



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

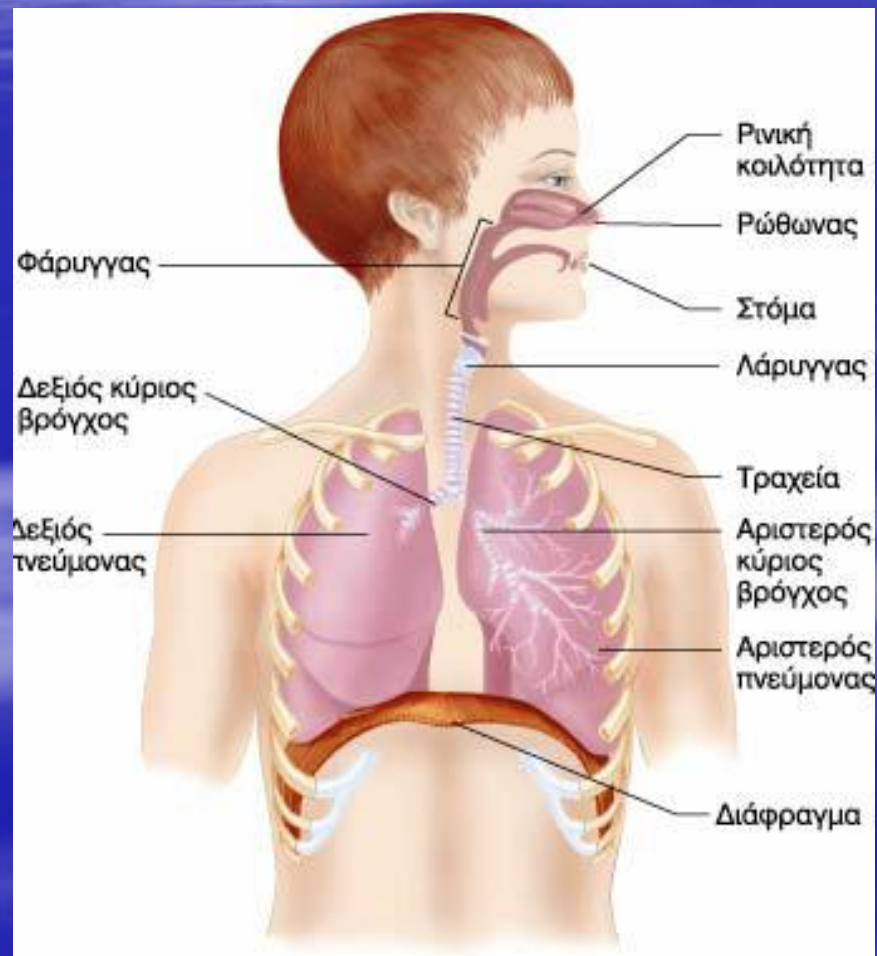
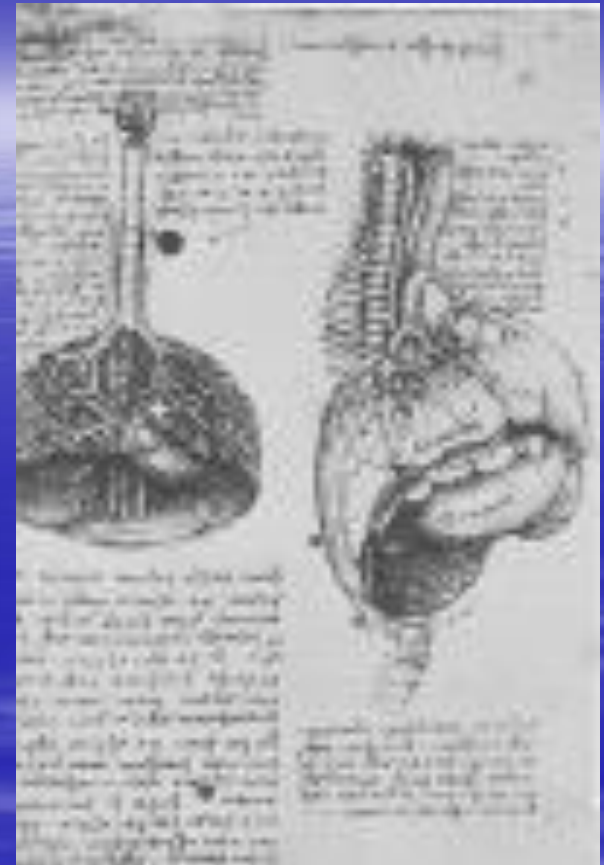
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Εργαστήριο-μέρος Α
Δρ. Κοττανάκης Ηλίας

Μάιος, 2015

Η πράξη «Περιβαλλοντική Διαχείριση-Σύγχρονα Εργαλεία», του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση», συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο-ΕΚΤ) και από Εθνικούς Πόρους

Εναπόθεση σωματιδίων κατά την αναπνοή
Leonardo da Vinci 15ος αιώνας:
“Polvere fa danno”
(Η σκόνη προκαλεί βλάβη)
Σε καθημερινή βάση αναπνέουμε μεταξύ
10-20 m³ αέρα



ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΕΡΟΖΟΛ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

- Η σωματιδιακή ύλη είναι το ορατό κομμάτι της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Επιπτώσεις σωματιδιακής ρύπανσης:
 - ανθρώπινη υγεία
 - κλιματικές επιδράσεις
 - οπτική
- Μικρά σωματίδια έχουν μικρές ταχύτητες κατακάθισης, ο χρόνος ζωής τους στην ατμόσφαιρα είναι ορισμένες ημέρες.

Επίσης εκπομπές σωματιδίων από άλλες ηπείρους φτάνουν στην Ευρώπη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μεταφορά σκόνης από την Σαχάρα της βόρειας Αφρικής σε ορισμένα τμήματα της Ευρώπης

Αέρια / σωματιδιακή ρύπανση

- Προληπτικά μέτρα
- Κατασταλτικά μέτρα
- Μέθοδοι αντιρρύπανσης (πλυντρίδες, σακκόφιλτρα, ηλεκτρόφιλτρα, τριοδικοί καταλύτες κτλ.)

οζον και σωματίδια
συνεργιστικά αποτελέσματα

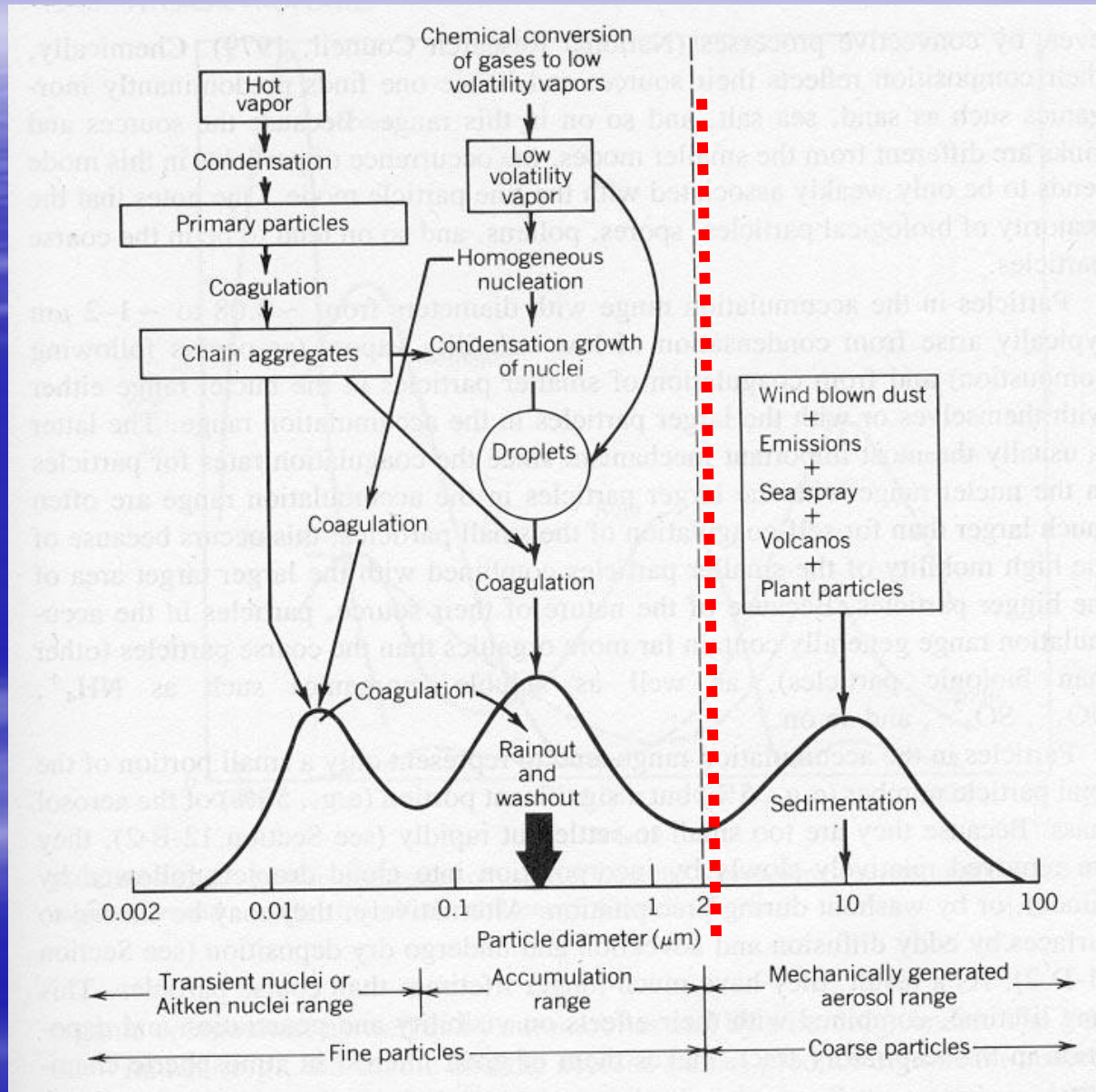
«Αέριοι» ρύπτοι

- Αέρια
- Σωματιδιακοί ρύπτοι (υγρής ή στερεάς φάσης)
- Ρύπτοι σε σωματιδιακή και αέρια φάση.
- Κατανομή σωματιδίων και εναλλαγή τους μεταξύ των φάσεων.

