

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εισαγωγή

Η μόλυνση του περιβάλλοντος αποτελεί από τα σημαντικότερα προβλήματα του σύγχρονου ανθρώπινου πολιτισμού. Με τον παραπάνω όρο εννοούμε τη μόλυνση του εδάφους, των υδάτων, της ατμόσφαιρας ως απόρροια των επεμβάσεων του ανθρώπου στο φυσικό περιβάλλον. Οι επιπτώσεις της μόλυνσης του φυσικού περιβάλλοντος δεν είναι αποκομμένες μεταξύ τους. Η αλληλεπίδραση της ρύπανσης διαφορετικών τομέων του φυσικού περιβάλλοντος είναι άμεση. Οι ρυπογόνες ουσίες μεταφέρονται μέσα από την φυσική αλυσίδα είτε αυτούσιες είτε αντιδρώντας μεταξύ τους σχηματίζοντας νέους ρύπους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η όξινη βροχή, όπου οι τοξικοί ρύποι που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα μεταφέρονται με την υγραποίηση των υδρατμών και το σχηματισμό της βροχής στους υδάτινους πόρους, στο έδαφος και κατ' επέκταση στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.

Η μόλυνση της ατμόσφαιρας οφείλεται σε πολλές διαφορετικές πηγές. Οι κυριότερες θα μπορούσαν να χωριστούν στις «σταθερές» όπως τα εργοστάσια, οι μονάδες παραγωγή ενέργειας, οι μονάδες επεξεργασίας μεταλλευμάτων (χυτήρια χαλκού) και στις «κινητές» όπου υπάγονται τα αυτοκίνητα, λεωφορεία, φορτηγά, αεροπλάνα, τραίνα. Σαν πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης θεωρούνται και φυσικά φαινόμενα ή καταστροφές όπως η έκρηξη των ηφαιστείων και οι πυρκαγιές.

Οι κυριότεροι και συνηθέστεροι ρύποι που συνιστούν τη μόλυνση της ατμόσφαιρας είναι έξι: το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), ο μόλυβδος (Pb), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το όζον (O₃), το διοξείδιο του θείου (SO₂) και τα αιωρούμενα σωματίδια. Η μονάδα μέτρησης των ρύπων είναι $\mu\text{gr}/\text{m}^3$ με εξαίρεση το CO που μετριέται σε mgr/m^3 , οι μετρήσεις είναι ωριαίες με εξαίρεση

τον καπνό και το μόλυβδο που οι μετρήσεις τους είναι 24ωρες. Η προέλευση του κάθε ρύπου οφείλεται σε διάφορες πηγές, με διαφορετικό ποσοστό συμμετοχής στην παραγωγή του η κάθε μία. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η παραγωγή κάποιων ρύπων πολλές φορές είναι και έμμεση ως αποτέλεσμα αντιδράσεων των ήδη υπαρχόντων ρύπων μέσα στην ατμόσφαιρα σε ορισμένες συνθήκες (π.χ. υψηλή θερμοκρασία, ηλιοφάνεια κλπ). Οι επιπτώσεις του κάθε ρύπου στη φυσικό περιβάλλον και στον άνθρωπο είναι διαφοροποιημένες τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά, όπως θα αναφερθεί παρακάτω αναλυτικά.

Η μέτρηση των ρύπων γίνεται από ειδικούς σταθμούς μέτρησης. Η ακρίβεια και η συνέχεια των μετρήσεων που προσφέρουν οι σταθμοί είναι απαραίτητες για τον καθορισμό και την τήρηση των ορίων των ρύπων σε επίπεδα έτσι ώστε να διασφαλίζεται η δημόσια υγεία και η ισορροπία του φυσικού περιβάλλοντος. Παράλληλα απαραίτητη είναι η μέτρηση των εξατμίσεων των πηγών ρύπανσης καθώς και ο προσδιορισμός των μετεωρολογικών δεδομένων της αντίστοιχης περιοχής. Σκοπός της συλλογής των παραπάνω δεδομένων είναι η πληρέστερη στατιστική και βιοχημική μελέτη των ρύπων της ατμόσφαιρας και η κατανόηση της χημείας τους μέσα σε αυτήν. Εντοπίζονται με αυτό τον τρόπο οι πηγές που ευθύνονται για την υπερβολική αύξηση των ρύπων και τα ποσοστά επιρροής τους ώστε να γίνει εφικτός ο έλεγχος και ο περιορισμός της ρυπογόνου δράσης τους με τα κατάλληλα τεχνικά μέτρα και την κατοχύρωση των τελευταίων με την ανάλογη νομοθεσία. Επίσης προσδιορίζονται οι ειδικές κλιματολογικές συνθήκες και η επιρροή της σύστασης της ατμόσφαιρας που οδηγούν σε δευτερογενή επεισόδια αύξησης των ποσοστών των ρύπων της ατμόσφαιρας σε περιοχές και χρονικές στιγμές που εκ πρώτης όψεως δεν είναι αναμενόμενο.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται και επεξεργάζονται στατιστικά δεδομένα μετρήσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων καθώς και των μετεωρολογικών δεδομένων που αφορούν την περιοχή της Αττικής. Στο πρώτο μέρος της εργασίας γίνεται μία γενική παρουσίαση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Επίσης γίνονται κάποιες στοιχειώδεις παρατηρήσεις με βάση τους μέσους ημερήσιους

