

Καζαντζίδης Αναστάσιος Πτυχιακή Εργασία

ΤΕΙ Σερρών

Τμήμα Πληροφορικής Και Επικοινωνιών

Τομέας Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων

Πτυχιακή Εργασία

"Δίκτυο Μέτρησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης"

Επιβλέπων Καθηγητής : Αναστάσιος Παπατσώρης

Μάρτιος 2013

Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή	5
2	Ατμοσφαιρικοί Ρύποι.....	6
2.1	Περιγραφή Ατμοσφαιρικών Ρύπων.....	10
3	Ατμοσφαιρική μόλυνση και επιπτώσεις στην Υγεία.....	12
3.1	Αιωρούμενα Σωματίδια ΑΜ.....	16
3.2	Μέθοδοι μετρήσεων για Αιωρούμενα Σωματίδια. Οδηγίες Π.Ο.Υ.....	19
4	Σχέση μεταξύ έκθεσης και ανταπόκρισης.....	20
4.1	Εκτίμηση επιπτώσεων στην υγεία - ένα παράδειγμα.....	21
5	Σχεδιασμός, Λειτουργία και Εγγυημένη Ποιότητα και Έλεγχος στα Συστήματα Παρακολούθησης.....	22
5.1	Στόχοι παρακολούθησης. Διασφάλιση ποιότητας και ελέγχου.....	23
5.2	Ο ρόλος και λειτουργία της διασφάλισης ποιότητας και ελέγχου.....	25
5.3	Σχεδίαση ενός Δικτύου.....	27
5.4	Διαθεσιμότητα Πόρων και Περιορισμοί.....	28
5.5	Αριθμός και Επιλογή Τοποθεσιών.....	29
5.6	Στρατηγικές Δειγματοληψίας.....	33
5.7	Ζητήματα Οργάνων.....	35
5.8	Λειτουργία Συστημάτων: Αυτόματα Δίκτυα.....	36
5.8.1	Επισκέψεις Τοποθεσιών.....	36
5.8.2	Υποστήριξη και συντήρηση εξοπλισμού.....	37
5.8.3	Βαθμονόμηση Εξοπλισμού.....	38
5.8.4	Διαβαθμονόμηση και έλεγχος.....	38
5.8.5	Λειτουργία Συστήματος: Δίκτυα δειγματολήπτη.....	39
5.8.6	Ανάλυση δειγμάτων.....	39
5.8.7	Βαθμονόμηση συστημάτων δειγματοληψίας.....	40
5.9	Διαχείριση Δεδομένων.....	40
5.9.1	Επισημοποίηση δεδομένων.....	41
5.9.2	Επικύρωση δεδομένων.....	41
5.9.3	Παραγωγή πληροφορίας από τα δεδομένα.....	43
6	Ελληνική Νομοθεσία.....	44
6.1	Αντιμετώπιση Επεισοδίων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	45
7	Ανιχνευτές Αερίων στην Αγορά - Επισκόπηση.....	46

7.1	Εισοδήματα από την Αγορά	47
7.2	Ηλεκτροχημικοί Αισθητήρες	47
7.3	Καταλυτικοί Αισθητήρες	49
7.4	Δίχως διασπορά αισθητήρας υπερύθρων.	49
7.4.1	Υπέρυθρος Αναλυτής Αερίων	50
7.4.2	Αισθητήρας Σημείου Υπερύθρων	52
8	Έρευνα Αγοράς .Ολοκληρωμένες λύσεις για την παρακολούθηση ρύπων.	52
8.1	Enviro Technology	52
8.1.1	ET Traffic Box.....	52
8.1.2	ET RoadBox	56
8.1.3	Συστήματα παρακολούθησης ποιότητας αέρα από την ET	58
8.1.4	Διάφοροι αναλυτές αερίων από την ET	59
8.1.5	Μερικοί Αναλυτές Καυσαερίων	61
8.2	Campbell Scientific, INC.....	67
8.3	Echotech	69
8.3.1	Χειροκίνητη Αισθητήρες AM.....	69
8.4	Όργανα της Met One.....	73
	BAM-1020 AM	73
8.4.1	E-Sampler.	76
8.5	Aeroqual.....	78
8.5.1	AQM 60.	78
8.5.2	AQM10.	82
9	Προτεινόμενες Λύσεις για το Εργαστήριο Επικοινωνιών.....	84
9.1	Aerocet 531 Μετρητής Χειρός Αιωρούμενων σωματιδίων.	84
10	Μετεωρολογία και Αέρια Ρύπανση.	87
11	Το μαθηματικό Μοντέλο Ατμοσφαιρικής Διασποράς	90
12	Μοντέλο Gauss:Κώδικας σε Matlab.....	93
12.1.1	Αποτελέσματα	96
13	Βιβλιογραφία.....	99

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1.1	Συσκευή μέτρησης αιρούμενων σωματιδίων του John Aitken.....	5
Εικόνα 2.1	Η βιομηχανία είναι κύρια πηγή ατμοσφαιρικών ρύπων	8
Εικόνα 2.2	Χαρακτηριστική περίπτωση καμινάδας (plume).....	9
Εικόνα 2.3	Ρύποι που προέρχονται από αυτοκίνητα	9
Εικόνα 4.1	Σχέση έκθεσης σε ρύπους με τις επιπτώσεις στην υγεία	21

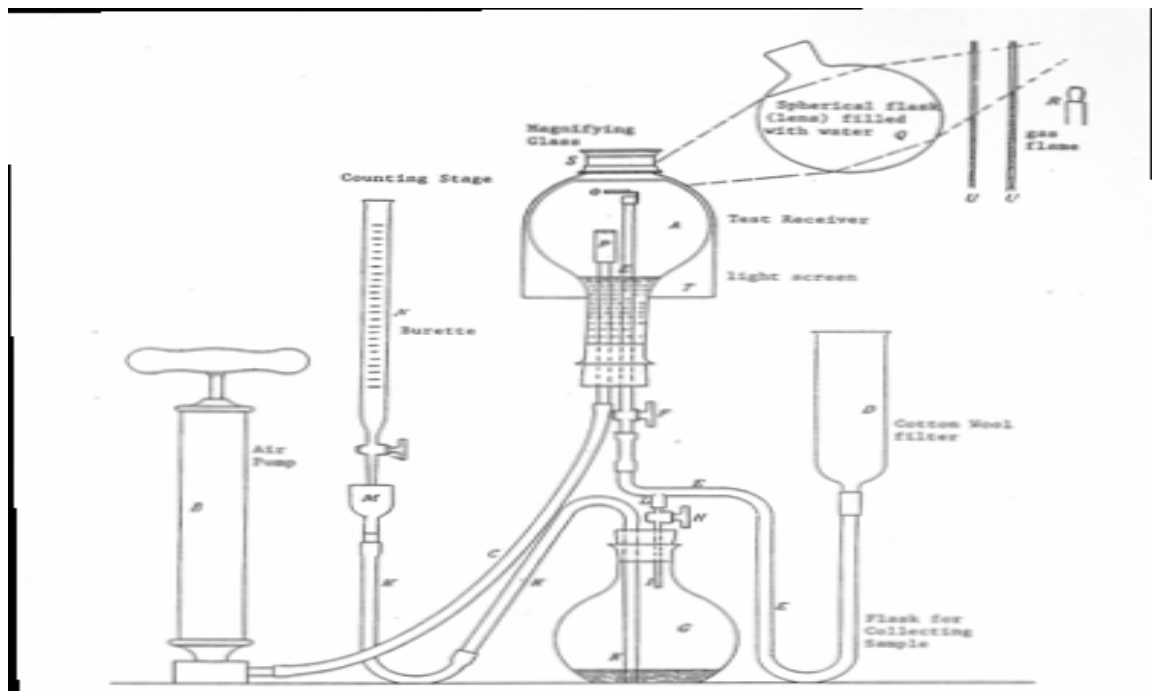
Εικόνα 5.1 Ο ρόλος της παρακολούθησης στην διαχείριση ποιότητας του αέρα	23
Εικόνα 5.2 Η σημασία του καθορισμού στόχων	25
Εικόνα 5.3 Εξασφάλιση ποιότητας και ποιότητας ελέγχου	29
Εικόνα 5.4 Είσοδος στη διαδικασία επικύρωσης δεδομένων	42
Εικόνα 5.5 Ροή δεδομένων σε ένα πρόγραμμα παρακολούθησης ρύπων	43
Εικόνα 6.1 Επεξήγηση της εφαρμογής της τιμής στόχου και οριακής τιμής με βάση της οδηγίες της Ε.Ε.	45
Εικόνα 8.1 ET Traffic Box.....	55
Εικόνα 8.2 ET Road Box	58
Εικόνα 8.3 Παρακολούθηση ανοιχτού ορίζοντα.....	59
Εικόνα 8.4 Campbell Airquality.....	69
Εικόνα 8.5 Echotech MicroVol 1100.....	70
Εικόνα 8.6 Μερικές εγκαταστάσεις της Echotech	72
Εικόνα 8.7 BAM-1020	75
Εικόνα 8.8 E-Sampler	78
Εικόνα 8.9 Aeroqual AQM 60	82
Εικόνα 8.10 Aeroqual AQM 10	83
Εικόνα 9.1 Aerocet 531.....	85
Εικόνα 10.1 Ατμοσφαιρικές διεργασίες που επηρεάζουν τη διασπορά των ρύπων ..	88
Εικόνα 10.2 Ρυθμοί εκπομπής ρύπων	89
Εικόνα 10.3 Παράδειγμα ευστάθειας σχήμα α και αστάθειας σχήμα β	90
Εικόνα 11.1 Χαρακτηριστικό παράδειγμα καπνοδόχου με κατεύθυνση αέρα στροβιλισμό και εναπόθεση ρύπων.....	91
Εικόνα 11.2 Σχήμα κατανομής Gauss σε μία ευθεία κατεύθυνση και διασταύρωση ανέμων	93

Πίνακες

Πίνακας 5-1 Πρότυπα έκθεσης σε AM_{10}	30
Πίνακας 5-2 Παρουσίαση πιθανών τοποθεσιών παρακολούθησης σχετιζόμενες με την εκτίμηση έκθεσης σε ρύπους	34
Πίνακας 5-3 Ανάλυση των μεθόδων παρακολούθησης αέρα	36
Πίνακας 6-1 Μερικά όρια συναγερμού.....	46
Πίνακας 8-1 Προδιαγραφές ET Traffic Box.....	56
Πίνακας 8-2 Διάφοροι τύποι RoadBox	57
Πίνακας 8-3 Ρύποι που έχει δυνατότητα να μετρήσει η Echotech.....	73
Πίνακας 8-4 Μετρήσεις που μπορεί να κάνει το AQM 60.....	81

1 Εισαγωγή

Η ρύπανση του περιβάλλοντος και ειδικότερα της ατμόσφαιρας απασχολεί έντονα τη σύγχρονη κοινωνία, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια. Βέβαια, η ατμοσφαιρική ρύπανση στην οποία εκτίθεται ο άνθρωπος δεν είναι σύγχρονο φαινόμενο καθώς από την αρχαιότητα ήδη η ανακάλυψη της φωτιάς οδηγούσε στην ατελή καύση του ξύλου και των αποβλήτων των ζώων. Βεβαίως η επιβάρυνση της ατμοσφαιράς έγινε εμφανώς αντιληπτή κατά την βιομηχανική επανάσταση τον 18ο και 19ο αιώνα όπου ο άνθρωπος στράφηκε στην εκτεταμένη χρήση κάρβουνου κυρίως και σε μικρότερο βαθμό του πετρελαίου ως καυσίμου στις ατμομηχανές για την παραγωγή ενέργειας και είχε σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθούν περιβαλλοντικά προβλήματα από τον καπνό και την στάχτη. Υπολογίζεται ότι στο διάστημα αυτό στη Μεγάλη Βρετανία η κατανάλωση κάρβουνου αυξήθηκε κατά 100 φορές και ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση σκότωσε επτά φορές περισσότερους ανθρώπους από ότι στον υπόλοιπο κόσμο. Το διάστημα αυτό εμφανίζεται και ο αγγλικός όρος SMOG(αιθαλομίχλη) . Η λέξη είναι σύνθετη και προέρχεται απο τις λέξεις SMOke (αιθάλη) foG (ομίχλη). Το 1892 αναφέρεται το περιστατικό αιθαλομίχλης στο οποίο πέθαναν 1.000 κάτοικοι του Λονδίνου. Το 1888 ο John Aitken χρησιμοποίησε το όργανο για μετρήσει τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Τα αποτελέσματα τον οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η συγκέντρωση των αερολυμάτων ήταν υψηλότερη όταν ο αέρας προερχόταν από περιοχές με βιομηχανικές πηγές και ότι η συγκέντρωση τους επηρεαζόταν από την ηλιακή ακτινοβολία , τη σχετική υγρασία και την ταχύτητα των ανέμων. Επίσης με μία σειρά πειραμάτων απέδειξε ότι τα θειούχα αέρια εκλύονται κατά την καύση του κάρβουνου συνεισφέρουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση.



Εικόνα 1.1 Συσκευή μέτρησης αιρούμενων σωματιδίων του John Aitken

Τον 18ο αιώνα περιστατικά ατμοσφαιρικής ρύπανσης παρουσιάστηκαν στις ΗΠΑ. Το 1981 το Σικάγο θεσπίζει τον πρώτο νόμο περί του ελέγχου εκπομπής καπνού και ακλουθούν το Σαιντ Λούις, το Σινσινάτι, και η Νέα Υόρκη τα επόμενα χρόνια. Από το 1930 μέχρι το 1940, το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εστιάστηκε στους νόμους ελέγχου της παραγωγής καπνού.

Το 1941, κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου πολέμου η πολεμική βιομηχανία λειτούργησε σε υπερεντατικούς ρυθμούς οπότε δεν υπήρχαν περιθώρια για τη λήψη μέτρων για την ατμοσφαιρική ρύπανση. Την περίοδο αυτή, κάνει την εμφάνιση του στο Λος Άντζελες ένα καινούργιο είδος ατμοσφαιρικής ρύπανσης, το φωτοχημικό νέφος που αποδόθηκε στα διυλιστήρια πετρελαίου. Όπως βρέθηκε η κύρια αιτία σχηματισμού του νέφους είναι οι ρύποι που εκλύονταν από τις μηχανές εσωτερική καύσης, οι οποίοι αντιδρούν μεταξύ τους με την επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας. Το αποτέλεσμα του φωτοχημικού νέφους είναι μία καφέ θολούρα που συνοδεύεται με ερεθισμό ματιών και δέρματος και είναι μείγμα σωματιδιακής ύλης, NO_x , και ελευθέρων ριζών.

