὲ σχέση μὲ τὸν ἰσημερινὸ και τὴ γειτνίαση μὲ λίμνες ποταμούς ἢ ὠκεανούς.

2. Τὸν ὕδρολογικὸ κύκλο τῆς περιοχῆς ἢ τοῦ δάσους, ἦτοι τὴν δίαίτα τῶν

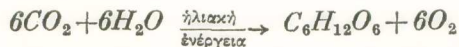


βροχοπτώσεων και τῶν λοιπῶν υετίων κατακρημνίσεων (χιόνων, χαλάζης κλπ.).

3. Τῇ θερμοκρασιακῇ στάθμῃ (μέση ἐτήσια θερμοκρασία και ἀκραῖες τιμές θερμοκρασιῶν) ὡς και τῇ στάθμῃ (και τὶς μεταβολές — ἀξομειώσεις) τῆς ὑγρασίας τῆς ἀτμόσφαιρας (*Moisture*).

4. Τοὺς ἐπικρατοῦντες ἀνέμους, τὸν βαθμὸ ἡλιοφανεῖας τῆς περιοχῆς (ἢ τοῦ δάσους), τὴν τάση και βαθμὸ ἐξατμίσεως (*Evaporation*) και τέλος

5. Τῇ θέσῃ ἰσορροπίας ἢ μὴ τῶν βιοχημικῶν και γεωχημικῶν (γεωφυσικῶν) κύκλων τῶν οἰκοσυστημάτων τῆς περιοχῆς (*Status of biochemical and geochemical cycles of the region*). Δηλ. ἡ κατάσταση σταθερότητος-ἰσορροπίας και ἀδιατάρακτης λειτουργίας τῶν βιοχημικῶν κύκλων ἀζώτου, φωσφόρου, θειαφιοῦ, ἄνθρακος, ὀξυγόνου-ὕδρογόνου και μεταλλικῶν οὐσιῶν τῆς περιοχῆς ἀποτελεῖ ἐγγύηση ἐπανακυκλώσεως (*Recycling*) τῶν βασικῶν στοιχείων «τροφῶν» τοῦ οἰκοσυστήματος. Τοῦτο ἐγγυᾶται και στηρίζεται ἢ φωτοσύνθεση (ὅταν ἢ χλωροφύλλη τῶν δασῶν, πανίδος, εἶναι ὑγιῆς ἐν καλῇ λειτουργίᾳ), ἢ λεπτή και θεμελιακὴ λειτουργία τῆς ζωῆς: τὰ δένδρα και τὰ φυτὰ χρησιμοποιοῦν τὴν ἡλιακὴ ἐνέργεια και μετατρέπουν τὸ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος και τὸ νερὸ σὲ ζάχαρη (γλυκόζη) και ὀξυγόνο, σύμφωνα μὲ τὴν χημικὴ ἐξίσωση



(Διοξείδιο τοῦ Ἄνθρακος) + (Νερὸ) μὲ τὴν ἡλιακὴ ἐνέργεια → (ζάχαρη) + Ὄξυγόνο

Ὡς σοβαρὸ πρόβλημα τίθεται σήμερα ἢ σοβαρὴ ἀνισορροπία στὴ «χωρικὴ» κατανομὴ τῆς ὀξίνης βροχῆς και στὴν «ποσοτικὴ» τῆς συγκέντρωση στὶς χῶρες κυρίως τοῦ βιομηχανικοῦ Βορρᾶ. Ἡ παράθεση ἀριθμῶν θεμελιώνει τὸ μέγεθος, τὴν πλοκὴ και πολυπλοκότητα τοῦ προβλήματος.

Ποσοστὸ μεγέθους τῆς τάξεως 85-90 % τοῦ συνόλου τῆς ὀξίνης βροχῆς τοῦ πλανῆτου Γῆ «παράγεται» σήμερα στὸ βόρειο ἡμισφαίριο και «πέφτει» ὡς βροχὴ σὲ ἔκταση 5-7 % τῆς συνολικῆς ἐκτάσεως (ξηρᾶς και ὠκεανῶν) χωρὶς μιὰ εὐρύτερη κατανομὴ τῶν υετίων κατακρημνίσεων. Ἔτσι οἱ χῶρες τοῦ βιομηχανικοῦ Βορρᾶ, ποὺ «παράγουν» τὴν ὀξίνη βροχὴ, τὴν δέχονται σχεδὸν ἐξ ὀλοκλήρου μὲ μικρὴ διαφυγὴ και ἐναπόθεση στὶς χῶρες τοῦ μὴ βιομηχανικοῦ «Νότου» (Ἀφρικὴ, Ν. Α. Ἀσία, Νότιος Ἀμερικὴ). Ἔτσι ἢ κατὰ ἐκτάριο ποσότης τῆς ὀξίνης βροχῆς και τῶν ἀποθέσεων τῆς (*Emissions-Acid Rain and Depositions*) εἶναι συντριπτικὰ πυκνὴ (και καταστρεπτικὴ τῶν οἰκοσυστημάτων) στὶς χῶρες τοῦ Βορρᾶ: Ἡνωμένες Πολιτεῖες, Καναδᾶς, Εὐρώπη, Σοβιετικὴ Ἐνωση, Ἰαπωνία).

Ἡ φυσικοχημικὴ σύσταση τῆς ὀξίνης βροχῆς, ὅπως δόθηκε πρὶν, ἔχει τὶς

έξῆς γενικές και ειδικές επιπτώσεις καταστρεπτικές κατά κανόνα) στα δάση και οικοσυστήματα.

1. Τα οξείδια του άζώτου της όξινης βροχής «είσέρχονται» (διαπερνούν) στους μίσχους, στα φύλλα (και στους κορμούς) των δένδρων και έν συνδυασμῶ με την άπορρόφηση διοξειδίου του άνθρακος (κατά τή διάρκεια της φωτοσύνθεσης) δηλητηριάζουν τόν έσωτερικό ιστό του δένδρου και συντελοῦν στο βραδύ αλλά βέβαιο θάνατό του. Τα δάση και ή δασοκάλυψη τής Γῆς έχει σήμερα μειωθεί κατό 40-50% περίπου σε σχέση με τή δασοκάλυψη τής Γῆς στις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνας. Σε πρόσφατη έκδοση τής Διεθνούς Τραπέζης Άνασυγκροτήσεως [21] ύπογραμμίζονται τὰ εξῆς:

«...Οί συνέπειες από τή συνεχιζόμενη ανεξέλεγκτη έκμετάλλευση του δάσους άποτελοῦν σοβαρότατο θέμα κρίσιμου ενδιαφέροντος (Critical concern) του κόσμου, γιατί οδηγούν κατ' εὐθείαν σε ούσιαστική οικολογική διαταραχή των οικοσυστημάτων του περιβάλλοντος και σε αυξανόμενη φτώχεια των άγροτικών πληθυσμῶν. Πλέον των 90% τής καταναλώσεως ξύλου (ύλοτομία και καταστροφή δασῶν) στις ύπανάπτυκτες και άναπτυσσόμενες χῶρες καλύπτει ενεργειακές ανάγκες.

Άν και ή έκταση των δασῶν στις χῶρες αυτές ξεπερνάει τὰ 1.000 έκατομμύρια έκτάρια, ή τάση τής σημερινής «χρήσεως-έκμεταλλεύσεως» των δασῶν — με τή σοβοῦσα ενεργειακή κρίση πετρελαίου — (Fossil fuels) για τίς χῶρες αυτές θά οδηγήσει στην εξαφάνιση τής άνωτέρω δασοκάλυψεως σε εξήντα χρόνια — εκτός εάν ληφθοῦν σήμερα δραστικά μέτρα και αναληφθοῦν ενέργειες που θά αλλάξουν ριζικά τήν παροῦσα τάση σε συνδυασμό με έκτεταμένο ὀρθό πρόγραμμα άναδασώσεων...».

Τὰ δάση καλύπτουν σήμερα [21, 22] τὸ ένα τρίτο περίπου τής εκτάσεως τής ξηρᾶς τής Γῆς και τὸ ἡμισυ του χῶρου — ξηρᾶς των άναπτυσσομένων χωρῶν. Ὁ ρόλος των δασῶν στην οικονομική ανάπτυξη, στα προγράμματα οικισμού και άπασχολήσεως είναι θεμελιώδης. Ὅταν τὰ δάση καταστρέφονται ή από τήν όξινή βροχή ή από υπερεκμετάλλευση, έχουμε βαριά άπώλεια τροφῶν του εδάφους (Heavy losses of nutrients from the soil). Τα οικοσυστήματα των δασῶν επιδρῶν κατά τρόπο άποφασιστικό και ωφέλιμο στις διαδικασίες διαμορφώσεως κλίματος, υδρολογικού κύκλου, κυκλοφορίας των «τροφῶν», διαβρώσεων (και ύποβαθμίσεως των δυνατοτήτων άποδοτικῶν καλλιεργειῶν), καθαρισμού τής υδροσφαίρας (νερῶν, αέρος κλπ.) καθώς και τή συνολική θέση και διαίτα των λιμνῶν, ποταμῶν και ύπογειων ταμιευτήρων ύδατος [23, 24].

Άποτελεῖ «έντεχῆ σύμπτωση» τὸ γεγονός πὼς ή όξινή βροχή (και οι άποθέσεις της) λαμβάνουν χώρα στο βιομηχανικό Βορρά, όπου ύπάρχει μεν στοιχει-



ώδης προστασία τοῦ δάσους —χωρίς νὰ παραγνωρίζεται ὁ ρόλος τῶν καταστρεπτικῶν πυρκαϊῶν— (στὴν Ἑλλάδα οἱ πυρκαϊῆς δασῶν συνιστοῦν ἀληθινὸ ὀλετήρα) καὶ τῶν ἐπεκτάσεων οἰκισμῶν, αὐτοκινητοδρόμων κλπ. εἰς βάρος τῶν δασικῶν ἐκτάσεων. Ἄν ἡ ὄξινη βροχὴ ἐπιπτε στὰ δάση τῶν μὴ-βιομηχανικῶν χωρῶν (ὑποανάπτυκτων καὶ ἀναπτυσσομένων) τοῦ «Νότου», ὅπου ἡ ὑπερεκμετάλλευση γιὰ ἐνεργειακὰς χρήσεις εἶναι μεγάλη, ἡ καταστροφή θὰ ἦταν βεβαία καὶ πλήρης [24, 25].

2. Ἡ δηλητηρίαση τοῦ φυτοῦ ἢ τοῦ δένδρου εἶναι συνέπεια βασικῆς ἀνατροπῆς τοῦ θεμελιοκοῦ βιολογικοῦ καὶ βιοφυσικοῦ μεταβολισμοῦ καὶ τῶν βιοχημικῶν διαδικασιῶν τῆς ζωῆς τοῦ δένδρου καὶ ἐπέκεινα τῆς χλωρίδος καὶ τοῦ δάσους πὸ τὸ περιβάλλει.

3. Ἡ ὑποσκαφὴ τῆς ἀριότητος καὶ ἰσορροπίας τῶν χημικῶν βιοφυσικῶν-βιοχημικῶν καὶ γεωφυσικῶν διαδικασιῶν στὴ ζωὴ τοῦ δάσους καὶ τῶν οἰκοσυστημάτων τῆς ξηρᾶς, τῶν λιμνῶν, τῶν ποταμῶν καὶ ἀκτῶν δὲν ἔχει πλήρως (καὶ εἰς ὄλο τὸ βᾶθος καὶ πλάτος) διερευνηθεῖ σήμερα. Οἱ σχέσεις καὶ οἱ συσχετίσεις τῶν ποικίλων χημικῶν διεργασιῶν εἶναι κατὰ κανόνα μορφῆς αἰτιοκρατικῆς, ἀλλὰ τίποτε δὲν ἀποκλείει διαδικασίας «στοχαστικῆς» (Stochastic) μὴ αἰτιοκρατικῆς καὶ φαινόμενα πὸ τοὺς ἀπαιτοῦν στατιστικὴ θεώρηση καὶ ἀνάλυση (Random processes). Οἰαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ βάση τῶν φαινομένων, γεγονὸς παραμένει πὸς ἡ ὄξινη βροχὴ (καὶ οἱ ἀποθέσεις τῆς) εἶναι ἡ δηλητηριώδης καὶ ἡ κυρία αἰτία ἀναστροφῆς (καὶ ἀνακοπῆς) τῆς διαδικασίας ἀναπτύξεως, παραγωγῆς νέων φύλλων, ριζῶν, κλάδων ὡς καὶ μηδενισμοῦ τῆς ἀνθοφορίας τοῦ δένδρου — ἔνδειξη φυσιολογικῆς κάμψεως καὶ θανάτου.

#### VIII. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ (FIELD MEASUREMENTS) ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΟΞΙΝΗΣ ΒΡΟΧΗΣ

Οἱ ρυπαντικὰς ἀποθέσεις τῆς ὄξινης βροχῆς στὴν πολὺπλοκὴ «οὐνεργιστικὴ» μορφὴ τῆς (Synergism) μὲ τὸ ὄζον —σὲ μορφὰς ὀξειδώσεων θεϊκῶν, νιτρικῶν καὶ ἀνθρακικῶν ὀξειδίων— εἶναι σήμερα στὸ κέντρο ἐρένης καὶ προβληματισμοῦ. Ὅσον ἀφορᾷ τὴν παρουσίαν τοῦ ὄζοντος, τοῦτο πρέπει νὰ προστεθεῖ: Τὸ στρώμα τοῦ ὄζοντος στὴ στρατόσφαιρα (περίπου πενήντα χιλιόμετρα ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς) ἀποτελεῖ τὴ σωτήρια προστατευτικὴ ἀσπίδα τῆς ἀνθρώπινης ζωῆς καὶ τῶν οἰκοσυστημάτων τῆς ἀπὸ τὶς ὑπεριώδεις ἀκτίνες τῆς ἡλιακῆς ἀκτινοβολίας [26]. Καὶ ὑπάρχει σήμερα γενικὴ ἀνησυχία καὶ προβληματισμὸς τῶν ἐπιστημόνων καὶ ἐρευνητῶν τῆς ἀτμοσφαιρᾶς σχετικὰ μὲ τὶς ἀνακαλυφθεῖσες ὁπῆς-εῤῥήματα τοῦ ὄζοντος [27, 28], πὸν ἂν διευκρινισθοῦν θὰ ἀποτελέσουν θανάσιμὴ ἀπειλὴ τῆς ζωῆς πᾶνω στὴ Γῆ. Αὐτὴ ὅμως ἡ σωτήρια προστασία τῆς παρουσίας τοῦ ὄζοντος στὴ στρατόσφαιρα «ἀναστρέφεται» πλήρως στὴν ἀτμόσφαιρα, κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια

νεια τῆς Γῆς. Ἐκεῖ τὸ ὄξον ἀποτελεῖ δηλητήριο, μιὰ σοβαρὴ ρύπανση-μόλυνση καὶ ἐπιδεινώση τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρα πὸν ἀναπνέουμε. Ὡς εἰδικὴ περίπτωση ἀναφέρεται ἡ καταστροφὴ-πτώση (*Decline*) τῆς κόκκινης ἐλάτης (*Redspruce*) στὰ δάση *Adirondack* τῆς Πολιτείας Νέας Ὑόρκης [29].

—Τὰ γῆινα καὶ ὑδάτινα — θαλάσσια οἰκοσυστήματα. Τὰ (*Terrestrial and Marine Ecosystems*) δέχονται τὴν ὄξινη βροχὴ καὶ τὶς ἀποθέσεις της — πὸν ὅπως ἐτονίσθη — χαμηλώνουν τὸ δείκτη ὀξίνωσης *pH*, σὲ στάθμες 5 ἢ 4 (ἢ καὶ χαμηλότερα) πὸν σημαίνει ἔδαφος, *humus* καὶ νερὸ πολὺ ὄξινα (*High acidity*). Σ' ἓνα τέτοιο «περιβάλλον» δὲν μπορεῖ νὰ ζήσει ἢ νὰ προσαρμοσθεῖ οἰοσδήποτε φυτικὸς καὶ ζωικὸς ὄργανισμὸς καὶ τῆς πιὸ ἰσχυρῆς φυσικῆς ἀντοχῆς καὶ προσαρμοστικότητος. Οἱ κατακαθίσεις-ἀποθέσεις τῆς ὄξινης βροχῆς διηθοῦνται (*Leaching*) στὸ ὑπέδαφος καὶ ὀδεύουν στὸν ὑδροφόρο ὀρίζοντα μὲ συνέπεια τὴν καταστροφὴ τῶν θρεπτικῶν οὐσιῶν τοῦ ὑπεδάφους καὶ τὸ μηδενισμὸ μεταφορᾶς «ὑγιῶν» (μὴ ὄξινων) τροφῶν καὶ χυμῶν στὸ δένδρο [28]. Ἔτσι στραγγαλίζεται βραδέως μὲν ἀλλὰ ἀσφαλῶς ἡ βιολογικὴ ρίζα καὶ λειτουργία τῶν μικρῶν βιοκοινοτήτων καὶ βιοτόπων τοῦ οἰκοσυστήματος τοῦ δάσους πὸν στηρίζονται στὸ ἀρχέτυπο βιολογικὸ ἐργαστήριο πὸν εἶναι τὸ *Humus*. Ἡ δυναμικὴ ἰσορροπία τῆς «ὁμοιοστάσεως» (*Homeostasis*) — ἥτοι τῶν σχέσεων — ἐξαρτήσεων καὶ ἀλληλεξαρτήσεων μικροοργανισμῶν — περιβάλλοντος — κλονίζεται καὶ σιγὰ-σιγὰ καταρρέει. Ἡ ἴδια διαδικασία ἀκολουθεῖται ἀκριβῶς στὴν περίπτωση ὑψηλοῦ βαθμοῦ ὀξίνωσης (χαμηλοῦ *pH*) τῶν ὑδάτων λιμνῶν, ποταμῶν, ταμειντήρων, ρηχῶν παραθαλασσίων ἀκτῶν, ὑδροβιοτόπων καὶ λιμνοθαλασσῶν (*Estuaries*). Οἱ μικροοργανισμοί, ἥτοι τὸ φυτόπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν καὶ γενικὰ ἡ θαλασσία πανὶς (*Biota*), ἐξαφανίζονται ὡς βάση τῆς τροφικῆς ἀλυσίδας τῶν ψαριῶν καὶ τῶν ἀνωτέρων μορφῶν ζωῆς τοῦ θαλασίου οἰκοσυστήματος. Εἶναι ἡ ἀπειλητικὴ τροπὴ, μὲ τὸ βιολογικὸ («κλινικὸ») θάνατο χιλιάδων λιμνῶν στὶς Σκανδιναβικὲς χῶρες, στὸν Καναδᾶ καὶ στὴν πολιτεία *Vermont* τῶν ΗΠΑ. Γιὰ τὴν πληρέστερη κατανόηση τοῦ φαινομένου τῆς ὀξίνωσης τῶν λιμνῶν καὶ τῶν ἐπιπτώσεών της στὸ βιολογικὸ κύκλον τῶν εἰδῶν, οἰκολόγοι καὶ βιολόγοι τοῦ Καναδᾶ καὶ τῶν ΗΠΑ ὅπως ὁ *Dr. Schindler* (καὶ ὁ *E. Gorham* τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Μινεσότα) μετέτρεψαν τὴν ὠραία «λίμνη 302» στὴν περιοχὴ τοῦ Δυτικοῦ *Ontario* τοῦ Καναδᾶ σὲ πειραματικὸ ἐργαστήριο, «θυσιάζοντάς» τὴν στὴν ἐπιστημονικὴ ἔρευνα τῆς ὄξινης βροχῆς, τῶν ὄξινων οἰκοσυστημάτων καὶ τῆς ζωῆς τῶν ὀργανισμῶν ἐκεῖ. Ἡ μετατροπὴ τῆς λίμνης σὲ ὄξινη γίνεται τεχνητὰ μὲ «συστηματικὸ» πρόγραμμα τῆς στάθμης ὀξίνωσης καὶ τῶν ἀποτελεσμάτων-μετρήσεων καὶ δεδομένων πὸν συλλέγονται προσεκτικὰ [30]. Μεταξὺ τῶν ἀποτελεσμάτων τῶν μετρήσεων τοῦ μεγάλου αὐτοῦ πειράματος σὲ πρωτότυπο (καὶ ὄχι σὲ ἐργαστηριακὸ)