όρους (για τα έτη 1997-2000) όλων των σταθμών του Λεκανοπεδίου (πηγές δεδομένων: ΥΠ.Ε.ΧΩ.ΔΕ.-Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας για τους ρύπους και Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών για τα μετεωρολογικά δεδομένα). Σημειώνεται ότι τα συμπεράσματα αυτά δεν παρέχουν ακρίβεια, όμως χρησιμεύουν στην εύρεση των κατευθύνσεων που μπορεί να κινηθεί μία έρευνα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και για την ανίχνευση των προβλημάτων και των αναγκών της. Έτσι αιτιολογείται η ανάγκη για την περαιτέρω στατιστική ανάλυση που βασίζεται στις πιο σύγχρονες εξειδικευμένες στατιστικές μεθόδους για ατμοσφαιρικά περιβαλλοντικά δεδομένα που εφαρμόζονται στο δεύτερο μέρος της εργασίας.

Για τη στατιστική ανάλυση των τιμών των ρύπων αλλά και ευρύτερα κάθε χαρακτηριστικού ή συστατικού της ατμόσφαιρας χρησιμοποιούνται *μη παραμετρικές* στατιστικές τεχνικές. Η στατιστικές αυτές τεχνικές είναι ικανοποιητικής ακρίβειας, εύκολα εφαρμόσιμες σε πραγματικά δεδομένα και παρέχουν αποτελέσματα για τα βασικά ερωτήματα, που απασχολούν κατά την έρευνα της ποιότητας της ατμόσφαιρας μιας ευρύτερης περιοχής, όπως το Λεκανοπέδιο της Αττικής, που είναι:

1. η ανίχνευση και ο προσδιορισμός (εφόσον υπάρχει) της *τάσης* στις τιμές των ρύπων,
2. η εύρεση *συσχέτισης* και *συνδιακύμανσης* μεταξύ των ρύπων αλλά και μεταξύ των ρύπων και των δεδομένων που πολύ συχνά επιδρούν και επηρεάζουν τα επίπεδα των τιμών τους (μετεωρολογικά και υδρολογικά δεδομένα).

Ο *στατιστικός έλεγχος Mann-Kendall* (βλέπε Gilbert, R.O., (1987). **Statistical methods for environmental pollution monitoring**) - για την εύρεση της *τάσης* - όπως αρχικά προτάθηκε αλλά και οι πιο τελευταίες εκδοχές του που δίνουν τη δυνατότητα να ενσωματώνονται και άλλες «πληροφορίες», παρουσιάζονται με μία σύνοψη της θεωρίας που τις στηρίζει. Παρόμοια παρουσιάζεται και η *μέθοδος εκτίμησης της κλίσης της τάσης του Sen*.

Η εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων γίνεται με την εφαρμογή δύο προγραμματιστικών εργαλείων, που βασίζονται στο στατιστικό πακέτο *Excel* με τη χρήση μακροεντολών της *Visual Basic*. Το πρώτο εργαλείο **MAKESENS** εφαρμόζεται σε *ετήσια* δεδομένα (για τα έτη 1987-2000) για την ανίχνευση τάσης με τον έλεγχο Mann-Kendall για μία μεταβλητή (*Univariate Mann-Kendall Test*) καθώς και τον προσδιορισμό της σημασίας της (εκτίμηση της κλίσης της τάσης). Το δεύτερο εργαλείο **IMPACT** εφαρμόζεται σε *μηνιαία* δεδομένα (για τα έτη 1997-2000). Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιείται επίσης για την ανίχνευση τάσης αλλά με τις αναθεωρημένες προτάσεις του ελέγχου Mann-Kendall δηλαδή του Πολυμεταβλητού και Μερικού Ελέγχου Mann-Kendall (*Multivariate and Partial Mann-Kendall Test*) (βλέπε **Claudia Libiseller, (2002)**. Trend Testing in the presence of covariates, IMPACT 12, *Linköping University, Dept of Mathematics*), όπου δίνεται η δυνατότητα να ενσωματώνονται πληροφορίες που αφορούν την εποχικότητα, τους σταθμούς μέτρησης και μετεωρολογικά ή υδρολογικά δεδομένα που επηρεάζουν τις τιμές των ρύπων. Επίσης υπολογίζονται οι συσχετίσεις και οι συνδιακυμάνσεις των μεταβλητών που εκφράζουν τους ρύπους. Σημειώνεται τέλος ότι στην παρούσα εργασία, λόγω ελλείψεων των δεδομένων, δεν έγινε η πλήρης εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του **IMPACT**, που θα μπορούσε να προσφέρει πληροφορίες για την επίδραση των μετεωρολογικών δεδομένων στις τιμές των ατμοσφαιρικών ρύπων στο Λεκανοπέδιο της Αττικής.