Στα επόμενα χρόνια που ακολούθησαν η αυξανόμενη ατμοσφαιρική ρύπανση οδήγησε σε πολλούς θανάτους ανά τον κόσμο και γινόταν ακόμα πιο αντιληπτό το αυξανόμενο μέγεθος του προβλήματός. Έτσι το 1956 η ομοσπονδιακή κυβέρνηση των ΗΠΑ οδηγήθηκε στην θέσπιση νομοθεσίας για την ποιότητα αέρα (Clean Air Acts).

Η ραγδαία αύξηση των μηχανοκινήτων οχημάτων και γενικότερα των μέσων μαζικής μεταφοράς ανά τον κόσμο από το 1980 μέχρι και σήμερα ενέτεινε το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και γενικότερα του περιβάλλοντος. Η εμφάνιση φαινομένων όπως αυτό του θερμοκηπίου και η συνεχιζόμενες κλιματικές αλλαγές που παρατηρούνται ανάγκασαν την παγκόσμια κοινότητα στην χάραξη μιας κοινής στρατηγικής για την μείωση της έκλυσης ρύπων. Έτσι υπό την αιγίδα του ΟΗΕ θεσπίστηκε το πρωτόκολλο του Κιότο.

2 Ατμοσφαιρικοί Ρύποι.

Η ατμόσφαιρα είναι το αεριώδες περίβλημα της γης, ο προστατευτικός μανδύας της ζωής, και αποτελεί ένα σώμα με τη γη μετέχοντας σε όλες τις κινήσεις της. Η ατμόσφαιρα είναι αόρατη, άοσμη και παρουσιάζει ένα πλήθος ιδιοτήτων που αποτελούν τις συνθήκες επιβίωσης των ζωικών και φυτικών οργανισμών. Αποτελείται από ένα μίγμα αερίων, γνωστό ως ατμοσφαιρικός αέρας, τα οποία συγκρατούνται κοντά στην επιφάνεια της γης λόγω της βαρύτητας. Η σύσταση, η δομή και τα φυσικοχημικά φαινόμενα που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα, επηρεάζουν άμεσα η έμμεσα τους βιοχημικούς κύκλους και τα οικοσυστήματα. Η δυναμική της έχει άμεση επίδραση στις καιρικές συνθήκες οι οποίες επηρεάζουν το κλίμα και τη διαβίωση των ανθρώπων.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα και στο περιβάλλον αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στην Ελλάδα και παγκοσμίως. Ως Ατμοσφαιρική Ρύπανση χαρακτηρίζεται κάθε ανεπιθύμητη αλλαγή των φυσικών, χημικών, ραδιολογικών ή βιολογικών χαρακτήρων του αέρα, που

προκαλείτε κυρίως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και μπορεί να έχει δυσμενή επίδραση, πρωτίστως στη υγεία και ευεξία του ανθρώπου, αλλά και οικονομικές συνέπειες ή να θίξει τις πολιτιστικές αξίες και γενικότερα να επηρεάσει τη φυσική ισορροπία. Σύμφωνα με κάποιον άλλον ορισμό καλείται, η παρουσία στην ατμόσφαιρα κάθε είδους ουσιών, σε συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να φτάσει σε επίπεδα που μπορεί να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης.

Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO₂, CO), οι μη μεθανικές πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOCs), το μεθάνιο (CH₄), τα οξείδια και το υποξείδιο του αζώτου (NO_x, N₂O), το διοξείδιο του θείου (SO₂), τα αιωρούμενα σωματίδια AM (Particulate Matter PM), τα βαρέα μέταλλα, οι έμμονοι οργανικοί ρύποι (Persistent Organic Pollutants), οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) και τα παράγωγα τους, οι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες (Aliphatic Hydrocarbons).

Οι πηγές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι τόσες πολλές όσοι και οι άνθρωποι πάνω στην Γη και ακόμα περισσότερες. Στην πραγματικότητα, κάθε άνθρωπος πάνω στην Γη είναι εν δυνάμει μια πηγή ρύπανσης, μέσω των καθημερινών του δραστηριοτήτων. Οι πηγές αυτές διαχωρίζονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς. Ως φυσικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης ορίζονται εκείνες που δεν προκαλούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες.

Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές είναι:

1. Τα ηφαίστεια (κυρίως AM, SO₂, CH₄, H₂S).
2. Οι πυρκαγιές δασών (κυρίως AM, CO₂, CO).
3. Οι ωκεανοί οι θαλάσσιες εκτάσεις (κυρίως NaCl, SO₄).
4. Βιολογική αποσύνθεση των και των ζώων (κυρίως υδρογονάνθρακες, NH₃, H₂S).
5. Η αποσάθρωση του εδάφους (AM).
6. Τα φυτά και τα δέντρα (κυρίως υδρογονάνθρακες).

Οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές είναι:

1. Βιομηχανικές πηγές (καύσεις, επεξεργασία).
2. Παραγωγή και μεταφορά ενέργειας.
3. Μεταφορές
4. Κεντρική Θέρμανση.

Αντίθετα με την κοινή αντίληψη, σε παγκόσμια κλίμακα οι εκπομπές ορισμένων αερίων ρύπων από τη φύση είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Παρ' όλα αυτά οι ανθρωπογενείς εκπομπές είναι κυρίως υπεύθυνες για τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα που εμφανίστηκαν και αυτό διότι οι ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων συγκεντρώνονται κυρίως στις αστικές και βιομηχανικές περιοχές, με αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις των ρύπων σε αυτές τις περιοχές, να είναι μεγαλύτερες από τα επιτρεπτά όρια. Αντίθετα, η διασπορά των φυσικών πηγών ανά την υφήλιο προσφέρει τη δυνατότητα καλύτερης ανάμιξης των παραγομένων ρύπων από αυτές με τον καθαρό αέρα. Κατά συνέπεια, με κάποιες μικρές εξαιρέσεις, οι εκπομπές αερίων ρύπων από φυσικές πηγές από μόνες τους δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Οι εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα προκαλούν βραχυπρόθεσμες καθώς και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Σ' αυτές συγκαταλέγονται η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα, η αύξηση της οξύτητας των υδάτινων αποδεκτών και των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων, οι φθορές σε κτίρια, η καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος στην ατμόσφαιρα, η αύξηση της θερμότητας του πλανήτη λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, οι κλιματικές αλλαγές και τέλος η έκθεση του ανθρώπου και του οικοσυστήματος σε επικίνδυνες χημικές ουσίες με άμεσες επιπτώσεις στην υγεία.

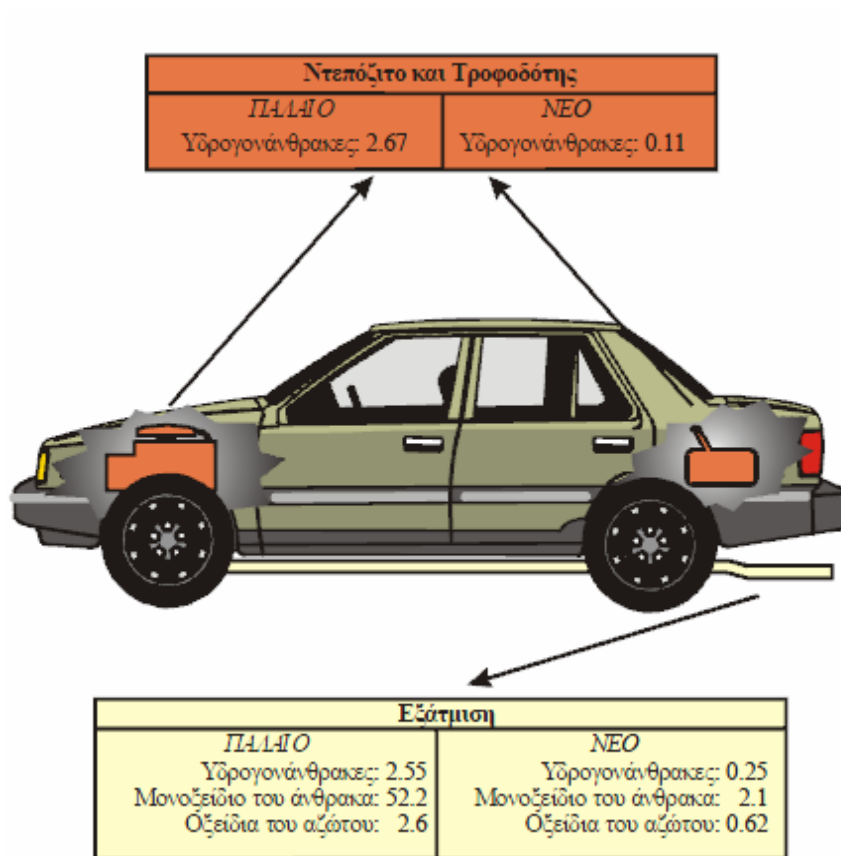
Οι ρύποι βρίσκονται στην ατμόσφαιρα είτε στην αέρια (με τη μορφή αερίων ή ατμών), είτε στη στερεή κατάσταση (με τη μορφή αιωρούμενων σωματιδίων ή σταγονιδίων), οπότε αντίστοιχα ονομάζονται αέριοι ή σωματιδιακοί ρύποι. Οι κύριες πηγές αερίων ρύπων περιλαμβάνουν τους σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας, τα μέσα μεταφοράς, τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Τα αιωρούμενα σωματίδια προέρχονται κυρίως από τη βιομηχανική καύση, την παραγωγή ενέργειας, τις μεταφορές.



Εικόνα 2.1 Η βιομηχανία είναι κύρια πηγή ατμοσφαιρικών ρύπων



Εικόνα 2.2 Χαρακτηριστική περίπτωση καμινάδας (plume)



Εικόνα 2.3 Ρύποι που προέρχονται από αυτοκίνητα

2.1 Περιγραφή Ατμοσφαιρικών Ρύπων.

Στις περισσότερες πόλεις έχει υπάρξει σημαντική βελτίωση στην ποιότητα του αέρα τις τελευταίες δεκαετίες. Η ορατή και αισθητή από τον άνθρωπο ατμοσφαιρική μόλυνση (όπως καπνός, σκόνη, αιθαλομίχλη) έχει εξαφανιστεί από αρκετές πόλεις χάρης σε δράσεις που πήραν οι τοπικές κοινωνίες, τα ίδια τα κράτη και γενικότερα η Ευρωπαϊκή Ένωση. Συνήθως η ποιότητα του αέρα είναι υπό άμεση απειλή όταν υπάρχουν κάποια βιομηχανικά περιστατικά ή κάποια ατυχήματα τα οποία δημιουργούν εστιές μόλυνσης. Γεγονότα που συμβαίνουν σπάνια. Παρ' όλα αυτά η ποιότητα του αέρα αποτελεί μείζον ζήτημα και επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία σε μεγάλο βαθμό ειδικά σε μεγάλα αστικά κέντρα, για αυτόν τον λόγο σήμερα σε πολλές Ευρωπαϊκές πόλεις υπάρχει 24ωρη παρακολούθηση του αέρα. Στις περισσότερες πόλεις η ατμοσφαιρική μόλυνση που προέρχεται από την βιομηχανία αντικαταστέεται, ή τείνει να αντικατασταθεί από την κυκλοφορία μηχανοκίνητων οχημάτων. Για αυτό τον λόγο σήμερα η ποιότητα του αέρα είναι ένα κοινό πρόβλημα που απασχολεί όλες τα μεγάλα αστικά κέντρα.

Τα παγκόσμια προβλήματα όπως αύξηση της θερμοκρασίας, όξινης βροχής και μείωση των στρωμάτων όζοντος στην ατμόσφαιρα είναι παγκοσμίως γνωστά αλλά πολλές φορές μοιάζουν απομακρυσμένα από την καθημερινότητα και τους ρυθμούς ζωής στα μεγάλα αστικά κέντρα. Ένα ποιο κύριο ζήτημα για τους πολίτες, ειδικώς για την δημόσια υγεία και για τους φορείς χάραξης πολιτικής είναι η συσχέτιση της ποιότητας του αέρα με την ανθρώπινη υγεία. Οι περισσότερες από τις οικονομικές δραστηριότητες συγκεντρώνονται στις αστικές περιοχές και για αυτό τον λόγο περίπου το 80% του Ευρωπαϊκού πληθυσμού ζει σε αυτές. Στις αστικές περιοχές συνήθως οι κύριοι οδικοί άξονες είναι πολύ κοντά στις κατοικήσιμες περιοχές και για αυτόν τον λόγο η αστική κυκλοφορία είναι ένας από τους κύριους παράγοντες της αστικής ατμοσφαιρικής μόλυνσης. Αν και οι κατοικήσιμες περιοχές είναι απομακρυσμένες από τις βιομηχανικές περιοχές, η συνεισφορά των βιομηχανιών δεν είναι αμελητέα στην ατμοσφαιρική μόλυνση διότι η ατμοσφαιρική μόλυνση έχει την τάση να ταξιδεύει μέσω της κίνησης των αέριων μαζών σε μεγάλες αποστάσεις, οπότε υπάρχει άμεση σχέση με την κακή ποιότητα του αέρα.

Όπως πιο πάνω υπήρξε μια αναφορά στους ρύπους και στις πηγές προέλευσης τους. Θα περιγράψουμε τους κύριους ρύπους που επηρεάζουν το αστικό μας περιβάλλον και την υγεία μας.

Αιωρούμενα Σωματίδια (AM_{10/2,5}).Particulate Matter(PM_{10/2,5}).

Τα εναέρια αιωρούμενα σωματίδια διαφέρουν σημαντικά σε φυσική και χημική σύνθεση, σε πηγές προέλευσης και σε μέγεθος. Τα σωματίδια AM₁₀ (είναι η συνομοταξία των πολύ μικρών σε μέγεθος σωματιδίων που βρίσκονται στον αέρα της τάξεως < 10μm) και AM_{2,5} (<2,5μm) είναι αυτά που μας ενδιαφέρουν περισσότερο, διότι λόγω του μικρού τους μεγέθους μπορούν να διαπεράσουν βαθιά τον αναπνευστικό μας σύστημα και να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία. Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος σωματίδια δεν μπορούν αν

εισπνευσθούν, και εξαφανίζονται σχετικά ικανοποιητικά από τον αέρα μέσω της ιζηματοποίησης. Οι κύριες πηγές των εναέριων σωματιδίων AM_{10} και $AM_{2.5}$ στις Ευρωπαϊκές πόλεις είναι τα καυσαέρια από την κυκλοφορία στους δρόμους, και κυρίως προέρχονται από τις diesel μηχανές. Οι τιμές των ορίων συνήθως ξεφεύγουν στις Ευρωπαϊκές πόλεις.

