

□ Μοντέλα Υπολογισμού Της Ατμοσφαιρικής Διασποράς

- Τύποι μοντέλων ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Ταξινόμηση μοντέλων διασποράς
- Δομή ενός απλού μοντέλου διασποράς

□ Προσεγγίσεις κατά Euler και κατά Lagrange

Ανθρώπινες δραστηριότητες \Rightarrow *Εκπομπή βλαβερών ουσιών στην ατμόσφαιρα που μεταβάλλουν τη σύστασή της και την υποβαθμίζουν.*

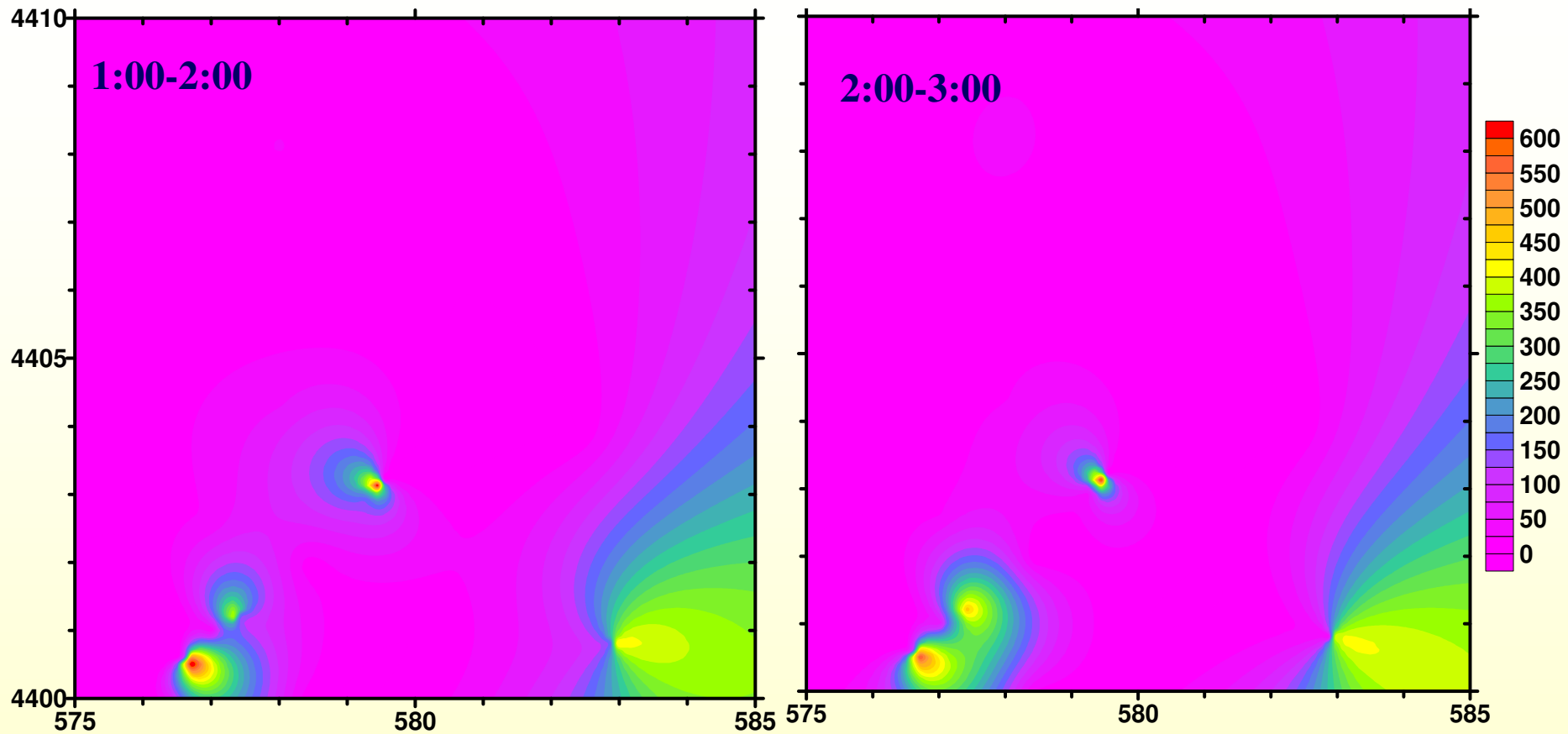
*Συγκεντρώσεις των ουσιών στην ατμόσφαιρα: Για σταθερές εκπομπές σε μια περιοχή καθορίζονται από την **Ατμοσφαιρική Διασπορά***

Παράγοντες επίδρασης στις συγκεντρώσεις ρύπων μιας περιοχής

- *πηγές εκπομπών ρύπων* (τύπος, ρυθμός εκπομπής, διαστάσεις, θερμοκρασία και ταχύτητα εξερχόμενων ρύπων)
- *τοπογραφία* (κτήρια, φυσικά εμπόδια)
- *μετεωρολογία* (ταχύτητα ανέμου - μέτρο και διεύθυνση-, ατμοσφαιρική ευστάθεια, θερμοκρασία αέρα, ύψος στρώματος ανάμειξης)
- *φυσικο-χημικές ιδιότητες* του ρύπου
- *διαδικασίες απομάκρυνσης* του ρύπου από την ατμόσφαιρα (εναπόθεση, χημικοί μετασχηματισμοί, καθίζηση)

Μαθηματικά πρότυπα (μοντέλα): *Μαθηματική περιγραφή των διεργασιών που υφίσταται ο ρύπος μέσα στην ατμόσφαιρα.*

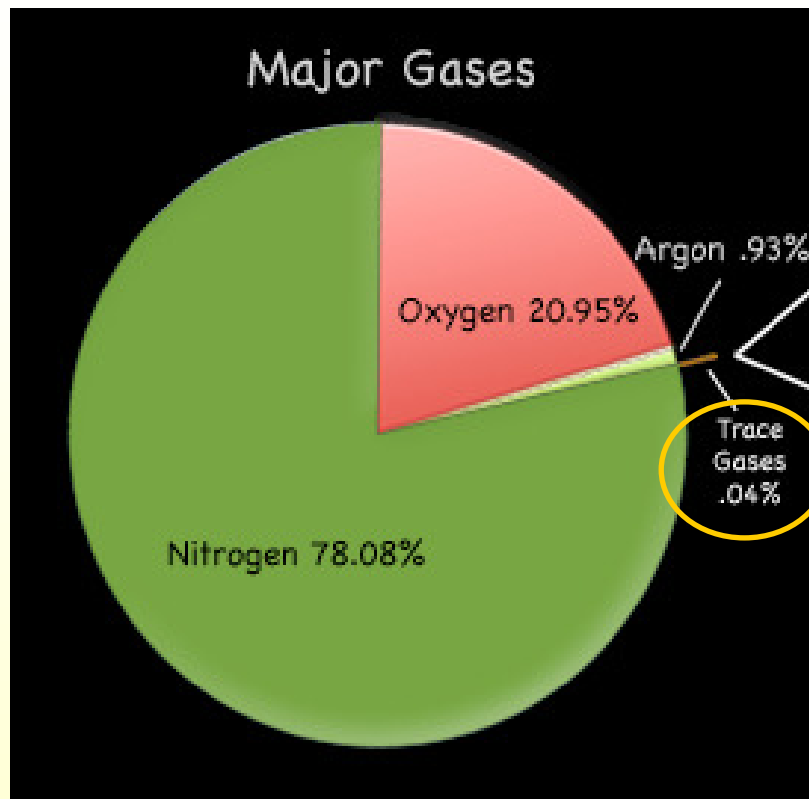
Συνδυασμός των πληροφοριών κι εύρεση της επίδρασης των παραπάνω παραγόντων και διαδικασιών στη διασπορά του ρύπου \Rightarrow υπολογισμός των συγκεντρώσεων



Μέση ωριαία συγκέντρωση SO₂ σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Γιατί αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται τα μοντέλα διασποράς;

Σύσταση της ατμόσφαιρας



Μεταβολή σύστασης από
ανθρωπογενείς δραστηριότητες



Αύξηση συγκεντρώσεων ουσιών
- Ατμοσφαιρική ρύπανση



Επιβάρυνση και βλαβερές
συνέπειες στα οικοσυστήματα
του πλανήτη και τα υλικά



Θέσπιση ορίων στις
συγκεντρώσεις των ρύπων



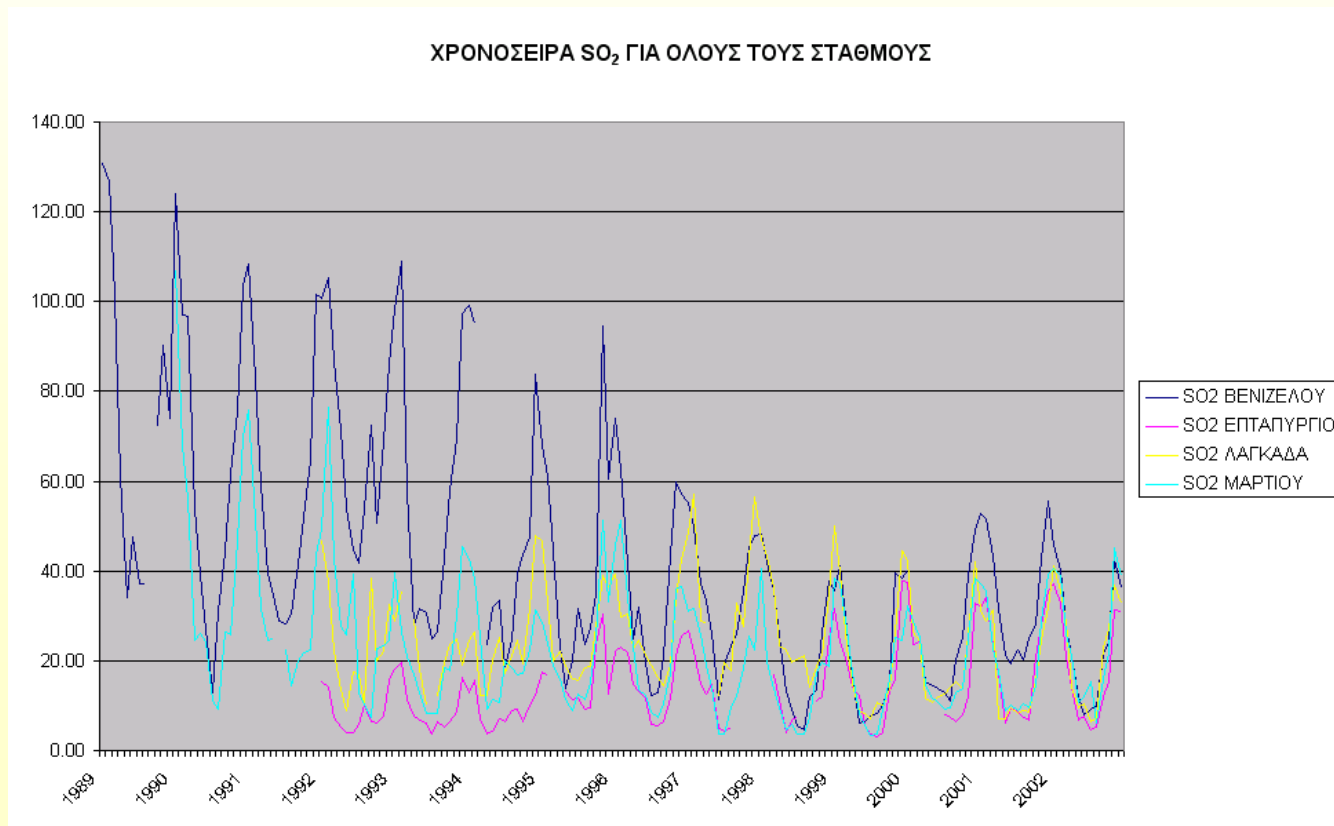
Γνώση των συγκεντρώσεων
των ρύπων

Εκτίμηση της σύστασης της ατμόσφαιρας

• *Επιτόπιες παρατηρήσεις* ατμοσφαιρικών ρύπων → Στιγμιότυπα της κατάστασης της ατμόσφαιρας σε συγκεκριμένη τοποθεσία και χρονική στιγμή