μοντέλο, πού γίνεται για πρώτη φορά σε έρευνητικό επίπεδο μεγάλης κλίμακος, αναφέρονται τα εξής:

— «...<sup>2</sup>Ανατροπή τών βιοχημικῶν διαδικασιῶν και βιολογική καταστροφή μπορεί να λάβει χώρα σε μιὰ λίμνη πού δέχεται ὄξινη βροχή ἀκόμη και στά πρώτα στάδια τῆς ὀξίνωσης (*Early stages of acidification*). Βεβαίως μιὰ τέτοια λεπτή και ἀδιόρατη μεταβολή εἶναι ἀδύνατο να ἀποδειχθεῖ σε μιὰ λίμνη με ὑψηλότερο στάδιο ὀξίνωσης».

— Ἡ ἐξαφάνιση τών μεγάλων ψαριῶν σε ὀξινωμένη λίμνη (*Acidified lake*) δὲν ἀποτελεῖ τὸν ἀσφαλῆ δείκτη τοῦ μεγέθους καταστροφῆς τοῦ «πληθυσμοῦ τών ψαριῶν» (*Fish population*). Ἀπώλεια τῆς ἀναπαραγωγῆς (*Reproductive failure*) τών μικρῶν ψαριῶν — πού χρησιμεύουν ὡς λεία (*Prey species*) μεγάλων ψαριῶν — λαμβάνει χώραν νωρίτερα.

— Οἱ λίμνες μποροῦν να «ἀναρρώσουν» (να ἀποκατασταθοῦν βιολογικά) «μερικῶς» (*partial recover*), ὅταν διακοπεῖ ἡ εἰσαγωγή ὄξινης βροχῆς, ἀλλὰ μπορεί να ἀπαιτηθεῖ χρονικὸ διάστημα δεκάδων ἑκατονταετιῶν πρὶν τὰ ἀρχικά λιμναῖα οἰκοσυστήματα ἀποκατασταθοῦν πλήρως στὴν πρώτη τους βιολογική ἰσορροπία.

— Οἱ ὑγρότοποι (*Wetlands*) γύρω ἀπὸ τὶς λίμνες μπορεί να ἀποτελέσουν ἓνα εἶδος φίλτρων για τὰ χημικὰ σύμπλοκα (*Compounds*) τῆς ὄξινης βροχῆς και ἔτσι μποροῦν να βοηθήσουν στὴν προστασία τών λιμνῶν ἀπὸ ὀξίνωση.

— Ἡ ὀξίνωση συνιστᾷ αἰτία μιᾶς δραματικῆς τροπῆς στὴ μορφή και στὸν ἀριθμὸ τών «εἰδῶν» (*In the kinds and number of species*) τὰ ὁποῖα μποροῦν να ἐπιβιώσουν στὴ λίμνη, ἂν και μπορεί να μὴν εἶναι ἐπαρκῆς ὥστε να μικρύνει τὴ βιομάζα ἢ τὴν ὀλικὴ ποσότητα τῆς μάζας τών κυττάρων (*Cell matter*) τῆς λίμνης.

— Εἰδικές μελέτες και μετρήσεις πεδίου, ὅσον ἀφορᾷ τὶς ἐπιπτώσεις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως και τῆς ὄξινης βροχῆς καθὼς και ὀδηγίες «προστασίας» τών «κόκκινων ἐλάτων» στὴν περιοχὴ τών δασῶν *Adirondack* τῆς Νέας Ὑόρκης, δίνονται στὸ περιοδικὸ «*Adirondack*» τοῦ Φεβρουαρίου-Μαρτίου 1988 (*Adirondack Insights*) σελ. 14-16). Ἐκεῖ εἰδικότερα τονίζονται τὰ εξής [29]:

Στὸ Συνέδριο, πού ὀργάνωσε ἡ Ὑπηρεσία Δασῶν τών ΗΠΑ (*Forest Service*) τὸν Ὀκτώβριο τοῦ 1987 στὴν πόλη *Burlington* τῆς Πολιτείας *Vermont*, ἀνακοινώθηκαν ἐνδιαφέρουσες παρατηρήσεις και συμπεράσματα μιᾶς ὀμάδος ἐρευνητῶν τῆς «Σχολῆς Μελετῶν Περιβάλλοντος και Δασῶν» τοῦ Πολιτειακοῦ Πανεπιστημίου τῆς Νέας Ὑόρκης (*SUNY-College of Environmental Science and Forestry*). Τὸ κέντρο βεβαίως τοῦ ἐρευνητικοῦ προγράμματος ἦταν οἱ παρατηρήσεις-μετρήσεις και οἱ ὑπολογισμοὶ τών ἐπιπτώσεων τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως και ὄξινης

βροχής στα οικοσυστήματα τῶν δασῶν καὶ εἰδικότερα στὴν ἀξανάμενη τάση καταστροφῆς τῆς «κόκκινης ἐλάτης» (*Red spruce*) τῆς περιοχῆς *Adirondack* καὶ τοῦ δάσους *Whiteface Mountain* τοῦ *Vermont*.

Οἱ ἐπιστημονικὲς ἀνακινώσεις τοῦ Συνεδρίου ἐστιάζονται στὶς ἐξῆς διαπιστώσεις:

α. Ἡ καταστροφή τῆς «κόκκινης ἐλάτης», πὺν συνεχίζεται μὲ ἀξανάμενο ρυθμὸ τὰ τελευταῖα χρόνια, πρέπει νὰ «συγκριθεῖ» (καὶ νὰ «ἀποτιμηθεῖ») μὲ ἀνάλογες περιπτώσεις καταστροφῶν ἐλάτης, παλαιοτέρων περιόδων — ὅταν δὲν ὑπῆρχε ἀτμοσφαιρικὴ ρύπανση (οὔτε ὄξινη βροχή). Ἔτσι μόνο μπορεῖ νὰ γίνῃ ἀκριβῆς ἐντόπιση καὶ προσδιορισμός, ἂν δηλ. πρόκειται περὶ νέον ἐντελῶς φαινόμενον πὺν ἔχει σχέση αἰτιακὴ μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴ ρύπανση.

β. Πρέπει ἐπίσης νὰ ἐντοπισθοῦν καὶ νὰ σηματολογηθοῦν καὶ ἄλλοι γεωφυσικοί, γεωχημικοί καὶ κλιματικοὶ παράγοντες — πέραν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως — πὺν «συνενοῦμενοι» καὶ «συνδυαζόμενοι» δημιουργοῦν ὑψηλὲς περιβαλλοντικὲς «πιέσεις» καὶ ἐντάσεις (*Environmental stresses*). Ἀναφέρονται εἰδικότερα: (i) ἡ μεγάλη περίοδος χειμῶνα καὶ ἡ παρατεταμένη περίοδος χιόνων καὶ χαμηλῶν θερμοκρασιῶν (*Prolonged mid-winter thaws*) πὺν καταστρέφουν τὰ δάση (καὶ τὴν κόκκινη ἐλάτη), (ii) Ξηρασία μεγάλης κλίμακος στὴν περιοχή καὶ ἀπουσία ὑγρασίας, (iii) κλιματικὲς καὶ μετεωρολογικὲς ἀλλαγές πὺν μποροῦν νὰ ὑπονομεύσουν (ἐλλειψη βροχῆς-ὑγρασίας) τὴν ὅλη διαδικασία τῆς φωτοσύνθεσεως καὶ νὰ ἀνατρέφουν τὴν ὑφιστάμενη μορφή ἰσορροπίας τοῦ δασικοῦ οικοσυστήματος (*Ecosystem niche*).

γ. Βεβαίως στὰ πλαίσια αὐτὰ τῆς ἐδρύτερης ἐπιστημονικῆς ὀριοθετήσεως τοῦ προβλήματος — πὺν ἀπαιτεῖ στατιστικὴ ἀνάλυση καὶ σπουδὴ παλαιοτέρων φυσικῶν κλιματικῶν δεδομένων τοῦ δάσους — τοποθετεῖται καὶ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ ρύπανση τῶν ἀνθρωπίνων δραστηριοτήτων τοῦ βιομηχανικοῦ αἰῶνα μας (*Anthropogenic Poisons - Industrial pollution*).

Ἀξιοσημείωτες εἶναι οἱ σχετικὲς ὁδηγίες πειραματισμοῦ μὲ στόχο τὴ δασικὴ προστασία, εἰδικότερα στὰ εἶδη τῆς *Red spruce*, πὺν ἔχουν ὑποστῆ ζημιές καὶ ὀδεοῦν βραδέως μὲν ἀλλ' ἀσφαλῶς πρὸς τὸ βιολογικὸ τους θάνατο. Μερικὲς ὑποδείξεις προστασίας ἀναφέρονται στὰ ἐξῆς:

α. Περιβολὴ (καὶ «ἐγκλεισμός») κλάδων τῆς *red spruce* σὲ πλαστικὸ σάκκο στὸν ὀποῖο διοχετεύεται καθαρὸς φιλτραρισμένος ἀέρας. Τὴν τοποθέτηση (*Setting*) αὐτὴ συμπληρώνουν πειράματα πὺν προσδιορίζουν τὴ σκληρότητα καὶ ἀντοχὴ τῶν βελονῶν τοῦ κλάδου στὴ διάρκεια τοῦ χειμῶνα, τὴν ἀντίδραση (ἀπόκριση) (*responce*) στὰ διάφορα ἐπίπεδα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως καὶ τὶς θεμελιακὲς βιοχημικὲς



ἀλλαγές που φέρουν οι χημικές ουσίες στην ατμόσφαιρα.

β. Προσδιορισμός της σχέσεως εξαρτήσεως και επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής εισαγωγής (ρύπων, χημικῶν οὐσιῶν) και ἐπανακυκλώσεων τῶν τροφῶν (*Relationship of atmospheric inputs and nutrient cycling in the spruce - fir forests*). Παρακολούθηση και προσδιορισμός της ροῆς τῶν στοιχείων της ατμόσφαιρας (χημικῶν, κλπ.) μέσω της κοινότητος (βιοτόπου) τοῦ δάσους.

γ. Καθορισμός τῶν στοιχείων που ὑπάρχουν στὴ βάση-ρίζα τῶν *Red spruce*, στὸ ἔδαφος στὸ χῶμα, (*humus*) στὴν περιοχὴ τοῦ δένδρου. Χημικὸς προσδιορισμὸς διαφόρων ὑετίων κατακρημνίσεων σὲ σχέση μὲ τὴ χημικὴ διεργασία στὸ ἔδαφος. Εἰδικότερα στὶς σχέσεις ἀλουμινίου-ἀσβεστίου, γιὰ τὰ ὁποῖα ὑπάρχει σοβαρὴ ὑποψία πὼς εἶναι τοξικὰ γιὰ τὶς λεπτὲς ρίζες τοῦ δένδρου (*Aluminum calcium ratios suspected of being toxic to red spruce fine roots*).

δ. Προσδιορισμὸς της ἐτήσιας τάσης ἀναπτύξεως μιᾶς γηρασμένης ἐλάτης που καταρρέει (*Declining*) σὲ σχέση μὲ ὅλη τὴν πορεία τοῦ ἱστορικοῦ ἀναπτύξεως τοῦ δένδρου και ἀποτίμηση της δυναμικῆς ἀναπτύξεως μὲ τὶς κλιματικὲς διαταραχὲς (*Climatic perturbations*).

ε. Σύγκριση τῶν ἀποτελεσμάτων ἀναπτύξεως τῶν σπόρων (*Seedlings*) στὴ φυσικὴ τους θέση στὸ δάσος της *Red spruce* —χωρὶς καμιά ἰδιαίτερη μέριμνα και προστασία— μὲ τοὺς σπόρους σὲ παραπλήσια θέση που προστατεύεται ἀπὸ τὴ βροχὴ ἀλλὰ ποτίζεται κανονικὰ μὲ ἰσόποσες δόσεις νεροῦ χωρὶς ρύπου (*Pollutant-free Water*).

Προστίθεται —στὸ τέλος της ἀνωτέρω πραγματείας— ἡ θέση (*Position*) που ἔλαβε ὁ Ἀμερικανικὸς Δασικὸς Σύνδεσμος (*American Forestry Association*) (στὸ περιοδικὸ «Ἀμερικανικὰ Δάση» *American Forests* Δεκ. 1987) στὴ «Λευκὴ Σελίδα» (*White paper*) που τιτλοφόρησε «Ἐπιπτώσεις της Ἀτμοσφαιρικῆς Ρυπάνσεως στὰ Δάση» (*Forest Effects of Air Pollution*). Ἡ θέση αὐτὴ —μῆνυμα προνοίας και προστασίας τοῦ δάσους— ἔχει ὡς ἐξῆς ἐν περιλήψει:

«...Ὁ Ἀμερικανικὸς Δασικὸς Σύνδεσμος πιστεύει πὼς τὸ κόστος και οἱ κίνδυνοι ἀπὸ τὴν καθυστέρηση της νομοθεσίας πρόσθετου ἐλέγχου τῶν ἐκπομπῶν ρύπων (*Additional emission-control legislation*) σήμερα ὑπερβαίνει τὸ κόστος και τὸν κίνδυνο που εἶναι συνυφασμένος μὲ τὸν περαιτέρω ὑποβιβασμὸ τῶν ἀερίων ἐκπομπῶν. Αὐτοὶ οἱ ἔλεγχοι, ἐὰν πράγματι ἀντιπροσωπεύουν πλήρως τὴν παροῦσα στάθμη της ἐπιστημονικῆς ἀντιλήψεως (και γνώσεως) σχετικὰ μὲ τὴν πρέπουσα προστασία τῶν φυσικῶν πόρων, δὲν πρέπει νὰ «ἐστιασθοῦν κατὰ τρόπο «στενὸ» και περιορισμένο μόνο στὴν ὄξινη βροχὴ ἀλλὰ νὰ περιλάβουν τὸ εὐρύτερο φάσμα

των ρυπαντών της ατμοσφαιρας (*Should not be narrowly focused on acid rain alone but should include the broader spectrum of air pollutants*).

#### ΙΧ. ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ - ΜΕΘΟΔΕΥΣΗ ΜΕΙΩΣΕΩΣ ΟΞΙΝΗΣ ΒΡΟΧΗΣ

“Οπως έτονίσθη — στο προηγούμενο κεφάλαιο VI—, υφίστανται σήμερα θεωρητικές και πρακτικές «τεχνολογίες» μειώσεως των αερίων έκπομπών ρύπων από τις διάφορες πηγές (αυτοκίνητα, βιομηχανίες, βιοτεχνίες, οικιακές χρήσεις και μεταφορές πάσης μορφής). Είναι οι λεγόμενες «νέες τεχνολογίες» (*New Technologies*) που εφαρμόζονται για τον περιορισμό ή καθαρισμό των ρύπων στην πηγή παραγωγής των (*in situ source*) ή πέραν αυτής δηλ. στην περαιτέρω μεταφορά τους στην καπνοδόχο και έπέκεινα στην πορεία τους στο χώρο των υετίων κατακρημνίσεων.