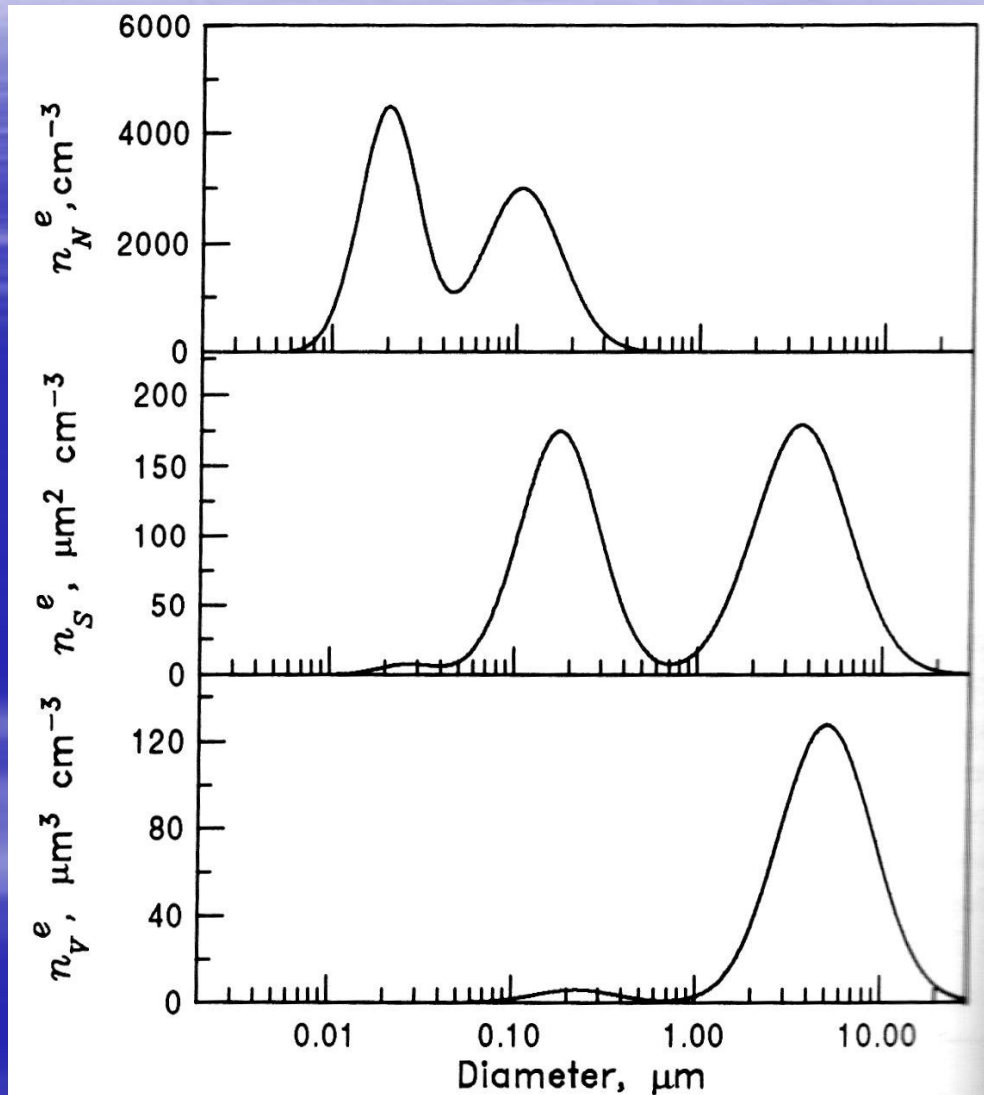
Συγκεκριμένος τρόπος δειγματοληψίας και διαχείρισης σε κάθε φάση.

- Σωματιδιακή φάση (φίλτρα επιφάνειας)
- Αέρια φάση (φίλτρα αφρού, αφρολέξ)

Atmospheric Aerosols

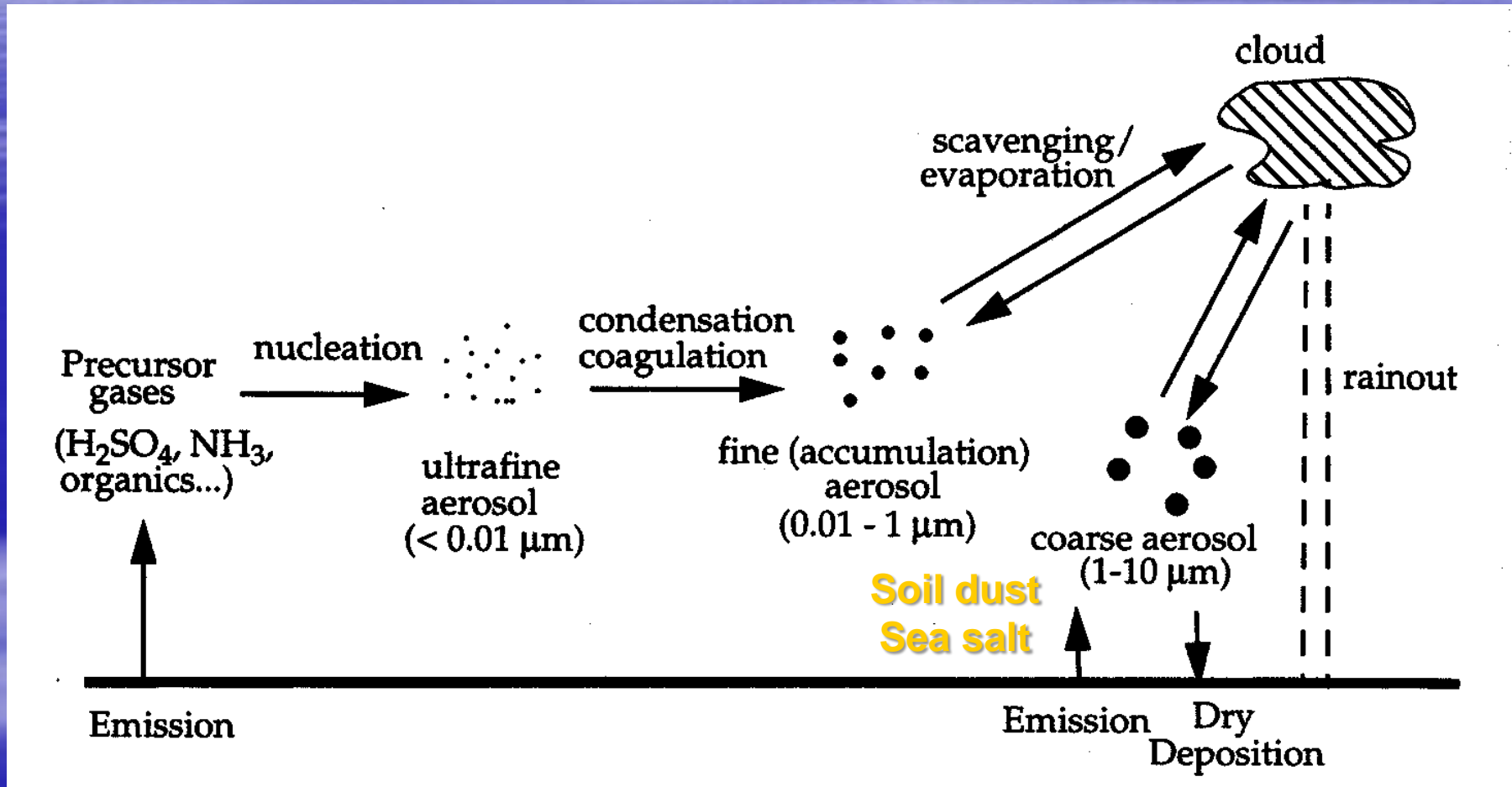


Urban Aerosol Size Distribution



ORIGIN OF THE ATMOSPHERIC AEROSOL

Aerosol: Size range: 0.001 μm (molecular cluster) to 100 μm (small raindrop)



Environmental importance: health (respiration), visibility, radiative balance, cloud formation, heterogeneous reactions, delivery of nutrients...

