

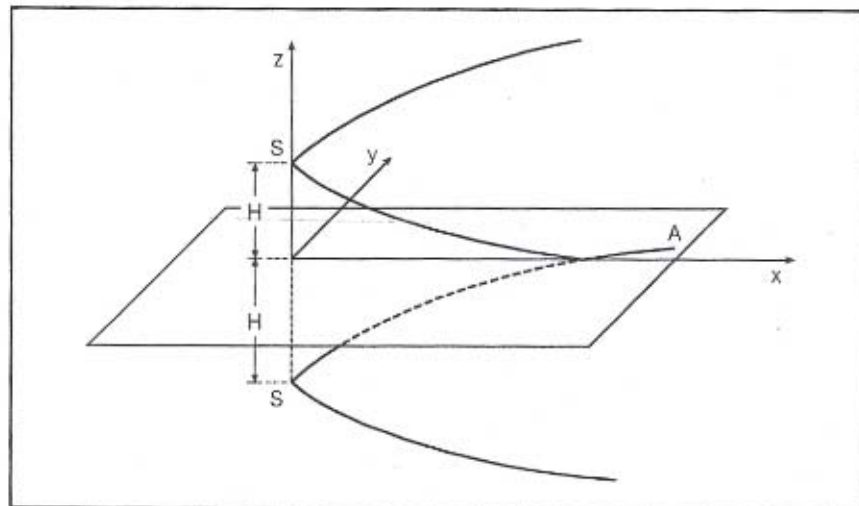
ΑΣΚΗΣΗ 4

ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ – ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΚΑΠΝΟΜΙΧΛΗΣ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Υπολογισμός των συγκεντρώσεων ρύπανσης από σημειακές πηγές

Στην πράξη οι σημειακές πηγές βρίσκονται όχι σε απέραντο χώρο αλλά κοντά στο έδαφος. Το έδαφος θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν μια αδιαπέρατη επιφάνεια και η παρουσία του θα μπορούσε να αποδοθεί με μια φανταστική πηγή κάτω από το έδαφος σε απόσταση ίση με το ύψος της πηγής (Σχήμα 1.1).



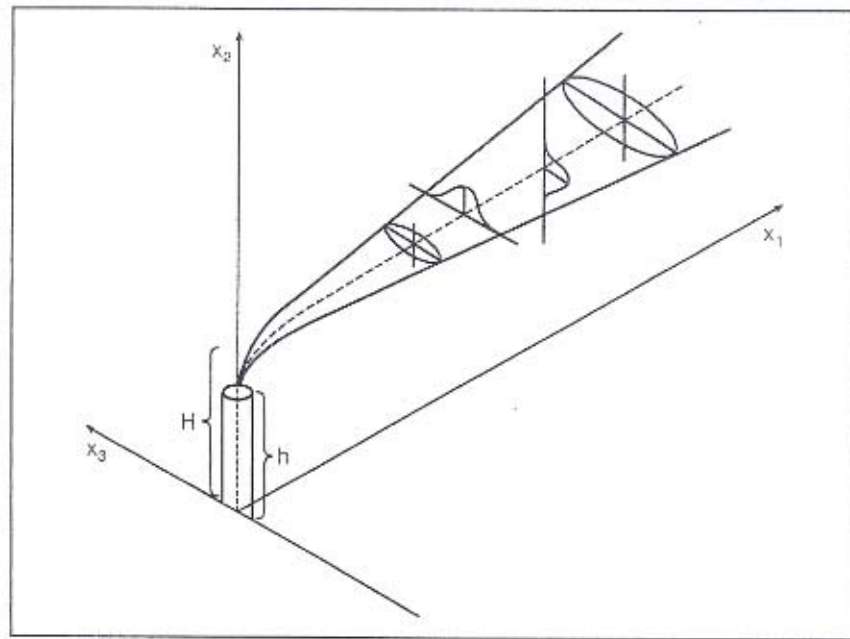
Σχ. 1.1.