Ισχύουν μόνο για την περιοχή μέτρησης και για την παρούσα κατάσταση
Μεταβολές από περιοχή σε περιοχή, ακόμα και μέσα στην ίδια πόλη

Μη επαρκής γνώση



Αναγκαιότητα για εκτίμηση των συγκεντρώσεων σε μεγάλες περιοχές τόσο για την παρούσα κατάσταση, όσο και για μελλοντικές καταστάσεις



***Ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων (μοντέλων)**
Χρήση μαθηματικών σχέσεων για την περιγραφή της συμπεριφοράς μιας μάζας μέσα στην ατμόσφαιρα με τελικό στόχο την εκτίμηση των συγκεντρώσεων στο χώρο και στον χρόνο*



- Εκτίμηση συγκεντρώσεων ρύπων σε μεγάλες περιοχές και όχι σε μεμονωμένα σημεία.*
- Πρόγνωση της κατανομής από συγκεκριμένες πηγές εκπομπής ρύπων σε χαρακτηριστικές περιοχές.*
- Πρόγνωση συγκεντρώσεων ρύπων, ιδιαίτερα από μελλοντικές πηγές.*

Εξάρτηση των τελικών συγκεντρώσεων από φυσικούς και χημικούς μηχανισμούς για τους οποίους ένα μοντέλο πρέπει να είναι εφοδιασμένο με τις κατάλληλες εξισώσεις

Φυσικοί και Χημικοί Μηχανισμοί μοντέλου

- *Εκπομπές – είδος και χρονική διάρκεια*
- *Ανύψωση θυσάνου*
- *Οριζόντια μεταφορά από άνεμο*
- *Τυρβώδης διάχυση*
- *Ανακλάσεις ρύπων από έδαφος και ανώτερο τμήμα οριακού στρώματος*
- *Μετασχηματισμοί ρύπων*
- *Απόθεση ρύπων (βαρυτική καθίζηση, ξηρή & υγρή απόθεση)*
- *Επίδραση τοπογραφίας*
- *Μεταβολή διάχυσης με το ύψος*
- *Μεταβολές εκπομπών και μετεωρολογικών συνθηκών*

Επιτόπιες μετρήσεις → Πειραματικός προσδιορισμός των ζητούμενων παραμέτρων

Μοντέλο → Θεωρητική προσέγγιση υπολογισμού των ζητούμενων παραμέτρων

Μηχανισμοί διασποράς → Περιγραφή με πολύπλοκες μαθηματικές συναρτήσεις που πολλές επιλύονται αριθμητικά

Μοντέλα διασποράς: Υποθέσεις ή απαλειφή όρων ώστε η περιγραφή να γίνεται με πιο απλές μαθηματικές εξισώσεις. Όχι οι ίδιες σε όλα τα μοντέλα

Εγκυρότητα μοντέλου: Σύγκριση θεωρητικών και πειραματικών μετρήσεων

Πεδία εφαρμογών μοντέλων

•Ρυθμιστικοί σκοποί

- Έκδοση άδειας για εκπομπές (συνήθως απλές πηγές)
- Μελέτη αποτελεσμάτων στο περιβάλλον από βιομηχανικές εκπομπές & μεταφορές
- Συστάσεις για βελτίωση

Μοντέλα → Δυνατότητα χωρικής κατανομής επεισοδίων ρύπανσης και μακροχρόνιες μέσες συγκεντρώσεις για σύγκριση με τις οδηγίες για την ποιότητα του αέρα. Υπολογισμός μεγάλου αριθμού ρύπων (SO_2 , NO_2 , αιωρούμενα σωματίδια, τοξικές ουσίες)

•Υποστήριξη πολιτικής (τακτική) μέτρων

- Πρόγνωση για τα αποτελέσματα των μέτρων που προτείνονται να ληφθούν
- Διαχείριση έκτακτων καταστάσεων

Μοντέλα → Αξιόπιστα αποτελέσματα για συνθήκες ρύπανσης που διαφέρουν από την παρούσα κατάσταση

Πεδία εφαρμογών μοντέλων (συνέχεια)

• Πληροφόρηση κοινού

- Υποστήριξη των μέτρων που λαμβάνονται

- Άμεση πληροφόρηση για την ποιότητα του αέρα και την πιθανότητα ύπαρξης επεισοδίου ρύπανσης (νέφος)

Μοντέλα → Αξιόπιστα αποτελέσματα για την πρόγνωση

• Επιστημονική Έρευνα

Μοντέλα → Πολύπλοκα, περιγραφή των δυναμικών επιδράσεων, προσομοίωση των χημικών διεργασιών των αέριων ρύπων. Αξιόπιστα αποτελέσματα. Απαίτηση μεγάλης υπολογιστικής δύναμης και ακρίβειας/όγκου δεδομένων εισόδου.

Εκτίμηση σφαλμάτων απλούστερων μοντέλων

Ανάπτυξη μοντέλων ατμοσφαιρικής διασποράς από τη δεκαετία του 1930 για την κατανόηση του μηχανισμού διασποράς θυσάνων από μεγάλες βιομηχανικές καμινάδες

Δεκαετία 1950: Έρευνες για τη δυνατότητα πρόβλεψης της διασποράς ραδιενεργών πυρήνων

Νομοθεσίες για την ποιότητα του αέρα & εξέλιξη ηλεκτρονικών υπολογιστών → Ανάπτυξη και τελειοποίηση των μοντέλων διασποράς

Τύποι μοντέλων ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Γκαουσιανά μοντέλα (ή μοντέλα θυσάνου του Gauss)

Αριθμητικά μοντέλα (numerical models)

Φυσικά μοντέλα (physical models)

Στατιστικά μοντέλα (statistical models)

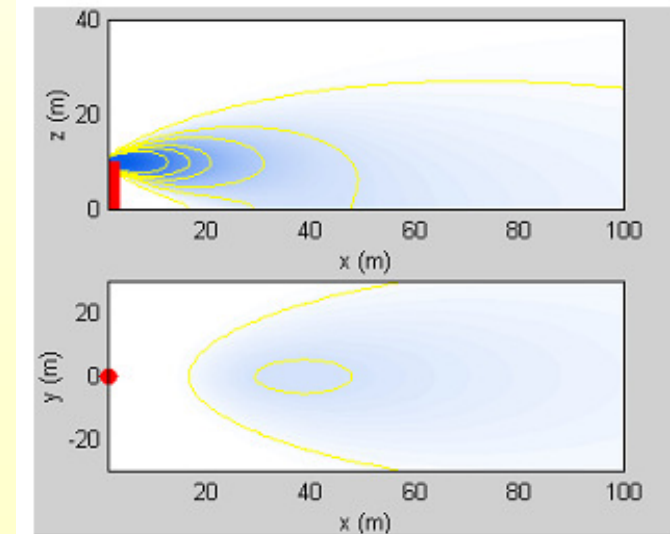
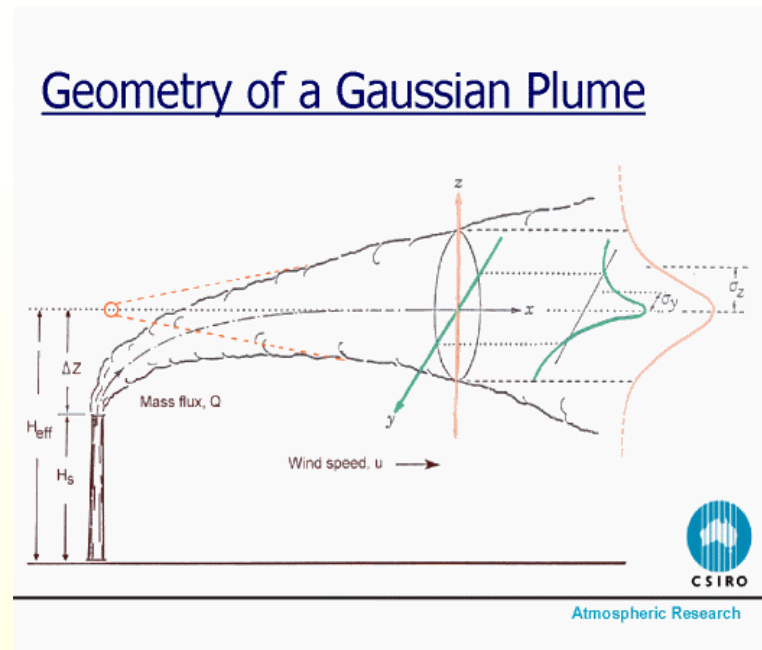
□ Γκαουσιανά μοντέλα (μοντέλα θυσάνου του Gauss)

Υπολογισμός της διασποράς αδρανών ρύπων

Εγκάρσια & κατακόρυφη κατανομή των συγκεντρώσεων ακολουθούν την κανονική κατανομή (κατανομή Gauss).