AEROSOL NUCLEATION

molecules 1



2



3



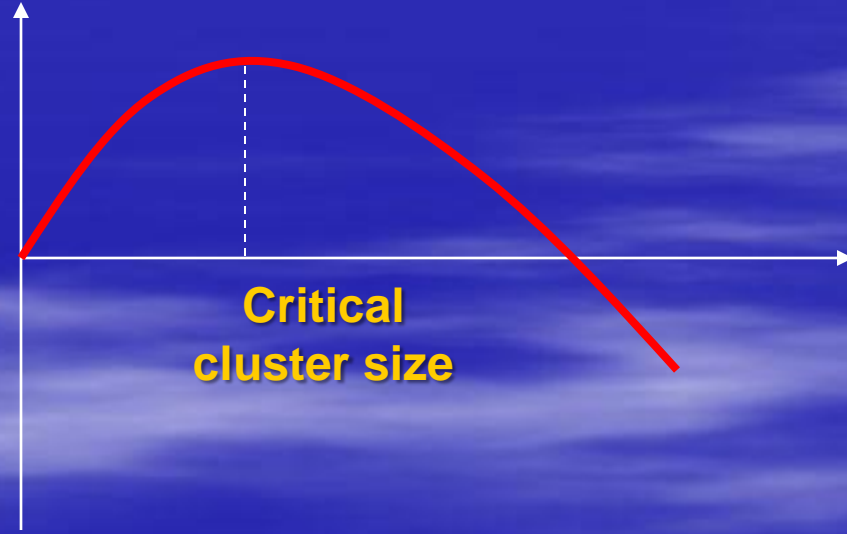
4



ΔG

Surface tension effect

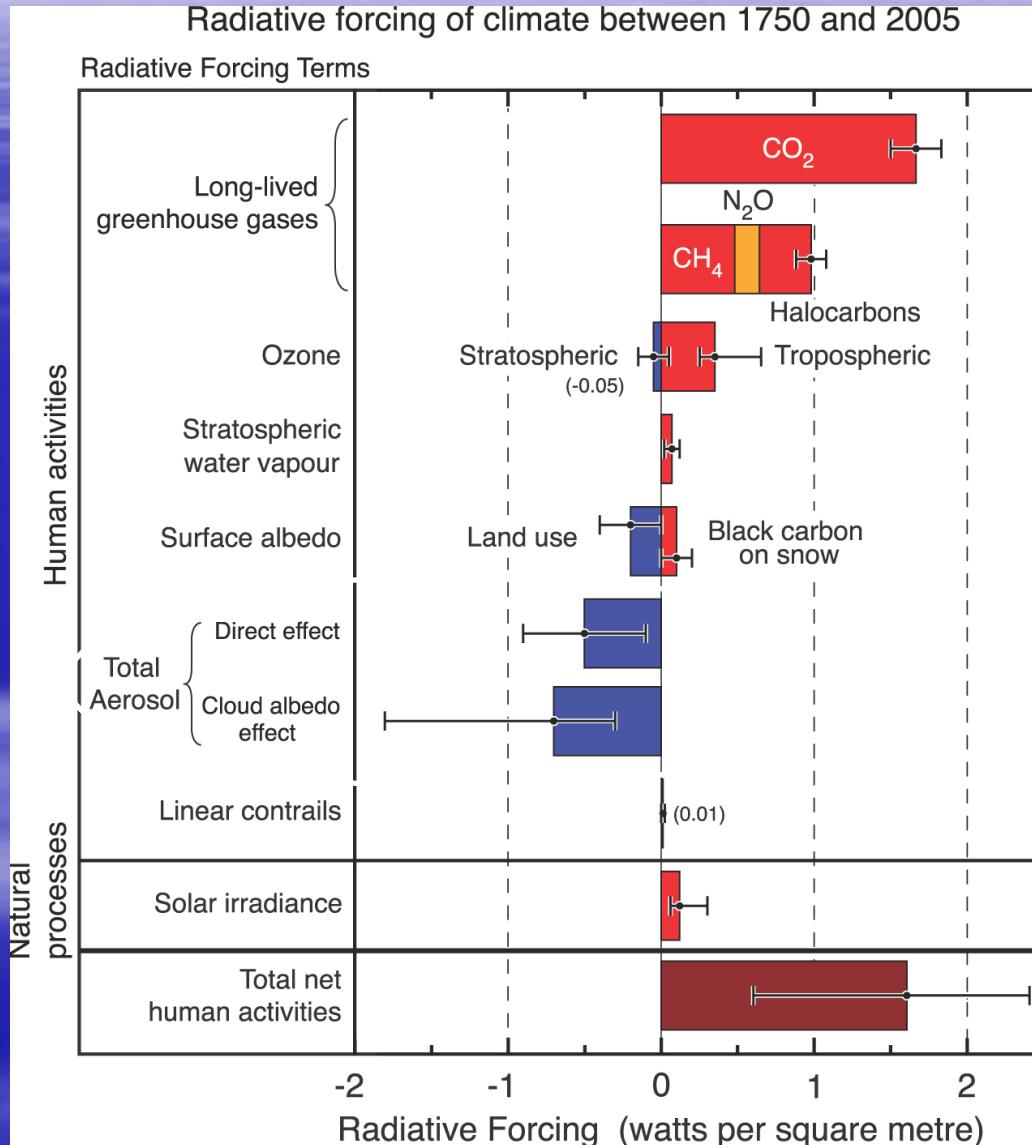
Thermo driving force



Critical cluster size

cluster size

Aerosols and climate

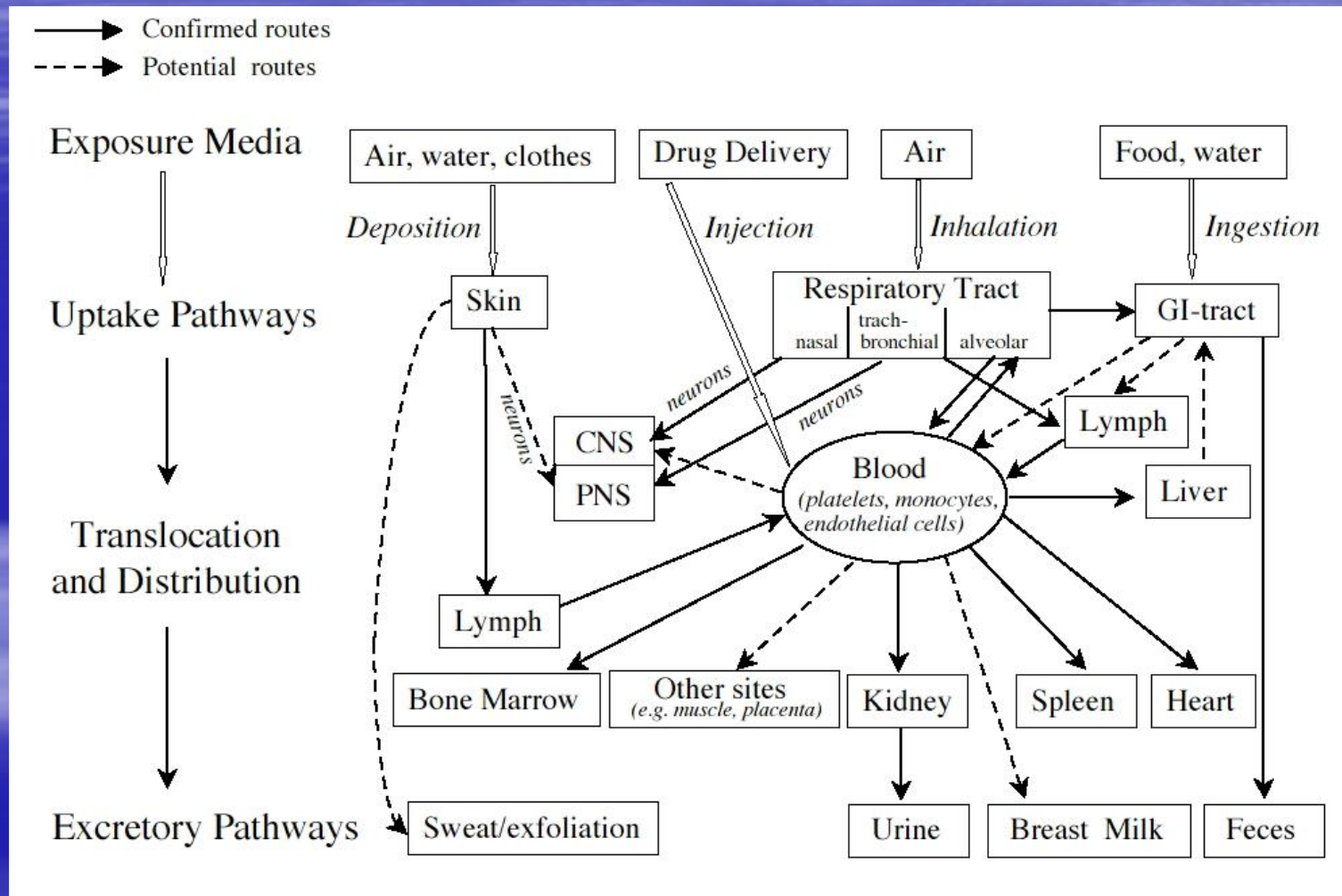


← Drives Global Warming

Direct effect – Light is scattered and absorbed

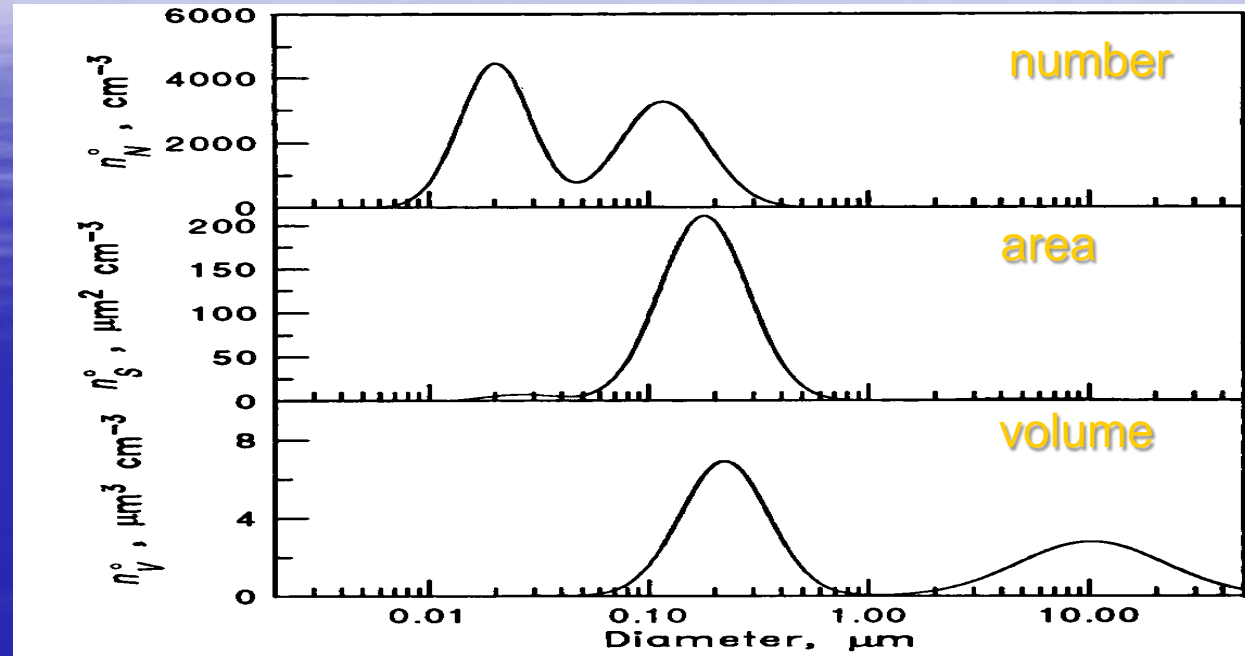
nanoaerosols and human health

Nanoparticles have the ability to translocate from the lung to different parts of the body such as the heart, liver, bone marrow and brain.



ATMOSPHERIC AEROSOLS: ensembles of condensed-phase particles suspended in air

Typical aerosol size distribution



Aerosols are the visible part of the atmosphere:

California fire plumes



Pollution off U.S. east coast



Dust off West Africa



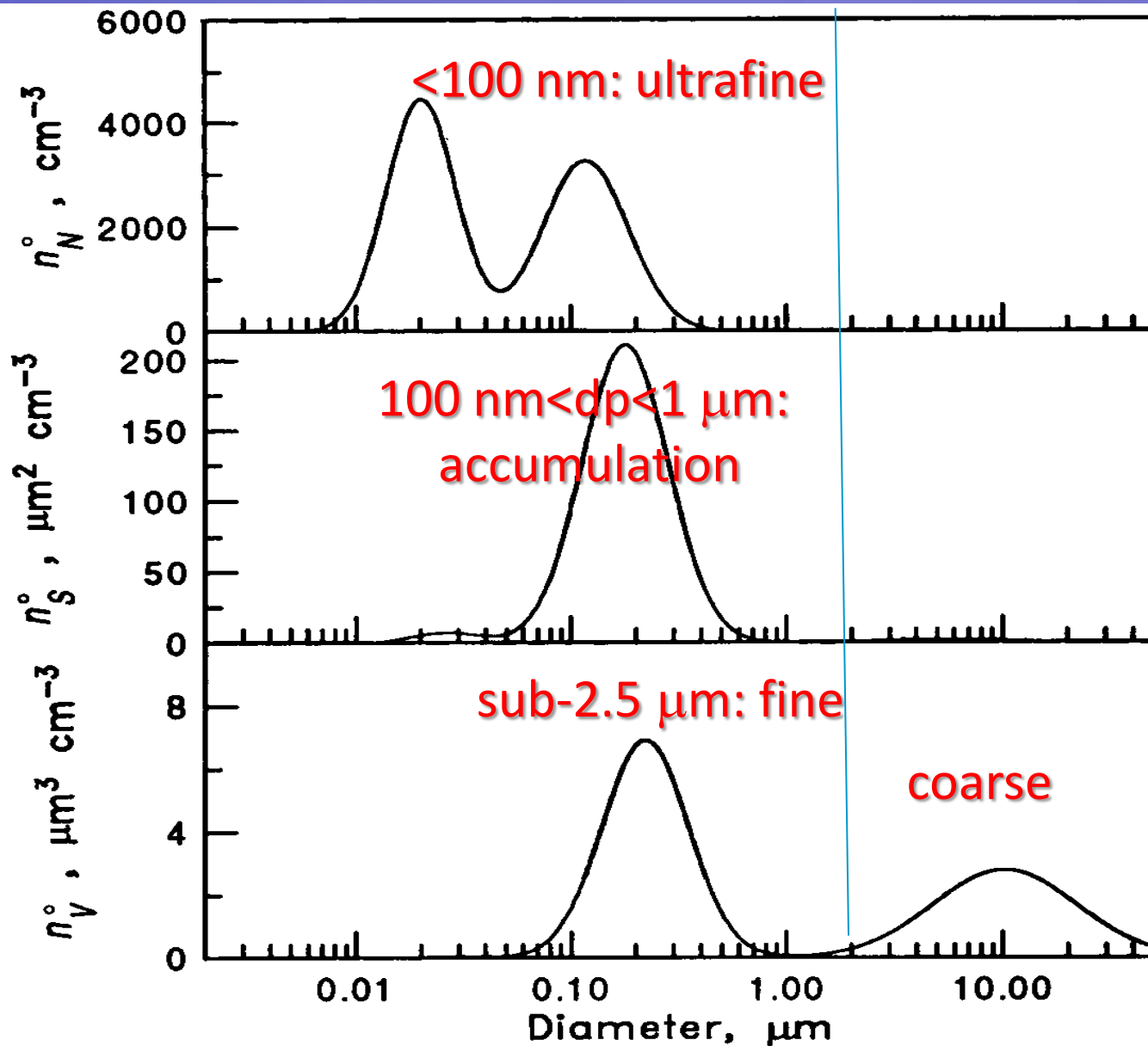
Size Distribution

“remote
continental
air”