Στο σημείο A η συγκέντρωση θα είναι το άθροισμα της S και της \bar{S} δηλαδή

$$C(\vec{x}) = \frac{S}{2\pi\sigma_y\sigma_z U} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \cdot \left\{ \exp\left[-\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (1.1)$$

Το πραγματικό ύψος της καμινάδας, h , δεν είναι αναγκαστικά ίσο με το H , γιατί αν τα απόβλητα έχουν είτε ορμή είτε άνωση, θα προχωρήσουν προς τα επάνω και θα ανεβούν ένα ύψος επιπλέον ΔH (Σχήμα 1.2), δηλαδή:

$$H = h + \Delta H \quad (1.2)$$



Σχ. 1.2.

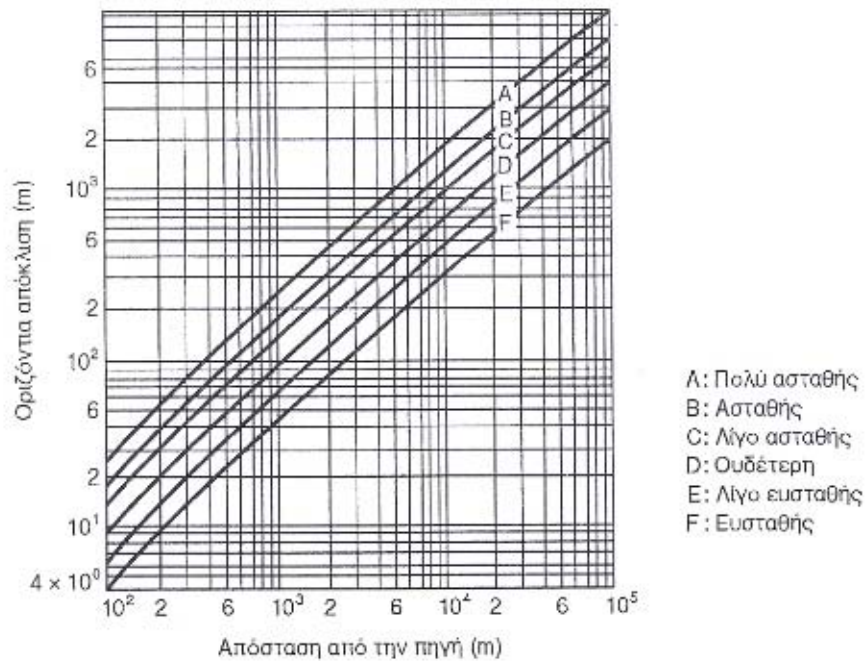
Για να προσδιορίσουμε τη ρύπανση από ένα αριθμό σημειακών πηγών (πχ. από 10 καμινάδες εργοστασίων) αρκεί να προσθέσουμε τις συγκεντρώσεις από κάθε πηγή. Αυτό θα είναι δυνατόν αν ξέρουμε τις αποκλίσεις $\sigma_y(x_1 - x_{10})$, $\sigma_z(x_1 - x_{10})$, το ύψος της καμινάδας h και ΔH , το ρυθμό εκπομπής και την ταχύτητα u . Οι αποκλίσεις έχουν προσδιορισθεί βάσει της ευστάθειας της ατμόσφαιρας από πειράματα και δίνονται στα Σχήματα 1.3 και 1.4. Οι κατηγορίες ευστάθειας A έως F οι λεγόμενες Pasquill - Gifford μπορούν να βρεθούν από τις μετεωρολογικές παραμέτρους βάσει του αλγορίθμου που δίνεται μαζί με τα σχήματα. Το μόνο που χρειάζεται τώρα είναι το ύψος ΔH λόγω άνωσης ή ορμής. Έχουν προταθεί διάφορες εξισώσεις γι' αυτό, και δύο από τις πιο παραδεκτές είναι οι εξής:

$$\text{Εξίσωση CONCAWE:} \quad \Delta H = 0.175 Q_H^{1/2} / u^{3/4} \quad (1.3)$$