Στις παραπάνω μεθόδους (χημικές-μηχανικές) δύναται να προστεθούν:

α. *Η τεχνική μέθοδος της υδροδυναμικής διαχύσεως-διασποράς των ρυπαντών όταν ο χώρος του υποδοχέως των ρύπων είναι μια καθαρή και μεγάλη σε χωρητικότητα ατμόσφαιρα (Dilution - Dispersion - Diffusion in a large non-contaminated atmosphere). Βεβαίως ή περίπτωση αναφέρεται σε χώρους ατμοσφαιρας της περιόδου προ της βιομηχανικής επαναστάσεως όταν ή βιομηχανία και ή μεταφορά (αυτοκίνητα) ήταν στα πρώτα βήματα αναπτύξεως, όταν ο πληθυσμός της Γης δέν ξεπερνούσε το 1.6 δισεκατομμύριον (όπως στις αρχές του αιώνα μας, ήτοι 1900) και όταν δέν υπήρχε καμιά πόλη πάνω από 3-4 εκατομμύρια κατοίκους. Σήμερα έχουμε πλέον των 60 πόλεων με πληθυσμό άνω των 3-4 εκατ. και πλέον των δέκα περιοχών πόλεων με πληθυσμιακές συγκεντρώσεις άνω των 12 εκατομμυρίων κατοίκων. Η μείζων περιοχή Αθηνών είχε πληθυσμό 350 χιλιάδων περίπου το 1930-35, ενώ σήμερα ο πληθυσμός της ανέρχεται σε 3.5 εκατομμύρια περίπου στην ίδια περιοχή και στις έπεκτάσεις της. Ασφαλώς σήμερα δέν μπορεί να ισχύσει ή μέθοδος της υδροδυναμικής διαχύσεως-διασποράς ως μέθοδος προστασίας, δεδομένου ότι ή ατμόσφαιρα όλων των περιοχών πόλεων είναι ήδη βεβαρυνμένη με πολλούς ρυπαντές και θανατηφόρα δηλητήρια. Η περίπτωση των Αθηνών είναι ένδεικτική: ή δηλητηριασμένη ατμόσφαιρα του «Αθηναϊκού Νέφους» του άζώτου, του κάρβονου (υδρογονανθράκων), του θειαφιοϋ και του όζοντος, «δολοφονεί» τους κατοίκους των Αθηνών (Ιούλιος 1987) και ύποσκάπτει θανάσιμα την υγεία των κατοίκων (Morbidity), ιδιαίτερα σε περιόδους άπνοιας και θερμοκρασιακής-υδροδυναμικής αντιστροφής (Thermal-hydrodynamic inversion). Σήμερα ο άέρας και ή ατμόσφαιρα δέν αποτελούν «ελεύθερο αγαθό» όπως ήταν δύο αιώνες ύσως πριν. Η μέθοδος της διαχύσεως-διασποράς που είχε για μικρή περίοδο θεωρηθεί ως πρακτικά έφικτη στην Αγγλία— ένα και πλέον*



αἰώνα πρὶν— σήμερα ἀπορρίπτεται ὡς ἀλυσιτελής. Ἱστορικά ἀσφαλῶς μπορεῖ κανεὶς νὰ ἀναφερθεῖ στὸ Ρωμαῖο φιλόσοφο Σενέκα, πὸν περιέγραφε τὴν «βαριά ἀπὸ ρύπους ἀτμόσφαιρα» (*Heavy air of Rome*) τῆς πολυπληθοῦς Ρώμης (61 μ.Χ.), πρωτεύουσας τοῦ Ρωμαϊκοῦ Κράτους. Μπορεῖ νὰ ἀναφερθεῖ ἡ περίπτωση τοῦ βασιλιᾶ τῆς Ἀγγλίας Ἐδουάρδου I, πὸν εἶχε σοβαρὲς ἐνοχλήσεις ἀπὸ τὴν κάπνα καὶ οὐμίχλη τοῦ Λονδίνου (τὸ ἔτος 1273 μ.Χ.). Ἐκεῖνος γιὰ πρώτη φορὰ ἀπαγόρευσε τὴν καύση τοῦ κάρβουνου (*Sea coal*).

β. Ἡ χρῆση τῶν ἀπορροφητῶν-καθαριστῶν — ὅπως ἀναφέρθηκε ἀνωτέρω — (*Scrubbers*) καὶ ἠλεκτρικῶν κατακρημνιστῶν (*Precipitators*) — πὸν κατακρατοῦν — μὲ εἰδικὲς ἐφαρμογὲς ἰσχυρῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν πεδίων — ἓνα μεγάλο μέρος τῶν αἰωρουμένων ὀξειδίων θείου, ἀζώτου καὶ ὑδρογονανθράκων. (Βεβαίως ἡ μέθοδος εἶναι ἄκρως ἀποτελεσματικὴ ὅταν οἱ κατακρημνιστὲς-ἀπορροφητὲς λειτουργοῦν καὶ τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα δὲν διακόπτεται λόγῳ οἰκονομιῶν!).

Ἡ μεθοδολογία — πὸν οὐσιαστικὰ ἄρχισε στὴ βιομηχανικὴ ζώνη τοῦ Ροῦρ — ἀποτελεῖ καὶ σήμερα τεχνικὴ ἀποτελεσματικὴ καὶ εὐρύτατα ἐφαρμοζόμενη στὴν Εὐρώπη καὶ ΗΠΑ.

γ. Στὶς παραπάνω τεχνολογίες ὑποβιβασμοῦ τῶν ρύπων τῶν ἀερίων ἐκροῶν πρέπει νὰ προστεθεῖ καὶ ἡ κατασκευὴ καπνοδόχων μεγάλου ὕψους (μέχρι καὶ 350 μέτρων) πὸν ἀπορρίπτουν (*Discharge*) τοὺς ρύπους σὲ μεγάλα ὕψη. Ἐπιτυγχάνεται οὕτω ἡ διάλυσή τους — καὶ ἐν συνεχείᾳ ἡ διάχυση-διασπορὰ τυρβώδους μίξεως (*Turbulent Mixing and Diffusion*) — σὲ μεγάλους χώρους. Ἐπιτυγχάνεται ἔτσι πικνότης συγκεντρώσεως ρύπων τῆς ὀξίνης βρογχῆς πολὺ μικρότερη. Βεβαίως ἡ μέθοδος εἶναι «ἐπαρκὴς» ὅσον ἀφορᾷ τὴν πρόληψη καὶ σχετικὴ μείωση τῆς ὀξίνης βρογχῆς ὡς «τοπικὴ βελτίωση» καὶ ὄχι ὡς ριζικὴ λύση τοῦ προβλήματος σὲ πλανητικὴ κλίμακα. Οἱ πνέοντες ἄνεμοι — ἰσχυρότεροι σὲ μεγάλα ὕψη — μεταφέρουν τοὺς ρύπους σ' ἄλλες χῶρες καὶ περιοχὲς μέχρις ἀποστάσεων χιλίων περίπου χιλιόμετρων. Ἡ ὀξίνης βρογχῆ καὶ ἡ σοβαρὴ ἀπειλὴ τῶν ἀποθέσεων-κατακαθιζήσεών της στὰ οἰκοσυστήματα (γῆινα, θαλάσσια, λιμναῖα, δασικὰ κλπ.) προσλαμβάνει δομημορφὴ πλανητικὴ πὸν διασχίζει τὰ ἔθνη καὶ ἡπειρωτικὰ σύνορα. (Εὐρώπη-Βόρειος Ἀμερικὴ). Ἡ ὀξίνης βρογχῆ εἶναι δια-συνοριακὸ καὶ διηπειρωτικὸ φαινόμενο (*Acid rain as transboundary phenomenon*) [31]. Ἔτσι ὀρθὸ εἶναι νὰ ἀντιμετωπισθεῖ ἀπὸ ὀργανισμοὺς μεγάλους, ὅπως τὰ Ἠνωμένη Ἔθνη, ἡ ΕΟΚ, ὁ ΟΕCD. «..Οἱ ἐπιστήμονες — ὀπογραμμίζεται στὴν πραγματεία (σελ. 111) τοῦ Duke University Press [31] — τῶρα ἀρχίζουν νὰ κατανοοῦν μερικὲς ἀπὸ τὶς σοβαρὲς συνέπειες τῆς ὀξίνης βρογχῆς. Ὑφίσταται σήμερα ἀποδεικτικὴ μαρτυρία (*evidence*) ὅτι ἡ ἀνάπτυξη πολλῶν εἰδῶν δένδρων μπορεῖ νὰ ἀνακοπεῖ ἀπὸ τὰ ὀξείδια, ἢ ὅποια μπορεῖ νὰ ἀποτε-

λέσει μέγιστο κτύπημα τῶν βιομηχανιῶν ξύλου σὲ πολλές χῶρες. Ἡ ἀγροτική παραγωγή ἐπηρεάζεται σοβαρὰ — ἀλλὰ ἐδῶ τὰ ἀποτελέσματα ἐρευνῶν δὲν εἶναι ἐντελῶς ἀκριβῆ καὶ πλήρως συμπερασματικά. Ἡ ὄξινη βροχὴ καταστρέφει τὸ φύλλωμα (Foliage) μερικῶν φυτειῶν καὶ μειώνει τὴν ἀγροτική παραγωγή. Ἀπὸ τὴν ἄλλη πλευρὰ ἡ ὄξινη βροχὴ θεωρεῖται ὅτι μπορεῖ νὰ ἔχει μερική εὐεργετική ἐπίδραση στὶς φυτεῖες ὡς λίπασμα σὲ εἰδικὰ εἶδη παραγωγῆς φρούτων, λαχανικῶν καὶ σπόρων. Δὲν πρέπει νὰ παροραθεῖ ἡ σοβαρὴ ἐπίπτωση τῆς ὄξινης βροχῆς στὴ διάβρωση (Corrosion) κατασκευῶν, ὅπως οἱ σιδηρῆς γέφυρες, οἱ γραμμὲς τῶν σιδηροδρόμων, οἱ μαρμάρινες καὶ ἀσβεστολιθινὲς προσόψεις κτηρίων καὶ μνημείων, συμπεριλαμβανομένων καὶ μνημείων μεγάλης ἱστορικῆς σημασίας. Τὰ ὀξεῖδια διαβρώνουν τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τῶν σωλήνων παροχῆς νεροῦ καὶ μολύνουν τὸ πόσιμο νερὸ μὲ τοξικὰ βαρῆα μέταλλα (Heavy metals). «Μακροχρόνια ἡ ὄξινη βροχὴ μπορεῖ νὰ ἀποτελεῖ ἓνα εἶδος «ὠρολογιακῆς βόμβας» (Time bomb) μὲ πολὺ σοβαρότερες ἐπιπτώσεις καὶ συνέπειες ἀπὸ ὅσες ἕως τώρα ἔχουν διαπιστωθεῖ...».

δ. Ἄς ἀναφερθεῖ ἐδῶ ἡ δαπάνη φυσικοῦ, χημικοῦ ἢ μηχανικοῦ καθαρισμοῦ ἢ πλύσεως τῶν κλασσικῶν καυσίμων (ἀποθείωση κάρβουνου καὶ πετρελαίου). Ἡ μεθοδολογία καθαρισμοῦ-ἀποχωρισμοῦ ὀξειδίου θείου καὶ ἀζώτου εἶναι ἀποτελεσματικὴ ἀλλὰ δαπανηρὴ, τῆς τάξεως τῶν 4-5 δραχμῶν (μὲ σημερινὴ ἰσοτιμία δολλαρίου \$1 = 150 δραχ.) κατὰ ἡλεκτρικὴ κιλοβατώρα. Βεβαίως ἡ πρόσθετη αὐτὴ δαπάνη μετατοπίζεται στὸν καταναλωτὴ καὶ αὐξάνει σημαντικὰ τὸ «κόστος ζωῆς» — κατὰ 30-35%<sub>0</sub>, ἂν θεωρηθεῖ πὼς ἡ τιμὴ τῆς KWH εἶναι 12-15 δραχ. σήμερα. Ἐπιπροσθέτως ὅμως ἡ ἀνθρώπινη ζωὴ καὶ ἡ ποιότης ζωῆς εἶναι ἀγαθὰ «μέγιστα καὶ πρῶτα» καὶ γιὰ τοῦτο ἀξέτιμητα καὶ μὴ περιλαμβανόμενα στὴν ποσοτικὴ μεγέθυνση τοῦ κόστους ζωῆς.

ε. Τέλος τὸ ἀποτελεσματικότερο ὡς μορφή κατασταλτικὴ — καὶ οἰκονομικότερο ὡς σήμερα — μέσο ὑποβιβασμοῦ τοῦ βαθμοῦ ὀξίνωσης (ὀξύτητας pH) (Acidity) μιᾶς λίμνης εἶναι τὸ ἀσβέστωμα τῆς λίμνης (Liming of acidified lake). Ἡ πρακτικὴ (σχετικῶς ἀπλή) αὐτὴ μέθοδος ἐφαρμόζεται σήμερα μὲ ἀρκετὴ ἐπιτυχία στὶς ὀξινομένες λίμνες, τίς κατεστραμμένες βιολογικὰ —λόγω τῆς ὄξινης βροχῆς— λίμνες τῶν Σκανδιναβικῶν χωρῶν (Σουηδίας καὶ Νορβηγίας). Εἶναι ἓνα πρακτικὸ «κατασταλτικὸ» — ὄχι προληπτικὸ — μέσο ἀντιμετώπισεως τοῦ κακοῦ. Ὑπάρχει ἀσφαλῶς στὴν ἐφαρμογὴ του κάποιον ἀκραῖον ὄριον πὸν δὲν πρέπει νὰ παραβιασθεῖ: ἡ ὑπερβολικὴ σὲ «ποσότητα» χρῆση «ἀσβέστου» γιὰ μεγάλα χρονικὰ διαστήματα προκαλεῖ νέες σοβαρῆς ἐπιπτώσεις στὰ λιμναῖα οἰκοσυστήματα. Εἶναι ἡ δημιουργία ἀλάτων πὸν περιπλέκουν τὴν περαιτέρω διαδικασίαν βιολογικῆς καὶ οἰκολογικῆς ἀποκαταστάσεως τῆς λίμνης. Τὸ θέμα ἀποτελεῖ πολὺπλοκὸ φυσικο-



χημικό και φυσιοβιολογικό φαινόμενο και απαιτεί περαιτέρω θεωρητική και πειραματική μελέτη και θεωρητική-εργαστηριακή έρευνα και ανάλυση.

**Χ. ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ: ΧΡΟΝΙΚΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ – ΑΠΟΤΙΜΗΣΕΙΣ ΚΟΣΤΟΥΣ - ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ**

Ἡ Ὑπηρεσία Τεχνολογικῶν Ἀποτιμήσεων τῶν ΗΠΑ (*Office of Technology Assessment*), πὸν συμβουλεύει καὶ καθοδηγεῖ τὴν Ἀμερικανικὴ Βουλὴ, τὴ Γερουσία καὶ τὴν Ἀμερικανικὴ Κυβέρνηση, στὴν πρόσφατη ἔρευνα (Ἰούνιος 1984) [7] γιὰ τὴν ὄξινη βροχὴ καὶ τὶς ἐπιπτώσεις της στὰ δάση καὶ οἰκοσυστήματα, διαπιστώνει:

α. Ἡ ὄξινη βροχὴ καὶ οἱ μεταφερόμενοι ἀπὸ τοὺς ἀνέμους ρύποι τῶν ἀερίων ἐκλύσεων (καυσαερίων) καθὼς καὶ οἱ ὑγρὲς ἢ στερεὲς ὄξινες ἀποθέσεις (*Acid Deposition*) τῶν ἀτμοσφαιρικῶν ρυπάνσεων-μολύνσεων στὸ ἀμερικανικὸ ἔδαφος, προβάλλουν σήμερον ὡς ἄμεση ἐμπρόγραμμα ἀπειλὴ κόστους ζημιῶν δισεκατομμυρίων δολλαρίων «ἐτησίως» (τῆς τάξεως τῶν 15-20 δισ. δολλαρίων) στὸ ἰσοζύγιο τοῦ συνόλου τῶν φυσικῶν πόρων τῆς Ἀμερικῆς.

β. Ἐνδεικτικὰ καὶ σὲ πρακτικὴ προσέγγιση τοῦτο σημαίνει: (i) σοβαρὴ μείωση παραγωγῆς σιτηρῶν (*Crops*), ζημίες μεγέθους 300-400 ἑκατομμυρίων *Bushels* τὸ χρόνο (*Bushels per year*) (ἓνα *Bushel*=35.238 λίτρα = 0.036 κυβικὰ μέτρα), (ii) ἀξημένη στάθμη ρύπων (ἀποθέσεων) στὴν ὄξινη βροχὴ καὶ στὸ ὄζον τῆς ἀτμοσφαιρας σημαίνει σοβαρὴ πτώση τῆς δασικῆς παραγωγῆς ξυλείας καὶ δασικῶν προϊόντων τῶν δασῶν τῶν ἀνατολικῶν Πολιτειῶν τῆς Ἀμερικῆς. Ἐκεῖ οἱ ἐπιπτώσεις τῆς ὄξινης βροχῆς εἶναι μεγαλύτερες λόγω τῆς μεταφορᾶς τῶν ρύπων τῶν βιομηχανικῶν περιοχῶν *Ohio-Illinois* καὶ *Michigan (Detroit)* στὴ Βόρειο-Ἀνατολικὴ περιοχὴ τῶν ΗΠΑ πὸν ἔχει ἤδη βεβαρυσμένη μὲ ρυπαντὲς ἀτμόσφαιρα ἀπὸ τὶς βιομηχανίες τῆς περιοχῆς καὶ τὰ κυκλοφοροῦντα αὐτοκίνητα (πλέον τῶν πενήντα ἑκατομμυρίων), (iii) Ἀνάπτυτα, αἰωρούμενη σκόνη καὶ ἀέριοι ρύποι (θειούχων καὶ νιτρικῶν ὀξέων) στὴ «συνεργιστικὴ» τους ἐπίπτωση μὲ τὸ ὄζον καταστρέφουν (ὡς ἐτονίσθη ἀνωτέρω) κτήρια, κατασκευὲς καὶ μνημεῖα τῶν ΗΠΑ, ὑποβιβάζουν σημαντικὰ καὶ ἐπικίνδυνα τὴν ὁρατότητα (*Visibility reduction*) (σοβαροὶ κίνδυνοι στὴν κυκλοφορία ὀχημάτων) καὶ ἀξάνουν τὸ βαθμὸ νοσηρότητος καὶ θνησιμότητος (*Morbidity and Mortality levels*).