Πλεονεκτήματα:

- Απλά στη χρήση
- Περιορισμένες απαιτήσεις σε στοιχεία εισαγωγής
- Κατάλληλα για περιβαλλοντικές μελέτες



□ Αριθμητικά μοντέλα

Σύστημα εξισώσεων που στηρίζονται στις αρχές διατήρησης της ορμής, ενέργειας και μάζας. Επίλυση των εξισώσεων με αριθμητικές μεθόδους

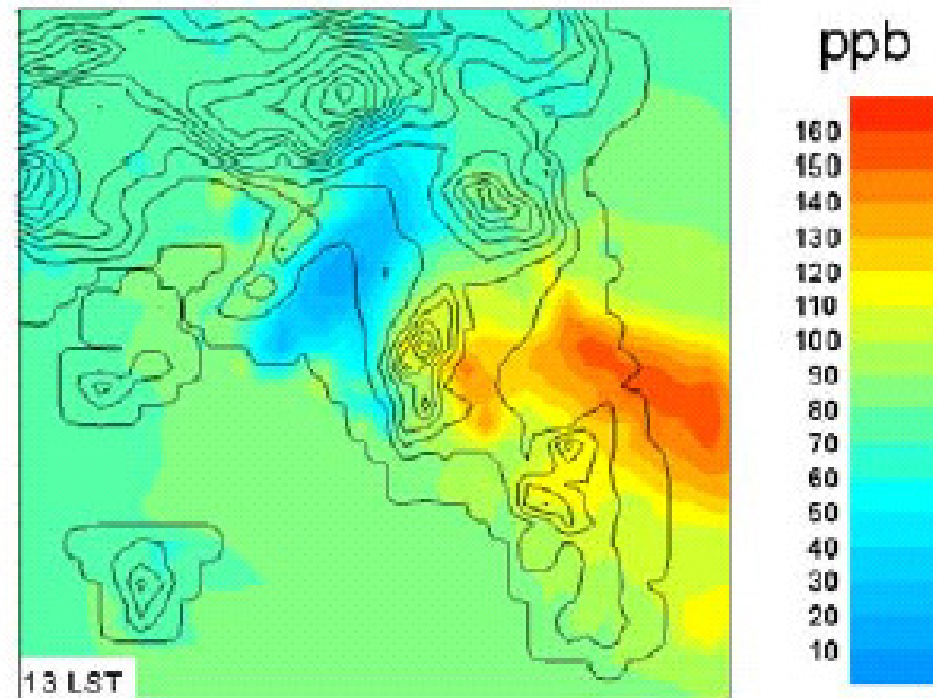
Πλεονεκτήματα

- Χρήση σε περιπτώσεις πολύπλοκων συνθηκών (εμβαδικές πηγές, περιοχές με έντονο ανάγλυφο, πολύπλοκες μετεωρολογικές συνθήκες)

- Έρευνα

Μειονεκτήματα

- Μεγάλες απαιτήσεις σε δεδομένα εισόδου
- Μεγάλες απαιτήσεις σε υπολογιστική δύναμη



□ Φυσικά μοντέλα

Βάση: Μικρής κλίμακας αναπαραστάσεις των φαινομένων σε εργαστήρια

Αναπαράσταση πηγής/πηγών και τοπογραφίας

Προσομοίωση διαφορετικών ατμοσφαιρικών συνθηκών

Τυπικό μέγεθος αεροσύρραγας: Δεκάδες μέτρα, 10 m² εγκάρσια τομή

Μέτρηση με επιστημονικά όργανα

Χρήση:

Πολύπλοκη διαμόρφωση πηγών ή/και τοπογραφίας

Παράσυρση αέριων ρύπων, Κατώρευμα

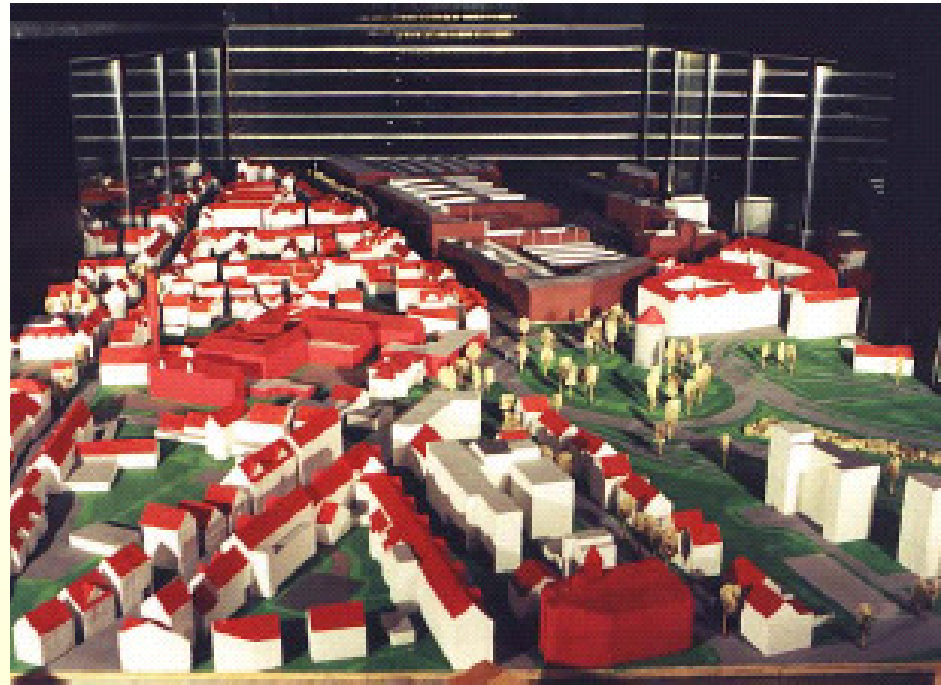
Διασπορά αερίων μεγάλης πυκνότητας

Πλεονεκτήματα

- Μελέτες φαινομένων και επιδράσεων μικρής κλίμακας
- Πολύπλοκες καταστάσεις ροής και αναγλύφου

Μειονεκτήματα

- Μεγάλο κόστος, χρονοβόρο
- Εφαρμογή σε μια μόνο περιοχή
- Προσομοίωση λίγων ατμοσφαιρικών συνθηκών



Φυσικό μοντέλο

□ Στατιστικά μοντέλα

Βάση: Χρονοσειρές πειραματικών μετρήσεων

Ημιεμπειρικές στατιστικές σχέσεις μεταξύ συγκεντρώσεων ρύπων και άλλων μεταβλητών (θερμοκρασία, άνεμος, κλπ)

Υπολογισμός συγκεντρώσεων σε διάφορα χρονικά διαστήματα ανεξάρτητα από το χρονικό διάστημα καταγραφής δεδομένων

Χρήση: Μη πλήρης κατανόηση των φυσικών και χημικών διεργασιών
Έλλειψη των απαραίτητων βάσεων δεδομένων για την χρήση άλλων μοντέλων

Πλεονεκτήματα

- Απλά κι εύκολα στη χρήση
- Συγκρίσιμη ακρίβεια

Μειονεκτήματα

- Μικρή χωρική και χρονική κατανομή
- Ύπαρξη οργάνων μέτρησης των παραμέτρων

✓Ένα απλό στατιστικό μοντέλο Εύρεση της συγκέντρωσης του επιφανειακού όζοντος από μετρήσεις της θερμοκρασίας Θ και της ηλιακής ακτινοβολίας I

Μετά τη συσχέτιση της χρονοσειράς των συγκεντρώσεων του επιφανειακού όζοντος με τις μετρήσεις της θερμοκρασίας Θ και της ηλιακής ακτινοβολίας I για το σταθμό του ΑΠΘ και για το σταθμό της Σίνδου, βρέθηκαν οι παρακάτω σχέσεις:

ΑΠΘ

$$C_{O_3} = -0.089 + 2.228 * \Theta + 0.0119 * I$$

ΣΙΝΔΟΣ

$$C_{O_3} = 31.294 + 1.313 * \Theta + 0.0185 * I$$

Ποια από τις 2 περιοχές έχει υψηλότερη συγκέντρωση υποβάθρου O_3 ;

Πως εξηγείται;

Πόσο αναμένεται να είναι οι συγκεντρώσεις στις δύο περιοχές αν $\Theta = 20$ °C και $I = 800 \text{ W/m}^2$;

Λύση

$$\Theta=20 \text{ }^\circ\text{C}, I=800 \text{ W/m}^2$$

ΑΠΘ:

$$C_{O_3} = -0.089 + 2.228 \cdot \Theta + 0.0119 \cdot I = -0.089 + 2.228 \cdot 20 + 0.0119 \cdot 800 = \\ = -0.089 + 44.56 + 9.52 \text{ \#}$$

$$C_{O_3} = 53.991 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

ΣΙΝΔΟΣ:

$$C_{O_3} = 31.294 + 1.313 \cdot \Theta + 0.0185 \cdot I = 31.294 + 1.313 \cdot 20 + 0.0185 \cdot 800 = \\ = 31.294 + 26.26 + 14.8 \text{ \#}$$

$$C_{O_3} = 72.354 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

Ταξινόμηση μοντέλων διασποράς

Χρήση υπαρχόντων μοντέλων σε συγκεκριμένη κατηγορία προβλημάτων π.χ. σημειακές πηγές, αδρανείς ρύποι

Μέθοδος ταξινόμησης των μοντέλων διασποράς με βάση τις διαφορετικές καταστάσεις εφαρμογής

Επιλογή κατάλληλου μοντέλου διασποράς σύμφωνα με το αντικείμενο μελέτης

Κλάδοι συστήματος -> Δείκτες

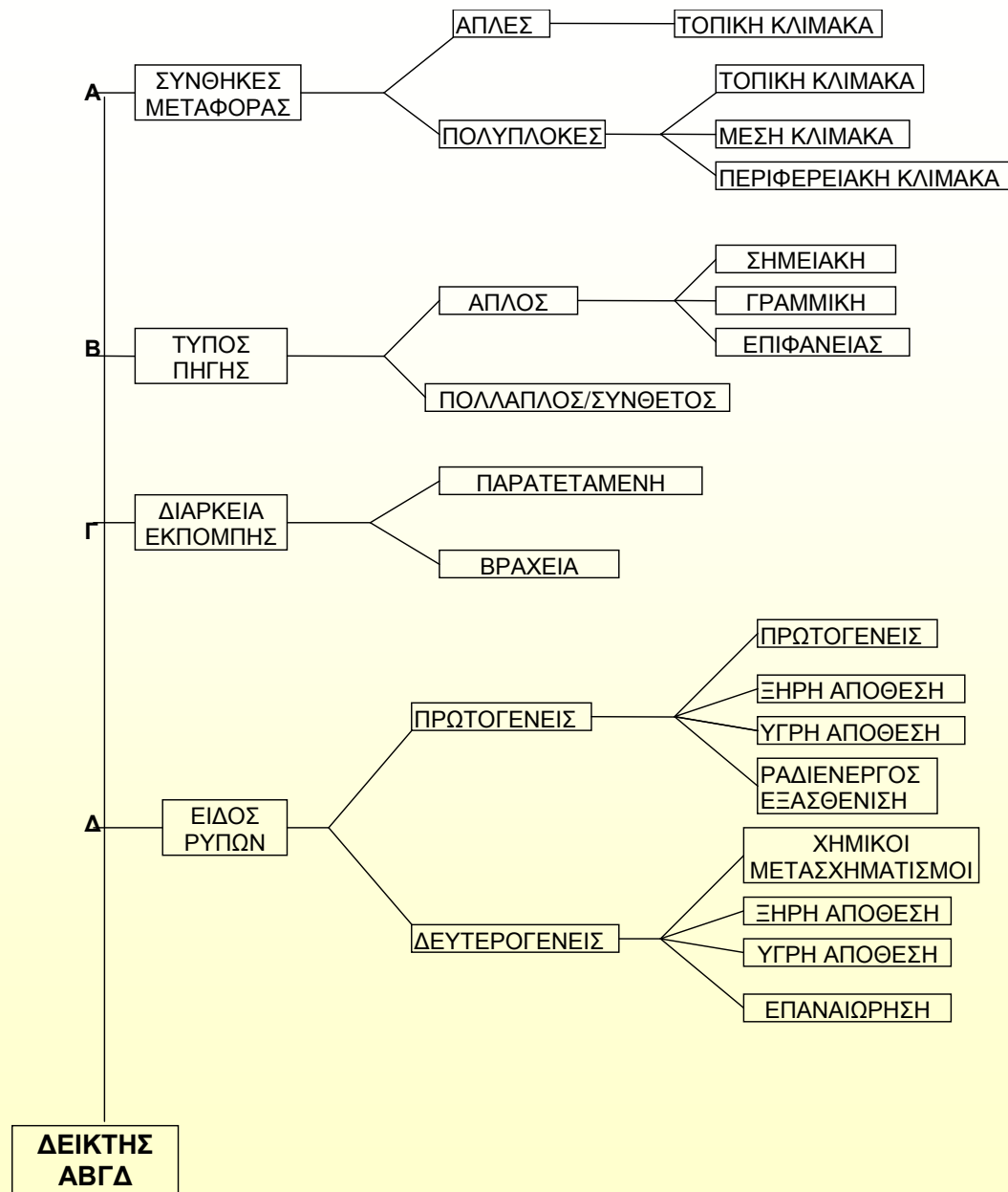
A. Συνθήκες μεταφοράς

B. Τύπος της πηγής

Γ. Διάρκεια της πηγής

Δ. Είδος των ρύπων

Υποδιαίρεση κλάδων σε μικρότερους για τον προσδιορισμό ειδικότερων συνιστωσών του προβλήματος