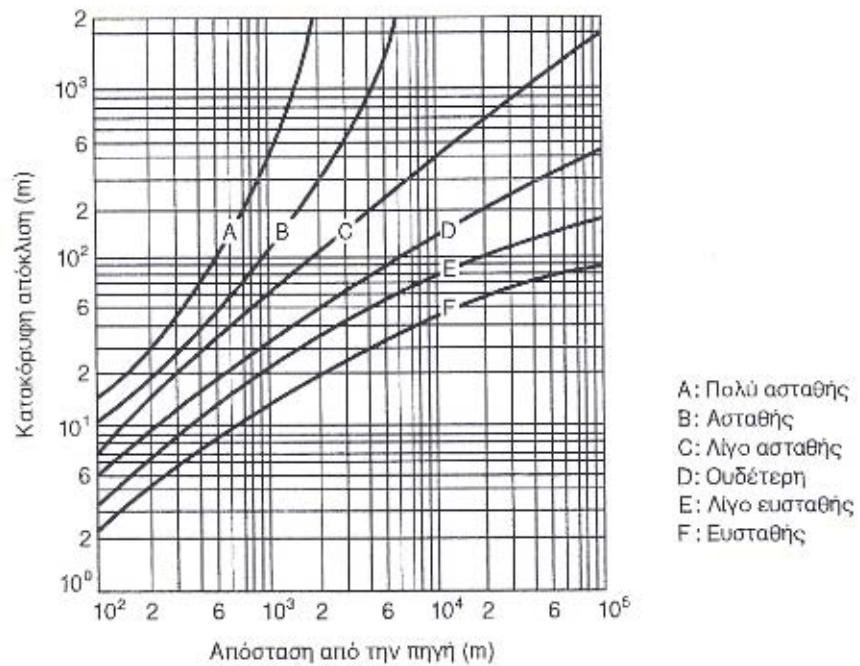
$$\text{Εξίσωση HOLLAND:} \quad \Delta H = (1.5 V_s d + 4 \times 10^{-5} Q_H) / u \quad (1.4)$$

όπου V_s = ταχύτητα εξόδου (m/s)
 d = διάμετρος καμινάδας (m)
 Q_H = θερμότητα που εκλύεται (Cal/s)
 u = ταχύτητα ανέμου (m/s)

Γραφικός προσδιορισμός της οριζόντιας και κατακόρυφης απόκλισης των εκροών ρύπανσης από σημειακή πηγή βάσει της ατμοσφαιρικής ευστάθειας



Σχ. 1.3.



Σχ. 1.4.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΚΑΤΑ PASOUIL - GIFFORD

Κατηγορίες ευστάθειας	Άνεμος (m/s)	Ημερήσια Ακτινοβολία			Νυκτερινές συνθήκες	
		Δυνατή	Μόση	Άσθενής	Νέφωση $\geq 4/8$	Νέφωση $< 3/8$
A = πολύ ασταθής	< 2	A	A-B	B	-	-
B = ευσταθής						
C = λίγο ασταθής	2	A-B	B	C	E	F
D = ουδέτερη	4	B	B-C	C	D	E
E = λίγο ευσταθής	6	C	C-D	D	D	D
F = ευσταθής	> 6	C	D	D	D	D