γ. Τὸ κόστος τοῦ ὑποβιβασμοῦ τῶν ἐκλύσεων-ἐκροῶν ρυπαντιῶν (*Pollutant emissions reduction*) καὶ ἐλέγχου τῶν ὄξινων ἀποθέσεων στὸ ἀμερικανικὸ ἔδαφος ὑπολογίζεται στὰ 3 ἕως 6 δισεκατομμύρια δολλάρια τὸ χρόνο. Τὸ ποσὸν προστί-

θέμενο στον τρέχοντα προϋπολογισμό δαπανών προστασίας περιβάλλοντος, κατασκευή δικτύου ύπνόμενων, βιολογικό καθαρισμό λυμάτων κλπ. τών ΗΠΑ της τάξεως τών 60 δισεκατομμυρίων δολλαρίων, σημαίνει αύξηση 10% ήτοι κονδύλι 65 δισ. δολλαρίων ετησίως για την οικολογική προστασία. Καθυστέρηση — τονίζουν οι ειδικοί στην ως άνω πραγματεία [7] — στη λήψη άμεσων μέτρων — διευρύνσεως προστασίας από την όξινη βροχή για 4 έως 6 έξι χρόνια δέν σημαίνει αναλογική (προσθετική) αύξηση της ζημίας που θα προκληθεί. «Η αποτίμηση του κόστους τών ζημιών στα οικοσυστήματα δέν αυξάνεται (δέν προστίθεται) γραμμικά αλλά πολλαπλασιαστικά». Δηλ. σε τέσσερα χρόνια ή αποτίμηση δέν θα είναι (4 A) όπου A ή ζημία ενός χρόνου — αλλά  $4^2 A = 16 A$ , δηλ. 16 φορές μεγαλύτερη της άρχικης και τετραπλασία της αριθμητικης γραμμικης αύξήσεως. «Τούτο ύποδηλώνει κατά τρόπο άμείλικτο και κατηγορηματικό πως ή καθυστέρηση θα είναι πολλαπλώς επιζήμια, άν κανείς προσθέσει και την πτώση της ποιότητας ζωής (και της αξίας της ανθρώπινης ζωής) που δέν αποτιμάται εύκολα σε χρηματικές μονάδες οίουδήποτε νομίσματος». Κατά συνέπεια δέν υφίσταται σήμερα ουσιαστικό πρόβλημα για μιá υπεύθυνη πολιτική οικολογικής προστασίας (ή αναβολής λήψεως μέτρων περιστολής τών αιτίων της όξινης βροχής ή αναβολής διαθέσεως τών σχετικών κονδυλίων δαπανών προστασίας) για την Άμερική και κατ' επέκταση — τηρουμένων τών αναλογιών — για οιαδήποτε άλλη χώρα που αντιμετωπίζει τή σοβαρή (και επιζήμια) αυτή προοπτική. Η δαπάνη προστασίας από την όξινη βροχή είναι μικρότερη στην «οίονει προληπτική αυτή μορφή παρά στην πλήρη κατασταλτική μορφή και θεραπεία», όταν τó πρόβλημα θα πλησιάσει τή μορφή καρκινικού γιγαντισμού. Τότε ή θεραπεία θα είναι δαπανηρότερη και ίσως άτελέσφορη ή άνεφικτη.

Μερικοί αριθμοί είναι ένδεικτικοί της ποσοτικής διογκώσεως τών κυρίων συστασών της όξινης βροχής και τών ρύπων του διοξειδίου του θείου ( $SO_2$ ) και νιτρικών όξειδίων ( $NO_x$ ) στην Άμερική κατά την περίοδο 1900-1980, όπως φαίνεται στις εικόνες-διαφάνειες στο τέλος της διατριβής (εικόνα 2).

α. Κατά τή διάρκεια του 1980 άπερρίφθησαν — ως άέριοι εκλύσεις — στα φυσικά οικοσυστήματα τών ΗΠΑ 25-27 εκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του θείου και 21 έως 23 εκατομμύρια τόνοι νιτρικών όξειδίων. Οι άπορρίψεις διοξειδίου του θείου και νιτρικών έφθασαν τήν ύψηλότερη στάθμη ρυπαντικης ισχύος όξινης βροχής τó 1970, άκριβώς προ της εφαρμογής τών άυστηρών μέτρων του νόμου καταστολής και έλέγχου της άτμοσφαιρικης ρυπάνσεως (Clean Air Act) που ήταν τά έξής μεγέθη: 29 έως 31 εκατομμύρια τόνοι  $SO_2$  και 21-24 εκατομμύρια τόνοι  $NO_x$  ετησίως. Στις άρχές του αιώνα (1900) τά αντίστοιχα μεγέθη τών ρύπων  $SO_2$  και  $NO_x$  ήσαν μικρότερα του ένός δεκάτου τών ρύπων του 1980



για τὸ  $SO_2$  καὶ τοῦ ἑνὸς τριακοστοῦ τοῦ  $NO_x$  γιὰ τὶς πέντε ζώνες τῆς Ἀμερικῆς μὲ τὴν μεγαλύτερη ἐγκατεστημένη βιομηχανικὴ ἰσχύ (περιοχὲς Ohio καὶ Detroit). Καὶ σήμερον —πρέπει τὰ ὑπογραμμισθεῖ γιὰ ζώνες κυρίως ἀγροτικὲς ἢ μὲ μικρὲς ἀστικὲς συσσωρεύσεις— ἡ τοπικὴ παραγωγὴ καὶ ἔκλυση ρυπαντῶν καὶ ὄξινης βρογχῆς εἶναι μικρὴ. Μεγαλύτερη σὲ ποσότητα (καὶ ποιότητα) ὄξινης βρογχῆς εἶναι κυρίως ἢ εἰσαγόμενῃ ἀπὸ ἄλλες βιομηχανικὲς περιοχὲς τῆς Βορειο-Κεντρικῆς Ἀμερικῆς καὶ Καναδᾶ. Στὴν ἀνωτέρω πραγματεία [7] παρατίθεται ἡ πορεία ἀξήσεως τῶν ἐκλύσεων νιτρικῶν ὀξειδίων  $NO_x$  μικρότερη τῆς ἀντίστοιχης ἀξήσεως τοῦ  $SO_2$  στὴν περίοδο 1900-1980. Ὡσαύτως διευκρινίζεται πὼς ἡ πορεία ἀξήσεως τῶν ἐκλύσεων  $SO_2$  παρουσιάζει καὶ τάσεις μειώσεως: ὅπως στὴν περίοδο τῆς βιομηχανικῆς ὑφέσεως πὸν ἀκολούθησε τὸ Κράχ τοῦ 1929 καθὼς καὶ στὴν περίοδο τῆς ἀσθηρῆς ἐφαρμογῆς τῶν μέτρων τοῦ Νόμου τοῦ Κογκρέσου τοῦ 1965-1970 (Clean Air Act).

Ἀριθμητικὰ τὰ ἀποτιμώμενα μεγέθη ρυπαντῶν  $SO_2$  καὶ  $NO_x$  στὶς ΗΠΑ εἶναι:

α. Διοξειδίου τοῦ θείου γιὰ τὸ 1980. Συνολικὴ ποσότης 26.56 ἑκατομμύρια τόνοι, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ 65% ἔχει ὡς πηγὴ τὴ διαδικασία λειτουργίας μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως (Combustion) βιομηχανιῶν, 29% περιλαμβάνει τὶς πηγὲς ἐσωτερικῆς καύσεως καὶ ἐκροῶν ἄλλης μορφῆς καὶ 5% διάφορες ἄλλες ἐκροὲς —πὸν δὲν ἔχουν σχέση μὲ καύση ὑδρογονανθράκων (κάρβουνο, πετρελαίου ἢ φυσικῶν ἀερίων).

β. Νιτρικὰ ὀξέα γιὰ τὸ 1980. Σύνολο 21.27 ἑκατομμύρια τόνοι, ἐκ τῶν ὁποίων 44% ἔχει πηγὴ τὴ διαδικασία μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως αὐτοκινήτων καὶ μεταφορῶν, τὸ 29% ἔχει ὡς πηγὴ τὶς διαδικασίες βιομηχανικῆς παραγωγῆς ἐργοστασιῶν, τὸ 22% πηγὴ διαδικασιῶν ἐσωτερικῆς καύσεως ἄλλης μορφῆς καὶ τὸ 5% ἄλλες μορφὲς ἐκροῶν νιτρικῶν ὀξειδίων.

Οἱ παρατιθέμενοι στὸ τέλος τῆς παρουσίας διατριβῆς εἰκόνες καὶ πίνακες παρουσιάζουν κατὰ τρόπο παραστατικὸ καὶ ἀνάγλυφο τὰ μεγέθη τῶν ρύπων τῆς ὄξινης βρογχῆς, τὴ χρονικὴ καὶ χωρικὴ τους κατανομὴ καὶ τὶς καίριες συγκρίσεις καὶ προεκτάσεις-προβλέψεις μὲ ὀρίζοντα τὸ 2000. Οὕτω:

Εἰκόνα 1α. Ἐποπτικὴ Παράσταση Διαδικασίας Ἀντιδράσεων τῶν Προδρόμων τῆς Ὀξινης βρογχῆς.

Εἰκόνα 1β. Σχηματικὴ Παράσταση Διαδικασιῶν Ἀτμοσφαιρικῆς Χημείας Νιτρικῶν-Θεικῶν Ὄξεων-Υδροξυλίου.

Εἰκόνα 2. Ἐκροαὶ ὀξειδίων Θείου καὶ Ἀζώτου. Μεταφορὰ καὶ χωρικὴ Κατανομὴ Ρυπαντῶν καὶ Ὀξινης βρογχῆς κατὰ Πολιτείας εἰς ΗΠΑ. Χρονικὴ Περίοδος 1950-1980.

Εικόνα 3. Μεταφερόμενοι Ἀέριοι Ρυπαντές:  $SO_2$ ,  $NO_x$ , Ὑδρογονάνθρακες.

Εικόνα 4. Χρονική - Χωρική Κατανομή. Μετατροπή καὶ Ἐναπόθεση Ρυπαντῶν Θείου.

Εικόνα 5. Ἡ Ὕξινη Βροχὴ προκαλεῖ χημικὴ ἀλλαγὴ σὲ ἐδάφη ποὺ ἀπορροφῶν θεϊκὰ ἄλατα.

Εικόνα 6. Ἡ Ὕξινη Βροχὴ διηθεῖται καὶ «ἐκλύεται» χημικῶς (Leaching) σὲ ἐδάφη μὴ ἀπορροφῶντα θεϊκὰ ἄλατα.

Εικόνα 7. Ἐκροαὶ Διοξειδίου τοῦ Θείου καὶ Νιτρικῶν ὀξειδίων στὶς ΗΠΑ, Καναδᾶ καὶ Δυτικὴ Γερμανία.

Εικόνα 8. Καταστροφὴ δασῶν ἀπὸ τὴν Ὕξινη Βροχὴ στὴ Δυτικὴ Γερμανία στὰ ἔτη 1982-1983.

Εικόνα 9. Ἐκροαὶ Διοξειδίου τοῦ Θείου καὶ Νιτρικῶν ὀξειδίων 1980. Προεκτάσεις - Ἐκτιμήσεις γιὰ τὸ 2000.

Εικόνα 10. Ἀποτιμήσεις Ἐκροῶν καὶ Εἰσαγωγῆ Ρύπων. Ἐναποθέσεις Θείου στὴν Εὐρώπη.

#### XI. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΕΩΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ (ΕΟΚ), ΗΠΑ ΚΑΙ ΚΑΝΑΔΑ

α. Ἀνάλογα εἶναι περίπου τὰ ποσοτικὰ μεγέθη ἐκλύσεων ρύπων καὶ δημιουργίας ὀξίνης βροχῆς στὶς χώρες τῆς Εὐρωπαϊκῆς Κοινότητος (ΕΟΚ). Ἐκεῖ ἀνήκει σήμερα ἡ Πατρίδα μας καὶ τὰ standards τῆς Εὐρώπης (στὴ μελέτη, ἔρευνα καὶ νομοθεσία οἰκολογικῆς προστασίας) πρέπει νὰ ἀκολουθήσουμε «προετοιμαζόμενοι» ἀπὸ σήμερα γιὰ τὸ 1992. Βεβαίως πρέπει ἐξ ἴσου νὰ μελετήσουμε (καὶ νὰ πράξουμε ὀρθά) χωρὶς νὰ μεταφυτεύσουμε ξένη νομοθεσία, στὸν ἑλληνικὸ χῶρο, ἀλλὰ νὰ προσαρμόζουμε σωστὰ στὶς ἑλληνικὲς συνθῆκες τὴν ἐπιστημονικὴ γνώση καὶ τεχνικὴ ἐμπειρία ἐφαρμογῶν τῶν χωρῶν τῆς ΕΟΚ καὶ τῶν Σκανδιναβικῶν χωρῶν. Οἱ νόμοι καὶ τὰ standards στὶς χώρες αὐτὲς εἶναι «ἡπιότερης μορφῆς — ἐνῶ τὸ πρόβλημα τῆς ὀξίνης βροχῆς εἶναι ἄκρως σοβαρὸ — καὶ δὲν ἀκολουθοῦν τὴν αὐστηρὴ προληπτικὴ καὶ κατασταλτικὴ τοποθέτηση τῶν πανίσχυρων πράξεων-νόμων (Acts) τοῦ Ἀμερικανικοῦ Κογκρέσσου. Ἐννοοῦμε ἀκριβῶς τὰ αὐστηρὰ μέτρα καὶ standards τοῦ ὁμοσπονδιακοῦ νόμου (NAAQS National Ambient Air Quality Standards).

β. Ἀμερικὴ - Καναδᾶς. Ἰδιαίτερη ἔμφαση ἔχει δοθεῖ στὴν Εὐρώπη στὴ νομοθεσία-μορφὴ ἐλέγχου τῶν ρυπαντῶν καὶ τῆς ὀξίνης βροχῆς ποὺ περνᾶει τὰ σύνορα μιᾶς χώρας καὶ «εἰσάγεται» στὸ γεωγραφικὸ χῶρο τῆς ἄλλης (Trans-



boundary air pollution). Γιατί, όπως παρατηρούμε στην εικόνα (διαφάνεια) 10, κάθε χώρα έχει δύο κατηγορίες πηγών ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως (και όξινης βροχής), «την έσωτερική γηγενή» —έκείνη που «παράγεται» από τις δικές της πηγές (παραγωγή ήλεκτρισμού, αυτοκίνητα όχήματα, οικιακές χρήσεις θερμάνσεως και βιομηχανικής παραγωγής, μεταφορές κλπ. της χώρας) και την «έξωτερική» —«είσαγόμενη» όξινη βροχή. Τοῦτο συμβαίνει κατά κανόνα στις δύο κυριότερες βιομηχανικές χώρες της Βορείου Ἀμερικής, όπου είναι εγκατεστημένες βιομηχανικές μονάδες μεγέθους που πλησιάζει τὸ ἕνα τρίτο τῆς παγκοσμίου βιομηχανικής ισχύος. Ἐκεί από την ἄλλη πλευρά κατά τρόπο μοναδικό στην ιστορία τῆς εἰςηρικῆς συνεργασίας στην ἐπιστημονική ἔρευνα και ἐφαρμογή τεχνολογίας, ἔχουν θεσπισθεῖ Νόμοι που προστατεύουν κατά τρόπο λυσιτελῆ τὰ δάση κατὰ μήκος τῶν συνόρων 2600 περίπου μιλίων Ἀμερικής-Καναδά, τὸ ἔδαφος (πανίς-χλωρίς) και κυρίως τῆς Μεγάλης Λίμνης. Ὁ ὕδατινος ὄγκος τῶν λιμνῶν αὐτῶν, που ἔχει σοβαρὰ ρυπανθεῖ και οἰκολογικά διαταραχθεῖ, ἀπειλεῖται σήμερα ἀπὸ δηλητηρίαση τῆς όξινης βροχής. Οἱ Μεγάλες Λίμνες εἶναι ἡ ζωή, τὸ αἷμα ζωῆς, ἀναπτύξεως και προόδου σὲ ὄλους τοὺς τομεῖς τῆς κοινωνικῆς και ἔθνικῆς τους ζωῆς τῶν δύο μεγάλων χωρῶν. Για τὴν προστασία και σωτηρία τῶν Μεγάλων Λιμνῶν, ἡ Ἀμερική και ὁ Καναδᾶς ἐν συνεργασία, ἔχουν διαθέσει για ἔρευνα μόνο τῶν πολλῶν και πολυπλόκων πλευρῶν ἐλέγχου τῆς όξινης βροχής, — σὲ πλαίσιο διεπιστημονικό τῶν κυρίων ἐπιστημονικῶν κλάδων— τὸ κολοσσιαῖο ποσὸ τῶν 3 δισ. δολλαρίων. Ἡ μεγάλη κοινὴ προσπάθεια παρουσιάζεται ἴσως για πρώτη φορά στην ιστορία τῆς Ἑρευνας και Τεχνολογίας Ἐλέγχου και Περιορισμοῦ ρυπάνσεων (τὸ ποσὸ ἀναλογεῖ στὸ ἕνα δέκατο περίπου τοῦ τρέχοντος ἐτησίου ἐλληνικοῦ προϋπολογισμοῦ).

Για τὴ μείωση τῶν ρυπαντῶν κυρίως τοῦ διοξειδίου τοῦ θείου και τῆς όξινης βροχής ὑπάρχει εἰδικὴ συμφωνία ἀνταλλαγῆς πληροφοριῶν και ἐφαρμογῆς τεχνολογίας (*The best available technology, which is economically feasible*) και μεταξὺ τῶν Ἑυρωπαϊκῶν κρατῶν μελῶν τῶν Ἡνωμένων Ἐθνῶν, τῆς Ἀνατολικῆς και Δυτικῆς Ἑυρώπης, τοῦ Καναδά, τῶν ΗΠΑ και τῆς Σοβιετικῆς Ἐνώσεως ιδιαίτερα στην ἀντιμετώπιση τοῦ προβλήματος τῆς «συνοριακῆς μεταφορᾶς» (*Trans-boundary Air Pollution*). Ἡ ὁμὰς αὐτῆ τῶν κρατῶν εἶναι ἡ Οἰκονομικὴ Ἐπιτροπὴ για τὴν Ἑυρώπη (τῶν Ἡνωμένων Ἐθνῶν) (*UN - Economic Commission for Europe and the Convention on long range transboundary air pollution*). Ἦδη ἀπὸ τὸ 1969 ἡ Ἐπιτροπὴ ἐξέδωκε τῆς πρώτες συστάσεις τους για τὸν ὑποβιβασμὸ τοῦ SO<sub>2</sub>, ἐνῶ οἱ συζητήσεις των πῆραν σοβαρότερη μορφή τὸ 1977, όταν ἡ Σουηδία και ἡ Νορβηγία, που ὑφίσταντο τὸ μέγα βάρος τῶν οἰκολογικῶν ἐπιπτώσεων τῆς όξινης βροχής που κυρίως εἰσήγετο στις χώρες τους, ἀπήτησαν ὅπως οἱ ἐκπομπές SO<sub>2</sub>

κρατηθῶν σ' ἓνα ἐλάχιστο βαθμό, ἥτοι νὰ μὴν ξεπεράσουν τὸ ἐπίπεδο τῶν ἐκπομπῶν τοῦ ἔτους αὐτοῦ. Τὸ Πρόγραμμα Προστασίας τοῦ Περιβάλλοντος τῶν Ἑνωμένων Ἐθνῶν (*UN-Environmental Program UNEP*) ὀλοκλήρωσε πρὶν ἑξὶ χρόνια τὴν διακρατικὴ αὐτὴ συνεργασία στὸν Εὐρωπαϊκὸ καὶ Βόρειο χῶρο τῆς Ἀμερικῆς-Καναδᾶ μὲ τὴν ἐγκατάσταση σταθμῶν μετρήσεως καὶ ἀποτιμήσεως τοῦ  $SO_2$ , τῶν αἰωρουμένων ἀναπύτων θειικῶν ἀλάτων (*Particulate sulfate in the air*) καὶ τῆς ὀξύτητος τῆς βροχῆς (*Acidity in precipitation*) σὲ εἴκοσι Εὐρωπαϊκὰς Χῶρες.