Number
Density n

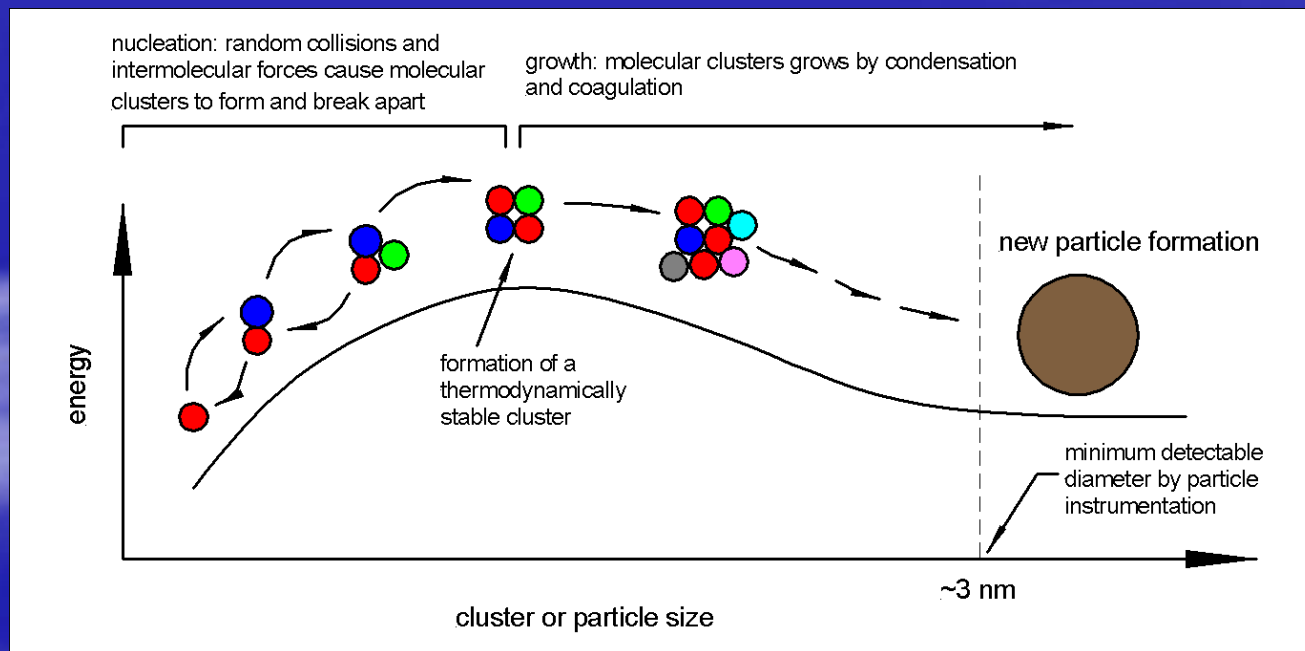
Surface
Area
($n \pi r^2$)

Volume
Density
($n \frac{4}{3} \pi r^3$)



Nanoparticle Formation

- Nanoparticles form in the atmosphere by condensation to stable clusters formed by nucleation. They can also be emitted directly, e.g., by diesel engines.
- So how are stable clusters formed in the atmosphere?
 - The formation of stable clusters from low vapor pressure atmospheric species is known as homogeneous nucleation.



Submicron aerosols are primarily responsible for visibility reduction.



Environmental Protection Agency (EPA)

$PM_{2.5}$ 15 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ (annual average)

PM_{10} 40 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ (annual average)

E.E.

PM_{10} 50 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ (24 hour)

Ποια η χημική σύσταση αυτών?

Θερίζει το «κακό όζον» στην Ευρώπη (ποιο όζον?)

Τιμές ορίων για το όζον (O₃)

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΟΡΙΟ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ	ΟΡΙΟ ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ
Οζον (O ₃)	1 ώρα	180 μg/m ³ *	240 μg/m ³ *

* για τα αιωρούμενα σωματίδια δεν υπάρχει όριο συναγερμού
 ** Δεν πρέπει η υπέρβαση να είναι πάνω από 35 φορές το χρόνο

Τιμές ορίων για τα αιωρούμενα σωματίδια

ΡΥΠΟΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΤΙΜΗ**	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ
Αιωρούμενα σωματίδια (A _{S10})*	50 μg/m ³	40 μg/m ³



Συγκεντρώσεις ρύπων στους εσωτερικούς χώρους κτιρίων

	Σωματίδια PM ₁₀ (μg/m ³)	Σωματίδια PM _{2.5} (μg/m ³)	Σωματίδια PM ₁ (μg/m ³)	Διοξείδιο του άνθρακα (ppm)	Μονοξείδιο του άνθρακα (ppm)	Πτητικές ενώσεις (mg/m ³)
Κατοικίες	20-450	12-140	4-65	400-800	1-10	0,08-3,1
Σχολεία	18-224	5-115	ως 2.187	350-1.800	0,1-5,4	0-6,4
Δημόσια κτίρια	17-800	5-260	100-800	370-750	0,2-2,15	0,2-28
Αθλητικές εγκαταστάσεις	39-323	16-59	-	330-2.800	0,2-1	0,1-25
Νοσοκομεία, Κέντρα Υγείας, χειρουργεία	50-987	40-153	20-63	350-950	0,1-4,5	0,1-46,8
Γραφεία	28-64	12	33-46	370-1.300	0,4-2,3	0,05-3,9
Μουσεία	-	40	-	320-600	0,1-0,4	0,8-3,3

Ανώτατα όρια ασφαλείας: PM₁₀: 50 μg/m³ (μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο αέρα) • PM_{2.5}: 40 μg/m³ • PM₁: δεν υπάρχει θεσπισμένο όριο ασφαλείας • CO₂: 600 ppm • CO: 9 ppm για 8ωρη έκθεση • Πτητικές ενώσεις: από 0,2 ως 3 mg/m³ (μλιγκράμ ανά κυβικό μέτρο αέρα).

* Τα όρια δεν είναι σαφή για καθημιά από τις επικίνδυνες χημικές ενώσεις, έτσι οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τα ανώτατα όρια συγκέντρωσης του συνόλου των ενώσεων σε έναν χώρο.

Όρια ποιότητας αέρα (παράδειγμα)

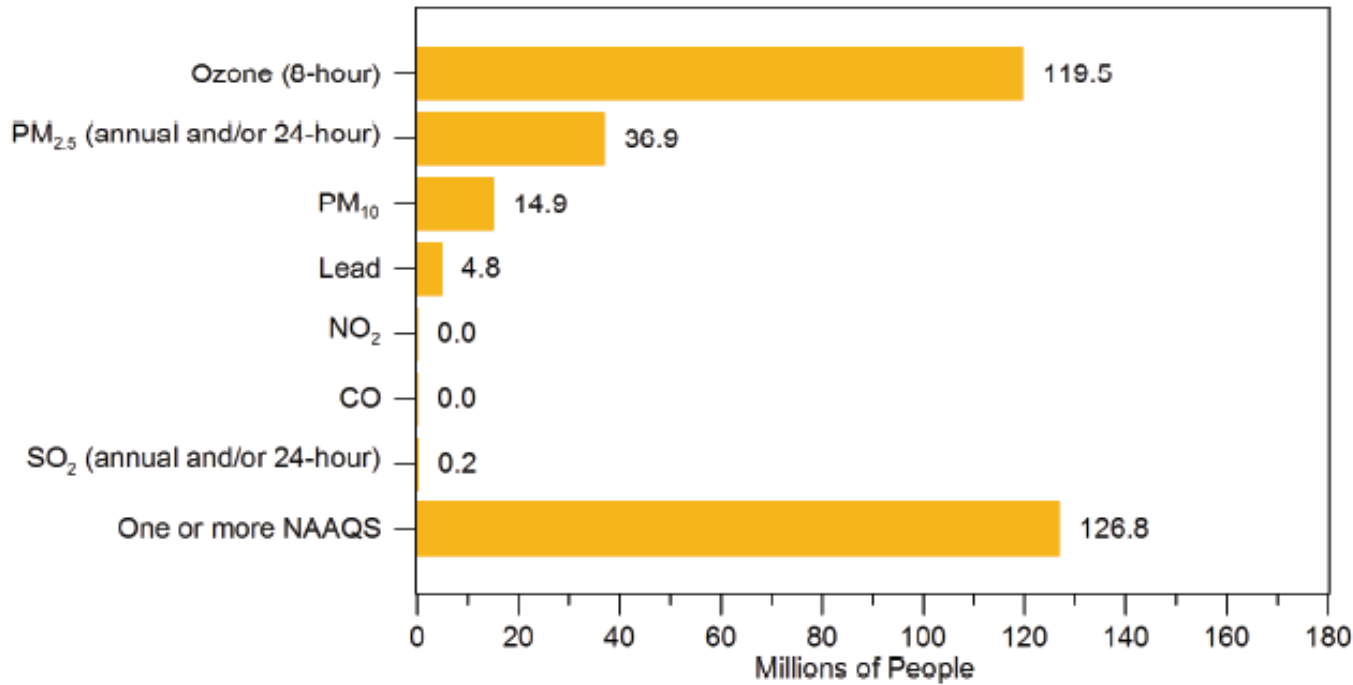


Figure 1. Number of people (in millions) living in counties with air quality concentrations above the level of the primary (health-based) National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) in 2008.

Note: Projected population data for 2008 (U.S. Census Bureau, 2008).

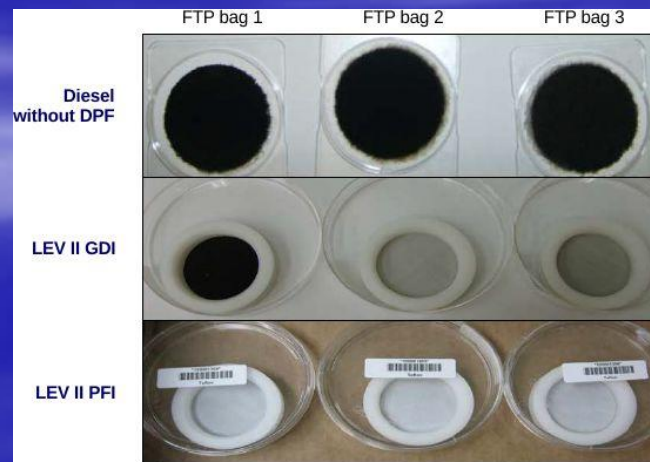
Όρια που έχουν θεσμοθετηθεί για συγκεκριμένους ρύπους

Όρια (Αθήνα) Επιφυλακή - Συναγερμός - Έκτακτη Ανάγκη ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

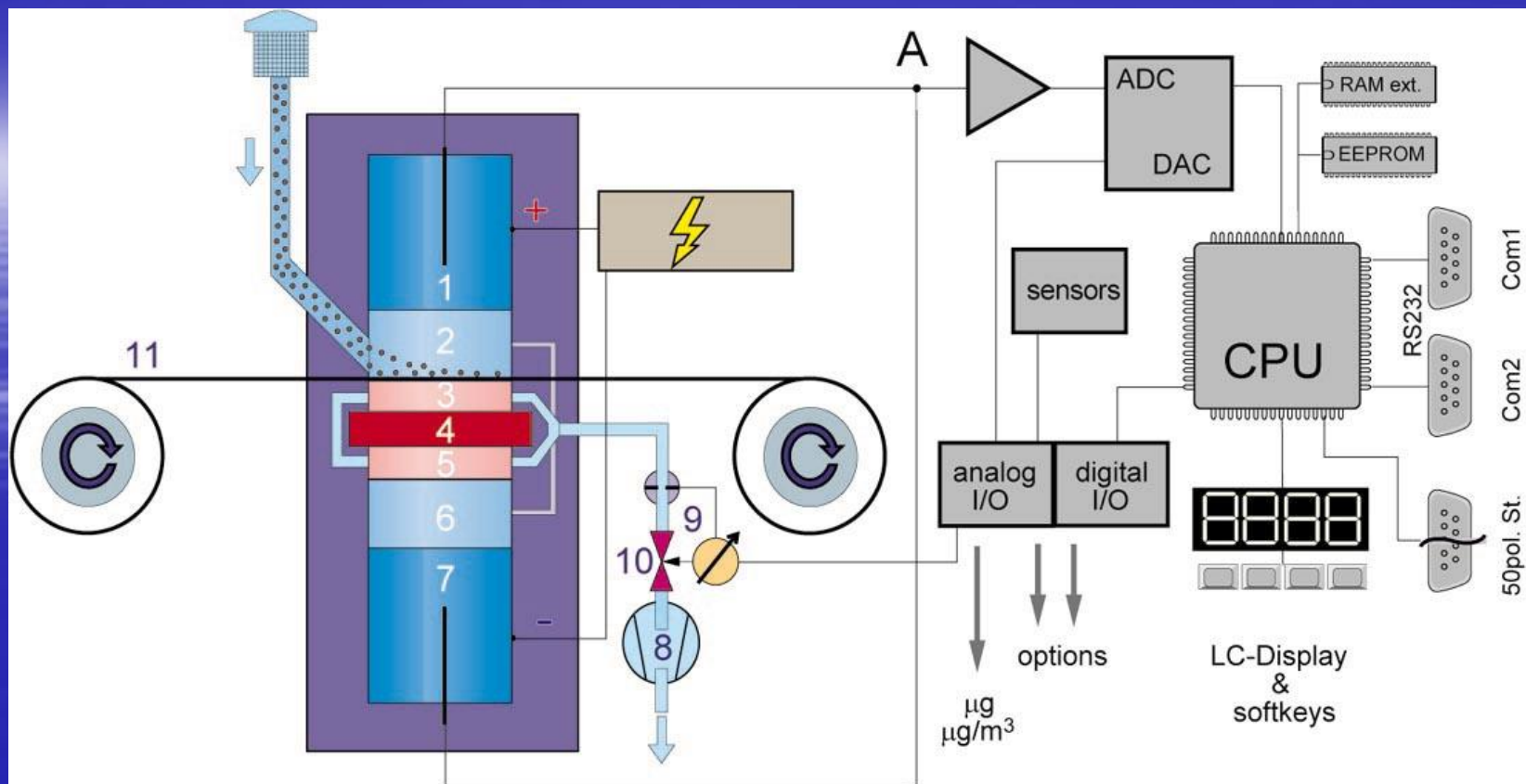
Διοξείδιο θείου	250	400	500
Διοξείδιο αζώτου	200	500	700
Μονοξείδιο άνθρακα	15	25	35
Όζον	180	360	
Αι. σωματίδια	250	400	600
Μόλυβδος	2		