Οξειδία του Αζώτου (NO_x).

Το NO_x είναι ο όρος που χρησιμοποιούμε μία μίξη μονοξειδίου του αζώτου (NO) και διοξειδίου του αζώτου (NO_2). Είναι ανοργανικά αέρια τα οποία σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τον συνδυασμό οξυγόνου και αζώτου. Το NO παράγεται σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες από το NO_2 , αλλά στην συνέχεια οξειδώνεται στην ατμόσφαιρα και μετατρέπεται σε NO_2 . Το NO_2 προκαλεί επιζήμιες επιπτώσεις στο βρογχικό σύστημα. Οι συγκεντρώσεις των οξειδίων του αζώτου συνήθως πλησιάζουν και συνήθως ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια της ποιότητας αέρα σε πολλές Ευρωπαϊκές πόλεις. Τα NO_x παράγονται από την καύση καυσίμων π.χ. στις μεταφορές, από τις βιομηχανικές διαδικασίες και από την παραγωγή ενέργειας.

Όζων (O_3).

Το τροποσφαιρικό όζων (O_3), σε αντίθεση με τους υπόλοιπους ρύπους που έχουμε αναφέρει, δεν εκπέμπεται απευθείας στην ατμόσφαιρα, αλλά είναι ένας δευτερογενής ρύπος οποίος παράγεται από την αντίδραση ανάμεσα στο διοξείδιο του αζώτου (NO_2), υδρογονανθράκων και ηλιακής ακτινοβολίας. Τα επίπεδα όζοντος δεν είναι πάρα πολύ υψηλά σε αστικές περιοχές (όπου υψηλά επίπεδα NO εκπέμπονται από μηχανοκίνητα οχήματα) όσο είναι σε αγροτικές περιοχές. Η ηλιακή ακτινοβολία παρέχει την κατάλληλη ενέργεια για να ξεκινήσει ο σχηματισμός όζοντος, και ως επί τον πλείστον μεγάλες συγκεντρώσεις όζοντος γενικώς παρατηρούνται κατά την διάρκεια υψηλών θερμοκρασιών, ηλιόλουστων και καλοκαιρινών καιρών.

Υδρογονάνθρακες + Οξειδία του αζώτου + Ηλιακό φως → Φωτοχημικό νέφος.

Υδρογονάνθρακες (HC) και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC).

Οι HC ανήκουν σε μία μεγαλύτερη κατηγορία χημικών γνωστά ως πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC). Οι HC είναι αποτέλεσμα μίξης μόνο υδρογόνων και άνθρακα, ενώ τα VOC μπορεί να εμπεριέχουν και άλλα στοιχεία. Παράγονται από ημιτελή καύση καυσίμων που περιέχουν υδρογονάνθρακες, καθώς επίσης από την εξάτμιση τους. Επειδή υπάρχουν αρκετές εκατοντάδες διαφορετικές μίξεις, οι HC και τα VOC παρουσιάζουν σε μεγάλη κλίμακα πολλές διαφορετικές ιδιότητες. Μερικές από αυτές είναι το βενζόλιο, μερικά είναι καρκινογόνα, άλλα είναι τοξικά και άλλα είναι άκακα για την ανθρώπινη υγεία.

Διοξείδιο του θείου (SO_2).

Τα φυσικά καύσιμα περιέχουν δείγματα από θειικές μίξεις, και το SO_2 παράγεται όταν αυτά καίγονται. Η πλειοψηφία του SO_2 που εκπέμπεται στον αέρα προέρχεται από την παραγωγή ενέργειας, και η συνεισφορά από πηγές όπως η κυκλοφοριακή κίνηση είναι μικρές (εξαιρείτε η ναυτιλία). Η έκθεση στο SO_2 μπορεί να βλάψει την υγεία μας μέσω του βρογχικού μας συστήματος. Το θειικό οξύ παράγεται από τις ατμοσφαιρικές

αντιδράσεις του SO₂ και είναι η κύρια συνιστώσα της όξινης βροχής, και τα αμμωνιακά θειικά σωματίδια είναι τα πιο άφθονα δευτερεύοντα σωματίδια που βρίσκουμε στον αέρα

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).

Το CO είναι άοσμο, άγευστο και άχρωμο αέριο που παράγεται από την ημιτελή καύση υλικών τα οποία περιέχουν άνθρακα, συμπεριλαμβανομένου των περισσότερων καυσίμων που χρησιμοποιούμε στις μεταφορές. Το CO είναι τοξικό, και δρα αντιδρώντας με την αιμοσφαιρίνη και μειώνοντας την χωρητικότητα μεταφοράς οξυγόνου στο αίμα μας. Ακόμα και στα πιο πυκνά κατοικημένα αστικά κέντρα η συγκεντρώσεις του CO σπανίως ξεπερνούν τα όρια τα οποία είναι βλαβερά για την υγεία.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

Είναι αέριο συστατικό της γήινη ατμόσφαιρας, άχρωμο, άοσμο και άγευστο σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας και επίσης είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και η αποψίλωση των δασών έχουν προκαλέσει αύξηση της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα κατά περίπου 35% από την αρχή της εποχής της εκβιομηχάνισης. Οι εκπομπές του CO₂ από τις ανθρώπινες δραστηριότητες ανέρχονται σήμερα περίπου σε 27 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως και είναι πολύ περισσότερες από τις ποσότητες που εκλύονται από τα ηφαίστεια. Το CO₂ θεωρείται αέριο θερμοκηπίου, αφού διαπερνάται από το ορατό φως αλλά απορροφά έντονα στην υπέρυθρη και εγγύς υπέρυθρη περιοχή του φάσματος.

3 Ατμοσφαιρική μόλυνση και επιπτώσεις στην Υγεία.

Τις τελευταίες δεκαετίες, στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης έχει υπάρξει αξιοσημείωτη βελτίωση στην περιβαλλοντική ποιότητα αέρα. Ωστόσο, υπάρχει μεγάλος αριθμός στοιχείων που υποδεικνύουν ότι η έκθεση στην ατμοσφαιρική μόλυνση, ακόμα με τα σημερινά συνηθισμένα επίπεδα που έχουν επιτευχθεί στις χώρες της Ευρώπης, οδηγούν σε προβλήματα υγείας. Συγκεκριμένα, έχει αποδειχτεί ότι η έκθεση σε μολυσμένη ατμόσφαιρα που περιέχει αιρούμενα σωματίδια τύπου (AM) και όζοντος σχετίζεται για την αύξηση των εισαγωγών στα νοσοκομεία ασθενών που πάσχουν από καρδιαγγειακές και αναπνευστικές παθήσεις καθώς και για την αύξηση της θνησιμότητας στην Ευρώπη και σε άλλες ηπείρους. Πρόσφατες μελέτες έχουν προσπαθήσει να πολιτικοποιήσουν τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής μόλυνσης στην υγεία, παραδείγματος χάρη στην έρευνα “Global Burden of Disease” που πραγματοποίησε ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) έχει εκτιμηθεί ότι παγκοσμίως ότι γύρω στα 6,4 εκατ. υγείων ζώων έχουν χαθεί εξαιτίας της μακροπρόθεσμης έκθεσης στα περιβαλλοντικά αιωρούμενα σωματίδια (AM).

Στην δεκαετία του '90, ο Π.Ο.Υ. αναβάθμισε τις Κατευθυντήριες Γραμμές για την Ποιότητα του Αέρα (AirQualityGuidence) για την Ευρώπη, έτσι ώστε να μπορεί να παρέχει λεπτομερή πληροφόρηση για τις αρνητικές επιπτώσεις που έχει η έκθεση σε διαφορετικούς τύπους ρύπων της ατμόσφαιρας στην ανθρώπινη υγεία. Ο κυρίως

στόχος αυτών των κατευθυντήριων γραμμών ήταν η δημιουργία μιας βάσης για την προστασία της ανθρώπινης υγείας από την ατμοσφαιρική μόλυνση. Η Ευρωπαϊκή Ένωση χρησιμοποίησε αυτές τις οδηγίες του Π.Ο.Υ. σαν βάση για να θεσπίσει κάποια σταθερά όρια για την ποιότητα του αέρα και στοχευόμενες τιμές για όλα τα κράτη μέλη της Ε.Ε. για αρκετά ρυπογόνα αέρια.

Από την πιο πρόσφατη αναβάθμιση του Π.Ο.Υ. στο AQGs, έχουν γίνει πολλές δημοσιεύσεις νέων ερευνών που διερευνούν τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής μόλυνσης στην ανθρώπινη υγεία. Προκειμένου να δημιουργηθεί μια Ευρωπαϊκή πολιτική όπου θα έχει σαν εφόδιο την καλύτερη δυνατή γνώση πάνω στις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής μόλυνσης στην ανθρώπινη υγεία, θεωρήθηκε αναγκαίο να επανεξεταστούν συστηματικά τα νέα στοιχεία.

Το 2001, ο Π.Ο.Υ. συμφώνησε με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission) να παρέχει το πρόγραμμα Clean Air For Europe (CAFÉ) της DG Environment of the European Commission με συστηματική, περιοδική, επιστημονικά ανεξάρτητη αναθεώρηση των απόψεων για την υγεία που σχετίζονται με την ποιότητα αέρα στην Ευρώπη. Για αυτόν τον λόγο συγκλήθηκε από τον Π.Ο.Υ. μία Επιστημονική Ομάδα Συμβόλων Scientific Advisory Committee (SAC), απαρτιζόμενη από ανεξάρτητους επιστήμονες ειδικευμένους πάνω στις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής μόλυνσης στην υγεία, έτσι ώστε να καθοδηγήσουν την αναθεώρηση. Η επιτροπή επόπτευε την διαδικασία της αναθεώρησης και συμβούλευε για το πεδίο εφαρμογής και την μεθοδολογία. Επίσης διασφάλισε την αξιολόγηση της επανεξέτασης και της επιστημονικής ποιότητας των εργασιών της έρευνας.

Η SAC επίσης πρότεινε τις λεπτομέρειες της μεθοδολογίας και έθεσε το χρονοδιάγραμμα των διεργασιών για την αναθεώρηση των επιπτώσεων που έχουν στην υγεία τα AM, NO₂, και O₃.

Κατά την διενέργεια της αναθεώρησης η ομάδα εργασίας ήρθε αντιμέτωπη με την πρόκληση να εξετάσει ένα αρκετά μεγάλο όγκο νέων στοιχείων σε σχέση με την προηγούμενη αναθεώρηση. Ειδικά για τα αιωρούμενα σωματίδια, υπήρξαν χιλιάδες καινούργιες εργασίες σχετικά με την έκθεση σ' αυτά, και παρείχαν νέα τοξικολογικά και επιδημικά ευρήματα σε σχέση με τις επιπτώσεις στην υγεία. Υπήρξαν περιορισμένα νέα στοιχεία για το O₃ και σαφώς πιο λίγα για το NO₂. Απο αναγκαιότητα οι αναθεωρητές επικεντρώθηκαν στις πιο σημαντικές και σχετικές έρευνες και πάνω σε μετά-αναλύσεις όποτε μπορούσαν να γίνουν.

Η κρίση της ομάδας αρχικά στηρίχθηκε στην αξιολογη βιβλιογραφία καθώς και στην συλλογική εμπειρία της. Η βιβλιογραφία περιλάμβανε ποικίλες μελέτες από διαφορετικές πηγές πληροφόρησης όπως παρατηρητική επιδημιολογία, ελεγχόμενη έκθεση των ανθρώπων στους ρύπους, η τοξικολογία των ζώων, και μελέτες ζημιών του DNA από μάσημα καπνού(vitro mechanistic studies). Κάθε μία από αυτές τις μεθόδους έχει δυνατότητες αλλά και αδυναμίες. Η επιδημιολογία είναι χρήσιμη γιατί περιλαμβάνει όλα το φάσμα των ευαισθησιών του ανθρώπινου πληθυσμού. Περιλαμβάνοντας συνήθως παιδιά, ηλικιωμένους και άτομα με άτομα κάποιο ιστορικό ασθενειών. Εξάλλου η έκθεση λαμβάνει χώρα κάτω από πραγματικές συνθήκες ζωής. Δεν απαιτείτε εξαγωγή συμπερασμάτων για την έκθεση διαφορετικών ειδών και σε διαφορετικά επίπεδα. Ευαίσθητες μεθοδολογίες, όπως η

ανάλυση χρονολογικών σειρών, επιτρέπουν τον προσδιορισμό ακόμα και της πιο μικρής αύξησης της συνολικής θνησιμότητας. Ωστόσο η έκθεση είναι περίπλοκη στις επιδημιολογικές μελέτες για παράδειγμα η παρατηρητική επιδημιολογία, εκτός αν είναι μία έρευνα σε χώρο εργασίας, αναπόφευκτα περιλαμβάνει ανάμιξη αερίων και σωματιδίων. Αντιθέτως, στην ελεγχόμενη έκθεση των ανθρώπων, η έκθεση μπορεί προσεκτικά να δημιουργηθεί και να χαρακτηριστεί σε ατομικό επίπεδο και μπορεί αυστηρά να επιλεγεί και να ορισθεί από την φύση του υποκειμένου. Ωστόσο, αυτές οι μελέτες είναι περιορισμένες γιατί ασχολούνται γενικά με βραχυπρόθεσμες ήπιες αναστρέψιμες μεταβολές, ένας μικρός αριθμός ατόμων εκτίθενται σε απλούς ρύπους και δεν περιλαμβάνουν αυτούς που προκαλούν σοβαρές ασθένειες οι οποίοι μπορούν να διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο με δυσμενή αποτελέσματα.