γ. Χῶρες EOK. Ἡ Εὐρωπαϊκὴ Οἰκονομικὴ Κοινότης (EOK), ποὺ ξεκίνησε πρὶν τριάντα χρόνια (1957) καὶ σήμερα περιλαμβάνει δώδεκα χῶρες, ἔχει ἐκδώσει πολλές ὁδηγίες (*Directives*) ποὺ ἀφοροῦν ἐκπομπὰς ρύπων κυρίως  $SO_2$  (*Dealing with  $SO_2$  emissions generally*), ἐνῶ δὲν ἔχει εὐθέως ἀντιμετωπίσει τὸ σοβαρὸ πρόβλημα τῆς «συννοριακῆς» μεταφορᾶς τῶν ἀερίων ρυπαντῶν σὲ μακροῦνη προοπτικὴ (*The long-range transboundary air pollution issue*). Μιὰ ὁδηγία τῆς EOK ποὺ θεσπίζει standards γιὰ τὴν προστασία τῆς δημοσίας υγείας ἀπὸ τὸ  $SO_2$  προετάρθη στὸ Κυβερνῶν Συμβούλιο τῶν ὑπουργῶν τὸ 1976 καὶ ἐγένετο δεκτὴ τὸ 1980! Ἡ ὁδηγία αὐτὴ —πολὺ ἐπιεικῆς καὶ βραδεῖα σὲ σχέση μὲ τὴ σχετικὴ νομοθεσία τῶν ΗΠΑ —ἀπαιτεῖ ἴσως «περίοδο δεκαετίας» γιὰ τὴ συμπλήρωση τῶν μελῶν τῆς EOK μὲ τὰ μεγέθη —Standards τοῦ 1983! Ἡ ὁδηγία τῆς EOK εἶναι περισσότερο «συμβολικὴ», ἰδιαίτερα στὴν σοβαρὴ ἀπειλὴ τῆς «συννοριακῆς» μεταφορᾶς τῶν ρυπαντῶν. Ἔτσι ἢ κάθε χώρα στὸν τομέα αὐτὸ πρέπει νὰ πράξει ὅ,τι δεῖ γιὰ τὴν προστασία τῶν δασῶν καὶ τῶν οἰκοσυστημάτων τῆς ἀπὸ τὴν ὀξινὴ βροχῆ. Ἰδιαίτερα ἢ πατρίδα μας ποὺ ἔχει εἰσαγόμενὴ ὀξινὴ βροχὴ μεγέθους  $63^0/0$ , ἥτοι τὰ  $2/3$  τοῦ συνόλου ρύπων ἄλλων κρατῶν τῆς Εὐρώπης —ποὺ βεβαίως μπορεῖ νὰ μὴν εἶναι μέλη χῶρες τῆς EOK.

δ. Χῶρες OECD. Ὁ Ὄργανισμὸς τῆς Οἰκονομικῆς Συνεργασίας καὶ Ἀναπτύξεως (*The Organization for Economic Cooperation and Development-OECD*) ποὺ θεμελιώθηκε τὸ 1961 ὡς ἡ «Δυτικὴ Συμμαχία» γιὰ τὴν προώθηση τῆς οἰκονομικῆς ἀναπτύξεως (*Western Alliance for Promoting Economic Growth*), μὲ μέλη τὴν Ἀμερικὴν, Ἀγγλίαν, Καναδᾶ, Ἰαπωνία, Δυτικὴ Γερμανία καὶ Σκανδιναβικὰς χῶρες, ὑπῆρξε ἓνας ὀργανισμὸς συντάξεως μελετῶν ὑψηλῆς ποιότητος, συμπεριλαμβανομένης καὶ τῆς πολιτικῆς σχεδιασμοῦ τῶν μέτρων οἰκολογικῆς-περιβαλλοντικῆς προστασίας ὡς μειώσεως τῆς συννοριακῆς μεταφορᾶς ἀερίων ρυπαντῶν καὶ ὀξίνης βροχῆς. Τὸ 1972 ὁ OECD θεμελίωσε τὸ πρόγραμμα συνεργασίας γιὰ τὴ μέτρηση τῶν ἐκροῶν μεταφορᾶς ρύπων καὶ ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως (*Cooperative technical program to measure the long-range transport of air pollutants*). Τὸ πρόγραμμα τοῦ OECD καθορίζει μετρήσεις τῶν ἀερίων ἐκπομπῶν  $SO_2$  σὲ ἑνδεκα εὐρω-



παϊκές χώρες (καθώς και τὰ αἰωρούμενα ἀνάπιπτα τῶν θειϊκῶν ἀλάτων και τῶν κατακρημνίσεων — βροχῶν τῶν θειούχων ἀλάτων) μὲ χρήση εἰδικῶν πρὸς τοῦτο μαθηματικῶν μοντέλων και χρήση ἠλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν. Ἐπίσης ὑπεδείχθη σχέδιο διεθνοῦς νομοθεσίας πρὸς τὴν ἀντιμετωπίζει τὴν «συνοριακὴν» μεταφορὰ ἀερίων ρύπων (*Principles concerning transfrontier pollution*). Ἡ ὄλη ἐρευνητικὴ προσπάθεια τοῦ OECD, πρώτη στὸ εἶδος της, τελεῖ ὑπὸ τὴν αἰγίδα τοῦ Ἰνστιτούτου γιὰ Ἐρευνα Ἀέρος τῆς Νορβηγίας (*Norwegian Institute for Air Research*) πρὸς κυρίως στηρίζεται σὲ μακροχρόνια μοντέλα μεταφορᾶς (*Long-range transport models*), μὲ τὰ πρῶτα ἀποτελέσματα δημοσιευθέντα ἀρχικὰ τὸ 1977 και σὲ πληρέστερη ἐκδοχὴ τὸ 1979. Ἡ μελέτη συμπεραίνει πὸς περισσότερο ἀπὸ τὸ ἥμισυ τῶν ἀποτιθεμένων στὸ ἔδαφος ρύπων πέντε χωρῶν ὀφείλεται σὲ «συνοριακὴν» μεταφορὰ ρύπων ἄλλων χωρῶν. Τὸ 1984 Ὑπουργοὶ Περιβάλλοντος ἀπὸ ἐννέα εὐρωπαϊκῆς χώρες και Καναδᾶ ὑπέγραψαν μιὰ συμφωνία συνυποσχετικὴ γιὰ τὸν ὑποβιβασμὸ τῶν κατὰ χώραν ἐκπομπῶν τοῦ SO<sub>2</sub> τουλάχιστον κατὰ 30% μέχρι τοῦ 1993, σὲ μιὰ προσπάθεια νὰ ἀνακόψουν τὴν συνοριακὴν μεταφορὰ ἀερίων SO<sub>2</sub> ρύπων. Οἱ χώρες πρὸς ὑπέγραψαν τὴν συμφωνία ἀναφέρονται ὡς ἡ «Δέσχη τοῦ 30%» (*30 Percent Club*). Εἶναι οἱ χώρες: Καναδᾶς, Αὐστρία, Δανία, Δυτικὴ Γερμανία, Φιλανδία, Κάτω Χῶρες, Γαλλία, Νορβηγία, Σουηδία και Ἑλβετία.

Εἰδικότερα γιὰ τὴν ἀντιμετώπιση τοῦ SO<sub>2</sub>, πρὸς εἶναι ἡ κυρία συνιστώσα τῆς ὀξίνης βροχῆς και τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως, ἔγιναν νομοθετικὲς πράξεις γιὰ τὴν τεχνολογία τῶν πρακτικῶν ἐφαρμογῶν ἐλέγχου και ὑποβιβασμοῦ ρύπων ὀξίνης βροχῆς:

ε. Στὸν Καναδᾶ. Ἐκεῖ οἱ ἐκπομπές — ἀπορροή κυρίως τοῦ SO<sub>2</sub> — τὸ 1980 ἦταν 5.3 ἑκατομμύρια τόννοι — περίπου τὸ 1/5 τῆς ποσότητος τῶν ΗΠΑ — ἀπὸ ἐργοστάσια παραγωγῆς ἠλεκτρισμοῦ ἀπὸ κάρβουνο (*Coal fired utilities*) και ἐργοστάσια ἐκκαμινεύσεων (ὑψικαμίνους) μὴ σιδηρούχων ὀρυκτῶν (*Nonferrous smelters*). Τὸ πρόγραμμα καθαρῶ ἀέρος (*Canadian Clear Air Act*) τοῦ 1980 παρουσιάζει τὴν ἴδια ἀυστηρότητα προδιαγραφῶν και κυρώσεων και πολλές καίριες ὁμοιότητες μὲ τὴν σχετικὰ ὁμολογὴ και ἀνάλογη νομοθεσία τῶν ΗΠΑ.

στ. Σουηδία. Στὴ χώρα αὐτὴ οἱ Κυβερνήσεις ἀντιμετωπίζουν τὸ μεγάλο και ἀπειλητικὸ πρόβλημα τῆς τελευταίας δεκαπενταετίας ἦτοι τῆς δημιουργίας ὀξίνων λιμνῶν και ἐδαφῶν. Ἡ χώρα αὐτὴ ἔχει 85.000 λίμνες πρὸς εἶναι μεσαίου ἕως μεγάλου μεγέθους — ἐκ τῶν ὁποίων ἄνω τῶν 18.000 λιμνῶν, εἶναι ἤδη ὀξίνες (*Acidified lakes*). Ἄνω τῶν τεσσάρων χιλιάδων λιμνῶν (4000) ἀπὸ αὐτὲς εἶναι ὑψηλοῦ ὀξίνου βαθμοῦ μὲ σοβαρὲς (ἴσως μὴ ἀντιστρεπτές) ζημιὲς βιολογικῆς μορφῆς. Σὲ 9000 περίπου λίμνες, κυρίως στὴ Νότιο και Κεντρικὴ Σουηδία, ἡ οἰκολογικὴ

ζημιὰ σὲ ψάρια καὶ *BIOTA* τῆς λίμνης κυμαίνεται ἀπὸ διαταραχὴ τῆς «διαίτης» καὶ «συμπεριφορᾶς» μέχρι πλήρους ἐξαφανίσεως τῆς πέστροφας καὶ καραβίδας (*Minor upsets in lifestyle to extinction of trout and crayfish species*) [7, 10, 11, 32].

Οἱ Σουηδοὶ ἐπιστήμονες πιστεύουν πὼς μερικὲς ἀκόμη δεκάδες χιλιάδες λιμνῶν θὰ γίνουν ὄξινες, ἐὰν ἡ παροῦσα τάση μολύνσεως ὄξινης βροχῆς συνεχισθεῖ. Βεβαίως πρέπει ἐδῶ νὰ ὑπογραμμισθεῖ πὼς ἡ εἰσαγόμενη στὴ Σουηδία ἀτμοσφαιρική ρύπανση (καὶ ἡ δημιουργία τῆς ὄξινης βροχῆς) εἶναι μεγέθους 70%<sub>0</sub>, ἤτοι κατὰ ἑπτὰ ἑκατοστιαῖες μονάδες μεγαλύτερη τῆς εἰσαγόμενης ὄξινης βροχῆς καὶ ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως στὸν ἔθνικὸ χῶρο τῆς Ἑλλάδος ποὺ εἶναι 63%<sub>0</sub>.

Τὸ πρόβλημα παρουσιάστηκε —στὴ Σουηδία— σὲ διάσταση ἔθνικῆς οἰκολογικῆς κρίσεως τὸ 1970, ὅταν οἱ ἐτήσιες ἐκπομπὲς ρύπων  $SO_2$  τῆς ὄξινης βροχῆς ἦταν 450.000 μετρικοὶ τόννοι ἐτησίως. Πρὸς τὸ παρὸν τὸ μέγεθος τῶν ἀπορρίψεων,  $SO_2$ , λόγω ἀσθητῆς νομοθεσίας καὶ ἀλύγιστης σὲ ἀσθητότητα ἐφαρμογῆς τῆς νομοθεσίας, ἔχει μειωθεῖ στοὺς 250.000  $SO_2$  τὸ χρόνο. Ἀπὸ 1ης Ὀκτωβρίου 1984 ἡ περιβαλλοντικὴ νομοθεσία τῆς Σουηδίας ἔχει ἀσθητῆ περιορίσει σὲ 0,24 γραμμάρια ἀπόρριψη θείου κατὰ Megajoule καυσίμου, ποὺ ἰσοδυναμεῖ σὲ 1.1 lb  $SO_2$  σὲ κάθε ἑκατομμύριο BTU (*British Thermal Unit*) καυσίμου (1.1 lbs  $SO_2$ /million BTU of fuel burned). Τοῦτο ὁδήγησε σὲ περαιτέρω μείωση τῶν ἀπορρίψεων  $SO_2$  σὲ 85.000 τόννους τὸ 1985. Ἡ Σουηδία ἔχει ξεκινήσει ἕνα φιλόδοξο πρόγραμμα γιὰ ἀποκατάσταση-ἐξυγίανση τῶν λιμνῶν ποὺ ἔγιναν ὄξινες (*Restoration of acidified lakes*). Ἐνας συνολικὸς ἀριθμὸς τριῶν χιλιάδων λιμνῶν, τριῶν χιλιάδων χιλιομέτρων ποταμῶν καὶ πεντακοσίων κοιλάδων ποὺ διασχίζουν ρεύματα (*Watersheds*) εἶχαν ἀσβετωθεῖ μέχρι τοῦ τέλους τοῦ 1983 γιὰ τὴν ἀποτροπὴ τῆς ὀξέτητος καὶ ὀξινώσεως [8, 33, 34]. Ἐχει ἀποδειχθεῖ πὼς τὸ ἀσβέστωμα εἶναι ἕνας τρόπος ἀποφυγῆς —μειώσεως κυρίως— ὀξίνωσης.

ζ. Νορβηγία. Οἱ Νορβηγοὶ θεωροῦν σήμερα τὴν ὄξινη ἐναπόθεση τῶν ρύπων τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως καὶ ὄξινης βροχῆς ὡς τὸ ὑπ' ἀριθμὸν «ἕνα ἔθνικὸ τους πρόβλημα». Στὴ Νότιο Νορβηγία ἔχει διαπιστωθεῖ ἤδη σοβαρὴ ἐναπόθεση ὀξέων ἀπὸ ρύπους τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως. Στὶς 1700 λίμνες τῆς Νορβηγίας —σὲ ἀριθμὸ πέντε χιλιάδων λιμνῶν— ἔχουν παρουσιασθεῖ ἀπώλειες στὸν πληθυσμὸ τῶν ψαριῶν καὶ τῆς θαλασσίας πανίδος (*Fish and Marine Life*) ποὺ προέρχονται ἀπὸ εἰσαγόμενη ὄξινη βροχὴ τῆς τάξεως τοῦ 92%<sub>0</sub> —ποσὸν ὑψηλότερο ἀπὸ οἰαδήποτε ἄλλη εὐρωπαϊκὴ χώρα. Εἶναι ἀδιανόητο γερονὸς νὰ σκεφθεῖ κανεὶς πὼς ποσοστὸ μόνον 8%<sub>0</sub> προέρχεται ἀπὸ ρυπαντὲς πηγῶν  $SO_2$  ἐντὸς τῆς Νορβηγίας [7, 8, 34]. Τὸ ἄλλο ἑνδεκαπλάσιο ποσὸ τῆς ἐγχώριας παραγωγῆς  $SO_2$  προέρχεται ἀπὸ μεταφορὰ ὄξινης βροχῆς ἀπὸ τὴ βιομηχανικὴ ζώνη τῆς Βορείου Γερμανίας, Πολωνίας καὶ Σοβιε-



τικῆς Ἑνώσεως, καθὼς καὶ ἀπὸ τῆ Βόρειο Ἀμερικῆ μέσῳ τοῦ Βορείου Πόλου. Ἡ ἔγνοια τῶν Νορβηγικῶν ἀρχῶν γιὰ τὴν ὄξινη βροχὴ καὶ τὶς ἐναποθέσεις τῆς ὀδήγησε στὸ μεγάλο κρατικὸ ἐρευνητικὸ πρόγραμμα τοῦ 1972, ἐνῶ εἶχε προηγηθεῖ ἡ «Πράξη τοῦ Γείτονος τοῦ 1961», (*Neighbor Act of 1961*), κατὰ τὴν ὁποία οἱ πηγὲς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως, δηλ. τὰ ἐργοστάσια ἠλεκτροπαραγωγῆς κλπ., πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦν πετρέλαιο περιεκτικότητος 2.5% θειαφιῦ πὺν ἰσοδυναμεῖ μὲ 2.7 lbs SO<sub>2</sub> γιὰ κάθε ἓνα ἑκατομμύριο BTU. Τὸ πολυδιάστατο σὲ ειδικότητες ἐρευνητικὸ πρόγραμμα τοῦ 1972, μὲ τίτλο «*Acid Precipitation Effects on Forests and Fish*», ὀδήγησε στὸ Συνέδριον τοῦ Μαρτίου τοῦ 1980 στὸ Sandefjord πὺν ἀπετίμησε (προσδιόρισε) ἀκριβῶς σχέση τῶν ἀπορρίψεων SO<sub>2</sub> μὲ τὶς ζημιές στὰ οἰκονοστήματα καὶ στὰ δάση. Τὰ τελευταῖα δέκα χρόνια οἱ Νορβηγοὶ ἐπέτυχαν ἓνα ὑποβιβασμὸ τοῦ ὀλικοῦ φορτίου τοῦ διοξειδίου τοῦ θείου κατὰ 30-40% περισσότερο ἀπὸ οἰαδήποτε ἄλλη εὐρωπαϊκὴ χώρα [12, 35].