Σύστημα ταξινόμησης των μοντέλων διασποράς

Επιλογή μοντέλου

256 συνδυασμοί προβλημάτων

Διαθέσιμα μοντέλα διασποράς → *Κάλυψη αριθμού συνδυασμών*

Ρυθμιστικοί λόγοι: Χρήση σειράς μοντέλων

Παράγοντες που επιδρούν στην επιλογή ενός μοντέλου

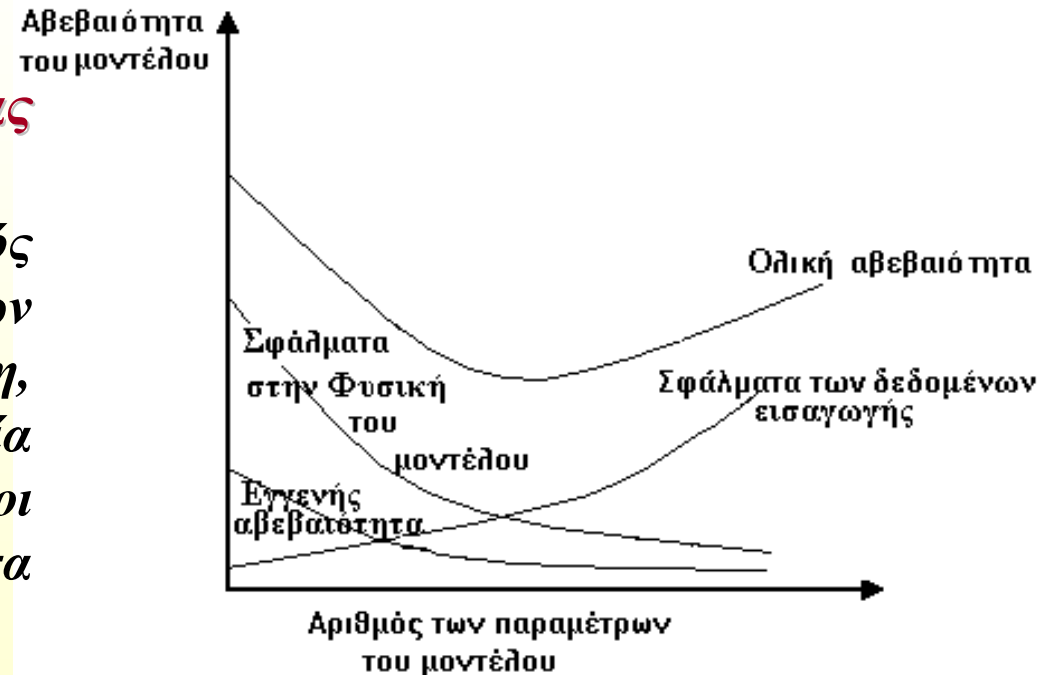
- *Στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν*
- *Πολυπλοκότητα μετεωρολογίας και τοπογραφίας περιοχής*
- *Είδος ρύπων για μελέτη (αδρανής, πρωτογενής, κλπ)*
- *Χωρική κλίμακα περιοχής υπό μελέτη*
- *Επιθυμητός βαθμός λεπτομέρειας και ακρίβειας αποτελεσμάτων*
- *Επάρκεια καταρτισμού χειριστών μοντέλων*
- *Χρηματοδότηση και διαθέσιμος χρόνος*
- *Ποιότητα δεδομένων εισόδου*

Πολυπλοκότητα μοντέλου → Εξάρτηση από τον αριθμό παραμέτρων που χρησιμοποιούνται

Γενικός κανόνας: Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων ενός μοντέλου είναι συνάρτηση της πολυπλοκότητας του

Βαθμός πολυπλοκότητας μοντέλου

Αύξηση πολυπλοκότητας ενός μοντέλου → αύξηση απαιτήσεων σε υπολογιστική δύναμη, στοιχεία εισαγωγής και εμπειρία του χρήστη. Αριθμητικές μέθοδοι → Εισαγωγή αβεβαιοτήτων στα αποτελέσματα



Αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων των μοντέλων σαν συνάρτηση του αριθμού των παραμέτρων

Επιλογή μοντέλου: Συμβιβασμός ανάμεσα στην επιλογή των μηχανισμών που καθορίζουν τη διασπορά και στην εύκολη χρήση και οικονομική απαίτηση του μοντέλου

Δομή ενός απλού μοντέλου διασποράς

Θέσπιση ορίων στις συγκεντρώσεις ρύπων για τη διατήρηση ή τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα

Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

Μελέτη που πραγματοποιείται για την εύρεση των συγκεντρώσεων ρύπων από μια μελλοντική πηγή και εξέταση για τυχόν παραβίαση των θεσπισμένων οριακών τιμών των ρύπων από τις εκπομπές της πηγής

Μοντέλα διασποράς: Απαραίτητο εργαλείο για την προσομοίωση της διασποράς των ρύπων από την πηγή

Δομή μοντέλου

- A) Στοιχεία εισαγωγής (δεδομένα εισόδου)
- B) Προσομοίωση Φυσικών & Χημικών διεργασιών
- Γ) Αποτέλεσμα

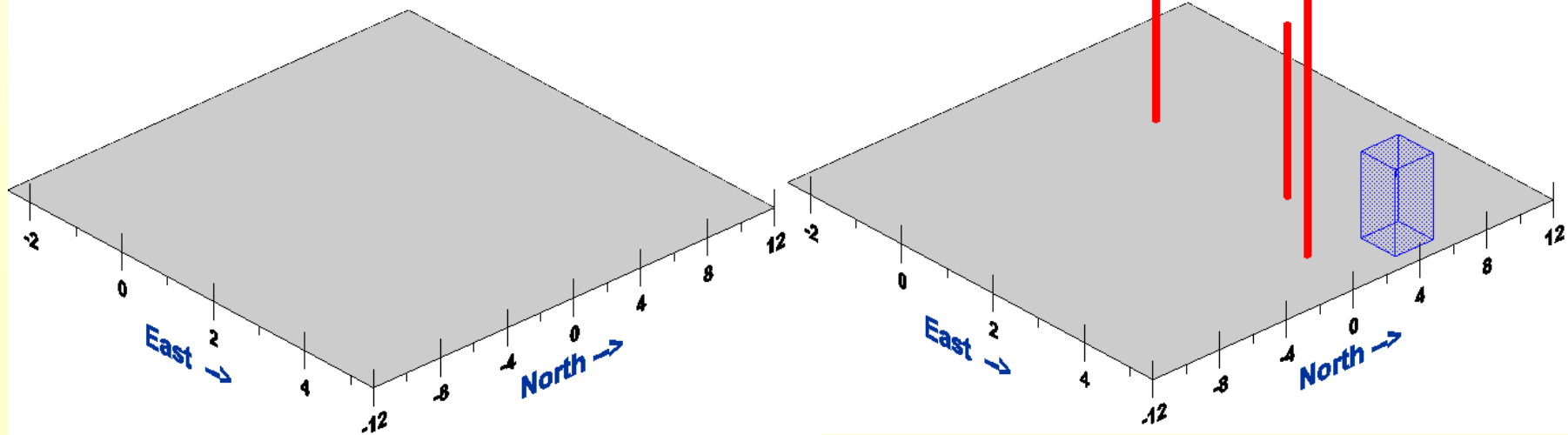


Δομή ενός απλού μοντέλου για τον υπολογισμό της διασποράς από σημειακή πηγή σε τοπική κλίμακα.

ΠΗΓΣ	Σημιακές Πηγές			Εξβοϊκή Πηγή
	1	2	3	4
Συμειτωμμένες	45Ε 00Ν	00Ε 32Ν	30Ε 29Ν	50Ε 40Ν
Φυσικό ύψος κομινός (m)	80	75	30	15
Δόμτρος κομινός (m)	25	3	24	8
Τοχύτητα εξόδου αερίων (m/s)	10.9	15.5	8.4	0.5
Θερμοκρασία αερίων (K)	435	524	620	305
Ρυθμός εκπομπής (g/s)	282	170	25	310