Μελέτες σε ζώα έχουν τις ίδιες δυνατότητες του χαρακτηρισμού της έκθεσης και πιο πολλές θετικές αντιδράσεις από ενιαία άτομα που εξετάζονται. Επεμβατικές μηχανιστικές μελέτες μπορούν να εκτελεστούν. Τα πιο πλήρη τοξικά αποτελέσματα μπορούν να παραχθούν σε ζώα παρά σε πειραματικές μελέτες πάνω σε ανθρώπους. Ωστόσο, προκύπτουν άλλοι περιορισμοί όπως πιθανές διαφορές μεταξύ των ειδών και η συχνή αναγκαιότητα εξαγωγής συμπερασμάτων από τα υψηλά επίπεδα που χρησιμοποιούνται στις μελέτες με ζώα σε χαμηλότερα (και πιο σχετικών) περιβαλλοντικών συγκεντρώσεων.

Για αυτούς τους λόγους, η καλύτερη σύνθεση είναι η ενσωμάτωση διαφορετικών πηγών πληροφόρησης. Συνεπώς αυτή η αναθεώρηση δεν βασίστηκε μεμονωμένα σε (νέα) επιδημιολογικά στοιχεία, αλλά συμπεριέλαβε επίσης ευρήματα από τοξικολογικές και κλινικές μελέτες.

Η ομάδα εργασίας ομάδα εργασίας αποτίμησε εκτενώς την βιβλιογραφία της δεύτερης έκδοσης, η Ποιότητα του Αέρα που εκδόθηκε για την Ευρώπη η οποία υιοθετήθηκε και διερευνήθηκε αν τα νέα στοιχεία δικαιολογούσαν την αναθεώρηση των παρόντων AQG του Π.Ο.Υ. Μία θετική απάντηση είναι ένας δείκτης της μείωσης της αβεβαιότητας και του κέρδους σε γνώση. Ενώ υπάρχουν επίσημα συστήματα για την αποτίμηση του κέρδους στην γνώση, η WG βασίστηκε στην κρίση της ομάδας των ειδικών για να αποφασίσει αν υπήρχαν επαρκεί νέα στοιχεία. Σκέψεις για την ερμηνεία των στοιχείων περιλαμβάνουν:

- Αναγνώριση αρνητικών αποτελεσμάτων στην υγεία
- Σύμφωνα ευρήματα των εταιρειών σε χαμηλότερα επίπεδα από προηγούμενα
- Η κατανόηση της εμπλουτισμένης μηχανικής οδηγεί στην μείωση της αβεβαιότητας

Η παρουσία ορίων συνεπάγεται στην αξία συγκεκριμένων οδηγιών που μπορούν να τεθούν για μικρότερα επίπεδα στα οποία μπορεί να εγγραφεί η ασφάλεια και στον σχηματισμό περιθωρίων ασφαλείας που θα τεθούν για την προτυποποίηση των ορίων από νόμιμη εταιρεία. Στην έλλειψη ορίων, τα αποδεικτικά στοιχεία για τον κίνδυνο έκθεσης ή για επικίνδυνες συγκεντρώσεις χρειάζονται για τον προσδιορισμό επιπέδων για τα πρότυπα που θα παρέχουν ένα αποδεκτό επίπεδο κινδύνου.

Για τα όρια, η ομάδα εργασίας επισήμανε τα παρακάτω:

- Αυξανόμενες ευαίσθητες επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει αρνητικές επιπτώσεις από την ατμοσφαιρική μόλυνση σε αυξανόμενα κατώτερα επίπεδα.
- Τα όρια διαφοροποιούνται βασιζόμενα στα αποτελέσματα που έχουν επιλεγεί. Κάθε όριο είναι συναρτήσεως της κατάληξης που έχει επιλεγεί (θάνατος, μειωμένη αναπνευστική λειτουργία, ή μοριακές αλλαγές), της φύσης των εμπλεκόμενων πληθυσμών (από τους πιο υγιείς έως τους πιο ασθενείς), καθώς και της χρονικής στιγμής που η απόκριση είναι μετρήσιμη (άμεση εναντίον καθυστερημένης ή συσσωρευόμενης)
- Για κάποιους ρύπους και για κάποιες αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, η κατανομή του ευπαθούς πληθυσμού μπορεί να τέτοια που μπορεί να αναμένονται επιπτώσεις σε μικρές συγκεντρώσεις, ακόμα και εκεί που η ποιότητα αέρα που είναι μέσα στα πρότυπα.
- Παρατηρητικές (επιδημιολογικές) μελέτες έχουν περιορισμένη στατιστική ικανότητα για την θέσπιση ορίων. Τοξικολογικές μελέτες είναι επίσης περιορισμένες.
- Η έλλειψη στοιχείων για τις επιπτώσεις στην υγεία δεν πρέπει να ερμηνευτεί ως παρεμφατική έλλειψη επιπτώσεων.
- Είναι χρήσιμο να σκεφτούμε την αντικατάσταση της ιδέας των ορίων συναρτήσεως μιας ποιο επικίνδυνης και ολοκληρωμένης έκθεσης.

Ενώ τα όρια μερικές φορές είναι χρήσιμα, εξυπηρετούν ένα συγκεκριμένο σκοπό. Γενικώς η ομάδα εργασίας νομίζει ότι η ολοκλήρωση έκθεσης/συγκέντρωσης – οι σχέσεις ανταπόκρισης σε διαφορετικές παρενέργειες της υγείας προσφέρουν πιο χρήσιμες πληροφορίες για την σχεδίαση αποτελεσματικών στρατηγικών για την μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία.

Οι αναζητήσεις του CAFE επίσης κινούνται προς την κατεύθυνση της ανεξαρτησίας των επιπτώσεων των τριών ρύπων, λαμβάνοντας υπόψη την πιθανότητα των συνδυασμένων επιπτώσεων όπως συνεργασίας. Οι τρεις ρύποι συνδέονται από μια περίπλοκη ατμοσφαιρική χημεία. Η ομάδα εργασίας αναγνωρίζει ότι η ατμοσφαιρική μόλυνση υπάρχει σαν μια περίπλοκη ανάμιξη και αυτές οι επιπτώσεις που αποδίδονται στο O₃, NO₂, ή AM μπορεί να επηρεάζονται από την γενεσιουργό τοξικότητα της πλήρους ανάμιξης όλων των αέριων ρύπων.

Επίσης, διάφορες πηγές συμβάλουν στην ανάμιξη όπως αυτοκινούμενα οχήματα και εργοστάσια παραγωγής ενέργειας. Αυτοί οι ρύποι μετασχηματίζονται επιπλέον από διεργασίες στην ατμόσφαιρα. Για παράδειγμα το όζον που υπάρχει στο έδαφος είναι δευτερεύον ρύπος που παράγεται από αντίδραση των ακτινών του ηλίου με διοξείδιο του αζώτου και εκρηκτικών οργανικών μειγμάτων. Θερμοκρασία και υγρασία είναι επίσης σημαντικά. Πολλαπλά συστατικά αλληλεπιδρούν για να μεταβάλουν την σύνθεση και ως αποτέλεσμα αυτού την τοξικότητα των μειγμάτων. Πολλαπλά συστατικά μπορούν επίσης να εξαγάγουν διαφορετικές βιολογικές αντιδράσεις. Ωστόσο,

μόνο ένας μικρός αριθμός παραμέτρων μπορεί συνήθως να μετρηθούν για να χαρακτηρίσουν την μίξη; Αυτές οι παράμετροι μετά χρησιμοποιούνται σαν δείκτες σε επιδημιολογικές μελέτες. Η έλλειψη διαθεσιμότητας παρακολουθητών δεδομένων μερικές φορές μειώνει την πιθανότητα της αναγνώρισης των πιο σχετικών δεικτών για διαφορετικά προβλήματα υγείας.

Οι ανεξάρτητες επιπτώσεις από διαφορετικούς ρύπους πρέπει να δουλεύουν ξεχωριστά από τις αναλυτικές μεθόδους στις επιδημιολογικές μελέτες, ο πειραματικός σχεδιασμός σπάνια επιτρέπει τον απευθείας χαρακτηρισμό ειδικών ρύπων, για παράδειγμα για το NO₂, δεν είναι εφικτό να αποτιμήσουμε με βεβαιότητα το ποσοστό του ρύπου σε περιβαλλοντικά επίπεδα που έχει αρνητικές επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα, από τότε που το NO₂ μπορεί επίσης να είναι δείκτης κυκλοφοριακής εκπομπής. Επιπλέον το NO₂ όπως και άλλα οξείδια του αζώτου επίσης συνεισφέρουν στην αναπαραγωγή του όζοντος και άλλων οξειδίων ρύπων και είναι προάγγελος σχηματισμού νιτρικού οξέος και επακόλουθα νιτρικών συστατικών των ΑΜ. Για αυτό το NO₂ είναι σημαντικός ρύπος και ένας αντιπρόσωπος για άλλα ζητήματα. Η ομάδα εργασίας αναγνώρισε αυτήν την πολυπλοκότητα στην ερμηνεία των στοιχείων για το NO₂.

Η ορολογία και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να χαρακτηρίσουν τις συνδυασμένες επιπτώσεις δύο ή περισσότερων ρύπων έχουν τυποποιηθεί πρόχειρα και υπάρχει σημαντική σύγχυση εννοιών που προέρχονται από την τοξικολογία, την βιοστατιστική και την επιδημιολογία. Επιδημιολόγοι συνήθως αναφέρονται σε ισχύουσες τροποποιήσεις εάν οι επιπτώσεις πολλαπλών παραγόντων αλληλεπιδρούν, αντίθετα οι τοξικολόγοι αποτιμούν το αν οι επιπτώσεις πολλαπλών παραγόντων εάν είναι συνεργάσιμες (θετική αλληλεξάρτηση) ή ανταγωνιστικές (αρνητική αλληλεξάρτηση). Στατιστικοί εξετάζουν για το αν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ ανεξάρτητων καθοριστικών παραγόντων συγκεκριμένων κινδύνων. Υπάρχει ενδιαφέρον στις τροποποιημένες επιπτώσεις λόγω της σημασίας πρόληψης των αρνητικών επιπτώσεων και της διορατικότητας που προσφέρει στην μηχανική των επιπτώσεων. Οι τροποποιημένες επιπτώσεις επίσης έχουν βαρύνουσα σημασία για την πρόληψη: συνεργασία μπορεί να αυξήσει το φορτίο των ασθενειών σε μεγαλύτερο βαθμό από τον που αντανάκλαται σε ένα μόνο ρύπο και μπορεί να θέσει ανθρώπους σε εξαιρετικά μεγάλο κίνδυνο.

3.1 Αιωρούμενα Σωματίδια ΑΜ.

Τα ατμοσφαιρικά αιωρούμενα σωματίδια παρουσιάζουν ένα πολύπλοκο μείγμα από οργανικές και ανόργανες ουσίες. Μαζικά και σύνθετα σε αστικά περιβάλλοντα συνήθίζεται να είναι χωρισμένα σε δύο κύριες ομάδες: στα χοντρά αιωρούμενα σωματίδια και στα λεπτά αιωρούμενα σωματίδια. Ο φραγμός ανάμεσα σε αυτά τα δύο κλάσματα των αιωρούμενων σωματιδίων συνήθως κυμαίνεται ανάμεσα στα 1 μm και στα 2.5 μm. Ωστόσο το όριο ανάμεσα στα χοντρά και στα λεπτά αιωρούμενα σωματίδια μερικές φορές καθορίζεται από συμφωνία στα 2.5 μm σε αεροδυναμική διάμετρο (AM_{2.5}) για της ανάγκες μετρήσεων. Τα μικρότερα σωματίδια περιέχουν δευτερεύοντα σχηματισμένα αέρια (μετατροπή αερίου σε μικροσωματίδιο). Τα μεγαλύτερα αιωρούμενα σωματίδια συνήθως περιέχουν υλικά από των εξωτερικό φλοιό της γης και σκόνη η οποία προέρχεται από δρόμους και από τις βιομηχανίες. Η

κατηγορία των λεπτών περιέχει την περισσότερη οξύτητα (υδρογονούχος σίδηρος) και η μεταλλική δραστηριότητα των αιωρούμενων σωματιδίων αν και σε ομίχλη παρουσιάζει κάποια μεγάλα κομμάτια από όξινες σταγόνες. Αν και η μεγαλύτερη μάζα είναι συνήθως σε μορφή λεπτών (αιωρούμενα σωματίδια ανάμεσα στα 100 nm και στα 2.5 μm) , ο μεγαλύτερος αριθμός αιωρούμενων σωματιδίων βρίσκεται σε πάρα πολύ μικρά μεγέθη, κάτω από τα 100 nm. Όπως αναμενόταν από τη σχέση των σωματιδίων όγκου και μάζας, από αυτά που ονομάζουμε πολύ λεπτά σωματίδια συνήθως συνεισφέρουν μόνο μερικά της εκατό στο ποσοστό της συνολικής μάζας, την ίδια στιγμή συνεισφέρουν πάνω από το 90% στον πληθυσμό..

Η ατμοσφαιρική μόλυνση που προκαλείται από σωματίδια είναι ένα μείγμα από υγρά και στερεά σωματίδια που αιωρούνται στον αέρα. Αυτά τα σωματίδια ποικίλουν σε μέγεθος, σε σύνθεση και από πηγές προέλευσης. Είναι βολικό να κατηγοριοποιήσουμε τα σωματίδια βάση των αεροδυναμικών τους ιδιοτήτων διότι : (α) αυτές οι ιδιότητες ελέγχουν την μετακίνηση και την διασπορά των σωματιδίων στον αέρα, (β) επίσης ελέγχουν την απόθεση ιζήματος μέσα στο αναπνευστικό σύστημα και (γ) σχετίζονται με την χημική σύνθεση και της πηγές των σωματιδίων. Αυτές οι ιδιότητες εύκολα συνοψίζονται από την αεροδυναμική διάμετρο, που είναι το μέγεθος της μονάδος πυκνότητας σφαίρας με τα ίδια αεροδυναμικά χαρακτηριστικά. Σωματίδια που παίρνονται σαν δείγμα και περιγράφονται στην βάση της αεροδυναμικής διαμέτρου τους, συνήθως αποκαλούνται με το μέγεθος των σωματιδίων.