η. Δανία. Ἡ χώρα δὲν ἔχει τὸ μεγάλο ἀριθμὸ τῶν λιμνῶν τῶν ἄλλων Σκανδιναβικῶν χωρῶν. Ἔτσι τὸ ἔδαφος τῆς χώρας λαμβάνει τὸ μεγαλύτερο ἀριθμὸ τῶν ρύπων καὶ τῆς ὄξινης βροχῆς. Ἡ Δανία παράγει 450.000 τόννους SO<sub>2</sub> τὸ χρόνο, τὸ μισὸ μέγεθος τοῦ ὁποίου εἶναι στὴ μορφὴ εἰσαγόμενης ὄξινης βροχῆς. Ἡ Δανία ἔχει τὸ δικὸ τῆς νόμο προστασίας ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴ ρύπανση. *The Environmental Protection Act of 1973*. Ὁ νόμος θέτει standards γιὰ μέγιστη στάθμη θείου στὸ πετρέλαιο 0.8% γιὰ «ἐλαφρὸν» πετρέλαιο (*Light oil*) καὶ 2.5% γιὰ «βαρὺν» πετρέλαιο (*Heavy oil*), πὺν ἰσοδυναμεῖ σὲ ὄρια 0.9 καὶ 2.7 τὸ lbs of SO<sub>2</sub>/κατὰ ἑκατομμύριο BTU ἀντιστοίχως.

θ. Ἀγγλία. Εἶναι ἡ μεγαλύτερη «ἐξαγωγέας» (καὶ μεγάλῃ παραγωγός) SO<sub>2</sub> ἀπὸ ὅλες τὶς χώρες τῆς Δυτικῆς Εὐρώπης. Πολλοὶ ὑπολογίζουν (καὶ πιστεύουν) πὺς ἡ Ἀγγλία «εἰσφέρει» πρώτη —καὶ κατὰ τὸ μεγαλύτερο ποσοστὸ τῶν ὄξιων ἀποθέσεων— στὶς Σκανδιναβικὲς χώρες. Ἔρχεται πρώτη στὴ μεταφορὰ (καὶ εἰσφορὰ) ὄξινης βροχῆς στὴ Νορβηγία καὶ δεύτερη στὴ συνοριακὴ μεταφορὰ καὶ εἰσφορὰ ὄξινης βροχῆς στὴ Σουηδία, ὅπου πρώτη καὶ μεγαλύτερη εἰσφορὰ εἶναι ἐκεῖνη τῆς Δυτικῆς Γερμανίας. Ἡ Μεγάλῃ Βρεταννία στηρίζει καὶ σήμερα τὸ 70% τῆς ἠλεκτροπαραγωγῆς τῆς στὴν καύση κάρβουνου. Τὰ θερμοκῆς ἐργοστάσια παραγωγῆς ἠλεκτρισμοῦ εἰσφέρουν τὸ 60% τῆς συνολικῆς παραγωγῆς διοξειδίου τοῦ θείου SO<sub>2</sub>. Ἡ ὀλικὴ παραγωγὴ ρύπων SO<sub>2</sub> ἔχει σημαντικὰ μειωθεῖ τὰ τελευταῖα δέκα χρόνια ἀπὸ ἔξι ἑκατομμύρια τόννους σὲ τέσσερα ἑκατομμύρια τόννους τὸ χρόνο. Ἡ μεθοδολογία ὑποβιβασμοῦ ἀερίων ρύπων SO<sub>2</sub> καὶ NO<sub>x</sub> περιλαμβάνει τὴ χρῆση πετρελαίου μὲ χαμηλὴ περιεκτικότητα σὲ θειάφι, πλύσιμο τοῦ κάρβουνου, ἐνῶ ἡ βασικὴ στρατηγικὴ ἐλέγχου ρύπων εἶναι ἡ διάχυση-διασπορά. Βεβαίως ἡ

Βρετανική Κυβέρνηση υποστηρίζει πώς απαιτείται περαιτέρω έρευνα για το «ξεκαθάρισμα άβεβαιότητας» στην πορεία των ατμοσφαιρικών διαδικασιών που οδηγούν στο σχηματισμό της όξινης βροχής [34].

ι. Δυτ. Γερμανία. Είναι η μεγαλύτερη «παραγωγός» χώρα του  $SO_2$  στη Δυτική Ευρώπη, 3.9 εκατομμύρια τόννων το 1982, και ίσως η πρώτη «έξαγωγός» όξινης βροχής στις Σκανδιναβικές χώρες (Σουηδία). Είναι η χώρα με το πιο φιλόδοξο πρόγραμμα έλεγχου (και υποβιβασμού) ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως. Σήμερα είναι η μόνη χώρα της Ευρώπης που στηρίζει τον έλεγχο των ρυπαντών της ατμοσφαιρας (ιδιαίτερα του  $SO_2$ ) σε απορροφητές-καθαριστές (Scrubbers), ενώ παράλληλα σήμερα έχει έν ενεργεία δικτύ εργοστάσια αποθειώσεως FGS (Flue-gas Desulfurization). Η ατμοσφαιρική ρύπανση και η όξινη βροχή στη Δυτική Γερμανία και τα μέτρα έλεγχου των ρύπων στηρίζονται στο νόμο-πράξη FIPA (Federal Emission Protection Act of 1974).

Η πρώτη φάση σχεδιασμού αναθεωρήσεων (και συμπληρώσεων) του άνωτέρω νόμου ένεκρίθη από τη Γερμανική Βουλή την 4 Φεβρουαρίου 1983. Ειδικότερα οι νεότεροι κανονισμοί προβλέπουν υποβιβασμό των πηγών εκλύσεως  $SO_2$  κατά 35-40% . Υπολογίζεται πώς η νέα αυστηρή νομοθεσία θα μειώσει την εκκλυση ρύπων  $SO_2$  από τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού κατά ένα εκατομμύριο τόννους το 1988. Η Δυτική Γερμανία παρήγαγε το 1982 περίπου 3.9 εκατομμύρια τόννους  $SO_2$ , κυρίως από τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής — που χρησιμοποιούν ως ενεργειακή ύλη κάρβουνο. Λογαριάζεται πώς το ήμισυ του συνόλου των αποθέσεων θείου στη Δυτική Γερμανία εισάγεται από γειτονικές χώρες της Ευρώπης. Τα τελευταία χρόνια, ο γερμανικός λαός και οι επίσημοι άνθρωποι (και αγωνιστές) για την καταστρεπτική επίπτωση που έχει η όξινη βροχή στα γερμανικά δάση (Μέλας Δρυμός).

ια. Ίαπωνία. Είναι η χώρα με την «ύψηλη σε ποσότητα παραγωγή» αερίων ρύπων (και όξινης βροχής) στην Άσία, αλλά «και με την αυστηρότερη νομοθεσία έλεγχου  $SO_2$  στον κόσμο» [36]. Τα Ιαπωνικά Standards έλεγχου  $SO_2$  (για μέση ημερησία στάθμη) είναι 100 mg/m<sup>3</sup>, ενώ εκείνα των ΗΠΑ είναι 365 mg/m<sup>3</sup> (χιλιοστά γραμμαρίου ανά κυβικό μέτρο). Υπάρχουν σήμερα 1.362 εγκαταστάσεις FGD για τον έλεγχο του  $SO_2$  (και αποθείωση του πετρελαίου) συνολικής επενδύσεως 3.7 δισεκατομμυρίων δολλαρίων. Έξήντα τρία εργοστάσια αποθειώσεως FGS έχουν εγκατασταθεί σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής συνολικής ισχύος 40.000 MW [7].

## XII. Η ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ - ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στόν τόπο μας σήμερα δεν γνωρίζουμε ακριβώς τουτό το σημαντικό πρό-



βλημα περιβαλλοντικής διαταραχής και οικολογικής απειλής: τὴν ὄξινη βρογχή. Δὲν γνωρίζουμε μὲ ἀκρίβεια τίς πρακτικὲς ἐπιπτώσεις τῆς ὄξινης βρογχῆς στὰ δάση καὶ οἰκοσυστήματα τοῦ ἑλληνικοῦ χώρου. Ὅλα αὐτὰ γιατί δὲν ξέρουμε τὸ πρόβλημα τῆς ὄξινης βρογχῆς καὶ τῶν ἀποθέσεων τῆς «στὴν ἐπιστημονικὴ θέση καὶ τὴν τεχνικὴ ὁριοθέτηση». Τὸ ἀγνοοῦμε ὡς «ἐπιστημονικὸ πρόβλημα» στὴ θεωρητικὴ-ἀναλυτικὴ του διάσταση, τὴ μαθηματικὴ καὶ φυσικοχημικὴ του δόμηση, τέλος τὴν ἐργαστηριακὴ-πειραματικὴ του θεμελίωση, ποὺ ἔχουν εἴκοσι χρόνια πρὶν θέσει καὶ ἐρευνήσει τὸ σύνολο σχεδὸν τῶν ἐταίρων μας στὴν ΕΟΚ. «Τὸ πρόβλημα ἀποτελεῖ ἀπλῶς θέμα «πληροφόρησης» καὶ «νέων» τῶν ἐφημερίδων —ποὺ φθάνουν ἀπὸ τὴν Εὐρώπη!» Δὲν ἔχουμε καμιὰ συστηματικὴ ἐπιστημονικὴ παρατήρηση πεδίου, ποὺ θὰ ἀποτελοῦσε μιὰ νύξη γιὰ ἓνα ξεκίνημα ὀρθῆς θεωρήσεως καὶ ἀντιμετωπίσεώς του. Σ' ὅλα τὰ προγράμματα προστασίας περιβάλλοντος καὶ ἐλέγχου ρυπαντῶν στὸν ἑλληνικὸ χώρο (βιόσφαιρα-ὕδρσφαιρα-ἔδαφος καὶ ὑπέδαφος) τῶν διαφόρων ὑπουργείων καὶ ὑπηρεσιῶν —καὶ εἶναι εὐάριθμα καὶ ἀσυντόνιστα κατὰ κανόνα— δὲν ὑπάρχει οὔτε κἀν ἡ λέξι «ὄξινη βρογχή». Δὲν ὑφίσταται κἀν μιὰ στοιχειώδης ἀναφορὰ στὴν καταστροφή ποὺ ἡ ὄξινη βρογχή (καὶ οἱ ὄξινες ἀποθέσεις τῆς) προκαλεῖ στὰ δάση, στὰ οἰκοσυστήματα, στὴν ἑλληνικὴ φύση, στὸν πληθυσμὸ, στὰ μνημεῖα, στοὺς φυσικοὺς καὶ ἔδαφικοὺς πόρους καὶ στὸν ὑλικὸ πλοῦτο τῆς χώρας μας.

Ἐκτὸς ἐξένης ἐπιστημονικῆς βιβλιογραφία [9, 37] καὶ ἔρευνες Εὐρωπαίων ἐρευνητῶν πληροφοροῦμεθα πὼς ἡ χώρα μας ἔχει συνολικὴ ἐτήσια ἔκλυση (ἐκροή) τύπων θειαφιοῦ (170.000) ἑκατὸν ἑβδομήντα χιλιάδων μετρικῶν τόννων, μηνιαία ἀπόθεση θειαφιοῦ 1.9 χιλιογράμμα κατὰ ἐκτάριο (10 στρέμματα), «μὲ ποσοστὸ 63% τῶν ἀποθέσεων αὐτῶν «εἰσαγόμενα» —μὲ τοὺς ἀνέμους— ἀπὸ τίς βιομηχανικὲς χῶρες κυρίως τῆς Κεντρικῆς καὶ τῆς Νοτίου Εὐρώπης». Δηλ. τὰ δύο τρίτα τῶν ἀποθέσεων θειαφιοῦ —θεμελιακῆς παραμέτρου τῆς ὄξινης βρογχῆς— εἶναι «εἰσαγόμενα» ἀπὸ τοὺς γείτονες! Ποιὸ νὰ εἶναι ἄραγε τὸ ποσοστὸ τῶν ἄλλων ἀερίων ρύπων, NO<sub>x</sub>, ἀναπίπτων, ὑδρογονανθράκων, ὄζοντος, καπνοῦ κλπ. ποὺ μεταφέρεται —«εἰσάγεται»— στὸν ἐναέριον χῶρον τῆς Ἑλλάδος; Ποιὰ νὰ εἶναι ἡ δική μας, ἡ γηγενῆς παραγωγή, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ὄζοντος καὶ ἄλλων ρύπων ποὺ ἀπορρίπτονται ἀπὸ τίς βιομηχανίες καὶ τοὺς σταθμοὺς ἠλεκτροπαραγωγῆς (Μεγαλόπολη, Πτολεμαῖδα); Ποιὰ ἡ «εἰσφορὰ» τῶν ρύπων τῶν ἑκατοντάδων χιλιάδων αὐτοκινήτων, τῶν κατοικιῶν στὶς μεγάλες μας πόλεις, στὴν Ἀθήνα-Θεσσαλονίκη, καὶ στὰ ἄλλα ἀστικὰ κέντρα τῆς χώρας, ποὺ χωρὶς τὴ στοιχειώδη ὑγειονομικὴ ὑποδομὴ δέχτηκαν ἑκατοντάδες χιλιάδων κατοίκους στὰ τελευταῖα σαράντα χρόνια κι ἔγιναν μεγαλουπόλεις μὲ φοβερὴ σὲ μέγεθος καὶ ἀπειλητικὴ γιὰ τὴ δημόσια ὑγεία ἀτμοσφαιρικὴ ρύπανση;

Βεβαίως συμμετέχουμε και εμείς (σέ μικρή κλίμακα) στην «έξαγωγή» ρύπων προς τις γειτονικές μας χώρες. Το πρόβλημα τής ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως όπως και τών άλλων ρυπάνσεων τής υδροσφαίρας στον τόπο μας αντιμετωπίζεται περιστασιακά με λύσεις πρόχειρες στο γόνατο, ατελέσφορες, χωρίς μελέτη, χωρίς έρευνα, χωρίς πρόγραμμα και προγραμματισμό. "Αν σ' αυτό προστεθεῖ ή κάθε φορά κομματικοποίηση (και φτηνή «πολιτικοποίηση» ενός μεγάλου αιτήματος-προβλήματος του τόπου), ή εικόνα τής καθολικής αποτυχίας είναι προφανής και αναμενόμενη.

Δέν γνωρίζουμε το πρόβλημα τής όξινης βροχής και τις επιπτώσεις τών αποθέσεών της. "Ομως ζοῦμε κάθε μέρα τις συνέπειες, τή δυσμενή τροπή και πτώση τών οικοσυστημάτων, τών δασών, του ελληνικού περιβάλλοντος. Καί σ' αυτή τήν πτώση και καθίζηση, ή όξινη βροχή παίζει ένα ρόλο, καιρία αποφασιστικό, έχει ένα σημαντικό «μερίδιο» (και ποσοστό) τής οικολογικής διαταραχής και τής υποβαθμίσεως του ελληνικού χώρου. "Αγνοοῦμε τις επί μέρους «ποσοτικές και ποιοτικές σχέσεις του προβλήματος» και στο σημείο βεβαίως τουτο ή επιστημονική έρευνα δέν έχει πεῖ τον τελευταίο της λόγο — «άλλά ζοῦμε τις ουσιαστικές διαστάσεις του ως βαρεῖα ρύπανση-μόλυνση». Τα τιθέμενα προβλήματα είναι:

α. "Υποβάθμιση τής δημοσίας υγείας στα άστικά κέντρα, όπου ή ατμόσφαιρα είναι φορτωμένη με ρύπους ( $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $CO$ , όζον κλπ.). Το «Νέφος τών "Αθηνών» είναι ή πιό κραυγαλέα και θανατερή παρουσία αερίων ρύπων στον τόπο μας. "Η βροχή στο λεκανοπέδιο τών "Αθηνών θα είναι ίσως ή πιό όξινη στη χώρα μας! Καί ο θάνατος από ασφυξία και δηλητηρίαση στο λεκανοπέδιο τών "Αθηνών έλλοχεύει σέ περιόδους παρατεταμένης άπνοιας.

β. "Η καταστροφή τών δασών από τις αποθέσεις τής όξινης βροχής είναι αναμφισβήτητη. Βεβαίως δέν έχουμε μετρήσεις «ποσοτικές» του πολύπλοκου προβλήματος. "Υστερα στον τόπο μας οι φλόγες από τον έμπρησμό τών δασών μας είναι έκτυφλωτικές και δέν αφήνουν οιαδήποτε άλλη θεώρηση: όπως είναι ή διαταραχή τής φωτοσυνθέσεως και ή άπειλή ανατροπής τών βιοχημικών κύκλων τών οικοσυστημάτων (άστικών, άγροτικών, δασικών, λιμναίων και θαλασσίων).

γ. "Η δασική αποψίλωση προηγείται (και ακολουθεῖ) αναμφισβήτητα από τή φυσική διάβρωση, τήν απόπλυση και δηλητηρίαση του έδάφους. Καί ή όξινη βροχή παίζει πρωτεύοντα ρόλο. Οι ρύποι  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $CO$ , όζον κλπ. είναι επίσης συστατικά τής ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως τών μεγάλων πόλεων ή τών μεγάλων βιομηχανικών κέντρων (Μεγαλόπολη - Πτολεμαῖδα - "Ελευσίνα - Βιομηχανικές ζώνες) που μεταφέρονται στα ελληνικά βουνά, μακράν τών πηγών παραγωγής. "Εκεί «συντίθεται» ή όξινη βροχή. Στον τόπο μας ή δασοκάλυψη είναι σήμερα λιγότερη του 20 % τής όλης έκτάσεως τής χώρας, ενώ στα χρόνια τής "Επαναστάσεως του '21, ήταν 52-55 % (Με το



τελευταίο κακό, κάκιστο νόμο περί βροσκοτόπων —και με τή συμφορά τῶν πυρκαϊῶν —ή δασοκάλυψη μπορεῖ νὰ μειωθεῖ στοῦ 13-15%<sub>0</sub> σέ λίγες δεκαετίες, ἐκτός ἂν ἀναληφθεῖ σοβαρό ἔργο ἀναδασώσεως). Στή δασική ἀποψίλωση συντελεῖ και ἡ «ἀπόπλυση και ἡ διάβρωση» τοῦ παραγωγικοῦ ἑλληνικοῦ ἐδάφους (δασικοῦ ἢ γεωργικοῦ): Χά-νουμε κάθε χρόνο τριάντα πέντε τετραγωνικά χιλιόμετρα ἐδάφους πάχους εἴκοσι πέντε μέτρων, πού εἶναι τὸ ἰσοδύναμο ἑνὸς νησιοῦ ὅπως ἡ Ἄνδρος ἢ ἡ Πάρος!