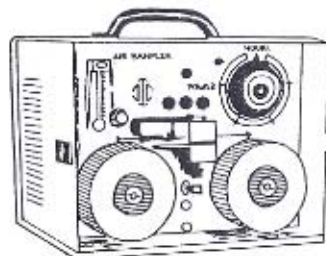
Μέθοδοι μέτρησης σωματιδιακών ρύπων

Στο βιβλίο της ίδιας, σε αντίστοιχο κεφάλαιο έχουν περιγραφεί όλες οι σύγχρονες μέθοδοι καταγραφής των σωματιδιακών ρύπων. Για τις ανάγκες της παρούσας άσκησης θα περιγραφεί μια πολύ απλή μέθοδος καταγραφής της καπναιθάλης. Αυτή στηρίζεται στα φαινόμενα εξασθένησης της ακτινοβολίας από την παρουσία του σωματιδιακού υλικού. Η αρχή λειτουργίας της στηρίζεται στη διήθηση του ρυπασμένου αέρα, μέσα από ειδικά φίλτρα. Αυτά πρέπει να είναι λεπτά και να έχουν μεγάλη ικανότητα προσρόφησης, για να κατακρατούν όλα τα σωματίδια του ρυπασμένου αέρα, ο οποίος εξαναγκάζεται (αντλούμενος με ειδικά όργανα) να περάσει μέσα απ' αυτά.

Θα περιγράψουμε εδώ την αρχή της λειτουργίας ενός τέτοιου οργάνου, του δειγματολείπτη καπνού (Smoke) της Thetadyne και του εκτιμητή κηλίδων της ίδιας εταιρείας.

Ο ρυπασμένος αέρας με τη βοήθεια μιας απορροφητικής αντλίας εξαναγκάζεται να περάσει μέσω ενός φίλτρου υπό μορφή ταινίας (Whatman No 4), όπου και γίνεται η κατακράτηση των σωματιδίων Smoke.

THETADYNE AIR SAMPLER



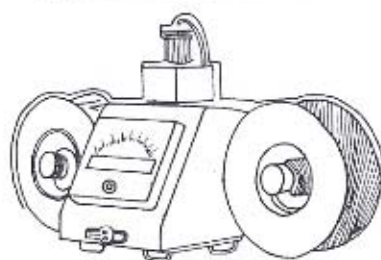
Σχ. 1.5. Μετρητής Καπναιθάλης.

Το όργανο ρυθμίζεται για μια συγκεκριμένη παροχή και έτσι είναι πάντοτε γνωστός ο όγκος του διερχόμενου αέρα. Η κηλίδα μετατοπίζεται από τη θέση καταγραφής της, με ειδικό χρονοδιακόπτη, σε επιθυμητά χρονικά διαστήματα από 10 λε -

πτά έως 24 ώρες (Σχήμα 1.5). Η εκτίμηση των κηλίδων για τον προσδιορισμό της διαπερατότητας του φίλτρου (η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε μονάδες συγκεντρώσεων Spoke) γίνεται με ειδικό εξάρτημα του οργάνου [εκτιμητής κηλίδων - Spot evaluator (Σχήμα 1.5)].

Στο σημείο που δείχνει το τόξο, τυλίγεται η ταινία. Η καταγραφή γίνεται στο χώρο ανάμεσα στους δύο κυλίνδρους. Οι κηλίδες εδώ είναι διαμέτρου 1" (τόσο κενό αφήνει ο κύλινδρος).

THE TADYNE SPOT EVALUATOR



Σχ. 1.6. Εκτιμητής Κηλίδων.

Το ποσό της ρύπανσης που έχει απορροφηθεί από κάθε φίλτρο, προσδιορίζεται με ανάλυση των φίλτρων με χημικές ή φωτομετρικές μεθόδους. Αυτό το ποσό ρύπανσης στο φίλτρο, μπορεί να μετατραπεί στο αντίστοιχο ποσό ρύπανσης μιας συγκεκριμένης αέριας μάζας, σε συγκεκριμένο χρόνο, δεδομένου ότι είναι γνωστός ο όγκος του αέρα που μπαίνει στο όργανο στη μονάδα του χρόνου.

Από τις δύο μεθόδους ανάλυσης των φίλτρων, χημική και φωτομετρική, συνηθέστερα χρησιμοποιείται η δεύτερη και θα περιγράψουμε εδώ την αρχή λειτουργίας της.