Το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα κυμαίνεται πάνω από τέσσερις τάξεις μεγέθους, από ένα στα λίγα νανόμετρα σε δεκάδες στα μικρόμετρα. Τα μεγαλύτερα σωματίδια, αποκαλούνται χοντρό τμήμα, μηχανικά παράγονται από την διάσπαση των μεγαλύτερων στερεών σωματιδίων. Αυτά τα σωματίδια περιλαμβάνουν αερομεταφερόμενη σκόνη από γεωργικές δραστηριότητες, από ακάλυπτο έδαφος, από άστρωτους δρόμους ή από την διενέργεια εξορύξεων. Η κίνηση στους δρόμους προκαλεί σκόνη και αναταράξεις στον αέρα που μπορεί να σηκώσει ψηλά αυτή την σκόνη. Η εξάτμιση από κοντινές ακτές θαλάσσιου αφρού μπορεί να δημιουργήσει μεγάλα σωματίδια. Σπόροι από γύρη, από μούχλα και από φυτά και έντομα όλα αυτά είναι μέρη αυτού του μεγάλου μεγέθους φάσματος. Η ποσότητα της ενέργειας που απαιτείτε για να διασπαστούν αυτά τα σωματίδια σε μικρότερα μεγέθη αυξάνετε όσο το μέγεθος μειώνετε, το οποίο αποτελεσματικά εγκαθιστά ένα κατώτατο όριο για την παραγωγή αυτών των χοντρών σωματιδίων που περίπου είναι στο 1 μm. Μικρότερα σωματίδια, τα ονομάζουμε λεπτό τμήμα , παράγονται κατά μεγάλο βαθμό από αέρια. Τα λεπτά σωματίδια , είναι μικρότερα από 0.1 μm, και δημιουργούνται από στοιχειώδη σωματίδια, τα οποία είναι, συγκεντρώσεις ουσιών χαμηλής πίεσης ατμού οι οποίες σχηματίζονται λόγω των εξατμίσεων από υψηλή θερμοκρασία ή από χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα για να σχηματίσουν σωματίδια(nuclei). Υπάρχουν τέσσερις κύριες μεγάλες κατηγορίες πηγών που ισορροπούν σε αρκετά χαμηλά επίπεδα πίεσης ώστε να σχηματιστούν σωματίδια τύπου nuclei που αποκαλούνται μικροσωματίδια : βαριά μέταλλα (εξατμίζονται κατά την διάρκεια καύσης), στοιχειώδης άνθρακας (από μικρά μόρια C που παράγονται από καύση), οργανικός άνθρακας και άλατα και νιτρικά. Σωματίδια σε αυτό το ατομικό επίπεδο μεγαλώνουν λόγω της πήξης, αυτό σημαίνει ότι, τον συνδυασμό δύο ή περισσότερων σωματιδίων για τον σχηματισμό ενός

μεγαλύτερου σωματιδίου, η από συμπύκνωση, αυτό σημαίνει την συμπύκνωση αερίων ή των μορίων ατμού πάνω στην επιφάνεια των ήδη υπαρχόντων σωματιδίων. Η πήξη είναι αποδοτική για μεγάλους αριθμούς σωματιδίων, και η συμπύκνωση είναι πιο πολύ αποδοτική για μεγάλες επιφανειακές περιοχές. Για αυτόν τον λόγο η δραστηριότητα της πήξης και της συμπύκνωσης μειώνεται καθώς το μέγεθος των σωματιδίων μεγαλώνει, το οποίο αποτελεσματικά παράγει ένα ανώτατο όριο στο οποίο τα σωματίδια δεν μεγαλώνουν υπό αυτές τις διαδικασίες πάνω από περίπου 1 μm . Για αυτό τα σωματίδια συνηθίζουν να κυμαίνονται ανάμεσα στα 0.1 και 1 μm , το επικαλούμενο και ως εύρος συσώρευσης.

Υποκατάστατα μεγέθη μικρομέτρων σωματίδια μπορούν να παραχθούν από την συμπύκνωση μετάλλων ή οργανικών μειγμάτων τα οποία εξατμίζονται σε υψηλές θερμοκρασίες στην διαδικασίας συμπύκνωσης. Μπορούν επίσης να παραχθούν από συμπύκνωση αερίων τα οποία έχουν μετατραπεί από ατμοσφαιρικές αντιδράσεις σε ουσίες που είναι σε μορφή ατμού και έχουν χαμηλή πίεση. Για παράδειγμα, το διοξείδιο του θείου οξειδώνεται στην ατμόσφαιρα και σχηματίζει θειικό οξύ (H_2SO_4), το οποίο μπορεί να εξουδετερωθεί με NH_3 για να σχηματίσει θειικό αμμώνιο. Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) οξειδώνεται σε νιτρικό οξύ (HNO_3), το οποίο με την σειρά του μπορεί να αντιδράσει με αμμωνία (NH_3) για να σχηματίσει νιτρικό αμμώνιο (NH_4NO_3). Τα σωματίδια παράγονται από ενδιάμεσες αντιδράσεις αερίων στην ατμόσφαιρα τα οποία ονομάζονται δευτερεύοντα σωματίδια. Δεύτερον θειικά και νιτρικά σωματίδια είναι συνήθως τα κύρια συστατικά των λεπτών αιωρούμενων σωματιδίων. Η καύση ορυκτών καυσίμων όπως γαιάνθρακας, πετρέλαιο και βενζίνη μπορούν να παράγουν χοντρά αιωρούμενα σωματίδια από την απελευθέρωση μη εύφλεκτων υλικών, πχ αιωρούμενη στάχτη, τα λεπτά αιωρούμενα σωματίδια από την συμπύκνωση υλικών τα οποία εξατμίζονται κατά την διάρκεια της καύσης, και τα δευτερεύοντα σωματίδια μέσω της ατμοσφαιρικής αντίδρασης των οξειδίων του θείου και οξειδίων του αζώτου που αρχικά απελευθερώνονται σαν αέρια.

Θείο και οργανικές ύλες είναι οι δύο κύριοι παράγοντες που συνεισφέρουν στον ετήσιο μαζικό μέσω όρο συγκεντρώσεων $\text{AM}_{2.5}$ και AM_{10} , εκτός από χώρους απορριμμάτων από τα πεζοδρόμια όπου ορυκτή σκόνη (συμπεριλαμβανομένου των ιχνοστοιχείων) είναι επίσης ένας κύριος παράγοντας που συνεισφέρει στο AM_{10} . Σε μέρες όπου τα $\text{AM}_{10} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, το νάτριο επίσης γίνεται βασικός παράγοντας ο οποίος συνεισφέρει στην δημιουργία $\text{AM}_{10} > \text{AM}_{2.5}$. Ο μαύρος άνθρακας συνεισφέρει 5-10% στο $\text{AM}_{2.5}$ και σε κάποιο βαθμό λιγότερο στο AM_{10} σε όλους τους χώρους, συμπεριλαμβανομένου των φυσικών τόπων. Η συνεισφορά αυξάνεται στο 15-20% σε κάποιους χώρους πεζοδρομίων.

Εξαιτίας αυτής της πολυπλοκότητας και της σημαντικότητας του μεγέθους των σωματιδίων στον καθορισμό της έκθεσης και στην ανθρώπινη δόση, πολυάριθμοι όροι χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα μικροσωματίδια. Μερικοί απορρέουν και καθορίζονται από δειγματοληψία και/ή από αναλυτικές μεθόδους, πχ αιωρούμενα μικροσωματίδια, συνολικά αιωρούμενα σωματίδια, μαύρος καπνός. Άλλοι αναφέρονται περισσότερο στο χώρο απόθεσης στο αναπνευστικό σύστημα, και αναπνεύσιμα σωματίδια, τα οποία διεισδύουν στην περιοχή ανταλλαγής αερίων των πνευμόνων. Άλλοι όροι όπως AM_{10} έχουν τόσο δειγματοληπτικές όσο και φυσιολογικές συνεκδοχές.

3.2 Μέθοδοι μετρήσεων για Αιωρούμενα Σωματίδια. Οδηγίες Π.Ο.Υ.

Υπάρχει μια ποικιλία μεθόδων για την παρακολούθηση των AM, που συμπεριλαμβάνουν χειροκίνητες και αυτόματες μεθόδους. Βέβαια αυτές οι μέθοδοι δεν μας παρέχουν πάντα ισορροπημένα αποτελέσματα και η κάθε μία έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της.

Ειδικοί επιστήμονες από 17 κράτη μέλη συνόψισαν σε τι επίπεδο βρίσκετε η παρακολούθηση των AM στις χώρες τους. Κατατέθηκαν ολόκληρα πακέτα περιλήψεων από τις παρουσιάσεις των επιστημόνων καθώς και τα αποτελέσματα από τις διεθνείς εμπειρίες τους τα οποία χρησίμευσαν ως υλικό αναφοράς. Αυτά τα αποτελέσματα μας έδειξαν μια αισθητά μεγάλη βελτίωση στην παρακολούθηση των AM₁₀ στην Ευρώπη, και ποιο συγκεκριμένα στις χώρες εντός της Ευρωπαϊκής Ενώσεως. Τα διαθέσιμα δεδομένα μας έδειξαν ότι η μείωση που είχε παρατηρηθεί την δεκαετία του 90 είχε σταματήσει και δεν υπήρξε καμία βελτίωση στην ποιότητα του αέρα τα τελευταία χρόνια. Τα κύρια προβλήματα που αναδείχθηκαν ήταν :

- Αν είχαν χρησιμοποιηθεί κατάλληλα διορθωτικοί παράγοντες για την αυτόματη παρακολούθηση AM₁₀.
- Τυποποίηση κριτηρίων για τις περιοχές όπου γίνεται η δειγματοληψία.
- Σύγκριση και ανταλλαγή πληροφοριών δεδομένων ανάμεσα σε διάφορα δίκτυα παρακολούθησης AM που είναι σε λειτουργία στην κάθε χώρα.
- Χρησιμοποίηση των δεδομένων της παρακολούθησης για δημόσια πληροφόρηση, και εθνική και διεθνή αναφορά.

Σχετικές πληροφορίες από τα ανατολικά κράτη της Ευρώπης έλειπαν , λόγω της ελλιπής επίγνωσης για τις επιπτώσεις των AM στην ανθρώπινη υγεία, την έλλειψη νομοθετικών, οργανωτικών βάσεων, ανθρώπινου δυναμικού καθώς και μη επαρκούς χρηματοδότησης για την παρακολούθηση των AM. Διεθνή πιστοποιημένα συστήματα ήταν αναγκαία για την επιβεβαίωση της ποιότητας των δεδομένων και για την σύγκριση ανάμεσα στις πληροφορίες που πρόεκυψαν από τα διάφορα δίκτυα.

Όλες οι χώρες πρέπει να αναπτύξουν και να αυξήσουν την παρακολούθηση των AM_{2.5}, σύμφωνα πάντα με τις δυνατότητες τους και θα πρέπει να αναπτύξουν και διατηρήσουν ένα επίπεδο στην παρακολούθηση των AM₁₀. Τα κράτη μέλη πρέπει να δώσουν μεγαλύτερη έμφαση στην παρακολούθηση των AM_{2.5}. Αυτές οι παρακολουθήσεις πρέπει να σχεδιαστούν έτσι ώστε να παρέχουν πληροφόρηση σχετικά με την πληθυσμιακή έκθεση στα ατμοσφαιρικά AM_{2.5} για την ενημέρωση των πολιτών και τις επιπτώσεις που έχει στην υγεία τους η ατμοσφαιρική μόλυνση.

Όλα τα κράτη μέλη της Ευρώπης πρέπει να ανταλλάσσουν πληροφορίες, να βοηθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων για τις επιπτώσεις στην υγεία λόγω της έκθεσης σε AM₁₀ και AM_{2.5} έτσι ώστε να αυξήσουμε την κατανόηση των χαρακτηριστικών των AM στην Ευρώπη. Σε πολλές χώρες, αρκετά δίκτυα λειτουργούν παράλληλα.

Διαδικτυακή εναρμόνιση, διεθνής πιστοποίηση και ανταλλαγή δεδομένων πρέπει να εφαρμόζονται σε διεθνές επίπεδο για να εξασφαλίζουν την αξιοπιστία και την συγκρισιμότητα των δεδομένων τα οποία παράγονται από διαφορετικά δίκτυα. Για αυτόν τον λόγο χώρες που ανήκουν στον Π.Ο.Υ. της Ευρώπης ενθαρρύνονται να συμμετέχουν σε κατάλληλα εθνικά και διεθνή πιστοποιημένα δίκτυα ανταλλαγής πληροφοριών.

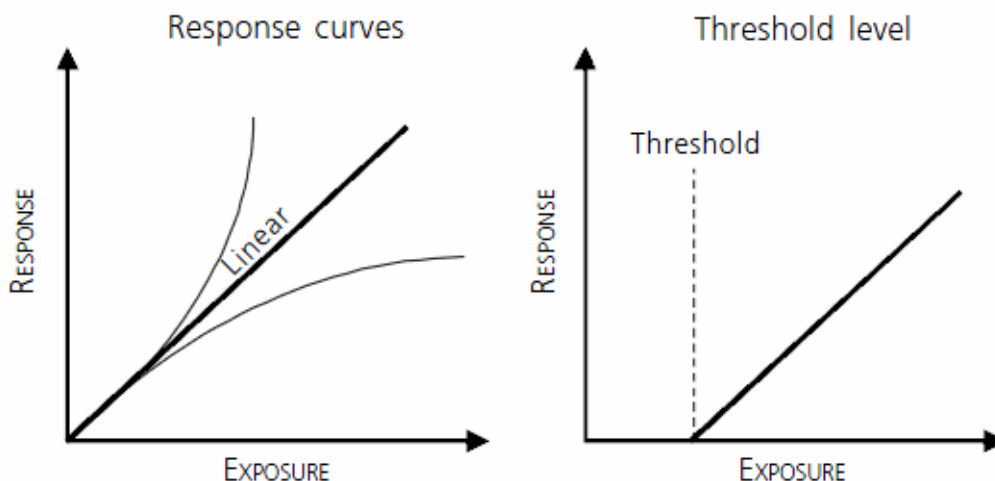
Υπάρχει εκτεταμένη ειδικότητα και εμπειρία στον Π.Ο.Υ. και στα Ευρωπαϊκά κράτη που ανήκουν σε αυτόν στις επιχειρήσεις οι οποίες παράγουν όργανα μετρήσεων και δίκτυα. Επίσης πρέπει να ανταλλάσσουν συνεχώς τις εμπειρίες τους για να βοηθήσουν στην ανάπτυξη της χωρητικότητας παρακολούθησης των ΑΜ στην περιοχή της Ευρώπης.