δ. Ἡ ἐπιδείνωση τῆς ρυπάνσεως -μολύνσεως τῆς ἑλληνικῆς ὑδροσφαιρας-βιόσφαιρας ἔχει ἄμεση αἰτιακή σχέση με τὴν ὀξινὴ βροχὴ τοῦ ἑλληνικοῦ χώρου —γρηγρῆ και εἰσαγόμενῃ— και τὶς ἀποθέσεις της. Ἡ καταστροφή ὑδροβιοτόπων και ἡ μείωση τῆς ἀγροτικῆς γεωργικῆς και δασικῆς παραγωγῆς ἔχει εὐθεῖα σχέση (και συσχέτιση) με τὴν ὀξινὴ βροχὴ.

ε. Τέλος ἡ καταστροφή μνημείων στὸν τόπο μας εἶναι ἡ σαφέστερη ἔνδειξη και ἀπόδειξη τῶν ἐπιπτώσεων τῶν ρύπων τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως (κυρίως τοῦ SO<sub>2</sub>) και τῆς ὀξινῆς βροχῆς. Τὰ κλασσικὰ μνημεῖα τῶν Ἀθηνῶν ἔχουν ὑποστει σοβαρὴ διάβρωση (και φθορὴς) τὰ τελευταῖα εἴκοσι πέντε χρόνια, «ποσοτικά και ποιοτικά ἴση και ἰσόποση» με ἐκείνη τῶν τελευταίων εἴκοσι πέντε αἰώνων!

Σ' αὐτὸ τὸ πλαίσιο «δεδομένων και προοπτικῆς» τίθεται τὸ πρῶτο ἐρώτημα τοῦ προβληματισμοῦ μας: Τί πρέπει νὰ γίνει, πότε και πῶς θὰ γίνει γιὰ τὴν ἀναστροφή (και ἀνακοπή) τῆς οἰκολογικῆς φθορᾶς και ὑποβαθμίσεως;

α. Ἀπαιτεῖται γιὰ τοῦτο μελέτη, σπουδὴ, ἔρευνα γιὰ τὴν τεχνικὴ τοποθέτηση, τὴν ἐπιστημονικὴ γνώση τῶν ἀναλυτικῶν και πρακτικῶν πλευρῶν τοῦ προβλήματος τῆς ὀξινῆς βροχῆς και τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως-μολύνσεως στὸν τόπο μας. Χωρὶς αὐτὴ τὴ σπουδὴ και ἔρευνα δὲν μπορεῖ νὰ ὑπάρξει οἰκολογικὸς σχεδιασμὸς και νὰ ἀρτιωθεῖ σχέδιο μειώσεων τῶν ρύπων, τῶν ἐκροῶν πάσης μορφῆς και πηγῆς (βιομηχανικῆς, οἰκιακῆς, αὐτοκινήτων). Δὲν μπορεῖ νὰ «πληροφοροῦμαστε» ἀπὸ τοὺς ξένους ἐρευνητῆς τὸ πρόβλημα και τὶς λεπτομέρειες τῶν ρυπάνσεων και τῆς ὀξινῆς βροχῆς τοῦ ἑλληνικοῦ χώρου. Πρέπει ἐμεῖς, και μποροῦμε ἐμεῖς, νὰ τὸ ἐρευνήσουμε.

β. Σύνταξη σωστοῦ προγράμματος ἐντοπισμοῦ (ποσοτικοῦ και ποιοτικοῦ) τῶν ἐγκυρῶν και εἰσαγομένων ρυπαντῶν, πού σημαίνει καθορισμὸς τοῦ μεγέθους τῆς γηγενοῦς και εἰσαγομένης ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως και ὀξινῆς βροχῆς.

γ. Θέσπιση ἀσθηρῶν μέτρων μειώσεως τῶν ἐκλύσεων ρύπων (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ὕδρογονανθράκων), με τὴν ἐγκατάσταση φίλτρων και κατακρημνιστῶν στὶς βιομηχανίες (Πτολεμαῖδα, Μεγαλόπολη, λοιπὲς βιομηχανικὲς ζώνες τῆς χώρας) βιοτεχνίες και πολυκατοικίες.

δ. Ἐλεγχος ἀσθηρῶς τῶν μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως τῶν ἑκατοντάδων

χιλιάδων αυτοκινήτων και λεωφορείων και τών καυστήρων τών πολυκατοικιών, χρήση βενζίνης καλύτερης ποιότητας (καθώς και άμόλυβδης κυρίως βενζίνης). Μετατροπή —τό συντομότερο δυνατόν— τών μηχανών τών αυτοκινήτων, με προοπτική χρήσης φυσικοῦ αερίου. Μείωση καταναλώσεων κλασσικῶν μορφῶν ἐνεργείας (*Fossil Fuel*). Εἰσαγωγή «ἠπίων» μορφῶν ἐνεργείας, ὅπου και ὅταν ἡ οἰκονομία και ἡ προσφορά - ζήτηση τῆς ἐλεύθερης ἀγορᾶς τὸ ἐπιτρέπει.

ε. Ἐργυπη παρακολούθηση τῆς ἐπιστήμης, τῆς τεχνολογίας και τών «μέτρων» τῆς ΕΟΚ σχετικὰ με τὴν ὄξινη βροχή. Ἡ ΕΟΚ εἶν δουλέφουμε σωστά, μελετήσουμε και προγραμματίζουμε ἐπιστημονικὰ τὸ ὄλο πρόβλημα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ρυπάνσεως —στὰ πλαίσια καθολικοῦ οἰκολογικοῦ σχεδιασμοῦ— θὰ εἶναι πηγή τεχνικῆς βοήθειας και οἰκονομικῶν μέσων ὅπως στὰ Μεσογειακὰ Προγράμματα. Τέλος ἡ ριζική ἀλλαγὴ νοοτροπίας μας και πρακτικῆς δεοντολογίας: Τὸ Περιβάλλον και ἡ προστασία του δὲν εἶναι περιθωριακὸ αἶτημα. Εἶναι τὸ ἐστιακὸ πρόβλημα τῆς κοινωνικῆς, τῆς οἰκονομικῆς και πολιτιστικῆς ἀναπτύξεως τοῦ τόπου.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

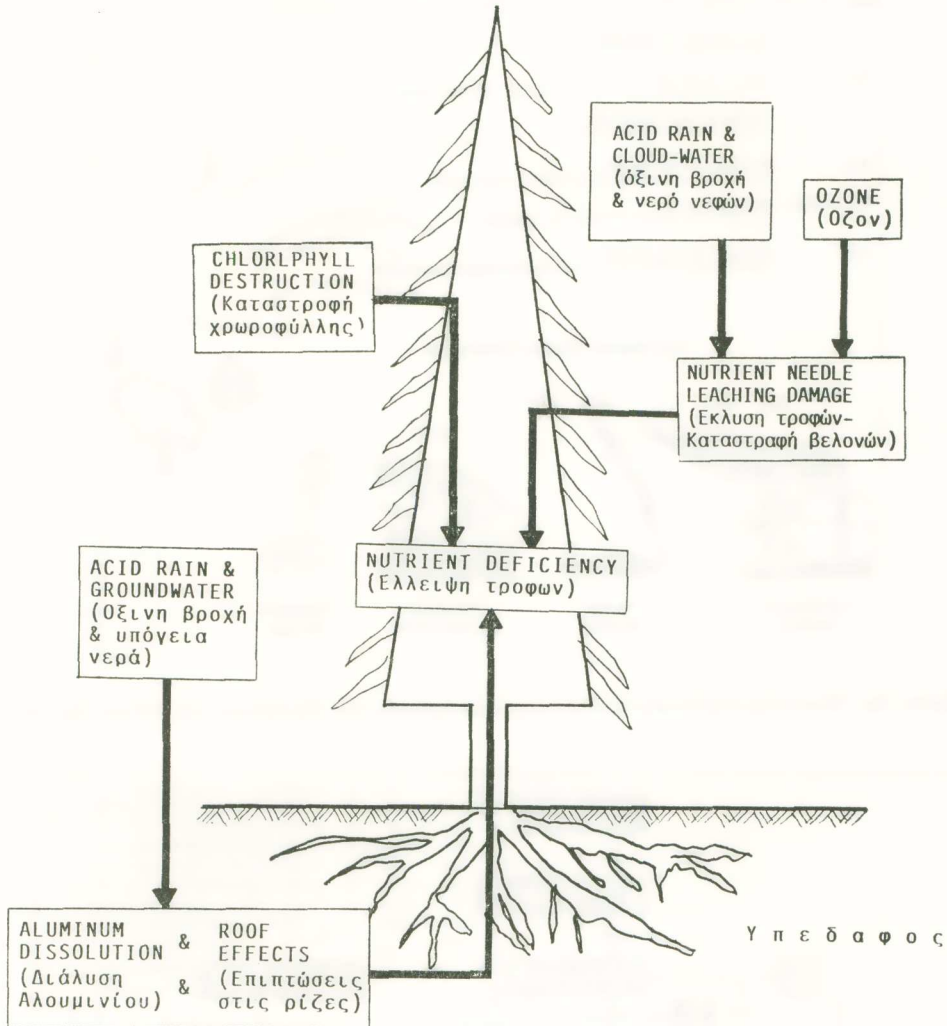
1. *Shabecoff P.*, *Report Sees Hope for Battered Environment*, *The New York Times*, February 21, 1988, p. 21.
2. *Brown, L.* (Editor), *The 1988 State of the World*, Washington D. C. 1988.
3. *Perkins H. C.*, *Air Pollution*. Mc. Graw Hill Book. New York-Paris-London 1974.
4. *Duprey R. L.*, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*, National Air Pollution Control Administration, PHS Publication 999-AP-42 1968.
5. *Stern, A. C* (ed.) *Air Pollution*, 2<sup>nd</sup>, edition Vol. 1 Academic Press, New York 1968
6. *Peary, H. S.*, *Rowe D. R.* and *G. Tchobanoglous*, *Environmental Engineering*, Mc Graw Hill Book Co. New York-London, 1985.
7. *USA Congress Office of Technology Assessment*, *Acid Rain and Transported Air Pollutants-Implications and Public Policy*, OTA-O-204, Washington D.C.-U.S. Congress, June 1984.
8. *Brown L.*, (ed.), *State of the World 1985*, A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society, W. W. Norton and Co. New York, 1985.
9. *Highton, N. H.* and *M. J. Chadwick*, *The Effects of Changing Patterns of Energy Use on Sulfur Emissions and Depositions in Europe*, *AMBIO*, Vol. 11 No. 6, 1982.
10. *Westone G.*, *Review of Approaches to Long-Range Transport Control in the United States, Europe and Japan*, Report prepared by the Environmental Law Institute for the OTA (Office Technology Assessment) March 1981.



11. Swedish Ministry of Agriculture, *Acidification Today and Tomorrow, Environment 1982 Committee, 1982.*
12. Major Government Review of 1982, *Norwegian Strategies and Policies for the Abatement of Air Pollution Caused by Sulphur Compounds, Oslo, June 1982.*
13. V. A. Mohonen, *The Challenge of Acid Rain, Scientific American, August 1988, Vol. 259 Number 2.*
14. D. Morse, *Acid Rain: Another Look The Political Science of Acid Rain, Amer. Soc. Civil Engineers-Civil Engineering Journal, August 1988 p. 53.*
15. NRC/NAS, *Atmospheric-Biosphere Interactions: Toward a Better Understanding of the Ecological Consequences of Fossil Fuel Combustion, National Academy Press, Washington, D. C. 1981.*
16. NRC/NAS, *Acid Deposition: Atmospheric Processes in Eastern North America, National Academy Press, Washington D. C 1983.*
17. National Academy of Science, *Acid Deposition: Long Terms Trends, National Academy Press 1986.*
18. G. E. Likens, R. F. Wright, J. E. Galloway and T. J. Butler, *Acid Rain, Scientific American, Vol. 241 No. 4 Oct. 1979.*
19. E. B. Cowling, *Acid Precipitation in Historical Perspective, Environmental Science and Technology Vol. 16 No. 2. February 1982.*
20. J. N. Woodman and E. B. Cowling, *Airborne Chemicals and Forest Health, Environmental Science and Technology, Vol. 21, No. 2 February 1987.*
21. World Bank, «Forestry» Sector Policy paper, Washington D. C. February 1978.
22. A. King (Editor), *The State of the Planet, A Report by the International Federation of Institutes for Advanced Study (IFIAS), Pergamon Press N.Y. 1980.*
23. M. I. Budyko, *Climate and Life, Academic Press N.Y. 1974.*
24. K. E. Maxwell, G. Mansfield - Jones and Dorothy Mansfield-Jones, *Environment and Life, (Fourth Edition) Brooks/Cole Publishing Co. Monterey California, 1985.*
25. Penelope Re Velle and Charles Re Velle, *The Environment: Issues and Choices for Society, Third Edition, Jones and Bartlett Publishers Boston, 1988.*
26. T. G. Spiro and W. M. Stigliani, *Environmental Science in Perspective, State University of New York Press, Albany N.Y., 1980.*
27. M. J. Molina, *The Antarctic Ozone Hole, Oceanus, The International Magazine of Marine Science and Policy, Vol. 31, No. 2, Summer 1988.*
28. *Compressed Air Magazine of Applied Technology, Ozone, June 1988.*
29. *Adirondack Insights—Editor: Neal Burdick, Red Spruce Decline in the Adirondack High Country, Adirondack, The Magazine of the Adirondack Mountain Club, Feb. /March 1988.*
30. J. R. Luoma, *Bold Experiment in Lakes Tracks, the Relentless Toll of Acid Rain, The Science Times N.Y. Times September 13, 1988.*

31. *K. A. Dahlberg - M. S. Sorroos, A. T. Feraru, J. E. Harf and B. Thomas, Trout, Environment and the Global Arena-Actors, Values, Policies and Futures, Duke University Press, 1985.*
32. *H. Douland, European Networks-Operations and Results, Sulfur in the Atmosphere, Proceedings of an International Symposium in Dubrovnik, Yugoslavia. Sept. 7-14, 1977*
33. *L. Granat, Sulphate in Precipitation as Observed by the European Atmospheric Chemistry Network, Atmospheric Environment 12, 1978.*
34. *Elam, Present and Future Levels of Sulfur Dioxide Emissions in Northern Europe, Prepared for the Swedish Ministry of Agriculture, June 1979.*
35. *Statement by the Federal Republic of Germany's Interior Minister at the Conference on Acidification, Stockholm June 27, 1982.*
36. *Environment in Japan 1981, Environmental Agency, Government of Japan, December 1981.*
37. *Environmental Resources Limited, Acid Rain: A Review of the Phenomenon in the EEC and Europe, London: Graham & Trotman Ltd, 1983.*

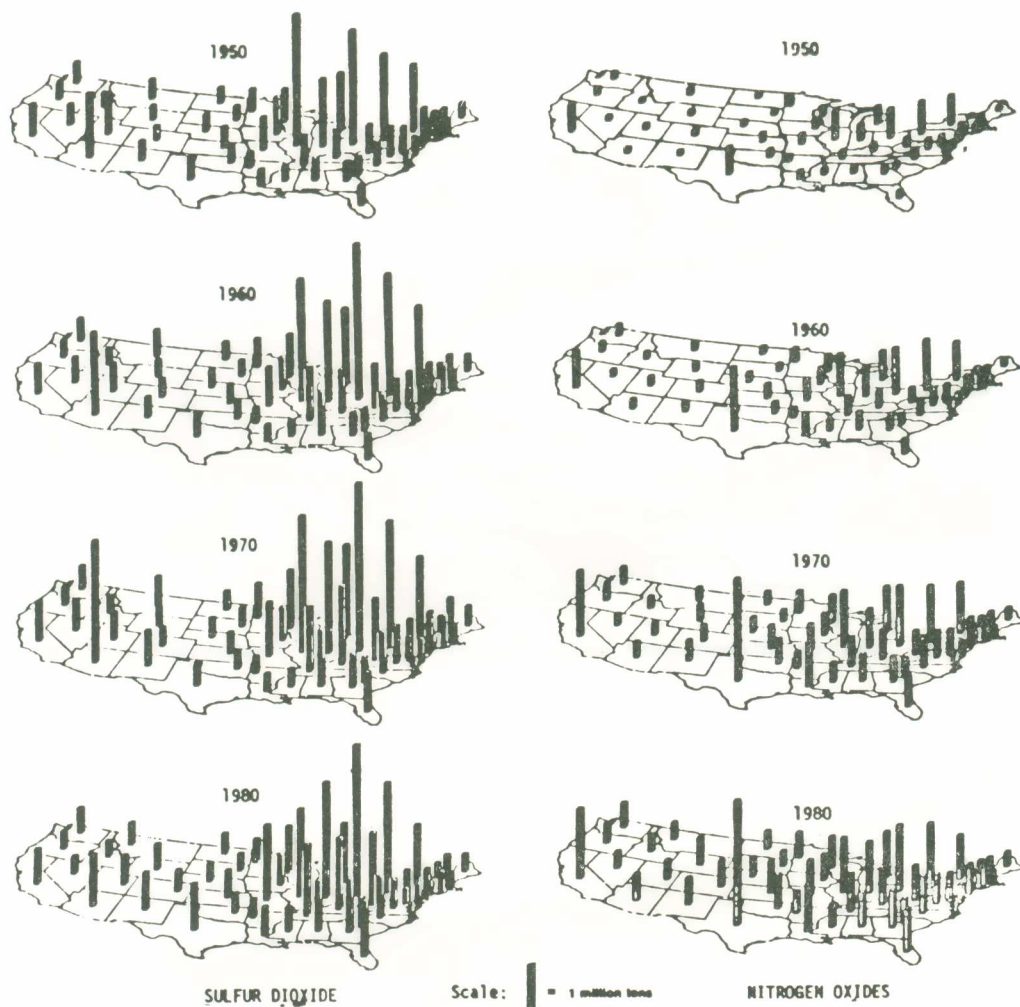




Εικόνα 1. Σχηματική παράσταση (current scenario) χημικών αντιδράσεων και διεργασιών όξινης βροχής και όζοντος —που συνεπάγεται καταστροφή της χλωροφύλλης (θεμελίον και καρπού της φωτοσυνθέσεως) και οδηγεί τελικά στη μείωση-έλλειψη χυμών (τροφών) του κανοφόρου δένδρου (καταστροφή βελονών του). Η διάλυση του αλουμινίου στο υπέδαφος εξουδετερώνει το ασβέστιο (Calcium) και νεκρώνει τις ρίζες του δένδρου.