Ορισμός πηγών

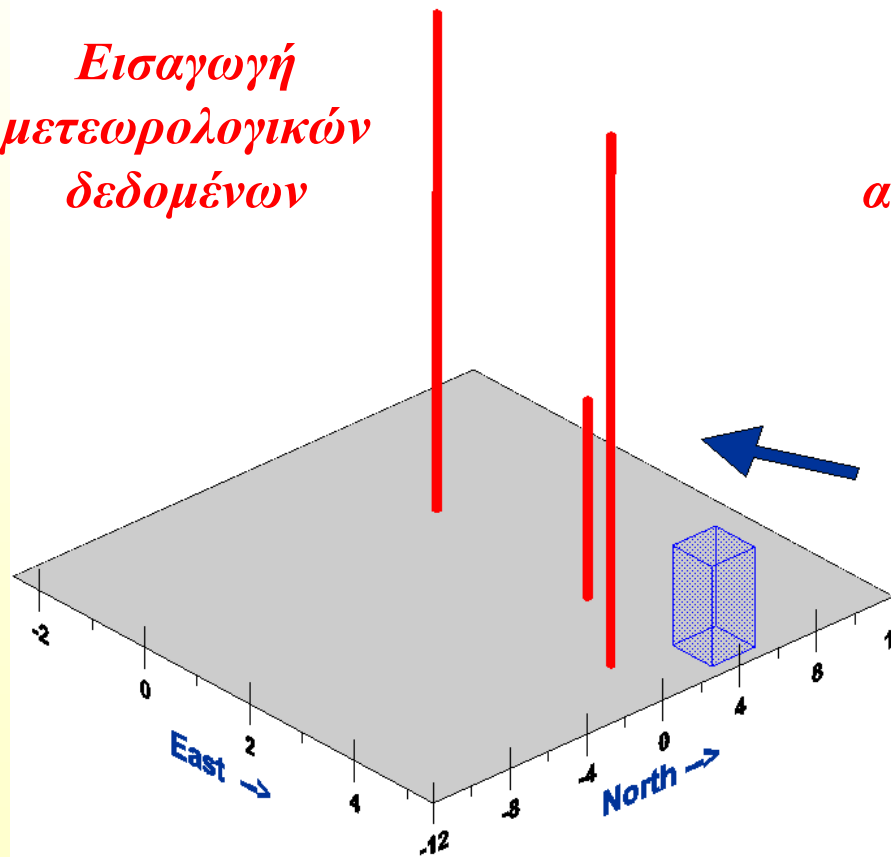
Περιοχή υπό μελέτη



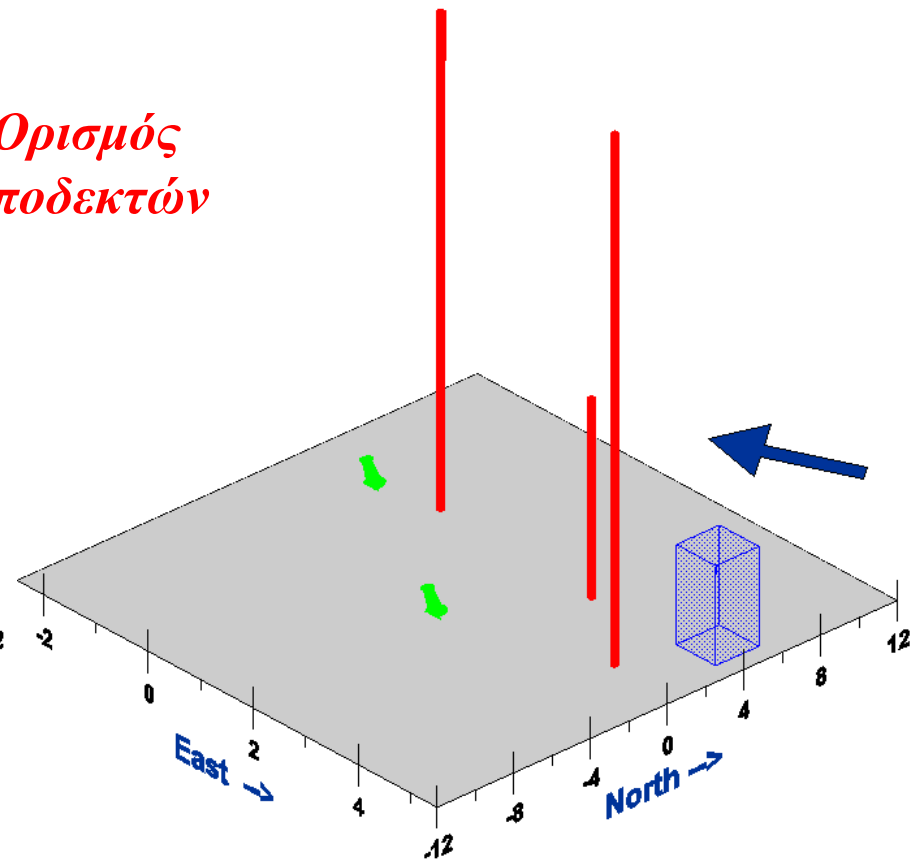
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ	
Ταχύτητα ανέμου (m/s)	8
Διεύθυνση ανέμου (deg)	55
Ευστάθεια	Ουδέτερη
Θερμοκρασία (K)	299.8
Ύψος ανάμειξης (m)	500

	ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ	
	1	2
Συντεταγμένες	-1.0 E, 3.0 N	2.0 E, -2.0 N
Ύψος (m)	0	0

*Εισαγωγή
μετεωρολογικών
δεδομένων*



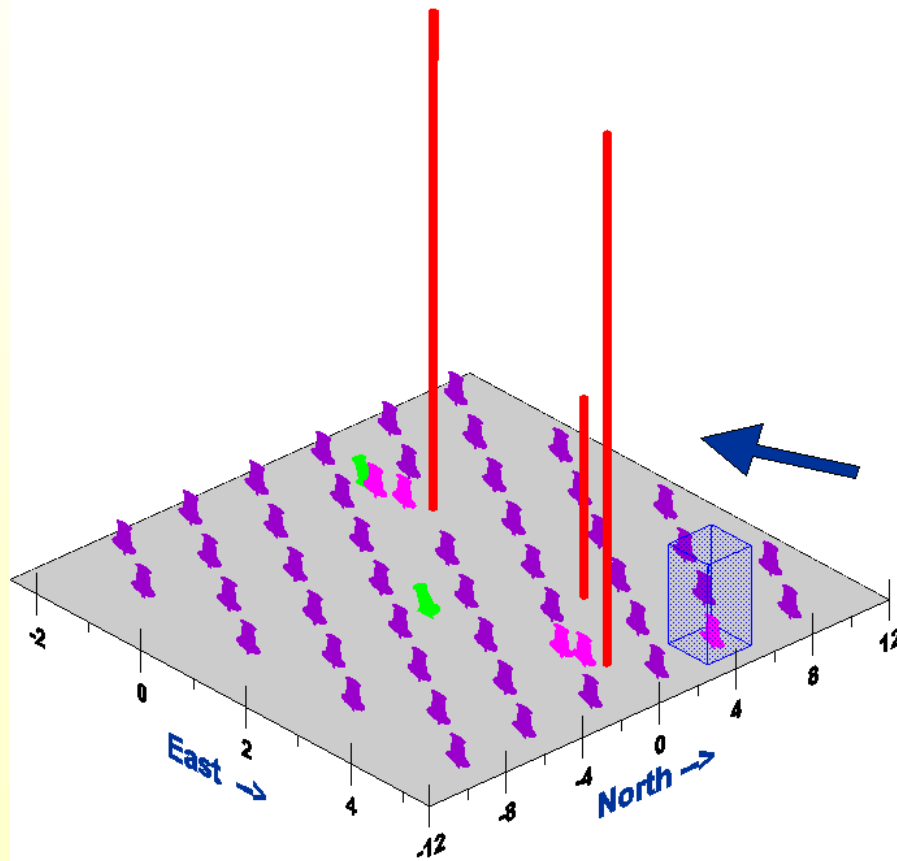
*Ορισμός
αποδεκτών*



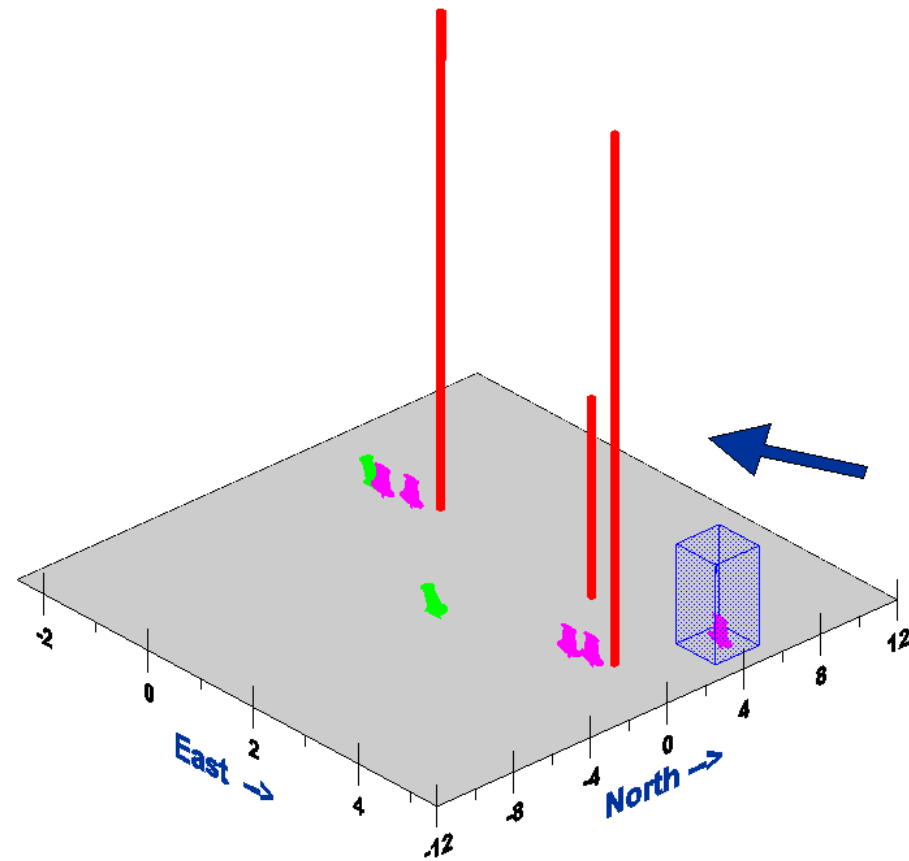
Προσομοίωση των φυσικών και χημικών διεργασιών στην ατμόσφαιρα