Παραμένει ζήτημα η σύγκριση μεταξύ δεδομένων των συγκεντρώσεων μεταξύ ΑΜ₁₀ που προκύπτουν από σταθερές σταθμικές και μη σταθερές μεθόδους. Πολλά δίκτυα έχουν αναπτύξει παράγοντες διόρθωσης οι οποίες εξαρτώνται από την τοποθεσία και τον χρόνο παρόλα αυτά μερικά δίκτυα δεν έχουν μπει ακόμα σε αυτή την διαδικασία.

4 Σχέση μεταξύ έκθεσης και ανταπόκρισης.

Ορισμένες επιδράσεις στην υγεία είναι χρόνιες, όπως ο καρκίνος του πνεύμονα από την διαρκή υψηλή έκθεση. Χρόνιες επιδράσεις στην υγεία παίρνουν πολύ χρόνο για να ανατηχθούν και μπορεί να συμβούν χρόνια αφού έχει σταματήσει η έκθεση. Άλλες επιπτώσεις είναι οξείες, όπως δηλητηρίαση από μονοξείδιο του άνθρακα. Η βραχυπρόθεσμη έκθεση είναι συνήθως υπεύθυνη για τις οξείες επιδράσεις.

Για ορισμένους ρύπους μπορούμε να θεωρήσουμε ένα κατώτατο όριο. Εάν η έκθεση είναι κάτω από το όριο, δεν εμφανίζονται επιπτώσεις στην υγεία. Σε άλλες περιπτώσεις, όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα στοιχεία δείχνουν ότι, ακόμα και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, μπορούν να παρατηρηθούν επιπτώσεις στην υγεία σε επίπεδο πληθυσμού. Έτσι, αυτοί οι ρύποι δεν έχουν ασφαλές επίπεδο στο οποίο μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν υπάρχει κίνδυνος για την υγεία.



Εικόνα 4.1 Σχέση έκθεσης σε ρύπους με τις επιπτώσεις στην υγεία

4.1 Εκτίμηση επιπτώσεων στην υγεία - ένα παράδειγμα.

Η επίδραση μπορεί να εκτιμηθεί με τον υπολογισμό του ποσοστού που αναλογεί (AP), το οποίο δείχνει το κλάσμα των συνεπειών στην υγεία που μπορεί να αποδοθεί στην έκθεση σε ένα δεδομένο πληθυσμό (με την προϋπόθεση ότι η έκθεση και οι επιπτώσεις στην υγεία σχετίζονται αιτιολογικά). Αν η κατανομή του πληθυσμού της έκθεσης προσδιορίζεται στο στάδιο εκτίμησης της έκθεσης και η λειτουργία μεταξύ έκθεσης και αποτελέσματος έχει ταυτοποιηθεί, τότε η αναλογία μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$AP = \frac{\sum [RR(c) - 1] * p(c)}{\sum [RR(c) * p(c)]}$$

όπου: RR (c) είναι ο σχετικός κίνδυνος για τις επιπτώσεις στην υγεία στην κατηγορία c της έκθεσης και p (c) είναι η αναλογία του πληθυσμού που εκτίθεται στην κατηγορία c της έκθεσης.

Αν ένα συγκεκριμένο με υποκείμενη συχνότητα αποτέλεσμα στον πληθυσμό, I, είναι γνωστό (είτε εμφανίζεται συχνά ή το υποθέτουμε), τότε ο ρυθμός (ή ο αριθμός των περιπτώσεων ανά μονάδα του πληθυσμού) που αποδίδεται με την έκθεση του πληθυσμού μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$I_E = I * AP$$

Κατά συνέπεια, η συχνότητα εμφάνισης ενός αποτελέσματος στον πληθυσμό ανεξάρτητα από την έκθεση μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής:

$$I_{NE} = I - I_E = I * (1 - AP)$$

Για έναν δεδομένου πληθυσμού μεγέθους N, αυτό μπορεί να μετατραπεί στην εκτίμηση του αριθμού των περιπτώσεων οφείλεται στην έκθεση, $N_E = I_E * N$.

Εάν τα εκτιμώμενα περιστατικά της συχνότητας έκθεσης του πληθυσμού και ο σχετικός κίνδυνος σε ένα ορισμένο επίπεδο ρύπανσης είναι γνωστά, τότε υψηλότερη

συχνότητα ($I + (c)$) και ένας επιπλέον αριθμός περιπτώσεων ($N + (c)$), μπορεί να εκτιμηθούν σε μια ορισμένη κατηγορία της έκθεσης:

$$I_+(c) = (RR(c) - 1) * p(c) * I_{NE}$$

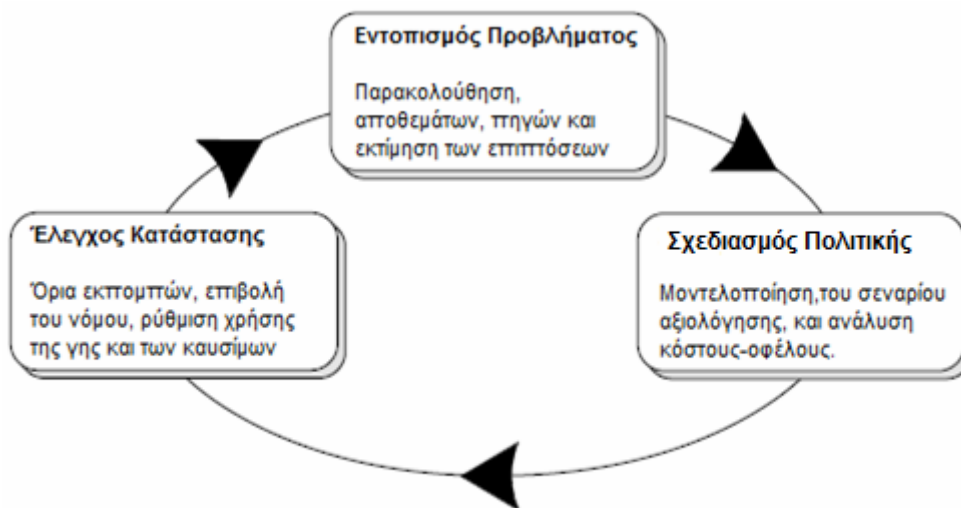
$$N_+(c) = I_+(c) * N$$

5 Σχεδιασμός, Λειτουργία και Εγγυημένη Ποιότητα και Έλεγχος στα Συστήματα Παρακολούθησης.

Το κεφάλαιο αυτό εξετάζει ορισμένες από τις απαιτήσεις για τη διασφάλιση της ποιότητας του σχεδιασμού και του ελέγχου δικτύων παρακολούθησης για την εκτίμηση της έκθεσης του πληθυσμού στην ρύπανση και της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Επίσης θα αναφερθούμε σε θέματα που σχετίζονται με τη διαχείριση δεδομένων και τη διάδοση. Σύμφωνα με τις αναθεωρημένες κατευθυντήριες γραμμές ποιότητας του αέρα για την Ευρώπη, οι ρύποι που προκαλούν ανησυχία είναι CO, το όζον (O_3), NO_2 , SO_2 , τα αιωρούμενα σωματίδια (AM), μόλυβδος (Pb) και το κάδμιο (Cd). Οι αντίστοιχες μέση περίοδοι τους κυμαίνονται από 10 λεπτά (SO_2) έως σε 1 έτος (NO_2 , SO_2 , Pb και Cd).

Ο κυρίαρχος σκοπός της παρακολούθησης ρύπων δεν είναι το μάζεμα δεδομένων αλλά η παροχή πληροφοριών που απαιτούνται από επιστήμονες, από πολιτικούς φορείς και από σχεδιαστές έτσι ώστε να γίνουν γνώστες και να αποφασίσουν την καλύτερη διαχείριση και βελτίωση του περιβάλλοντος. Η παρακολούθηση ρύπων εκπληρώνει τον κύριο ρόλο σε αυτήν την διαδικασία, παρέχοντας τις κατάλληλες επιστημονικές βάσεις για την ανάπτυξη τέτοιων πολιτικών και στρατηγικών, θέτει στόχους, αξιολογεί και συμμορφώνει με τους στόχους και καθορίζει τον προγραμματισμό δράσης.

Παρ' όλα αυτά η παρακολούθηση ρύπων έχει κάποιους περιορισμούς. Σε πολλές περιπτώσεις, οι μετρήσεις από μόνες τους μπορεί να είναι ανεπαρκείς ή ακόμα και μη πρακτικές για τον καθορισμό της έκθεσης των κατοίκων μία πόλης ή χώρας στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Για αυτόν τον λόγο η παρακολούθηση ρύπων πρέπει να συνδυάζεται με αντικειμενικές τεχνικές εκτίμησης, συμπεριλαμβανομένου μοντελοποίησης, μέτρηση και καταγραφή των εκπομπών, παρεμβολή και χαρτογράφηση. Μετρήσεις της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα και εκτίμησης πάνω σε βασικά μοντέλα είναι χρήσιμες συμπληρωματικές διεργασίες. Κανένα πρόγραμμα παρακολούθησης, ακόμα και να είναι καλά χρηματοδοτούμενο και καλά σχεδιασμένο, μπορεί να ελπίζει ότι μπορεί ποσοτικοποιηθούν πλήρως πρότυπα για την ατμοσφαιρική μόλυνση σε χώρο και χρόνο. Αντιθέτως, η στήριξη μόνο στον μοντελισμό είναι και αυτή αρκετά ανασφαλής. Παρ' όλα που διάφορα μοντέλα μπορούν να παρέχουν ένα ισχυρό εργαλείο για την πρόβλεψη και την ανάπτυξη στρατηγικών είναι στην πράξη ανίσχυρα χωρίς μετρήσεις στην ατμόσφαιρα κάτω από πραγματικές συνθήκες. Οπότε μετρήσεις και τα μοντέλα πρέπει να είναι πλήρως εναρμονισμένα στις διάφορες εκτιμήσεις και αξιολογήσεις της έκθεσης στην ατμοσφαιρική μόλυνση.



Εικόνα 5.1 Ο ρόλος της παρακολούθησης στην διαχείριση ποιότητας του αέρα
 Η οδηγία της Ευρωπαϊκή Ένωση για την εκτίμηση της ποιότητας του αέρα και της διαχείρισής του, αναγνωρίζει την αναγκαιότητα της χρησιμοποίησης ενός ευρύ πλαισίου παρακολούθησης και ελέγχου των ρύπων, μοντελοποίησης και χρήσης αντικειμενικών τεχνικών στα κράτη μέλη. Η επιλογή τεχνικής εξαρτάται από περιοχή σε περιοχή μελέτης ανάλογα με την κατάσταση της ποιότητας του αέρα.

5.1 Στόχοι παρακολούθησης. Διασφάλιση ποιότητας και ελέγχου

Το πρώτο βήμα στον σχεδιασμό και την εφαρμογή οποιουδήποτε συστήματος παρακολούθησης ρύπων είναι ο καθορισμός των στόχων. Διάχυτες ρυθμίσεις ή φιλόδοξες παρακολουθήσεις των στόχων θα έχει ως αποτέλεσμα ένα μη αποτελεσματικό πρόγραμμα με αρκετό κόστος και θα παραχθούν χαμηλής ποιότητας δεδομένα. Κάτω υπό τέτοιες συνθήκες δεν θα μπορέσει να γίνει σωστή διαχείριση του προσωπικού και των διαθέσιμων πόρων.

Η σχέση ανάμεσα στην συλλογή δεδομένων και της πληροφορίας η οποία θα εξαγάγετε από αυτά πρέπει να είναι στα υπόψη καθ' όλη την διάρκεια σχεδιασμού, εκτέλεσης και αναφοράς του προγράμματος παρακολούθησης ρύπων. Αυτό υπογραμμίζει την αναγκαιότητα συμμετοχής από χρήστες ή πιθανούς χρήστες των δεδομένων στην έρευνα και τον σχεδιασμό, όχι μόνο για να διασφαλίσει ότι οι υπηρεσίες που παρέχονται είναι αντίστοιχες με τις ανάγκες του προγράμματος αλλά και να δικαιολόγηση την δέσμευση πόρων.

Στόχοι παρακολούθησης ρύπων:

- Εκτίμηση της έκθεσης των πολιτών και των επιπτώσεων στην υγεία τους.
- Αναγνώριση απειλών για τα φυσικά οικοσυστήματα.
- Καθορισμός συμμόρφωσης με εθνικά και διεθνή πρότυπα.
- Ενημέρωση του πληθυσμού σχετικά με την ποιότητα του αέρα και εγκατάσταση συστημάτων συναγερμού.

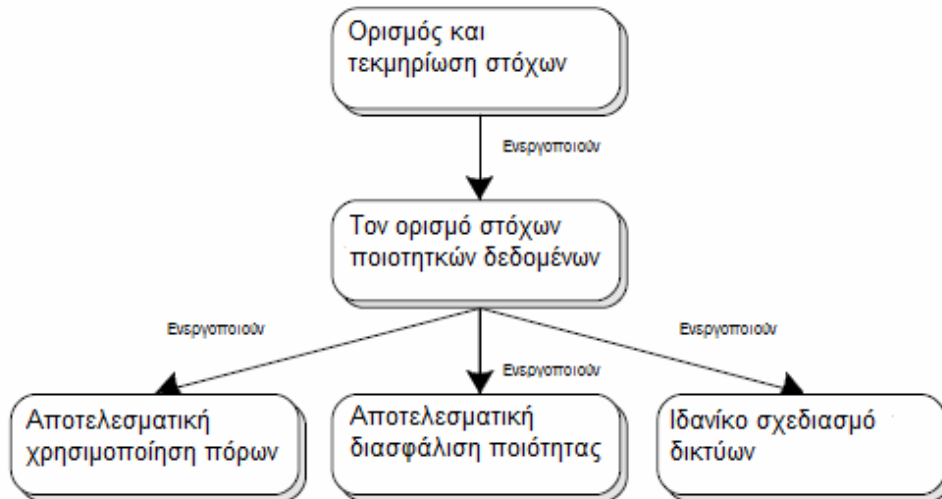
- Παροχή στόχων για την συμμετοχή στην διαχείριση ποιότητας αέρα, των μεταφορών και τον σχεδιασμό χρήσεων γης.
- Αναγνώριση και κατανομή των πηγών.
- Ανάπτυξη πολιτικών και θέσπιση προτεραιοτήτων για την ενεργή διαχείριση.
- Ανάπτυξη και επισημοποίηση των εργαλείων διαχείρισης όπως μοντέλων και γεωγραφικών συστημάτων πληροφόρησης.
- Ποσοτικοποίηση των τάσεων για τον εντοπισμό μελλοντικών προβλημάτων ή για την πρόοδο στην επίτευξη διαχείρισης ή για τον έλεγχο των στόχων.