- Τροποσφαιρικό στρατοσφαιρικό οζόν'
 - Πηγές σωματιδίων (δείκτες , διαγνωστικοί λόγοι)
 - Επιπτώσεις (πχ. των PAHs στην ανθρώπινη υγεία)
 - Διασυννοριακή ρύπανση (Sahara events)
-
- Τρόπος δειγματοληψίας / Πρωτόκολλα / standards / πρότυπες χημικές αναλύσεις (αναλυτικές τεχνικές, πιστοποιημένη οργανολογία)

- Κατηγορίες / διάμετρος / ιδιότητες σωματιδίων (κίνηση του και γίνεσθαι)
- Αναγνώριση πηγών εκπομπής / χημική σύσταση
- Δειγματολήπτες και μετρητές
- Φίλτρα και υλικά δειγματοληψίας



- Θέση δειγματοληψίας
- Αλλοιώσεις πάνω στο φίλτρο
- Σφάλματα δειγματοληψίας / ζύγισης / επιμόλυνση / αναλυτικά σφάλματα
- Δειγματοληψία τυφλού (blank)
- Ώρες και χρόνος δειγματοληψίας



Εικόνα 26 Αρχή λειτουργίας του οργάνου μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων FH 62 I-R, τα βασικά μέρη του οποίου είναι: (1) Θάλαμος μέτρησης ιονισμού, (2) Θάλαμος I συλλογής σωματιδίων και μέτρησης, (3) Θάλαμος II κενού, (4) Πηγή β ακτινοβολίας Kr-85, (5) Θάλαμος αντιστάθμισης II, (6) Θάλαμος αντιστάθμισης I, (7) Θάλαμος αντιστάθμισης ιονισμού. Στη θέση (11) η περιστρεφόμενη φιλτροταινία συλλογής της σωματιδιακής ύλης.



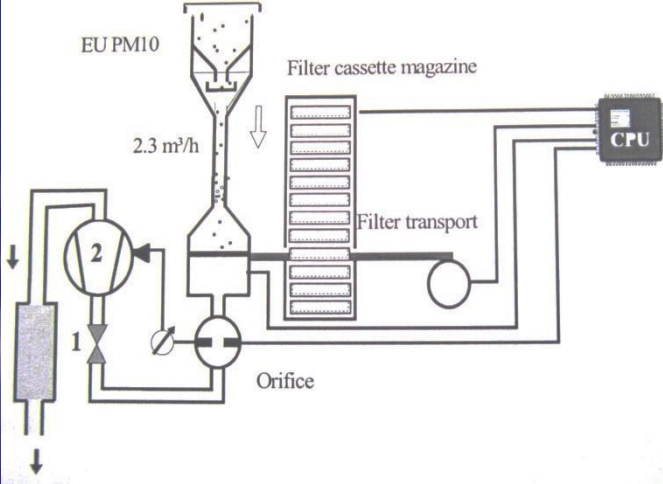
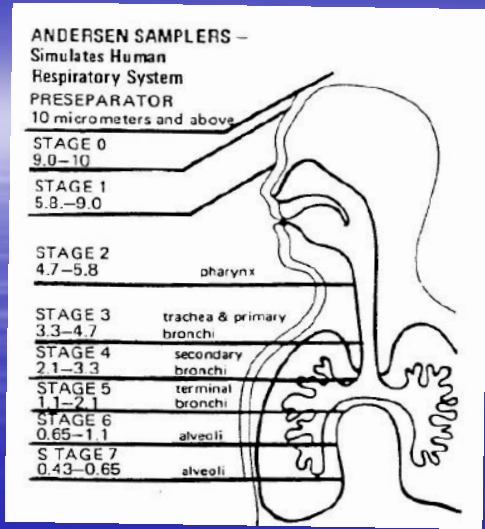


- Οργανολογία για μέτρηση γ ακτινοβολίας (φυσικής προέλευσης) και ραδονίο

οζονόμετρο (Horiba, Japan)

μετεωρολογικός σταθμός (on-line μετρήσεις)

Stage 0 = 9,0
Stage 1 = 5,8
Stage 2 = 4,7
Stage 3 = 3,3
Stage 4 = 2,1
Stage 5 = 1,1
Stage 6 = 0,7
Stage 7 = 0,4



Στοιχεία της στατιστικής μεγέθους σωματιδίων και των κατανομών μεγέθους

TABLE 4.1 Example of Grouped Data

Size Range ^a (μm)	Count	Fraction/ μm	Percent	Cumulative Percent
0-4	104	0.026	10.4	10.4
4-6	160	0.080	16.0	26.4
6-8	161	0.0805	16.1	42.5
8-9	75	0.075	7.5	50.0
9-10	67	0.067	6.7	56.7
10-14	186	0.0465	18.6	75.3
14-16	61	0.0305	6.1	81.4
16-20	79	0.0197	7.9	89.3
20-35	90	0.0060	9.0	98.3
35-50	17	0.0011	1.7	100.0
>50	0	0.0	0.0	100.0
Total	1000		100.0	

^aIntervals are equal to or greater than the lower limit and less than the upper limit.

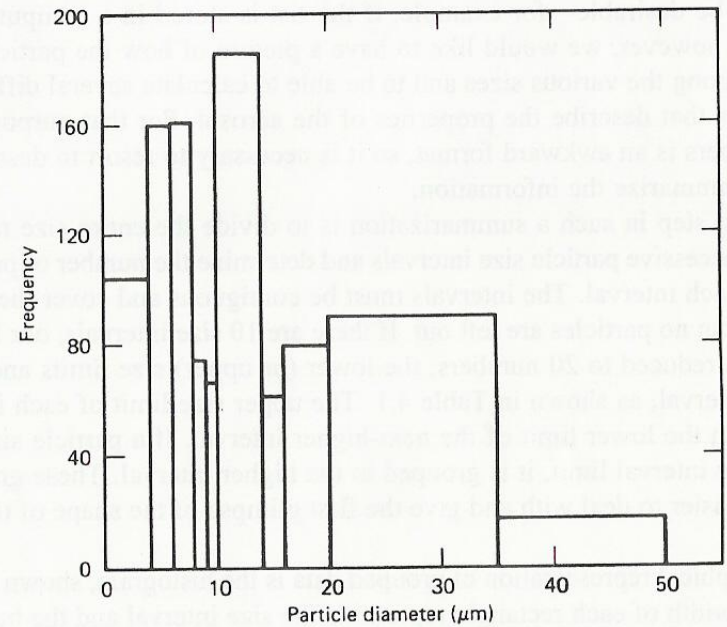
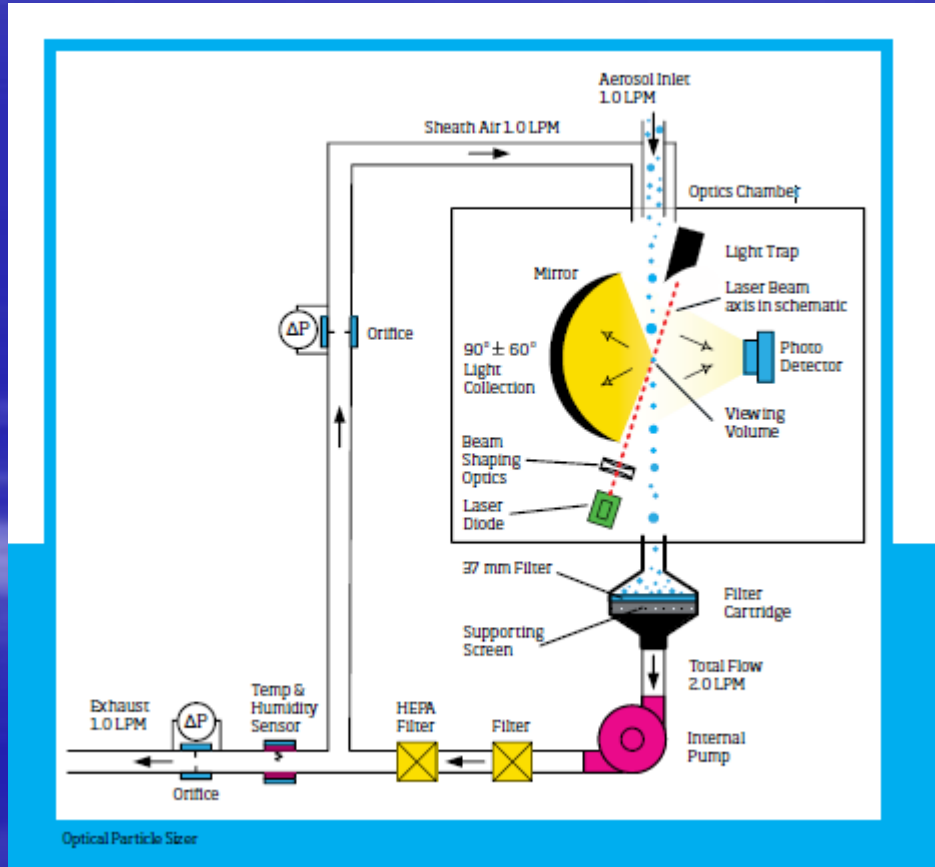
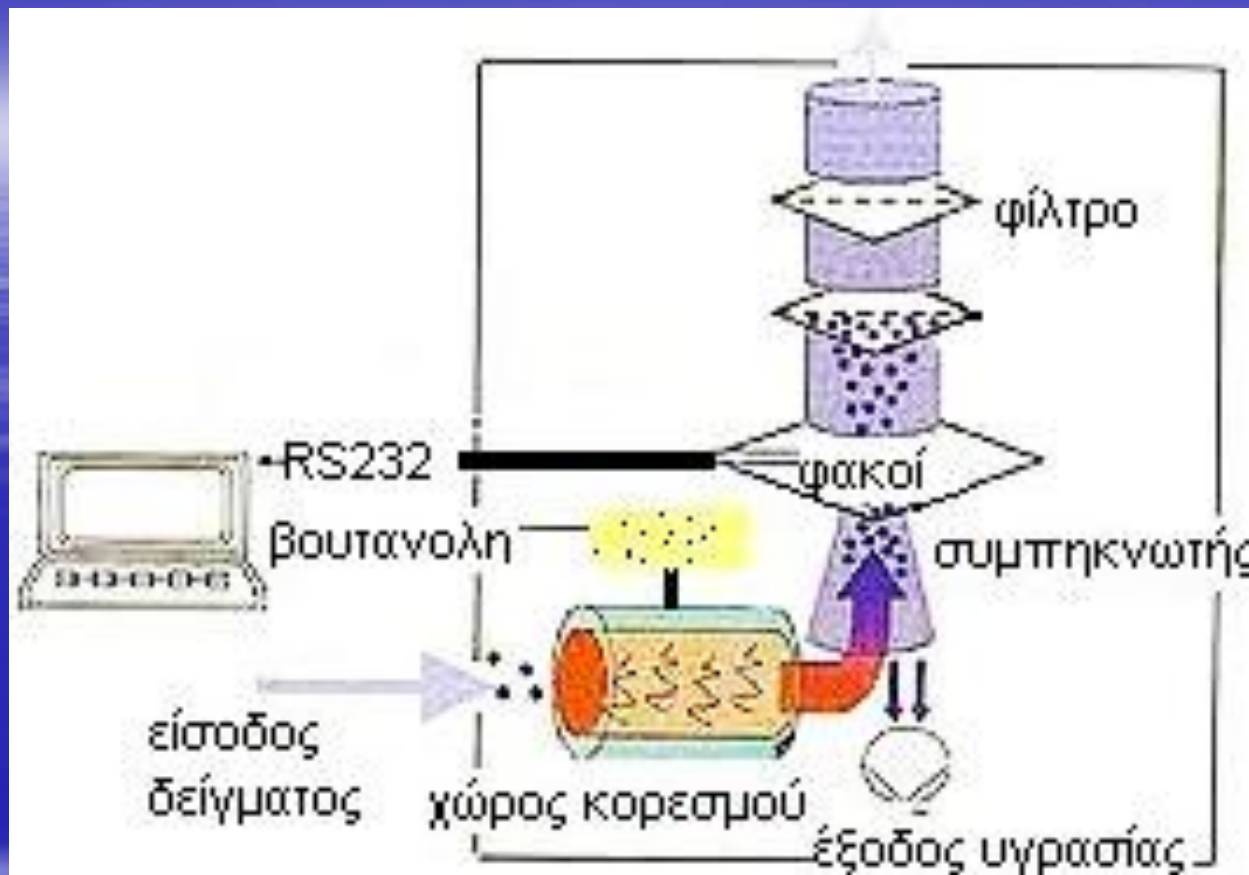