Το φίλτρο τοποθετείται σ' έναν αναλυτή κηλίδων, ο οποίος ρίχνει επάνω του το λευκό φως πυράκτωσης μιας φωτεινής πηγής γνωστής έντασης. Η φωτεινή δέσμη περνώντας μέσα από το φίλτρο εξασθενεί τόσο περισσότερο όσο περισσότεροι είναι οι κατακρατηθέντες σωματιδιακοί ρύποι.

Αν I_0 και I είναι η ένταση του προσπίπτοντος και του διερχόμενου φωτός αντίστοιχα, τότε το πηλίκο $\Delta = I/I_0$ καλείται διαφάνεια (Transmittancy), και ο δεκαδικός λογάριθμος του αντίστροφου της Δ καλείται οπτική πυκνότητα (Optical density: O.D.).

$$\text{O.D.} = \log \frac{I_0}{I} \quad (1.5)$$

Αυτή η σχέση εκφράζει την οπτική πυκνότητα του φίλτρου. Υπάρχει και ένα άλλο μέγεθος όμως που πιο απλά εκφράζει το ποσό των ρύπων στο φίλτρο. Αυτό είναι η διαπερατότητα T που εκφράζει %, το πόσο διαπερατή είναι η κηλίδα. Η T εκφράζει στη σχέση (1.5) τον παρανομαστή I , αν θέσουμε το $I_0 = 100$.

$$\text{O.D.} = \log \frac{100}{T} \quad (1.6)$$

Η διαπερατότητα T μετρείται, σαν καθαρός αριθμός (από 0 μέχρι 100) με φωτόμετρο που υπάρχει στον αναλυτή κηλίδων.

Είναι προφανές ότι όσο πιο μεγάλη είναι η διαπερατότητα του φίλτρου, τόσο μικρότερη είναι η ρύπανση. Για $T = 100$ η ρύπανση είναι ανύπαρκτη.

Για διευκόλυνση στη διεξαγωγή της άσκησης υπάρχει ειδικός πίνακας μετατροπής της μετρούμενης διαπερατότητας T σε μονάδες συγκέντρωσης καπναιθάλης.

Πίνακας 1.1. Μετατροπή της διαπερατότητας T σε C.O.H./1000 γραμμικά πόδια για κηλίδες διαμέτρου 1" στο όργανο Glass Development.

Διαπερατότητα $T\%$	Μετατροπή της T σε Cohs/1000 ft για παροχή 0.250 CF/M	Διαπερατότητα $T\%$	Μετατροπή της T σε Cohs/1000 ft για παροχή 0.250 CF/M
24	8.9	63	3.6
25	8.8	64	3.5
26	8.7	65	3.4
27	8.5	66	3.3
28	8.4	67	3.2
29	8.3	68	3.0
30	8.1	69	2.9
31	8.0	70	2.8
32	7.9	71	2.7
33	7.7	72	2.6
34	7.6	73	2.5
35	7.5	74	2.4
36	7.3	75	2.3
37	7.2	76	2.2
38	7.1	77	2.1
39	6.9	78	2.0
40	6.8	79	1.9
41	6.7	80	1.8
42	6.5	81	1.7
43	6.4	82	1.6
44	6.2	83	1.5
45	6.1	84	1.4
46	6.0	85	1.3
47	5.8	86	1.2
48	5.7	87	1.1
49	5.5	88	1.0
50	5.4	89	0.9
51	5.3	90	0.8
52	5.1	91	0.8
53	5.0	92	0.7
54	4.8	93	0.6
55	4.7	94	0.5
56	4.5	95	0.4
57	4.4	96	0.3
58	4.3	97	0.3
59	4.1	98	0.2
60	4.0	99	0.1
61	3.9	100	0.0
62	3.7		

Ο πίνακας μετατροπής της διαπερατότητας T σε μονάδες ρύπανσης C.O. H/1000 γραμμικά πόδια (C.O.H = Coefficient of Haze = συντελεστής ξηρής αχλύος) προέκυψε από υπολογισμούς βάσει της εξίσωσης:

$$aC.O.H / 1000 = \frac{O.D.}{256V} \quad (1.7)$$

Όπου a είναι ένας συντελεστής μονάδων, V είναι ο όγκος του αέρα που πέρασε από το όργανο σε συγκεκριμένο χρόνο, για συγκεκριμένη παροχή.