Η εκτίμηση της έκθεσης ή των επιπτώσεων στην υγεία είναι ένας από τους πιθανούς στόχους μέσα από ένα ευρύ φάσμα άλλων στόχων που μπορεί να έχει ένα σύστημα παρακολούθησης ρύπων. Στην πραγματικότητα, αυτά τα δίκτυα σχεδιάζονται σταθερά για μια ποικιλία άλλων εφαρμογών. Εθνικές θεσμικές απαιτήσεις θα είναι πάντα μία παράμετρο, άλλες συμπεριλαμβάνουν ανάπτυξη πολιτικών και στρατηγικών ενίσχυσης τοπικού και εθνικού σχεδιασμού, εκτίμησης προόδου σε σχέση με τα διεθνή πρότυπα, αναγνώρισης και ποσοτικοποίησης των κινδύνων και προώθηση ενημέρωσης του κοινού. Οπότε κάθε υπηρεσία ή δίκτυο παρακολούθησης είναι διαφορετικά, καθώς επηρεάζονται από ανάμειξη τοπικών και εθνικών ζητημάτων και στόχων.

Εξ' αρχής οι στόχοι παρακολούθησης που θα τεθούν πρέπει να είναι καθαροί, ρεαλιστικοί και πραγματοποιήσιμοι. Αυτό επιτρέπει τον καθορισμό των κατάλληλων στόχων μέσω των ποιοτικών δεδομένων. Στην συνέχεια αυτό οδηγεί στην στοχευμένη ανάπτυξη ενός ποιοτικού προγράμματος παρακολούθησης με ωφελούμενο κόστος. Ένας σαφής ορισμός των γενικών στόχων της παρακολούθησης δεδομένων και των ποιοτικών στόχων είναι συνεπώς απαραίτητος έτσι ώστε να επιτρέψει τον ιδανικό σχεδιασμό των δικτύων, στην επιλογή προτεραιότητας και τις μεθόδους μετρήσεων των ρύπων, και αναγνώρισης των απαιτήσεων στην διαχείριση και αναφορά των δεδομένων.

Οι βασικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται από την μέτρηση της συνολικής παρακολούθησης και ποιοι στόχοι πρέπει να επιτευχθούν:

- Ακρίβεια μετρήσεων και ακριβείς προσέγγιση.
- Προσαρμογή στις μετεωρολογικές συνθήκες.
- Χρονική πληρότητα (στον εντοπισμό δεδομένων).
- Χωρική αντιπροσωπευτικότητα και κάλυψη.
- Σταθερότητα κατά την διάρκεια του χρόνου και από μέρος σε μέρος.
- Διεθνής συγκρισιμότητα και εναρμονισμός.



Εικόνα 5.2 Η σημασία του καθορισμού στόχων

5.2 Ο ρόλος και λειτουργία της διασφάλισης ποιότητας και ελέγχου

Η διασφάλιση ποιότητας και ποιοτικού ελέγχου είναι αναπόσπαστα κομμάτια κάθε συστήματος παρακολούθησης αέρα. Η διασφάλιση ποιότητας και ποιοτικού ελέγχου περιλαμβάνουν ένα πρόγραμμα από ενέργειες που εξασφαλίζουν ότι οι μετρήσεις είναι προσαρμοσμένες σε ορισμένα και κατάλληλα πρότυπα και τους στόχους που θέσαμε για την ποιότητα του προγράμματος, με δηλωμένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Η λειτουργία διασφάλιση ποιότητας και ποιοτικού ελέγχου δεν γίνεται για να πετύχουμε υψηλότερη ποιότητα στα δεδομένα μας. Αυτός είναι ένας μη πραγματοποιήσιμος στόχος που δεν μπορεί να επιτευχθεί κάτω υπό τον περιορισμό των πόρων. Η διασφάλιση ποιότητας και ποιοτικού ελέγχου μας εξασφαλίζει ότι τα δεδομένα είναι κατάλληλα για τον σκοπό μας.

Οι ενέργειες διασφάλισης ποιότητας καλύπτουν όλες τις φάσεις πριν το ξεκίνημα μετρήσεων σε ένα σύστημα παρακολούθησης, συμπεριλαμβάνουν τον ορισμό στόχων για την παρακολούθηση του αέρα και τις ποιότητας των δεδομένων, τον σχεδιασμό του συστήματος, την επιλογή τοποθεσιών, την εκτίμηση του εξοπλισμού και την εκπαίδευση των χειριστών. Η λειτουργία ποιοτικού ελέγχου λειτουργεί απευθείας και επηρεάζει ενέργειες που έχουν να κάνουν με τις μετρήσεις όπως της τοποθεσίας λειτουργίας, της βαθμονόμησης, της διαχείρισης δεδομένων, των επιτόπιων ελέγχων και της εκπαίδευσης. Με άλλα λόγια η διασφάλιση ποιότητας σχετίζεται με την διαδικασία των μετρήσεων ενώ η ποιότητα ελέγχου ασχολείται κυρίως με τα αποτελέσματα.

Συνολικοί στόχοι για την διασφάλιση ποιότητας και ελέγχου στην παρακολούθηση του αέρα:

- Οι μετρήσεις πρέπει να έχουν ακρίβεια και είναι αξιόπιστες.

- Τα δεδομένα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά των ατμοσφαιρικών συνθηκών.
- Τα αποτελέσματα πρέπει να είναι ανιχνεύσιμα και συγκρίσιμα.
- Οι μετρήσεις πρέπει να είναι σταθερές κατά την διάρκεια του χρόνου.
- Ο ρυθμός της εύρεσης δεδομένων πρέπει να είναι υψηλός και σωστά καταναμημένος.
- Η χρησιμοποίηση των πόρων πρέπει να είναι ανταποδοτική.

Βασικά συστατικά για την διασφάλιση ποιότητας και τον έλεγχο του ατμοσφαιρικού αέρα:

Διασφάλιση Ποιότητας:

- Καθορισμός των στόχων της παρακολούθησης του αέρα και της ποιότητας των δεδομένων.
- Σχεδιασμός δικτύων και συστημάτων για διαχείριση και εκπαίδευση.
- Διάλεγμα και εγκατάσταση τοποθεσιών.
- Εκτίμηση και εύρεση εξοπλισμού.
- Ποιότητα Ελέγχου:
- Τον έλεγχο εργασιών ρουτίνας στις τοποθεσίες λειτουργίας.
- Καθιέρωση μίας σειράς βαθμονομήσεων και ανιχνεύσεων.
- Διεξαγωγή ελέγχου και διαβαθμονόμησης του δικτύου.
- Συντήρηση και υποστήριξη του συστήματος.
- Επανεξέταση και διαχείριση των δεδομένων.

Οι κύριες αρχές σχεδιασμού ενός συστήματος ποιότητας και ελέγχου εφαρμόζονται στους περισσότερους τύπους δικτύων και οργάνων. Παρ' όλα αυτά συχνά υπάρχουν διαφορές στην έμφαση και στην εφαρμογή αυτών των συστημάτων. Μια συχνή απροσεξία είναι η μεγαλύτερη έμφαση που δίνετε στην διασφάλιση ποιότητας σε εφαρμογές εργαστηρίου μιας και είναι πιο εύκολο να ελεγχθούν και να παρακολουθηθούν. Αν και τέτοιες εφαρμογές είναι ζωτικές, ειδικά για προγράμματα μετρήσεων που βασίζονται σε δειγματοληψία και ανάλυση εργαστηρίου, όμως ειδική έμφαση και προσοχή πρέπει να δίνετε σε κάθε δίκτυο ενός ποιοτικού προγράμματος στα σημεία των μετρήσεων. Λάθη ή προβλήματα στο ξεκίνημα της αλυσίδας των μετρήσεων δεν μπορούν να επιδιορθωθούν μετά. Οπότε ο σωστός σχεδιασμός και συντήρηση του συστήματος δειγματοληψίας, οι συχνές επισκέψεις στην τοποθεσία εγκατάστασης, η διεξαγωγή ελέγχου και η διαβαθμονόμηση παίζουν κυρίαρχο ρόλο στην διασφάλιση ποιότητας του δικτύου.

Επιπλέον των εσωτερικών διαδικασιών που απαιτούνται για ειδικές τοποθεσίας εγκατάστασης, η διαβαθμονόμηση του συνολικού δικτύου πρέπει να γίνεται συχνά (συνήθως κάθε 6 με 12 μήνες). Οι ασκήσεις διαβαθμονόμησης γενικά αποτελούνται από τον προσεκτικό σχεδιασμό των κυκλοφορούντων προτύπων, που προτείνονται σε ένα μεγάλο αριθμό εργαστηρίων και τοποθεσιών μετρήσεων, στα οποία διεξάγονται συγκεκριμένες αναλύσεις.

Ακόμα μία παράμετρος των δικτύων σε ποιοτικά συστήματα είναι η ανάγκη για αποτελεσματική διαλογή και εκτίμηση των δεδομένων. Σε κάθε πρόγραμμα μετρήσεων όσο καλά και σχεδιασμένο να είναι μπορεί να υπάρξει κάποια αστοχία υλικού, κάποιο ανθρώπινο λάθος, κάποια διακοπή ρεύματος και πολλές άλλες αρνητικές παράμετροι που θα οδηγήσουν σε λανθασμένα δεδομένα. Αυτές οι αστοχίες θα πρέπει να αναγνωριστούν και να διορθωθούν πριν την τελική, οριστική παραγωγή και χρησιμοποίηση του συνόλου των δεδομένων έτσι αυξάνουμε την ακεραιότητα και την χρησιμότητα τους.

Ο σχεδιασμός ενός προγράμματος με διασφάλιση ποιότητα και ποιότητας ελέγχου είναι μόνο το πρώτο βήμα στην διαδικασία διαχείρισης της ποιότητας. Το πρόγραμμα πρέπει να είναι πλήρως καταγραμμένο και εφαρμοσμένο με τις συνθήκες μίας ενεργούς παρακολούθησης. Τα προγράμματα παρακολούθησης συχνά θέτουν καινούργιους στόχους κατά την διάρκεια του χρόνου αυτό γίνεται γιατί μπορεί να υπάρξουν αλλαγές στην νομοθεσία και μπορεί να υπάρξει διαφοροποίηση στα προβλήματα αέριας μόλυνσης. Επομένως προγράμματα που θέλουν να διασφαλίζουν την ποιότητα πρέπει να αναθεωρούνται αρκετά συχνά για παραμένουν στον ίδιο στόχο και σκοπό που έχουν αρχικά θέσει.

5.3 Σχεδίαση ενός Δικτύου.

Δεν υπάρχουν γενικοί κανόνες σχεδίασης ενός δικτύου, από την στιγμή που κάθε απόφαση που παίρνετε καθορίζετε από τους συνολικούς στόχους που έχουμε θέσει με την παρακολούθηση ρύπων (συμπεριλαμβανομένου της εκτίμησης έκθεσης στην αέρια ρύπανση και τις επιπτώσεις στην υγεία) και στην διαθεσιμότητα των πόρων που έχουμε.

Αν και τα συστήματα παρακολούθησης μπορούν να έχουν ένα συγκεκριμένο σκοπό, συχνά καταλήγουν ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών μέσα σε ένα πρόγραμμα. Κανένα σχέδιο δεν μπορεί αν υλοποιήσει όλους τους στόχους παρακολούθησης ρύπων που αναφέραμε πιο πάνω. Ωστόσο, ο σχεδιασμός τέτοιων υπηρεσιών που ενσωματώνουν αυτούς τους στόχους συχνά έχουν κοινά χαρακτηριστικά και χρησιμοποιούν κοινά δεδομένα και επικαλύπτουν δεδομένα για να επιβεβαιώσουν την αξιοπιστία και τα συμπεράσματα των αποτελεσμάτων. Ο τελικός στόχος στον σχεδιασμό είναι να εξασφαλίσουμε την μέγιστη πληροφορία με την λιγότερη προσπάθεια.

Σχεδιασμός Δικτύου, πίες προϋποθέσεις είναι απαραίτητες;

- Προϋπολογισμός χρημάτων.
- Εξειδικευμένο Προσωπικό.

- Διαθέσιμα χρονικά όρια υλοποίησης του δικτύου.

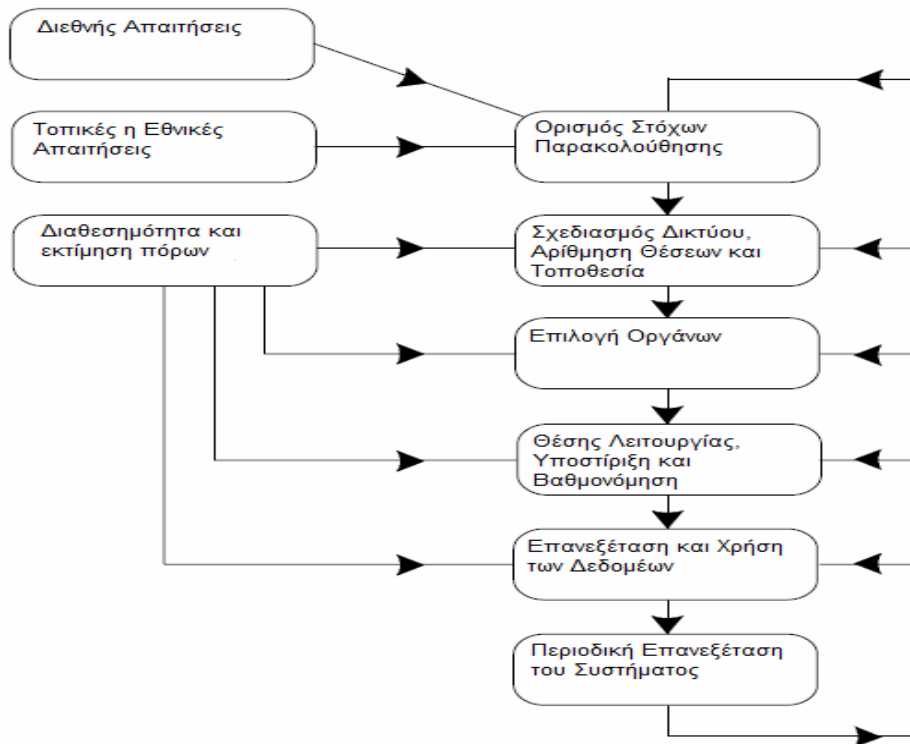
5.4 Διαθεσιμότητα Πόρων και Περιορισμοί.

