



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ**  
**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)**  
**«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

**Αξιολόγηση Μοντέλων Διασποράς που Εφαρμόζονται στην Περίπτωση**  
**Ρύπανσης της Ατμόσφαιρας στο Λεκανοπέδιο Αττικής από Αιωρούμενα**  
**Σωματίδια  $PM_{2.5}/PM_{10}$**

**Ιωάννης Φλώρος, Μηχανολόγος και Αεροναυπηγός Μηχανικός**

**Επιτροπή Παρακολούθησης:**

**Καθηγήτρια Μ. Όξενκιουν - Πετροπούλου (επιβλέπουσα), Σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.**

**Καθηγήτρια Μ. Λοϊζίδου, Σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.**

**Καθηγητής Ν. Μαρκάτος, Σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.**

**Περίληψη**

Μία από τις κυριότερες παραμέτρους της ρύπανσης της ατμόσφαιρας είναι τα αιωρούμενα σωματίδια. Τα αιωρούμενα σωματίδια περιέχουν διάφορα συστατικά πολλά από τα οποία είναι τοξικά και επικίνδυνα. Ανάλογα με την πηγή από την οποία προέρχονται είναι πιθανό να περιέχουν τοξικά μέταλλα όπως π.χ. κάδμιο, μόλυβδο, νικέλιο, αρσενικό κλπ ή καρκινογόνες ενώσεις όπως π.χ. πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs). Οι επιπτώσεις στην υγεία από την εισπνοή αιωρούμενων σωματιδίων συνδέονται άμεσα - πέρα από το μέγεθός τους - με τη χημική τους σύσταση, τη συνολική εισπνεόμενη μάζα και τη διαλυτότητά τους. Στο αναπνευστικό σύστημα εισέρχονται σωματίδια με διάμετρο  $< 10 \mu m$ . Τα μεγαλύτερα από αυτά αποτίθενται στη ρινική κοιλότητα, ενώ όσο μικραίνει η διάμετρός τους εισχωρούν βαθύτερα στους αεραγωγούς και τις κυψελίδες. Έτσι, το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται κυρίως στα εισπνεύσιμα σωματίδια ( $PM_{2.5}/PM_{10}$ ) τα οποία είναι σε μεγάλο ποσοστό ανθρωπογενούς προέλευσης, έχουν μεγάλο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα και είναι δυνατή η μεταφορά και διασπορά τους σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή εκπομπής.

Ο σχεδιασμός και η χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής στα μεγάλα κέντρα δεν μπορεί να καταλήξει σε μέτρα περιορισμού της αέριας ρύπανσης εάν δεν υπάρχει μία διαρκής τεκμηριωμένη και συστηματική προσπάθεια για τον εντοπισμό των ρυπογόνων πηγών. Η εμπέδωση και η αποτελεσματικότητα των μέτρων για τον περιορισμό των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων κρίνονται τελικά από την επάρκεια των μοντέλων που μεταφράζουν σε ποσοστά τη συμμετοχή κάθε πηγής εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων.

Προς την κατεύθυνση αυτή κινείται η παρούσα εργασία της οποίας κύριος στόχος αποτελεί η αξιολόγηση υφιστάμενων μοντέλων ατμοσφαιρικής ρύπανσης για συγκεκριμένες κλίμακες φαινομένων διασποράς αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{2.5}/PM_{10}$  στην περιοχή του λεκανοπεδίου Αττικής.

Τα περιεχόμενα κεφάλαια στην εργασία αυτή είναι:

*Κεφάλαιο 1. Ατμοσφαιρική Ρύπανση.* Στο κεφάλαιο αυτό δίδονται γενικές πληροφορίες και συνοπτικά στοιχεία που σχετίζονται με τον όρο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Μεταξύ άλλων, περιγράφονται οι κυριότερες πηγές εκπομπής ρύπων, ο κύκλος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οι επιπτώσεις της στο ανθρωπογενές περιβάλλον.

*Κεφάλαιο 2. Αιωρούμενα Σωματίδια.* Στο κεφάλαιο αυτό δίνεται ιδιαίτερη σημασία στα αιωρούμενα σωματίδια. Αναφέρονται η φύση και η προέλευσή τους, ο διαχωρισμός των και οι επιπτώσεις τους στην υγεία και το περιβάλλον. Επίσης, παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση στο λεκανοπέδιο της Αττικής όσον αφορά τα αιωρούμενα σωματίδια.

*Κεφάλαιο 3. Μοντέλα Διασποράς – Μοντελοποίηση.* Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται μια εισαγωγή στα μοντέλα διασποράς και την μοντελοποίηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Παρουσιάζονται πληροφορίες σχετικές με τη διαδικασία μοντελοποίησης, το διαχωρισμό των μοντέλων και το πεδίο εφαρμογής των. Επιπλέον αναφέρονται κάποιοι γενικοί περιορισμοί των μοντέλων διασποράς όπως επίσης οι αβεβαιότητες και τα σφάλματα που υπεισέρχονται κατά τη διαδικασία της μοντελοποίησης.

*Κεφάλαιο 4. Επιλογή Μοντέλου Διασποράς  $PM_{2.5}/PM_{10}$ .* Το κεφάλαιο αυτό αφιερώνεται αποκλειστικά στην παρουσίαση μοντέλων διασποράς. Αναπτύσσονται τρεις σημαντικές κατηγορίες: τα μοντέλα πλουμίου Gauss, τα προηγμένα μοντέλα και τα μοντέλα δεκτών.

*Κεφάλαιο 5. Εξειδικευμένες Εφαρμογές Μοντελοποίησης.* Το κεφάλαιο αυτό επικεντρώνεται στην παρουσίαση εξειδικευμένων μοντέλων διασποράς που σχετίζονται μεταξύ άλλων και με τα αιωρούμενα σωματίδια  $PM_{2.5}/PM_{10}$ . Αναπτύσσεται η χωρική μοντελοποίηση (airshed modelling), η μοντελοποίηση εκπομπών σε δρόμους καθώς επίσης γίνεται μια αναφορά στην περίπτωση του παράκτιου καπνισμού.

*Κεφάλαιο 6. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα.* Στο κεφάλαιο αυτό γίνονται ορισμένες παρατηρήσεις και εξάγονται βασικά συμπεράσματα ενώ παράλληλα δίδονται κάποιες οδηγίες αποτελεσματικής μοντελοποίησης.