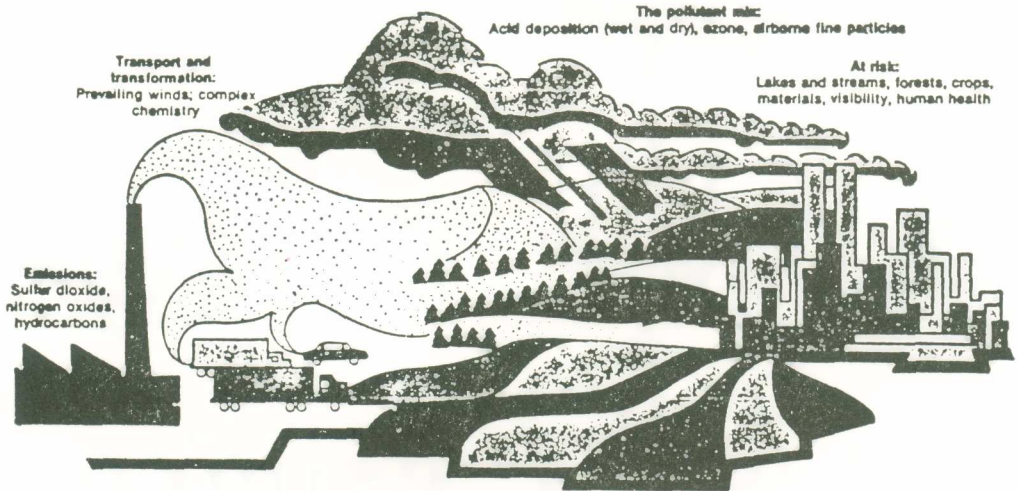




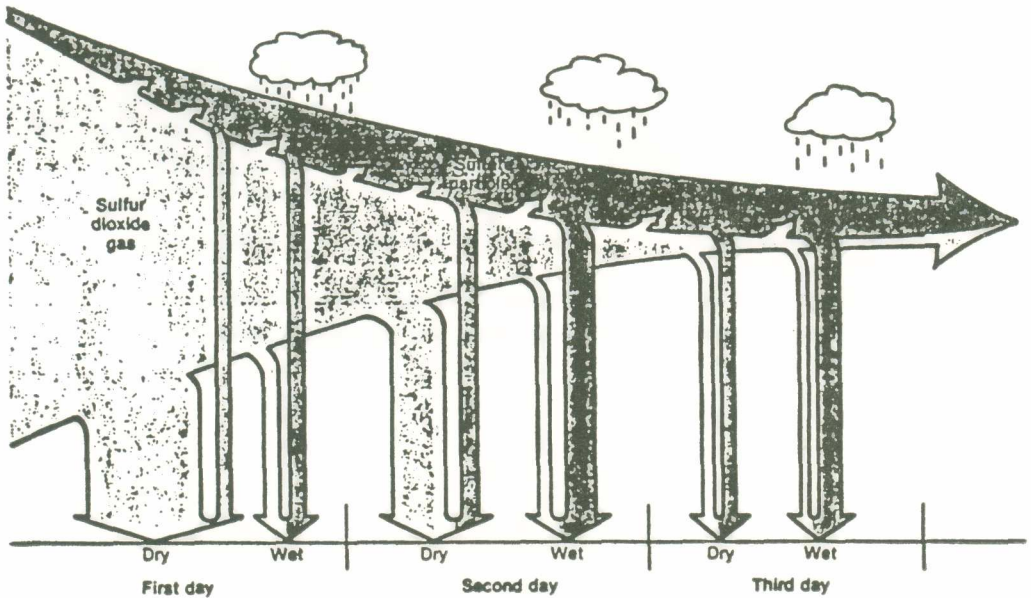
Εικόνα 2. Έγκοροι οξειδίων Θείου και Άζώτου. Μεταφορά και χωρική κατανομή ρυπαντών και όξινης βροχής κατά πολιτείες εις ΗΠΑ, χρονική περίοδος 1950-1980.

## Transported Air Pollutants: Emissions to Effects

The transported air pollutants considered in this study result from emissions of three pollutants: sulfur dioxide, nitrogen oxides, and hydrocarbons. As these pollutants are carried away from their sources, they form a complex "pollutant mix" leading to acid deposition, ozone, and airborne fine particles. These transported air pollutants pose risks to surface waters, forests, crops, materials, visibility, and human health.



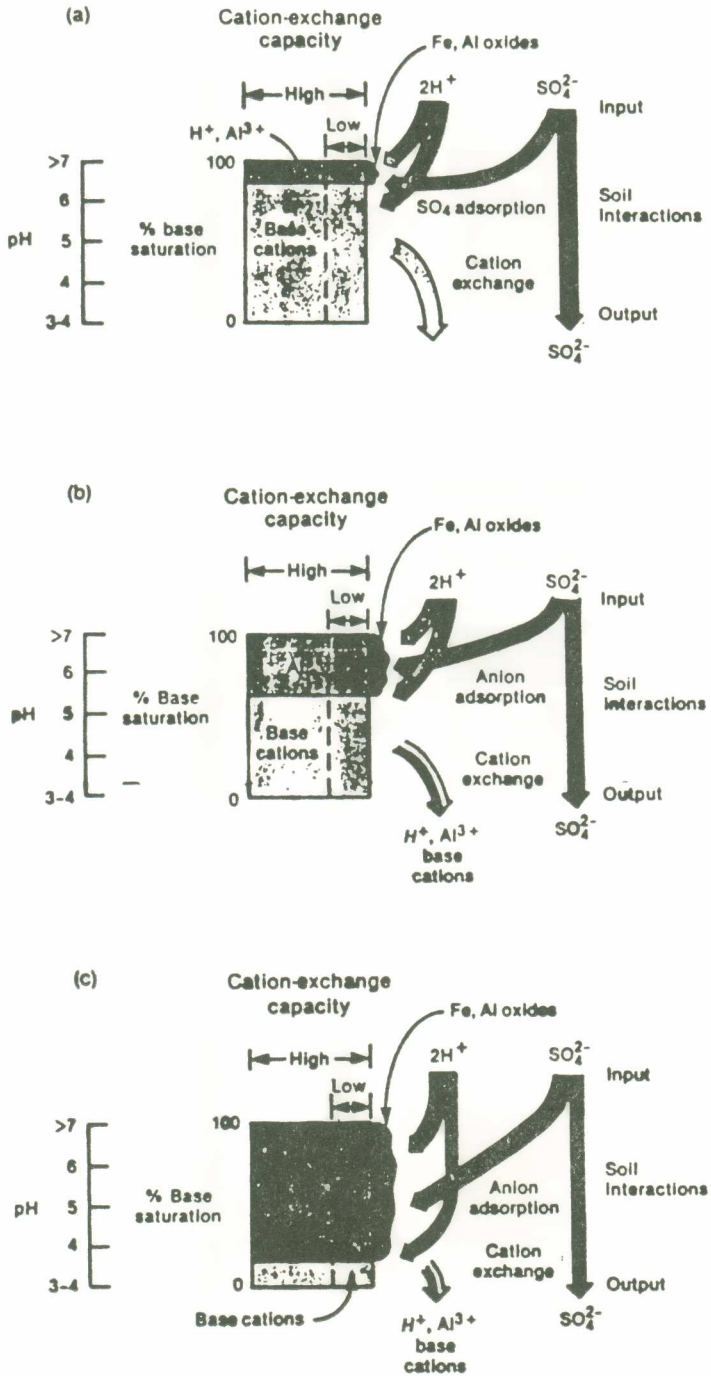
Εικόνα 3. Μεταφερόμενοι Αέριοι Ρυπαντές:  $SO_2$ ,  $NO_x$ , Υδρογονάνθρακες.



Εικόνα 4. Χρονική-χορική κατανομή. Μετατροπή και έναπόθεση ρύπων Θείου.



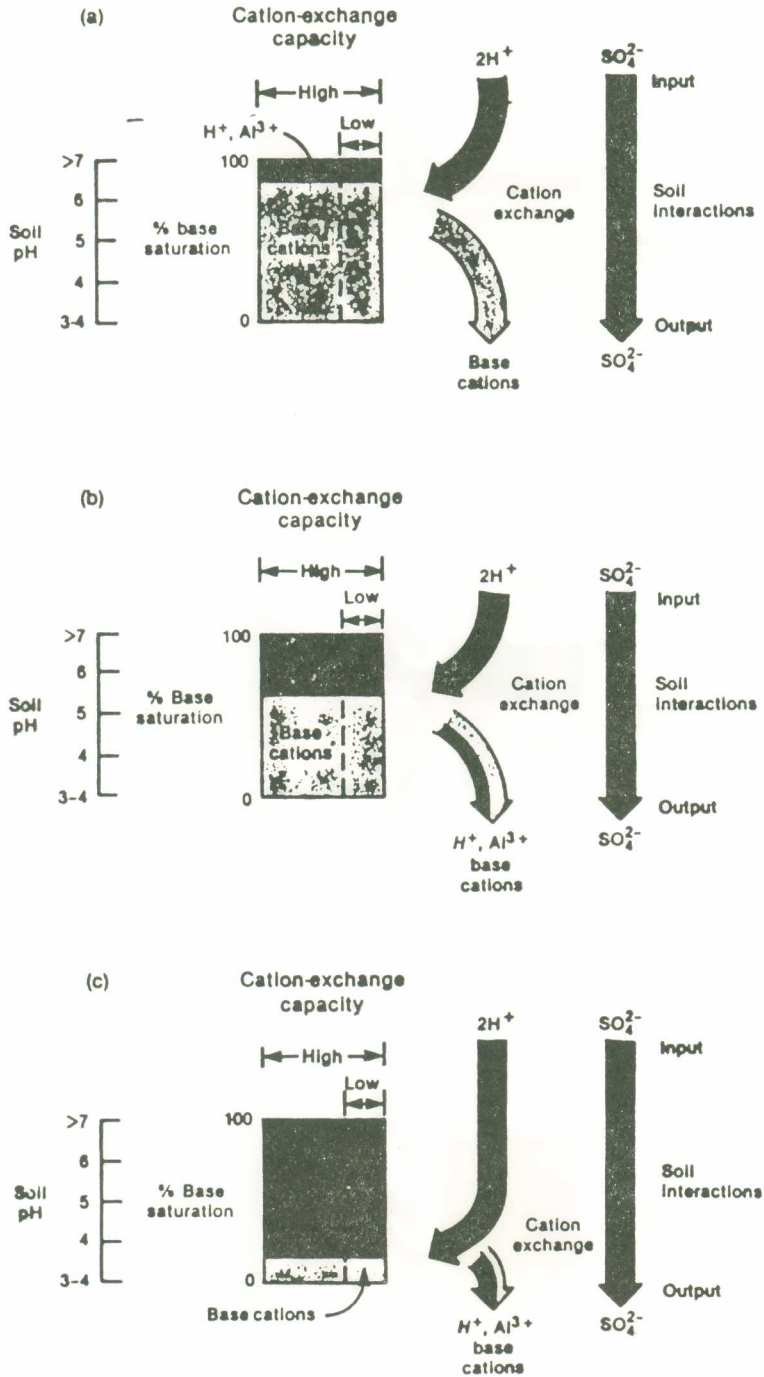
**Schematic Diagrams of Soil Leaching in Sulfate-Adsorbing Soils**



SOURCE: Oak Ridge National Laboratory, 1983.

Εικόνα 5. Η όξινη βροχή προκαλεί χημικές αλλαγές σε έδαφη που απορροφούν θετικά άλατα.

## Schematic Diagrams of Soil Leaching in Non-Sulfate-Adsorbing Soils



SOURCE Oak Ridge National Laboratory, 1983.

Εικόνα 6. Η όξινη βροχή διηθείται και «εκλύεται» χημικώς (Leaching) σε εδάφη μη απορροφώντα θειικά άλατα.



Sulfur Dioxide and Nitrogen Oxide Emissions in Selected Countries<sup>1</sup>

Emissions and Sources	Sulfur Dioxide			Nitrogen Oxide		
	United States	Canada	West Germany	United States	Canada	West Germany
	(million metric tons/year)					
Total Emissions	24.1	4.77	3.54	19.3	1.83	3.0
	(percent)					
Emissions by Sector	66	16	56	29	13	31
Electric Utilities						
Homes, Businesses	3	4	13	4	5	5
Industries	22	32	28	22	20	19
Smelters, Misc.	6	45	—	1	1	—
Transportation	3	3	3	44	61	45
Total	100	100	100	100	100	100

<sup>1</sup>1980 figures for United States and Canada; 1978 for West Germany.

SOURCES: U.S. and Canadian data from Environment Canada, *United States-Canada Memorandum of Intent on Transboundary Air Pollution: Executive Summaries* (Ottawa, Canada: 1983); West German data from Federal Minister of the Interior, "The Federal Government's Reply to the Interpellation of the Deputies: Air Pollution, Acid Rain and Death of Forests," Bonn, August 25, 1982, translation from the German by U.S. Congressional Research Service.

Εικόνα 7. Έγκοι Διοξειδίου του Θείου και Νιτρικών Ώξειδίων στις ΗΠΑ, Καναδά και Δυτική Γερμανία.

## West Germany: Forest Damage, 1982-83

Species	Area Showing Damage		Portion of Forest Affected	
	1982	1983	1982	1983
	(thousands of hectares)		(percent)	
Spruce	270	1,194	9	41
Fir	100	134	60	76
Pine	90	636	5	43
Beech	50	332	4	26
Oak	20	91	4	15
Others	32	158	4	17
Total	562	2,545	8	34

SOURCE: Der Bundesminister Fur Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, "Neuartige Waldschaden in der Bundesrepublik Deutschland," Bonn, October 1983.

Εικόνα 8. Καταστροφή δασών από την όξινη βροχή στη Δυτική Γερμανία κατά τα έτη 1982-1983.

**Sulfur Dioxide and Nitrogen Oxide Emissions, 1980, With Projections for 2000**

Country or Region	Sulfur Dioxide			Nitrogen Oxides		
	1980	2000 <sup>1</sup>	Change	1980	2000	Change
	(million metric tons)		(percent)	(million metric tons)		(percent)
United States	24.1	26.6	+10	19.3	24.1	+25
Canada	4.8	4.5	-5	1.8	2.4	+33
EEC	18.6	19.0	+2	9.2	11.1	+21
Soviet Union <sup>2</sup>	25.5	34.6	+36	—	—	—
Eastern Europe <sup>2</sup>	40.7	55.3	+36	—	—	—

<sup>1</sup>Projections do not take into account commitments made by more than a dozen nations in 1984 to reduce sulfur dioxide emissions. If acted upon, these commitments would significantly reduce projected SO<sub>2</sub> emissions from every region except the United States and Eastern Europe. <sup>2</sup>Estimates are for 1982 and 2002; estimates for nitrogen oxide emissions not available or reliably estimated.

SOURCES: U.S. and Canadian data from Environment Canada, *United States-Canada Memorandum of Intent on Transboundary Air Pollution: Executive Summary* (Ottawa, Canada: 1983); EEC data from Environmental Resources Limited, *Acid Rain: A Review of the Phenomenon in the EEC and Europe* (London: Graham & Trotman Ltd., 1983), (2.5 percent growth scenario); Soviet Union and East European data from N. H. Highon and M. J. Chadwick, "The Effects of Changing Patterns of Energy Use on Sulfur Emissions and Depositions in Europe," *Ambio*, Vol. 11, No. 6, 1982.

*Εικόνα 9. Έκφορα Διοξειδίου του Θείου και Νιτρικών Ώξειδίων 1980. Προεκτάσεις - Έκτιμήσεις για τὸ 2000.*



## Estimated Sulfur Emissions and Depositions in Europe

Country	Annual Emissions	Average Monthly Depositions <sup>1</sup>	Density of Average Monthly Deposition	Share of Deposition Imported
	(thousand metric tons)		(kilograms/hectare)	(percent)
<b>Western Europe</b>				
Austria	220	34.1	4.1	85
Belgium	410	16.1	5.3	58
France	1,450	121.2	2.2	48
Greece	170	25.3	1.9	63
Ireland	130	6.5	0.9	72
Italy	1,540	113.2	3.8	30
Luxembourg	20	1.1	4.2	73
Netherlands	240	17.3	4.7	77
Spain	1,050	58.3	1.2	37
Switzerland	60	14.1	3.4	90
Turkey	330	41.6	0.5	58
United Kingdom	2,130	84.7	3.5	20
West Germany	1,750	115.8	4.7	52
<b>Eastern Europe</b>				
Bulgaria	390	34.6	3.1	56
Czechoslovakia	1,690	130.1	10.2	63
East Germany	2,000	77.8	7.4	36
Hungary	860	46.7	5.0	58
Poland	1,250	133.0	4.3	58
Romania	1,000	79.7	3.4	64
Yugoslavia	420	109.3	4.3	49
<b>Northern Europe</b>				
Denmark	230	10.9	2.5	64
Finland	290	29.3	0.9	74
Norway	70	25.5	0.8	92
Sweden	260	47.2	1.0	82

<sup>1</sup>The calculated deposition figures are for winter months and may vary in other seasons. Density figures are given to allow better deposition comparisons since countries vary greatly in size. Obviously, loadings may vary considerably within a given country.

SOURCES: Emissions figures adapted from N.H. Highton and M.J. Chadwick, "The Effects of Changing Patterns of Energy Use on Sulfur Emissions and Depositions in Europe," *Ambio*, Vol. 11, No. 6, 1982; deposition figures and calculations based on data in Environmental Resources Limited, *Acid Rain: A Review of the Phenomenon in the EEC and Europe* (London: Graham & Trotman Ltd., 1983).

Εικόνα 10. Ἀποτιμήσεις Ἐκποῶν - «Εἰσαγωγή» Ρύπων. Ἐναποθέσεις Θείου στὴν Εὐρώπη.