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

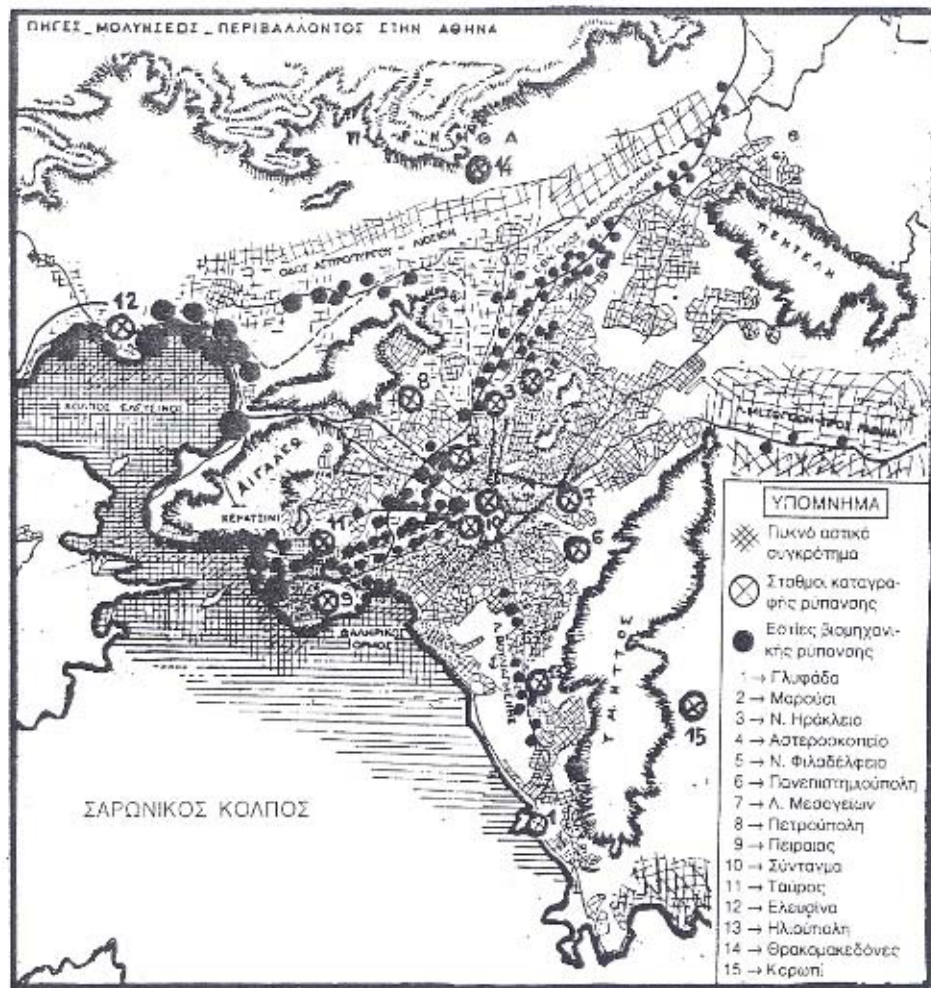
1. Χωρίζονται οι φοιτητές σε ομάδες 3 ατόμων. Κάθε ομάδα παίρνει φίλτρα, στα οποία έχει κατακρατηθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση από καπναιθάλη σε διάφορες περιοχές της Αθήνας. Να γίνουν οι ακόλουθοι υπολογισμοί:
 - α) Να προσδιοριστεί, από κάθε ομάδα, η διαπερατότητα (T) των κηλίδων με το διαπερατόμετρο και να μετατραπούν οι τιμές αυτές, σε τιμές ρύπανσης από καπναιθάλη, βάσει των στοιχείων του Πίνακα 1.1.
 - β) Αφού συγκεντρωθούν από όλους τα στοιχεία όλων των ομάδων υπολογίστε τις ακόλουθες παραμέτρους
 - I. Μέση ημερήσια συγκέντρωση καπναιθάλης κάθε σταθμού.
 - II. Απολύτως μέγιστη και μέση μέγιστη συγκέντρωση καπναιθάλης.
 - III. Απολύτως ελάχιστη και μέση ελάχιστη συγκέντρωση καπναιθάλης.
 - IV. Σε ποιές θέσεις της εξεταζόμενης περιοχής σημειώνονται τα απολύτως μέγιστα και ελάχιστα καθώς και τα μέσα μέγιστα και ελάχιστα των συγκεντρώσεων καπναιθάλης;
 - V. Στο Χάρτη 1.1 του Λεκανοπεδίου Αττικής που σας δίδεται τοποθετείστε τις μέσες τιμές συγκεντρώσεων smoke, που αντιστοιχούν σε κάθε μια από τις 15 θέσεις των σταθμών και χαράξτε τις ισοπληθείς της ρύπανσης. Σχολιάστε τα αποτελέσματα σε συνάρτηση με την αστική εξάπλωση και τις εστίες βιομηχανικής ρύπανσης.
 - γ) Να σχεδιαστούν τα ιστογράμματα της ημερήσιας και ετήσιας κατανομής συγκεντρώσεων καπναιθάλης στην Αθήνα (από τα στοιχεία των Πινάκων 1.2 και 1.3) και να σχολιαστούν.