FIGURE 4.1 Histogram of frequency versus particle size.

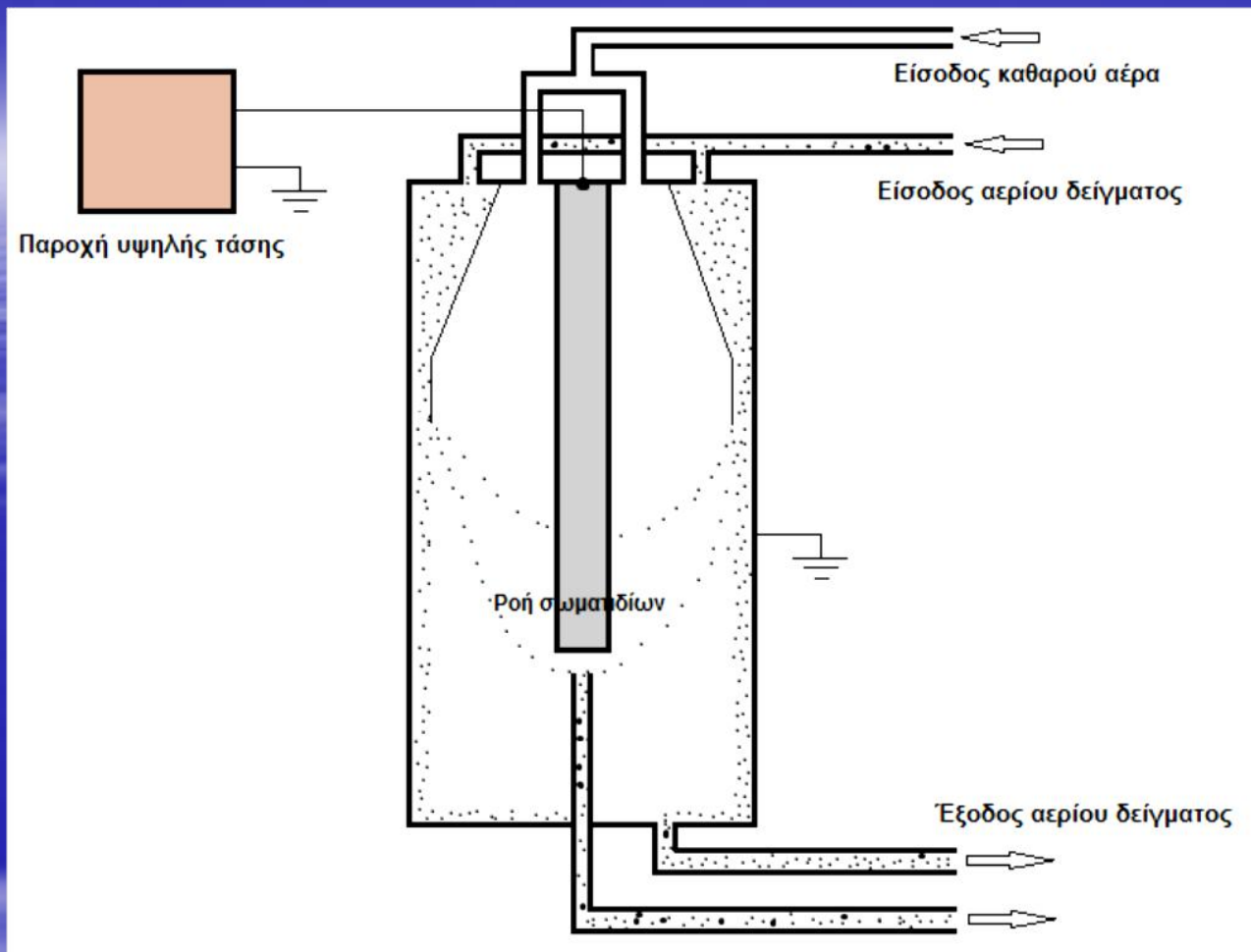




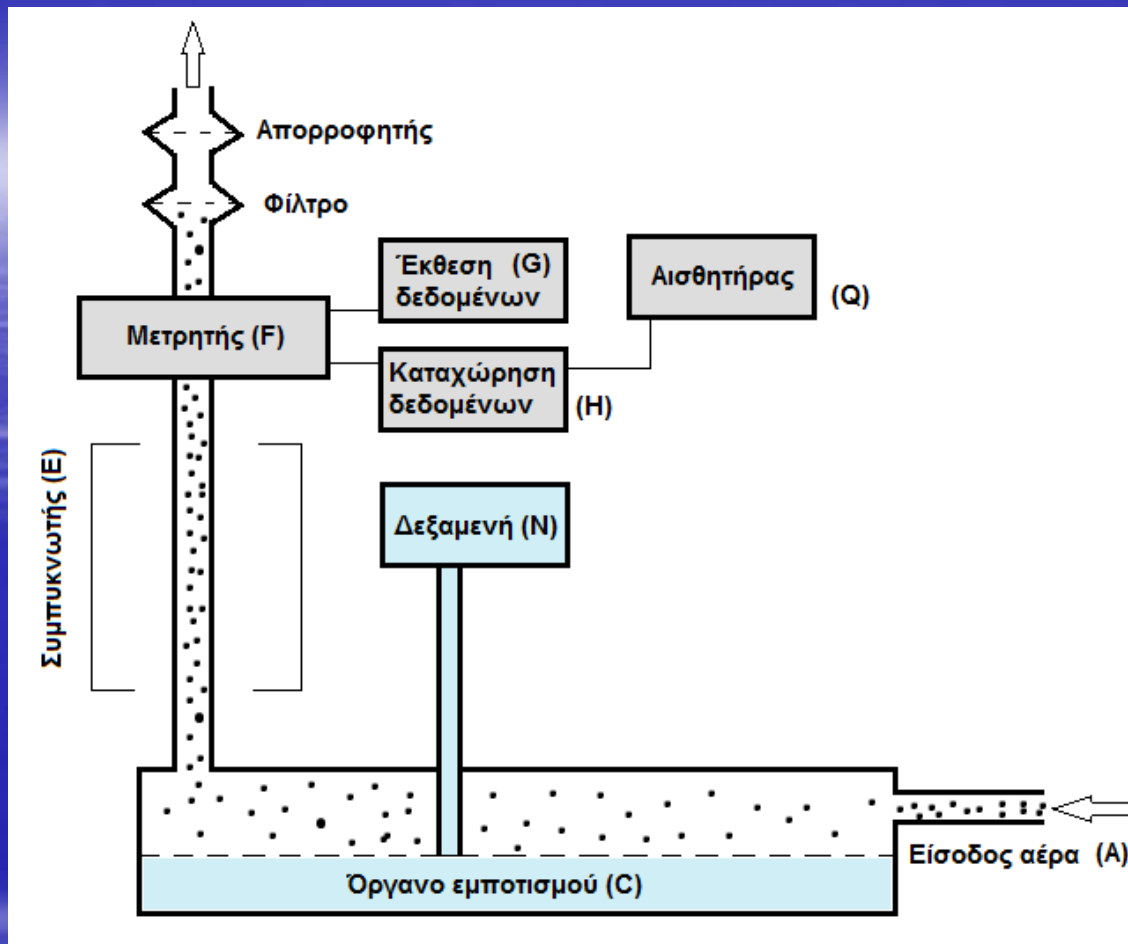
Εικόνα 28 Το όργανο μέτρησης του πλήθους των ατμοσφαιρικών αιωρούμενων σωματιδίων που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία (CPC – DMA, SMPS, GRIMM).



Εικόνα 29 Διάγραμμα ροής και τα βασικά μέρη του οργάνου μέτρησης του πλήθους των λεπτών και υπέρλεπτων σωματιδίων.



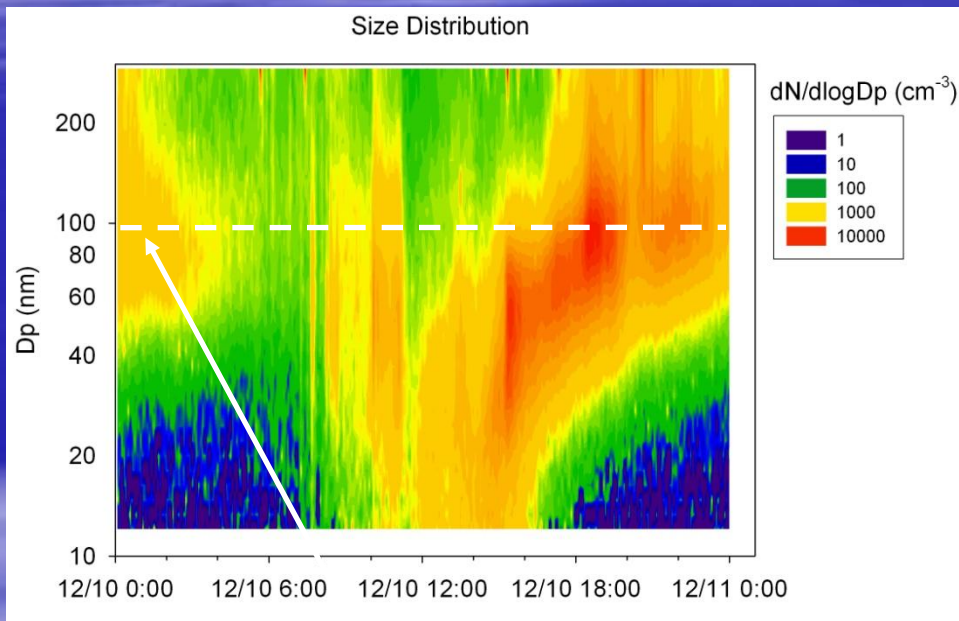
Εικόνα 30 Όψη εγκάρσιας τομής του διαφορικού αναλυτή σωματιδίων (DMA).