Ορισμός πλεγματικών σημείων



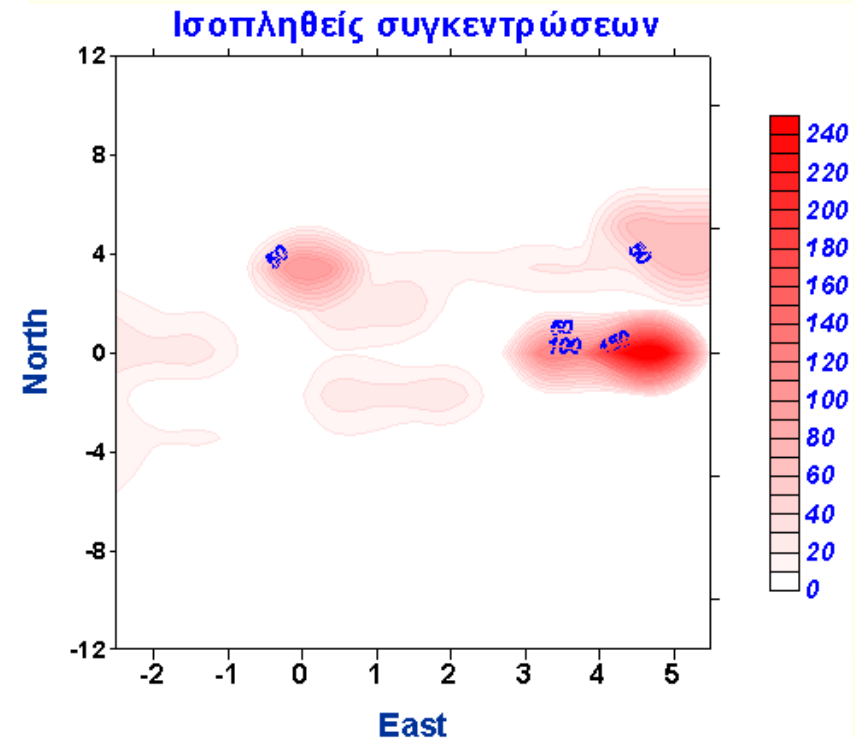
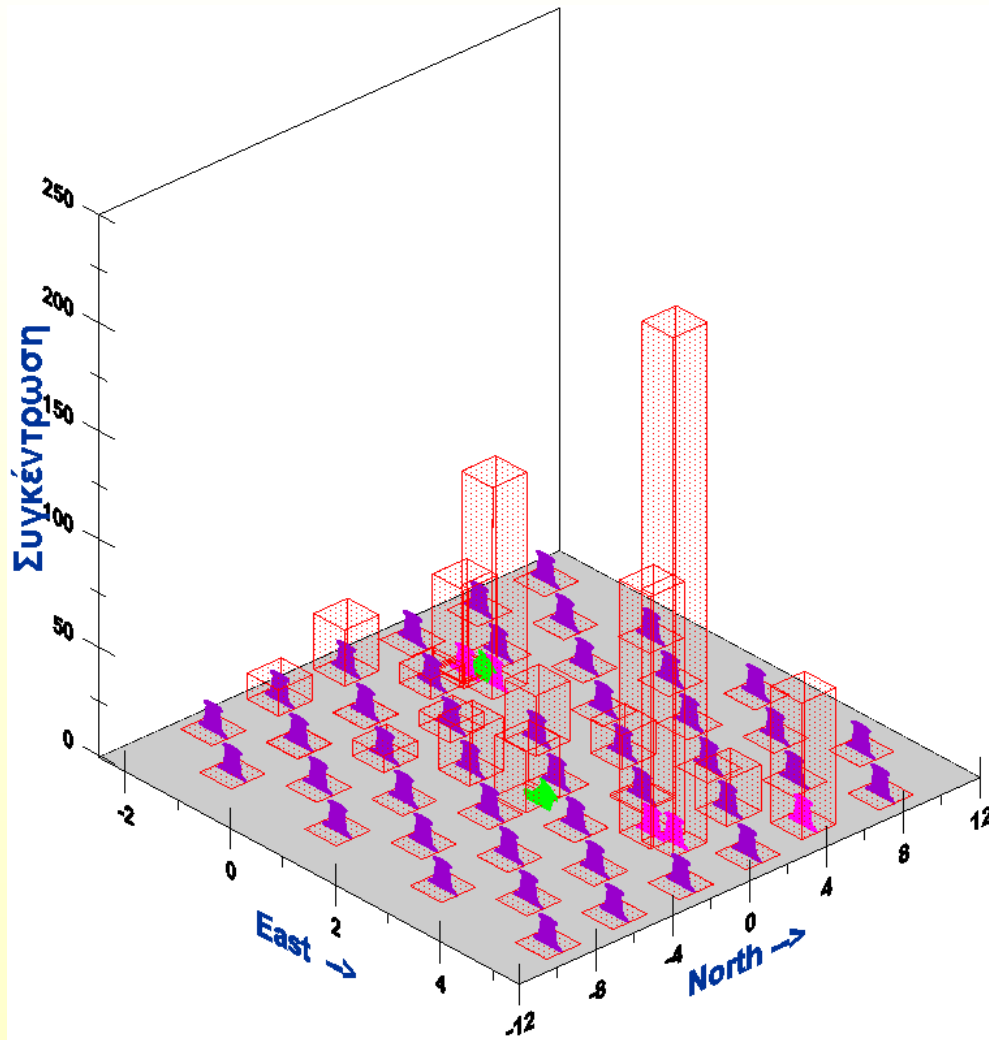
Εύρεση σημαντικών αποδεκτών από μοντέλο



Προσομοίωση των φυσικών και χημικών διεργασιών στην ατμόσφαιρα



Συγκεντρώσεις ρυπαντών σε όλα τα πλεγματικά σημεία και στους αποδέκτες

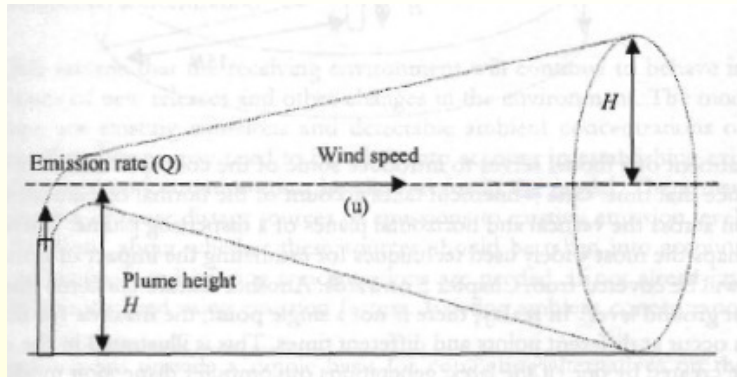


✓ Ένα απλό μοντέλο διασποράς

Διασπορά θυσάνου από καμινάδα με μορφή κώνου - Συνεχής εκπομπή με σταθερό ρυθμό

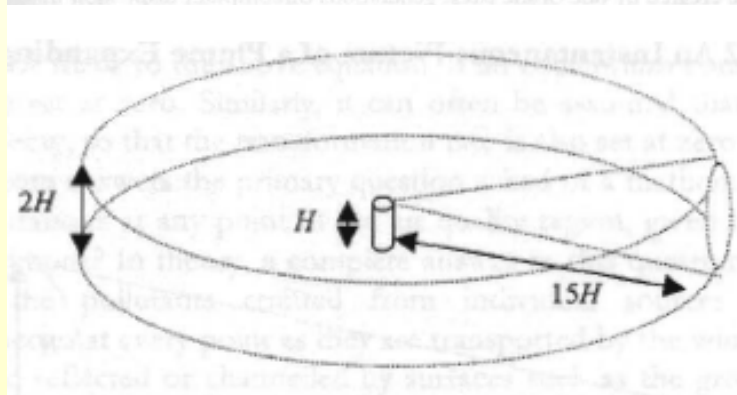
Υπόθεση: Ομοιόμορφη εξάπλωση θυσάνου με μορφή κώνου

H: Ενεργό ύψος θυσάνου, **u:** ταχύτητα ανέμου, **Q:** Ρυθμός εκπομπής



Μέγιστη συγκέντρωση στο έδαφος C μετά από μικρό χρονικό διάστημα

$$C_s = \frac{Q}{\pi u H^2}$$



Μέγιστη συγκέντρωση στο έδαφος C μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα

$$C_d = \frac{C_s}{60} = \frac{Q}{60\pi u H^2}$$

Στατιστικά οι μέγιστες συγκεντρώσεις συμβαίνουν σε απόσταση 15 H

*Η διαφορά οφείλεται στην αλλαγή διεύθυνσης ανέμου σε αυτό το χρονικό διάστημα

Υπολογισμός ατμοσφαιρικής διασποράς με βάση την περιγραφή της κίνησης ρευστών

Προσέγγιση

α) κατά Euler

β) κατά Lagrange

Διαφορετικοί τύποι μαθηματικών εξισώσεων για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων

Τελικό αποτέλεσμα των υπολογισμών

Θεωρητικά σχεδόν παρόμοια αποτελέσματα

Στην πραγματικότητα, σημαντικές διαφοροποιήσεις λόγω των υποθέσεων και των απλοποιήσεων που γίνονται για να είναι πρακτικά εφαρμόσιμη η προσέγγιση.

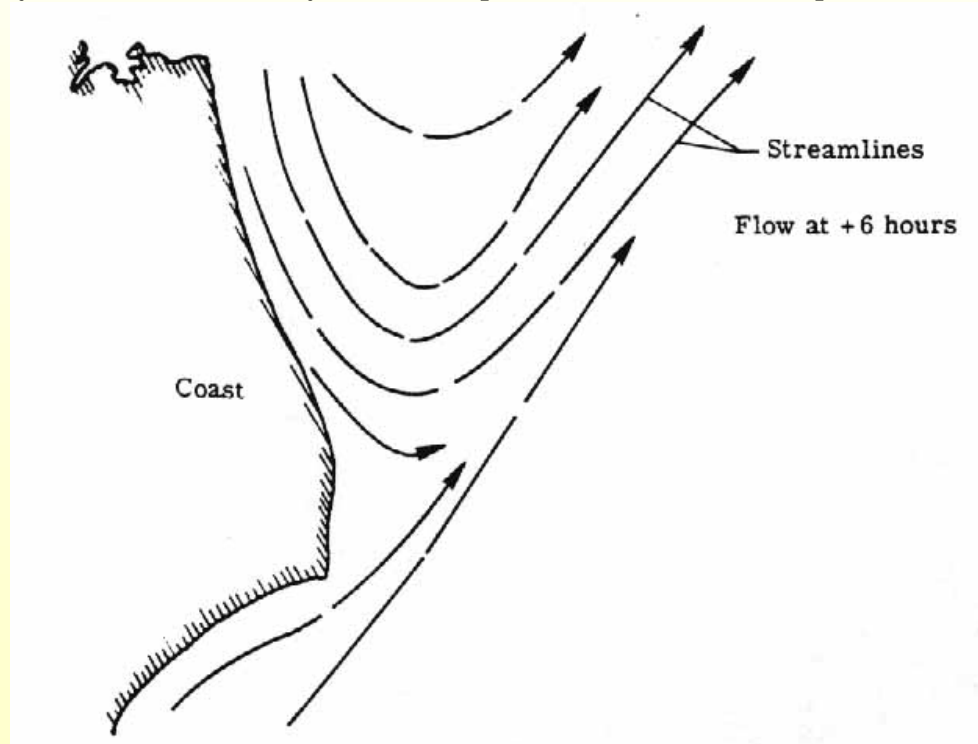
Επιλογή προσέγγισης ατμοσφαιρικής διασποράς ανάλογα με την εφαρμογή και τις διαθέσιμες πληροφορίες.

Προσέγγιση κατά Euler

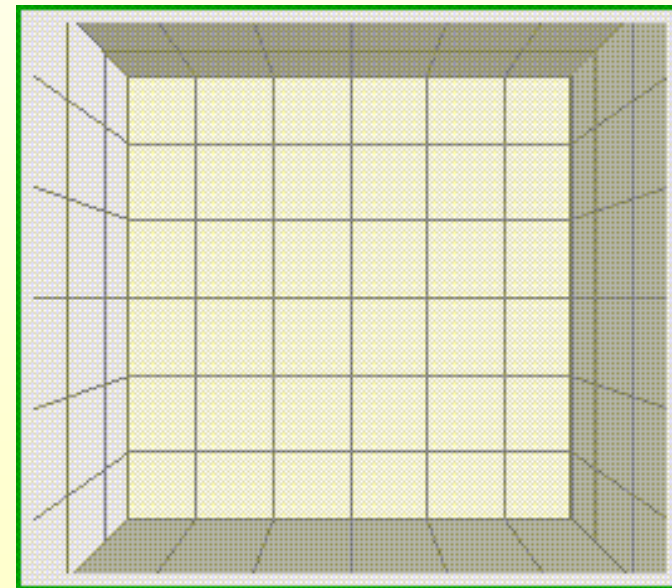
Περιγραφή διασποράς σε σχέση με ένα σταθερό σύστημα συντεταγμένων.

Χαρακτηριστικά ροής → *Συναρτήσεις του χώρου και του χρόνου*
(x, y, z και t)

Μοντέλα Πλέγματος: Προσομοίωση συγκεντρώσεων από Ευρηλιανά μοντέλα σε μια σειρά από σταθερά υπολογιστικά πλέγματα.