Πίνακας 1.2. Μέση Ημερήσια Κατανομή των συγκεντρώσεων καπναιθάλης, στη διάρκεια του έτους 1998 από μετρητή εγκατεστημένο στην Πανεπιστημιακή Λέσχη (Ιπποκράτους - Ακαδημίας).

Συγκεντρώσεις Smoke ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	98	100	100	195	200	220	338	451	450	440	340	300	200	200	220	290	295	350	340	270	280	320	200	190
Ώρες	24	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Πίνακας 1.3. Κατανομή των συγκεντρώσεων καπναιθάλης του έτους 1998, από μετρητή στην Πανεπιστημιακή Λέσχη (Ιπποκράτους - Ακαδημίας). Το C_{smoke} είναι σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Μήνες	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
C_{smoke}	195.2	124.3	108.8	131.4	109.6	90.1	112.5	109.1	132.4	125.8	158.3	161.0



Χάρτης 1.1. Χάρτης Ασκανοπεδίου Αττικής. Με τις εστίες βιομηχανικής ρύπανσης και τις θέσεις καταγραφής της ατμ. ρύπανσης από το Εργαστήριο Κλιματολογίας. Η χαρτογράφηση των βιομηχανικών ρυπαντικών εστιών έχει γίνει από το Τ.Ε.Ε., το δε μέγεθος των κηλίδων είναι δηλωτικό του βαθμού ρύπανσης (Μικρή κηλίδα = μικρή ρύπανση. Μεγάλη κηλίδα = μεγάλη ρύπανση).

Ερωτηματολόγιο

1. Πώς αντιλαμβάνεστε το μέγεθος Ο.Δ. (Οπτική Πυκνότητα);
2. Για ποιο λόγο η ρύπανση της ατμόσφαιρας έχει τοπικό χαρακτήρα;
3. Η ένδειξη Διαπερατότητα = 100 σε ποια συμπεράσματα οδηγεί;