Εικόνα 31 Διαγραμματική αναπαράσταση του οργάνου καταγραφής σωματιδιακών αριθμητικών κατανομών (CPC).

One important, and poorly understood, source of Cloud Condensation Nuclei is new particle formation

BEACHON Manitou Forest Observatory New Particle Formation event on Dec 10, 2008

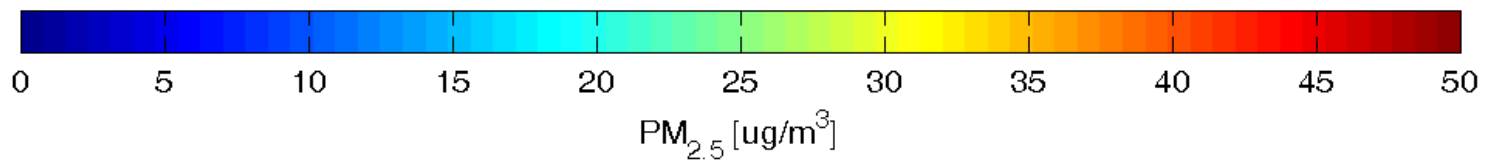
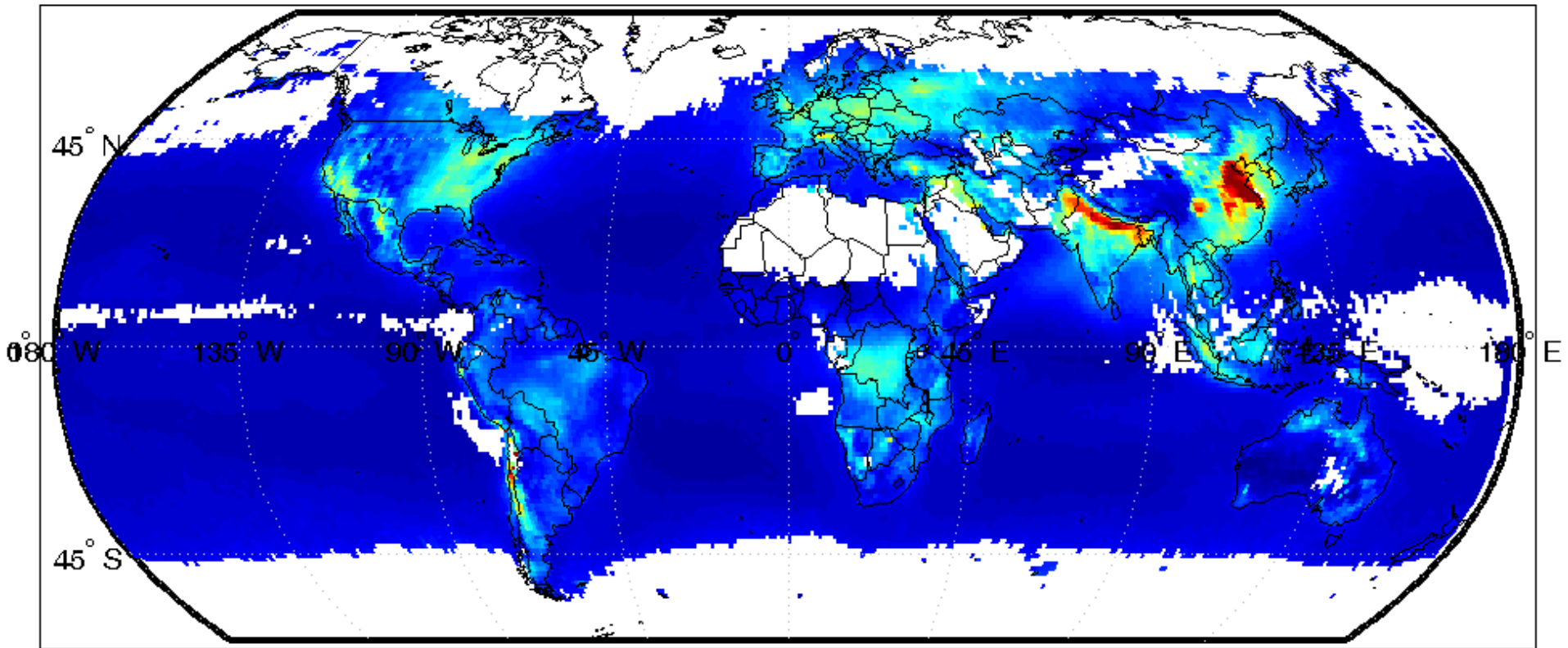


diameter that can activate
into a cloud droplet at
0.2% supersaturation

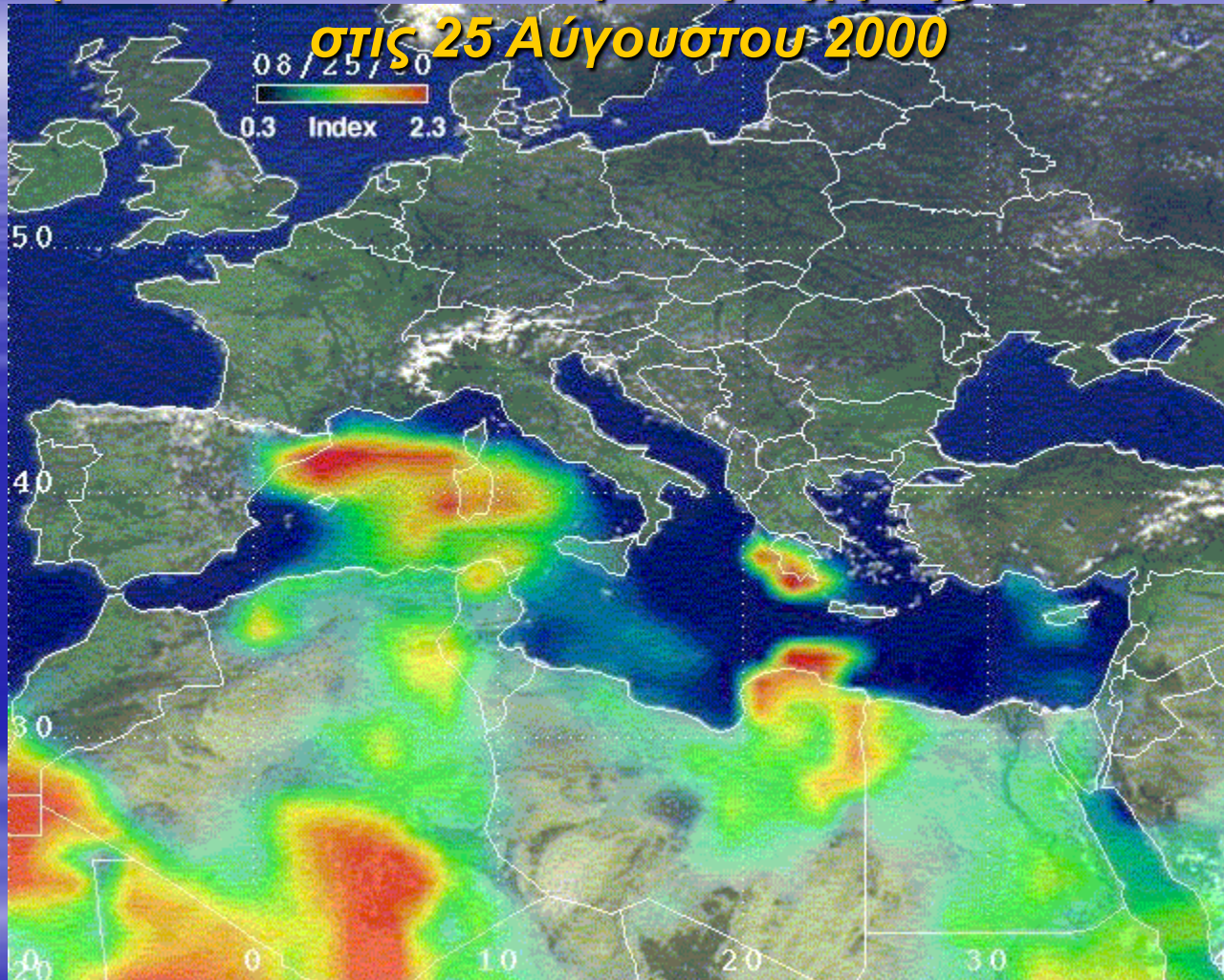
Smith, unpublished

- Model estimates suggest that **new particle formation** can contribute up to **40%** of the CCN at the boundary layer, and **90%** in the remote troposphere (Pierce and Adams, ACP, 2007).
- New particle formation** is estimated to add as much as a **8 times** more particles to the remote southern ocean atmosphere than anthropogenic primary particles (Spracklen et al., ACP, 2006).

Annual mean PM_{2.5} concentration (2002) derived from MODIS satellite instrument data

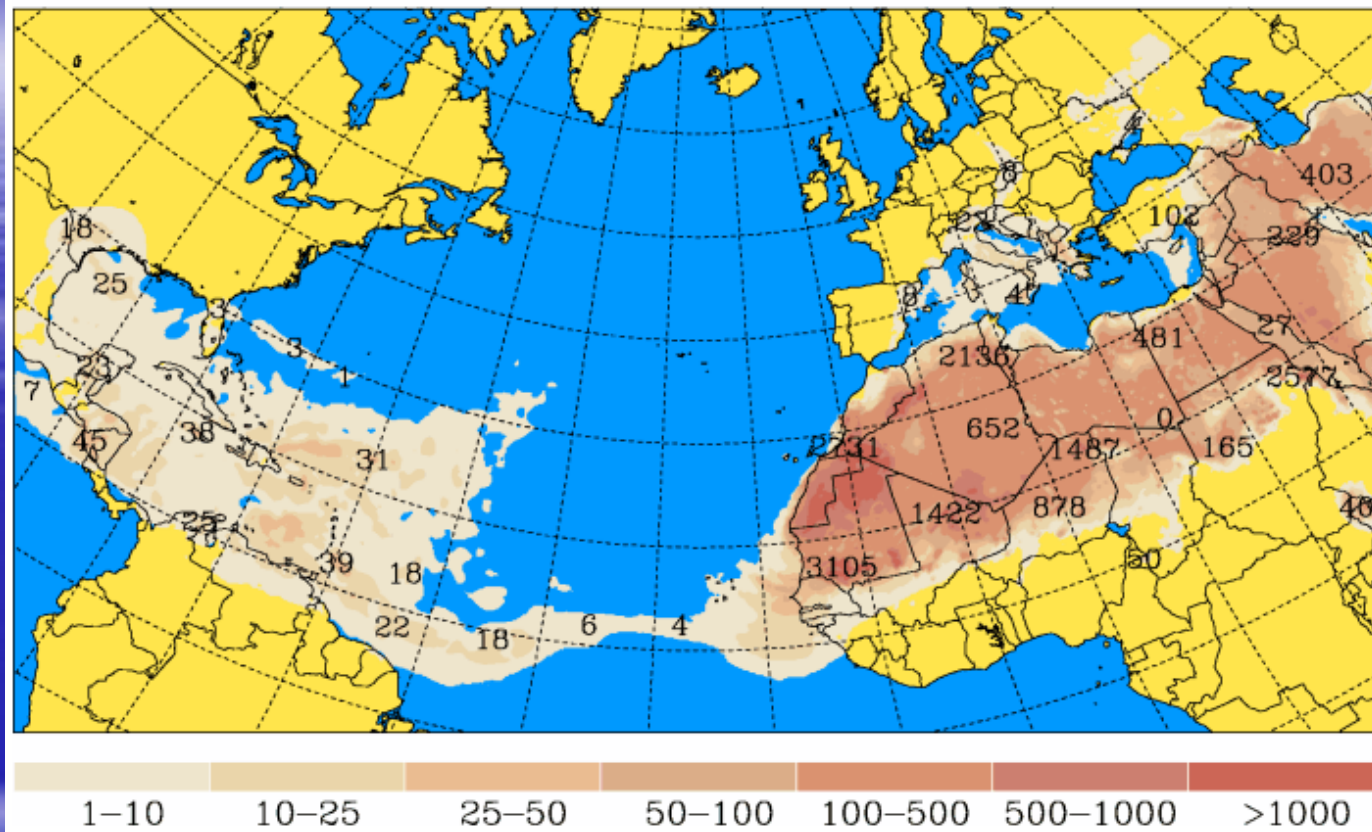


**Μετρήσεις του δείκτη αεροσόλ από δορυφορικές μετρήσεις
(TOMS) πάνω από την περιοχή της Μεσογείου
στις 25 Αύγουστου 2000**