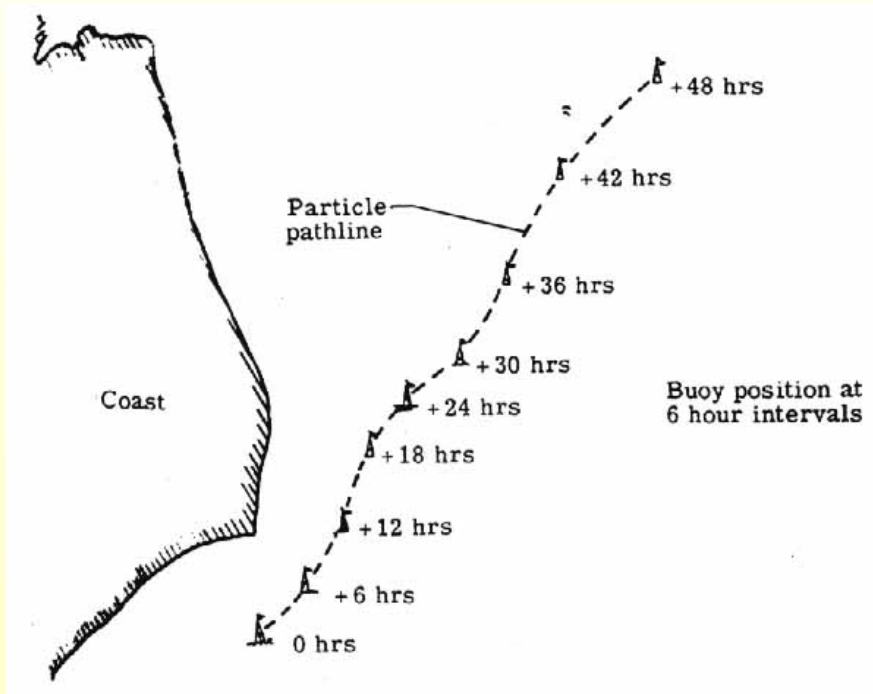
Στιγμιότυπο γραμμών ροής (streamlines)



Προσέγγιση κατά Lagrange : Περιγραφή διασποράς σε σχέση με την κίνηση μιας συγκεκριμένης μάζας ρευστού.

Μελέτη της συμπεριφοράς μέσα στην ατμόσφαιρα της συγκεκριμένης αέριας μάζας (*πακέτο αέρα*)

Ορισμός μεταβλητών της ροής για το συγκεκριμένο πακέτο αέρα.



Τροχιά μάζας

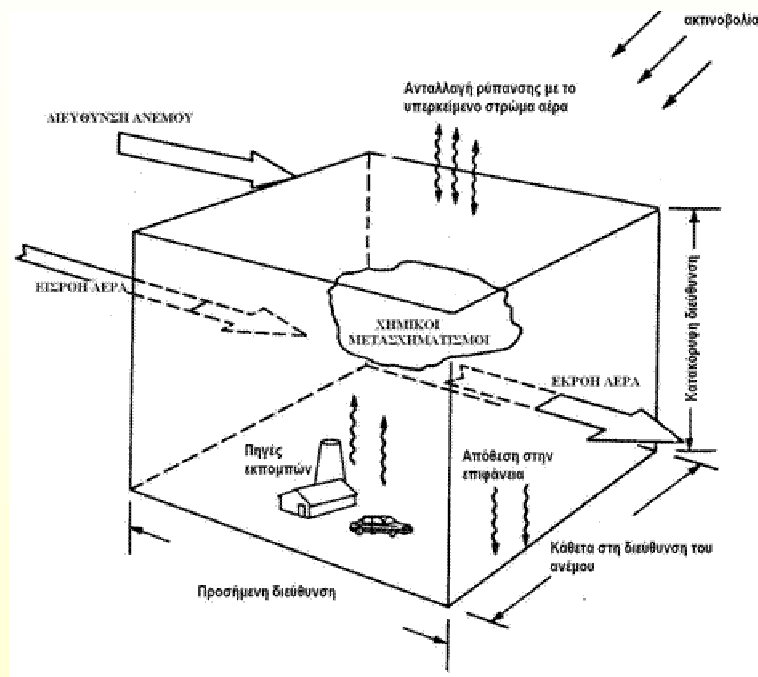
Χαρακτηριστικά ροής → *Συνάρτηση του χρόνου (t)*

Η υπό παρακολούθηση μάζα μετακινείται με τον άνεμο και η μόνη ανταλλαγή μάζας με τον περιβάλλοντα αέρα είναι οι ρύποι.

Υπολογισμός συγκεντρώσεων σε διαφορετικά σημεία στο χώρο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές

Ευρηλιανά μοντέλα

Μία κυψελίδα → Απλούστερα αριθμητικά μοντέλα



Αντιμετώπιση περιοχής ως ένα κουτί

z: έδαφος – θερμοκρασιακή αναστροφή ή ύψος οριακού στρώματος (μεταβλητό)
x, y: έκταση περιοχής, ένταση μετεωρολογικών φαινομένων, κατανομή πηγών, στόχος

•Εισροή ρύπων

-πηγές εντός της κυψελίδας (S)
-μέση οριζόντια μεταφορά (άνεμος) (H_i) και κατακόρυφη διάχυση (V_i)

•Εκροή -απομάκρυνση ρύπων

-μέση οριζόντια μεταφορά (άνεμος) (H_o) και κατακόρυφη μεταφορά (V_o)

-χημικοί μετασχηματισμοί (C)

-Ξηρή εναπόθεση (D)

•**Παραδοχή:** Ακαριαία ανάμειξη ρύπων και χωρικά ομογενείς συγκεντρώσεις

Μεταβολή συγκέντρωσης ρύπου n

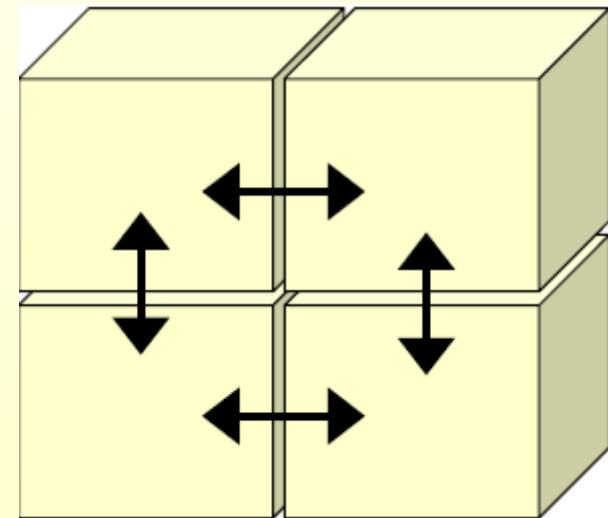
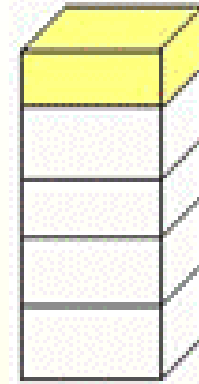
$$dn/dt = S + H_i + V_i - H_o - V_o - C - D$$

Απλουστευμένη εφαρμογή: Ευρηλιανά μοντέλα μιας κυψελίδας

Λεπτομερής εφαρμογή: Χωρισμός της περιοχής σε οριζόντιες κυψελίδες που στοιβάζονται κατακόρυφα.

Εισροή/εκροή των ρύπων από κάθε κυψελίδα → Συνάρτηση του χρόνου.
Εξάρτηση από το πεδίο του ανέμου

Υπαρξη κυψελίδων οριζόντια και κατακόρυφα → Χρήσιμα στην περίπτωση πολύπλοκων εκπομπών και μη γραμμικών χημικών μετασχηματισμών



Μοντέλα Lagrange

Γενική αρχή: Υπολογισμός μεταβολών συγκεντρώσεων των ρύπων σε ένα πακέτο αέρα το οποίο μεταφέρεται από τον άνεμο

• *Μοντέλα θυσάνου του Gauss: Κανονική κατανομή*

• *Μοντέλα πακέτων μάζας (puff models): Προσομοίωση εκπομπής ρύπων με πακέτα μάζας που εκλύονται από την πηγή ανά τακτά χρονικά διαστήματα και περιέχουν το αντίστοιχο κλάσμα της μάζας του ρύπου. Μεταφορά πακέτων από τον άνεμο και διαστολή τους ανάλογη με την ένταση της τύρβης*

• *Μοντέλα σωματιδίων: Προσομοίωση εκπομπής ρύπων με μεγάλο αριθμό σωματιδίων*

Κατάλληλα για την εκτίμηση συγκεντρώσεων πρωτογενών ρύπων από σημειακές πηγές.

Επίλυση αντίστροφου προβλήματος

Γνωστή η συγκέντρωση ενός ρύπου σε κάποιο σημείο →
Ανάστροφη τροχιά → Προσδιορισμός πηγής

Μοντέλα Lagrange μιας κυψελίδας ή της μιας στήλης

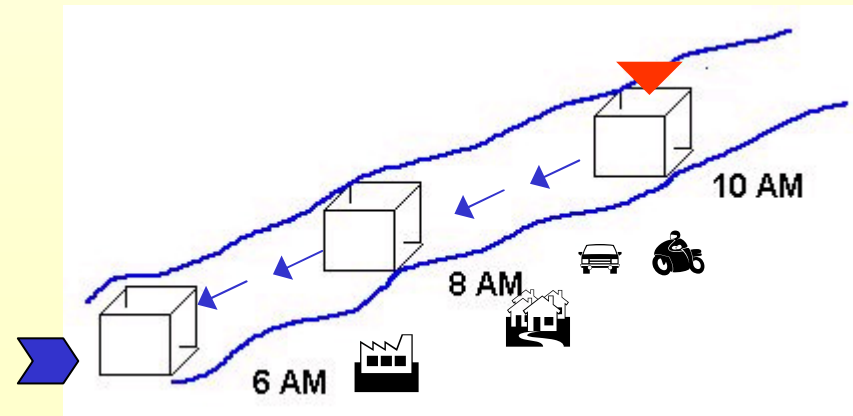
Μετακίνηση αέριας μάζας από τον οριζόντιο συνήθως άνεμο

Μη ύπαρξη εισροής ή εκροής αέρα από ή προς το περιβάλλον λόγω της τυρβώδους ή μοριακής διάχυσης.

Υπολογισμός συγκεντρώσεων χημικά δραστικών ενώσεων σε μια συγκεκριμένη θέση

- Εύρεση ανάδρομης τροχιάς
- Ορισμός κυψελίδας (έδαφος - θερμοκρασιακή αναστροφή/ χρονικά μεταβαλλόμενο)
- Μετακίνηση κυψελίδας από αρχική θέση προς την τελική υπό την επίδραση του μέσου ανέμου περνώντας πάνω από τις πηγές των εκπομπών

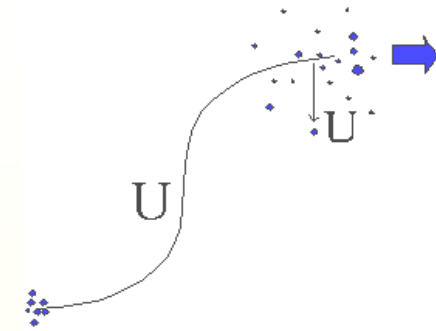
Μεταβολή των συγκεντρώσεων των ρύπων → Φωτοχημικοί μετασχηματισμοί, εκπομπές, ξηρή ή/και υγρή εναπόθεση τους στην επιφάνεια του εδάφους.



Μοντέλα Lagrange σωματιδιακά

Χρήση για μικρές κλίμακες κίνησης

- Εκπομπή σωματιδίων από πηγή
- Προσομοίωση διασποράς των σωματιδίων
- Κίνηση σωματιδίων από μέσο άνεμο και από την τύρβη
- Χρήση πεδίων ανέμου από μετεωρολογικά μοντέλα

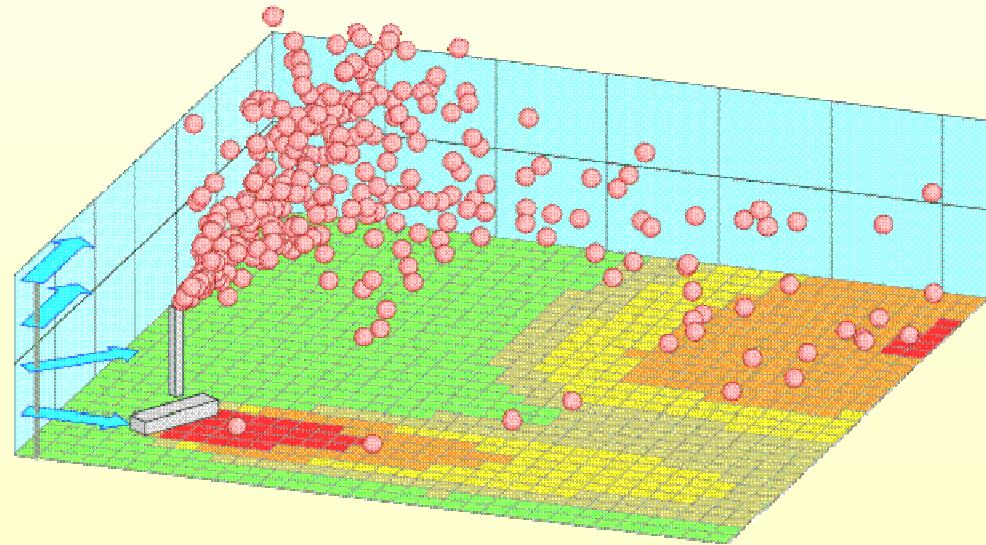


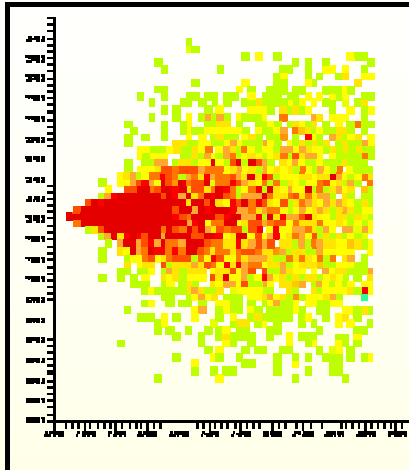
Τροχιά σωματιδίου

$$\mathbf{X}_i(t+\Delta t) = \mathbf{X}_i(t) + \Delta t \cdot [\bar{\mathbf{v}}_i(t) + \mathbf{v}'_i(t)]$$

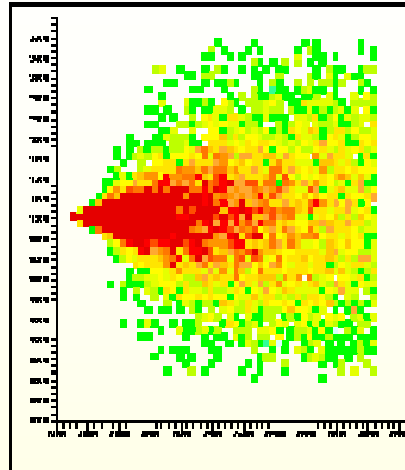
Συγκέντρωση ρύπων

$$c = \frac{\sum_{i=1}^N m_i}{\Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z}$$

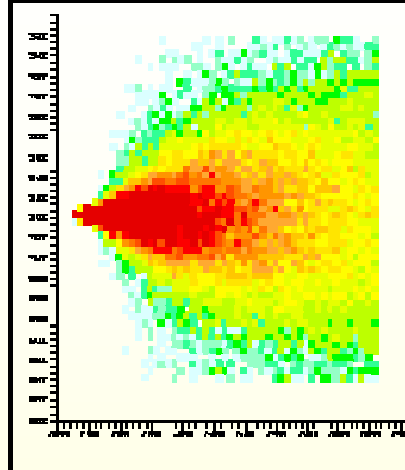




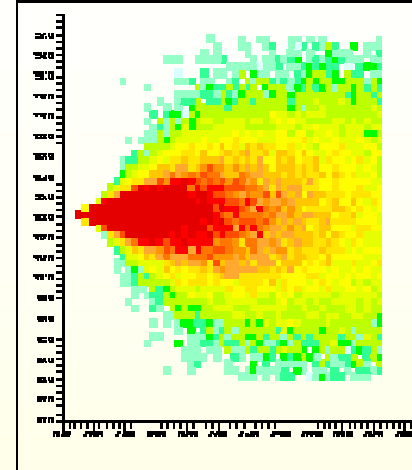
(α)



(β)

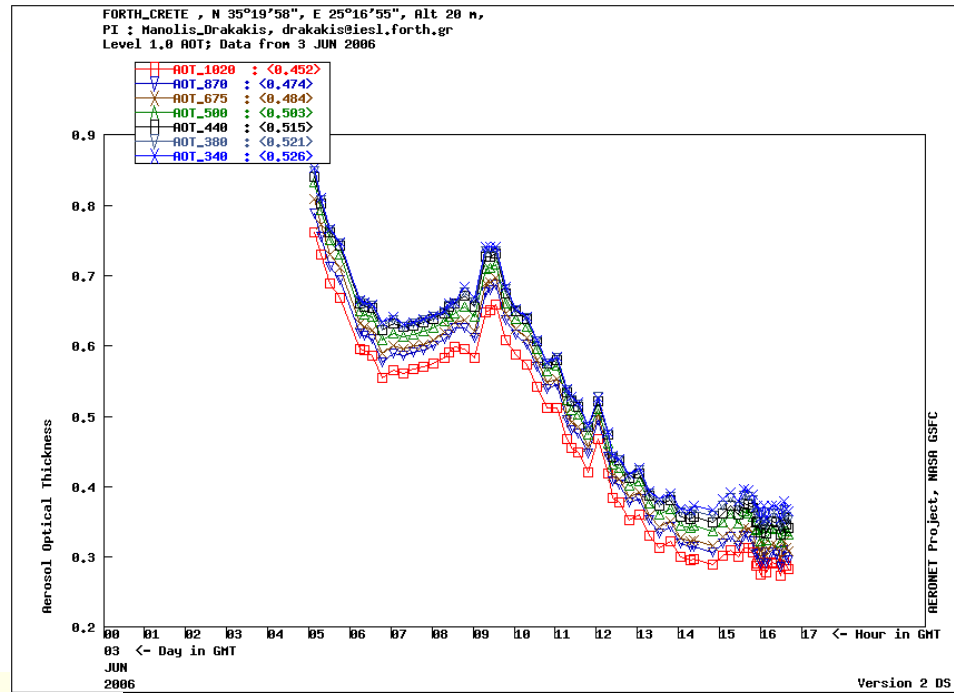
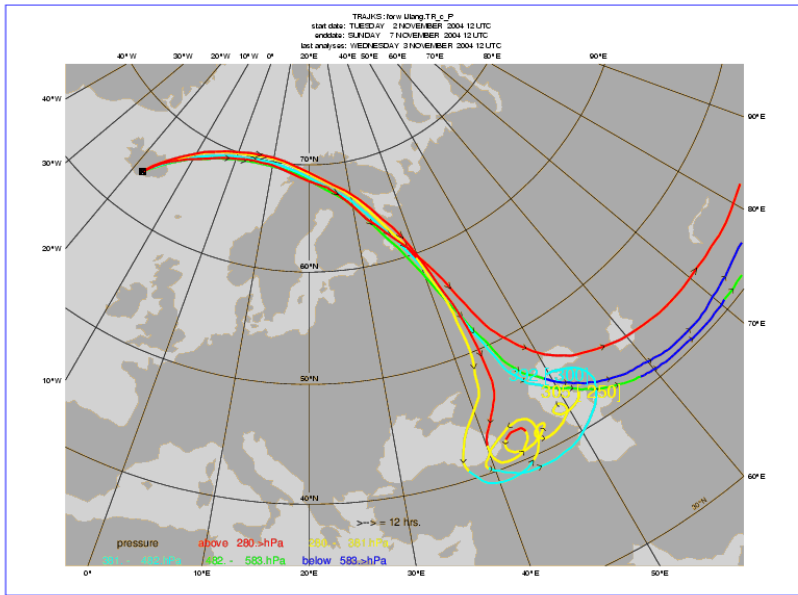


(γ)

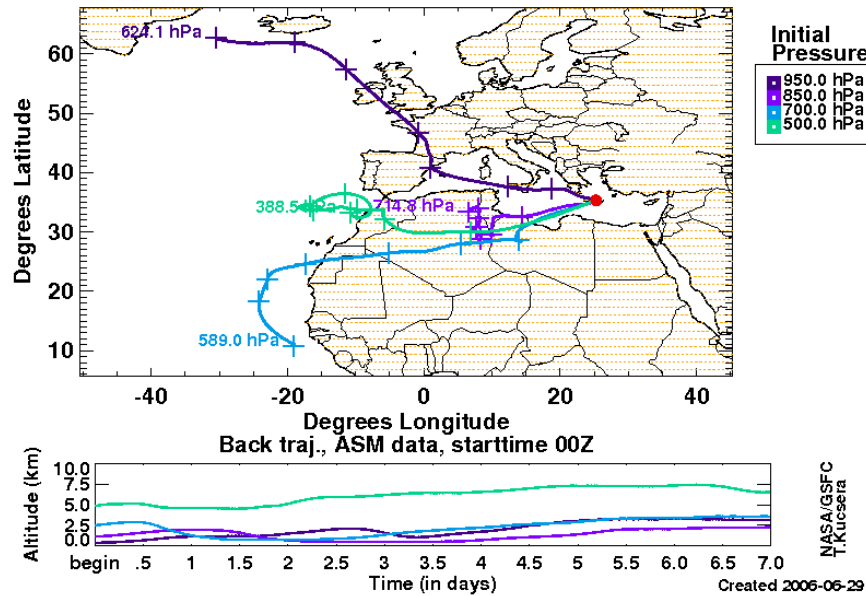


(δ)

Υπολογισμός του θυσάνου μιας πηγής με ένα λαγκρανσιανό σωματιδιακό μοντέλο διασποράς χρησιμοποιώντας διαφορετικό αριθμό εκπεμπόμενων σωματιδίων σε κάθε χρονικό βήμα α) 50, β) 100, γ) 200 και δ) 300 σωματίδια. (Πηγή: CAPITA)



Starting Location Station (red dot): FORTH CRETE
 7-Day Back-Trajectories: kinematic, 2006-06-03



Starting Location Station (red dot): FORTH CRETE
 7-Day Back-Trajectories: kinematic, 2006-06-03T12:00:00