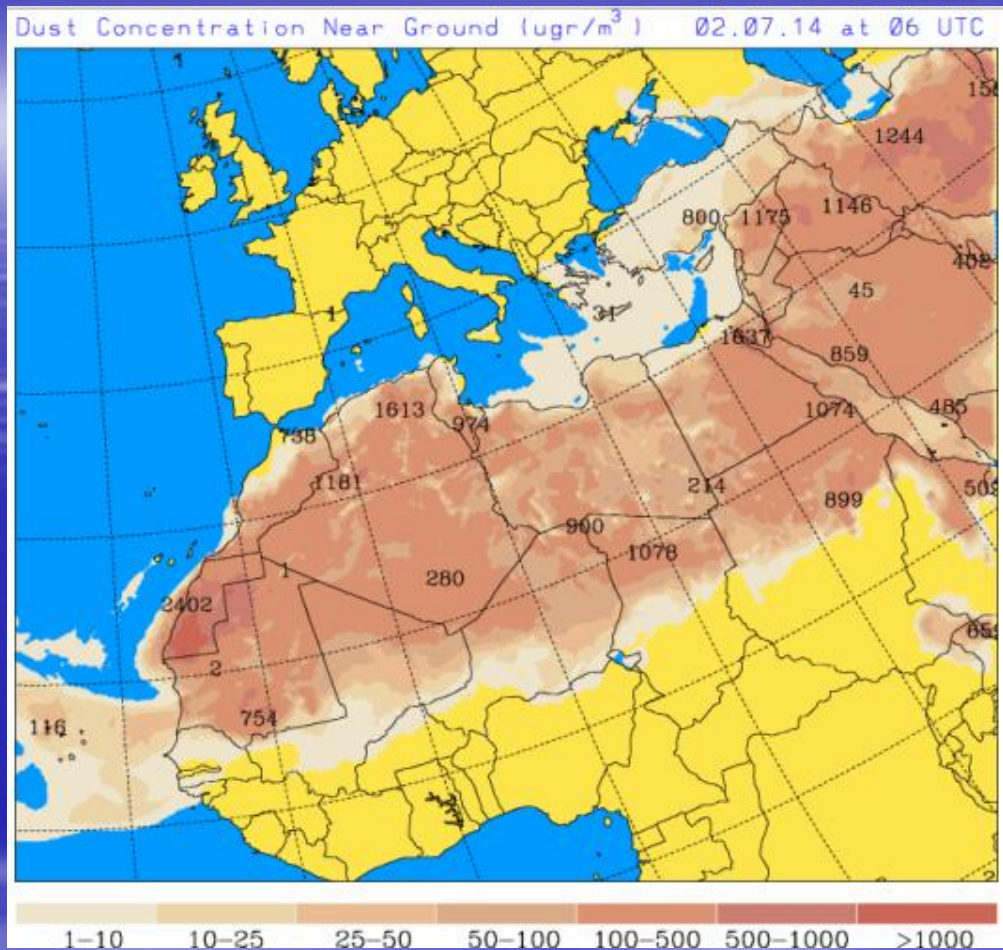




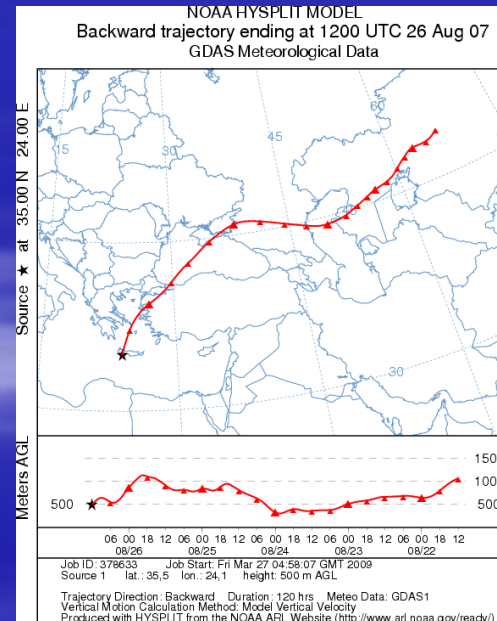
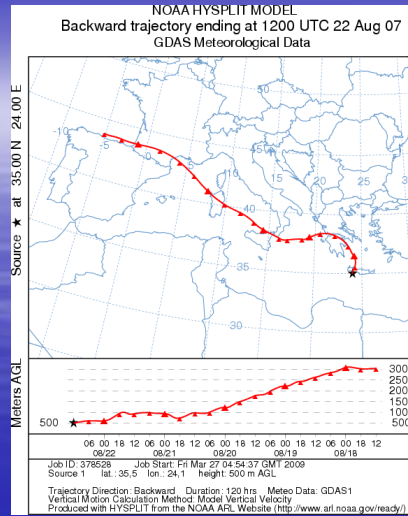
Εικόνα 32 Νέφη και αιωρούμενος κονιορτός όπως φωτογραφήθηκαν από τους δορυφόρους της NASA την 18^η Φεβρουαρίου 2010 πάνω από την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου (Πηγή: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on NASA's Terra satellite, 11:15 π.μ. τοπική ώρα).



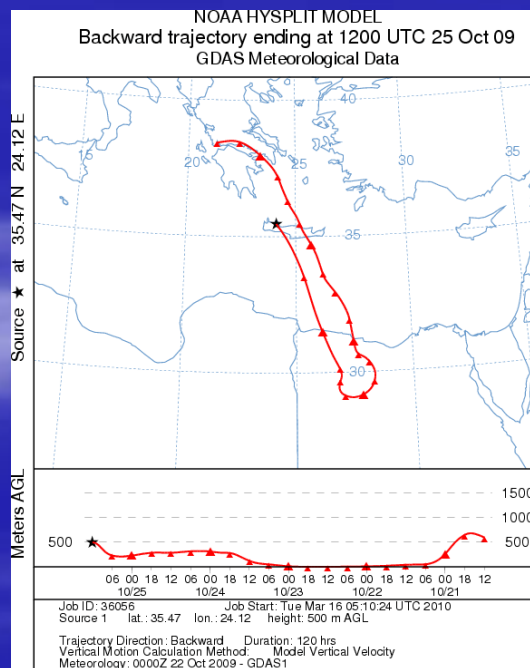
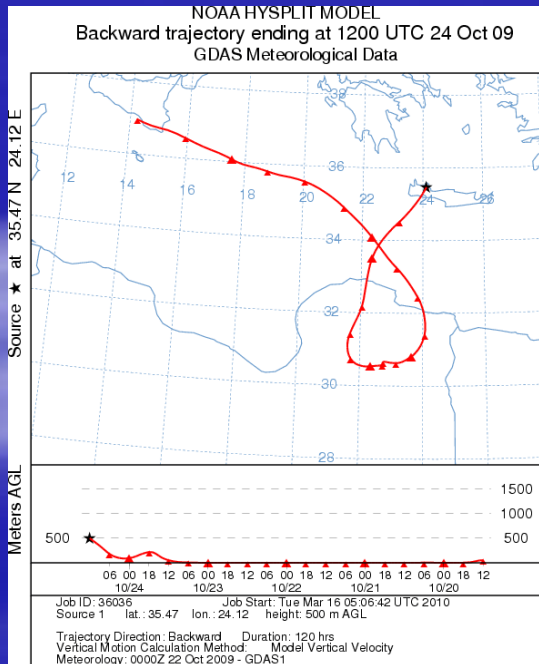
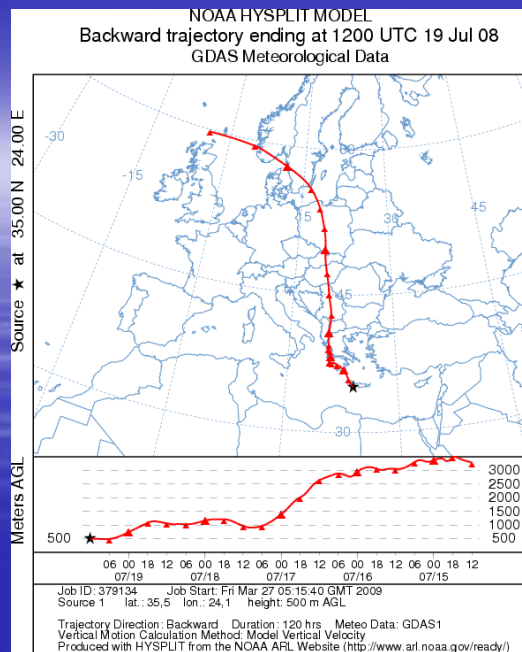
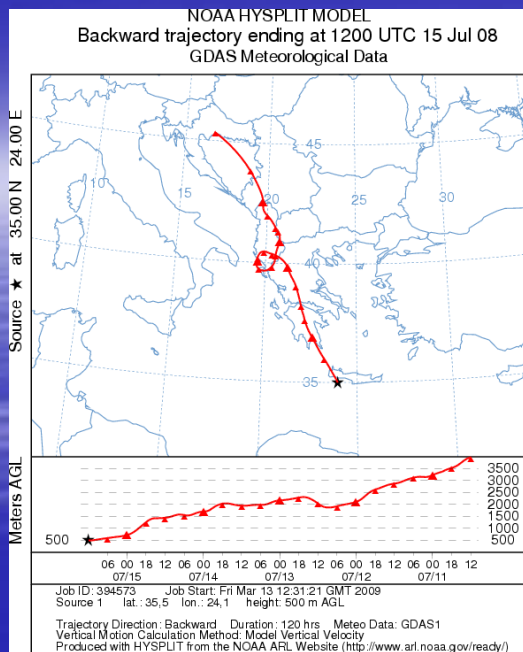
Εικόνα 33 Φωτογραφική πρόγνωση του προγράμματος ΣΚΙΡΩΝ για την 7^η Ιουλίου 2014. Όπως φαίνεται υπάρχει πρόγνωση μεταφοράς σκόνης από την βόρεια Αφρική σε περιοχές μέχρι την Καραϊβική και την κεντρική Αμερική.



Εικόνα 34 Παράδειγμα μεταφοράς σκόνης από την βόρεια ζώνη της Αφρικής προς την ανατολική Μεσόγειο, την 2^α Ιουλίου 2014. Παρατηρείται μικρή συνεισφορά της αφρικανικής σωματιδιακής ύλης στην περιοχή της Κρήτης, η οποία κινείται στην κλίμακα $1-10\mu\text{gr}/\text{m}^3$.



Εικόνα 55
Δορυφορικές φωτογραφίες και οι αντίστοιχες οπισθοπορείες για ημέρες με έντονες δασικές πυρκαγιές στην περιοχή της Σικελίας και της κεντρικής Ελλάδας. Διακρίνεται η μεταφορά ρύπων που παράγονται στις εστίες πυρκαγιάς, σε μεγάλες αποστάσεις (διασυνοριακή ρύπανση).



Εικόνα 58 Χαρακτηριστικές περιπτώσεις απεικονίσεων οπισθοπορείας, με τις αέριες μάζες να προέρχονται από διαφορετικές περιοχές (βόρεια Ευρώπη, βόρεια Αφρική). Παρουσιάζει ενδιαφέρον και το ύψος στο οποίο κινείται η αέρια μάζα, προτού προσεγγίσει την Κρήτη