Η διαθεσιμότητα πόρων είναι ο κύριος ζήτημα που πρέπει να επιλυθεί από τα πρώτα στάδια σχεδιασμού ενός δικτύου. Στην πραγματικότητα, είναι ο κύριος παράγοντας που καθορίζει σε ένα δίκτυο τον αριθμό των τοποθεσιών που θα επιλεγούν, τους ρύπους οι οποίοι θα καταγραφούν και την επιλογή του εξοπλισμού.

Κόστος παρακολούθησης αέριας ρύπανσης:

- Αρχικά αγορά αναλυτών, αισθητήρων και πληροφορίες μορφολογίας τοποθεσίας.
- Διαχείριση, συντήρηση και επιδιόρθωση εξοπλισμό.
- Κόστος προσωπικού, εργολαβίας, λειτουργίας και διαχείρισης.
- Διασφάλιση ποιότητας και ελέγχου εξοπλισμού, διαβαθμονόμηση και εκπαίδευση.
- Διαχείριση δεδομένων: συλλογή, ανάλυση, αρχειοθέτηση και αναφορά.
- Συλλογή αισθητήρων, επεξεργασία και εργαστηριακή ανάλυση.
- Λειτουργικά κόστος: υπενοικίαση τοποθεσίας, ηλεκτρισμός, αναλώσιμα, ανταλλακτικά, βαθμονόμηση αέριων, τηλεφωνία, μεταφορά και άλλα.

Εξασφάλιση ποιότητας και ποιότητας ελέγχου για την παρακολούθηση αέριων ρύπων . Βηματική προσέγγιση:



Εικόνα 5.3 Εξασφάλιση ποιότητας και ποιότητας ελέγχου

Ο κάθε εξοπλισμός πρέπει να επιλεγεί βάση της μακρόχρονης λειτουργίας ή της οικονομικής μας δυνατότητας. Τοπική σταθερότητα απαιτεί την συνεχόμενη διαθεσιμότητα προσωπικού για επισκευές και διαχείριση, μαζί με τα απαραίτητα προσόντα για την λειτουργία και την βαθμονόμηση του εξοπλισμού. Για να υπάρχει οικονομική ευστάθεια υπάρχει η ανάγκη ενός τρεχούμενου μπάτζετ για την λειτουργία του εξοπλισμού, τυπικά αυτό το ποσό είναι γύρω στα 10% του αρχικού κεφαλαίου.

5.5 Αριθμός και Επιλογή Τοποθεσιών.

Ο αριθμός και η κατανομή των σταθμών καταγραφής αέριας ρύπανσης που απαιτείτε από κάθε δίκτυο, οι αισθητήρες που απαιτούνται για κάθε υπηρεσία εξαρτώνται από την περιοχή που θέλουμε να καλύψουμε, την χωρική μεταβλητότητα των ρύπων που μετράμε και στο πως θα κάνουμε διαχείριση των δεδομένων.

Σχεδιασμός Δικτύου: Αριθμός Τοποθεσιών

Ο αριθμός των τοποθεσιών που απαιτείται εξαρτάται από:

- την προβλεπόμενη χρήση και στόχων των δεδομένων.
- την περιοχή που θέλουμε να καλύψουμε.
- την χωρική μεταβλητότητα των ρύπων.
- την διαθεσιμότητα των πόρων.
- την εγκατάσταση του εξοπλισμού.

Υπάρχουν αρκετές προσέγγισης για την επιλογή τοποθεσιών και για τον σχεδιασμό ενός δικτύου. Στις περιπτώσεις που μας αφορά να δούμε την έκθεση ενός γενικού πληθυσμού στους ρύπους θα πρέπει να στοχεύσουμε στην παρακολούθηση μας στις πηγές των ρύπων (που συχνά συμβαίνει να είναι και τα πιο επιβαρυνμένα περιβάλλοντα), καθώς και εκτεθειμένες περιοχές ιδανικές για να ποσοτικοποιηθούν οι τιμές έκθεσης του γενικού πληθυσμού. Για να παρουσιάσουμε μία ολοκληρωμένη εικόνα προτύπων για την έκθεση σε αέριους ρύπους χρειαζόμαστε δεδομένα από διαφορετικές περιοχές μέτρησης και εξαρτάται και από τους ρύπους τους οποίους μελετάμε. Θα παραθέσουμε ένα παράδειγμα με πίνακα για την κατανομή των ρύπων (συγκεκριμένα για AM₁₀) σε διαφορετικές τοποθεσίες μίας αστικής πόλης:

Πίνακας 5-1 Πρότυπα έκθεσης σε AM₁₀

Μέγεθος Πληθυσμού	Κλάσμα του χρόνου που αποδίδετε σε κάθε σταθμό (Μέτρηση συγκέντρωσης AM ₁₀ σε µg/m ³)				Υπολογισμός Έκθεσης (µg/m ³)
	Κέντρο (50)	Κίνηση στους δρόμους (70)	Προαστιακά (30)	Προαστιακά (20)	
Μη εργαζόμενοι συμπεριλαμβανομένου παιδιών (100.000)	0	0	0,5	0,5	25
Εργαζόμενοι και μετακινούμενοι (500.000)	0,3	0,1	0,3	0,3	37
Κάτοικοι στο κέντρο (400.000)	0,9	0,1	0	0	52
Συνολικός Πληθυσμός (1.000.000)	0,51	0,09	0,20	0,20	42

Αν και οι συνολικές απαιτήσεις ενός δικτύου ή υπηρεσίας είναι να αύξηση την χωρική του κάλυψη και να είναι αντιπροσωπευτικό των πραγματικών συνθηκών, στην πραγματικότητα αυτός ο στόχος μπορεί να επιτευχθεί μονό εφαρμόζοντας στρατηγική πλέγματος στην παρακολούθηση του αέρα. Αυτή η στρατηγική στην συνέχεια μπορεί να βελτιστοποιηθεί για να παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες για την χωρική μεταβλητότητα και για τα πρότυπα της έκθεσης στους πρωτεύοντες ρύπους. Παρ' όλα αυτά αυτή η στρατηγική απαιτεί πολύ εξειδικευμένο εξοπλισμό για αυτό και δεν χρησιμοποιείτε ευρέως. Για να μειωθεί το κόστος σε εξοπλισμό, μπορούμε να προσεγγίσουμε την στρατηγική πλέγματος σε συνδυασμό με δειγματοληψίες που είτε τις κάνουνε διακοπτόμενα είτε τις κάνουμε κινητά. Παρ' όλα αυτά αυτή η τεχνική δεν συμβαδίζει με την βελτιστοποίηση που αναφέραμε παραπάνω.

Μια πιο ευέλικτη λύση για την προσέγγιση σχεδιασμού δικτύου, που είναι κατάλληλη για μία μεγάλη πόλη ή ακόμα και εθνικό επίπεδο, περιλαμβάνει σταθερού σταθμούς παρακολούθησης ρύπων ή ακόμα και σταθερά σημεία δειγματοληψίας σε προσεκτικά επιλεγμένες τοποθεσίες βασισμένες στο τι δεδομένα θέλουμε να πάρουμε και για την χρήση τα θέλουμε, να γνωρίζουμε τα πρότυπα των καυσαερίων και την διασπορά των ρύπων που μελετάμε.

Σχεδιασμός Δικτύου: Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην επιλογή τοποθεσίας:

- Οι μεγαλύτερες πηγές εκπομπής καυσαερίων ρύπων στην περιοχή.
- Τελικοί αποδέκτες και το περιβάλλον.
- Μετεωρολογία και τοπογραφία.
- Προσομοίωση πρότυπων μοντέλων διασποράς στην περιοχή.
- Υπάρχουν πληροφορίες για την ποιότητα αέρα (από διάφορες μελέτες).
- Πληροφορίες για την δημογραφία, την υγεία και την χρήση γης.

Η παραπάνω προσέγγιση στον σχεδιασμό ενός δικτύου απαιτεί σημαντικά λιγότερες τοποθεσίες μετρήσεων από την στρατηγική πλέγματος και έτσι μας βοηθάει στον να εξοικονομήσουμε πόρους, αλλά είναι και πιο εύκολη ως προς την υλοποίηση της. Η προσοχή μας θα πρέπει να σταθεί στην προσεκτική επιλογή τοποθεσιών για τις μετρήσεις έτσι ώστε τα δεδομένα να είναι χρήσιμα. Ακόμα μοντελοποίηση και άλλες στοχευόμενες στρατηγικές μπορεί να πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν κάποια κενά που μπορεί να προκύψουν.

Συγκέντρωση στοιχείων από τις πηγές και από τις εκπομπές καυσαερίων μπορούν να μας βοηθήσουν στην επιλογή τοποθεσιών. Αυτά τα στοιχεία θα μας βοηθήσουν να εντοπίσουμε τις πιο μολυσμένες περιοχές όπως καθώς και άλλες τοποθεσίες όπου η έκθεση του πληθυσμού μπορεί να είναι σημαντική. Αν μια πλήρη απογραφή των εκπομπών δεν είναι διαθέσιμη, τότε στατιστικά υποκατάστατα, όπως η πυκνότητα του πληθυσμού, των ροών οδικής κυκλοφορίας και της κατανάλωσης καυσίμου μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των θέσεων όπου η ρύπανση είναι αρκετά υψηλή.

Αν η περιοχή ενδιαφέροντος έχει ήδη ελεγχθεί, τα υπάρχοντα δεδομένα της ποιότητας του αέρα από προηγούμενες μελέτες μπορεί να είναι χρήσιμα ως προς την στόχευση σε προβληματικές περιοχές για τους σκοπούς της αξιολόγησης των επιπτώσεων στην υγεία. Αν δεν υπάρχουν τέτοιες μελέτες που να έχουν πραγματοποιηθεί, τότε μπορεί να σχεδιαστούν ειδικές έρευνες ελέγχου για να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τα προβλήματα ρύπανσης σε μία ευρύτερη ζώνη ή σε τοπικό επίπεδο. Αυτές περιλαμβάνουν συχνά παθητικούς δειγματολήπτες ή κινητά εργαστήρια ελέγχου.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης των μοντέλων διασποράς μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν πρότυπα την διασπορά των ρύπων και απόθεση τους βοηθώντας έτσι στον προσδιορισμό των περιοχών όπου η έκθεση μπορεί να είναι μεγαλύτερη. Για να είναι πραγματικά χρήσιμα, τα δεδομένα σχετικά με τις εκπομπές και τη μετεωρολογία πρέπει να είναι αξιόπιστα και συνδυαστούν με ένα κατάλληλο και αξιόπιστο μοντέλο.

Οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες και η τοπογραφία επηρεάζει έντονα τη διασπορά των ατμοσφαιρικών ρύπων και επηρεάζουν την παραγωγή των δευτερογενών ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Άλλες πληροφορίες, όπως εκείνες που σχετίζονται με τη δημογραφία, την υγεία, τον πληθυσμό και τη χρήση της γης, μπορεί να είναι πολύτιμες στην επιλογή

αντιπροσωπευτικών τοποθεσιών ως σημεία αναφοράς άλλα και ως ζώνες με την υψηλότερη έκθεση. Η χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών μας επιτρέπει να κάνουμε μετρήσεις του περιβάλλοντος χώρου και σε συνδυασμό με τα γεωγραφικά δεδομένα συντεταγμένων χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της έκθεσης, σε επιδημιολογικές μελέτες και σε μια σειρά διαφόρων μελετών που έχουν να κάνουν με την διαχείριση της ποιότητας του αέρα.

Η διαδικασία της επιλογής των τοποθεσιών πρέπει επίσης να λαμβάνει υπόψη τη χωρική κατανομή και τη μεταβλητότητα των αερίων και σωματιδιακών ρύπων στο αστικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, οι συγκεντρώσεις των πρωτογενών ρύπων κυκλοφορίας, όπως CO είναι υψηλότερες σε περιοχές όπου υπάρχουν δρόμοι, ενώ τα επίπεδα του όζοντος είναι πιο ομοιόμορφα κατανεμημένα χωρικά αλλά είναι χαμηλότερα κοντά σε δρόμου λόγω της απομάκρυνσης από τα οχήματα εκπομπών NO. Για το λόγο αυτό, η βελτιστοποίηση των μετρήσεων για όλους τους ρύπους σε οποιαδήποτε θέση δεν είναι συνήθως δυνατή. Σε τέτοιες περιπτώσεις, απαιτείται συχνά κάποιος βαθμός συμβιβασμού.

Σε γενικές γραμμές, η χωρική μεταβλητότητα των δευτερευόντων ρύπων, όπως NO₂ και O₃ τείνει να είναι περισσότερο ομοιογενής από ό, τι εκείνη των πρώτο-γενών ρύπων όπως CO και SO₂. Αυτή η μεγαλύτερη μεταβλητότητα των πρωτογενών ρύπων, ιδιαίτερα κοντά στις πηγές, επηρεάζει την πυκνότητα και τους αριθμούς των τοποθεσιών παρακολούθησης που απαιτείται σε οποιαδήποτε έρευνα.

Μικρής κλίμακας εκτιμήσεις χωροθέτησης είναι επίσης σημαντικές για την εξασφάλιση ουσιαστικής και αντιπροσωπευτικής μέτρησης. Εάν οι συγκεντρώσεις αναφοράς είναι να αξιολογηθούν, τότε οι τοποθεσίες παρακολούθησης θα πρέπει να διαχωρίζονται επαρκώς από τις τοπικές πηγές ρύπων (για παράδειγμα, οι δρόμοι ή μικροί λέβητες). Αεροδυναμικές αντλίες και θέσεις καταφυγίων είναι συχνά σημαντικές. Η ελεύθερη ροή του αέρα γύρω από το στόμιο δειγματοληψίας είναι αναγκαία για τη διασφάλιση αντιπροσωπευτικής δειγματοληψίας. Για το λόγο αυτό, η δειγματοληψία ενός στάσιμου ή πολύ προστατευόμενου μικροπεριβάλλοντος θα πρέπει επίσης να αποφεύγονται.

Ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα δειγματοληψίας αέρα είναι εξαιρετικά σημαντικό. Για να μετρηθούν αξιόπιστα από τους δειγματολήπτες ή τους αυτόματους αναλυτές περιβάλλοντος οι συγκεντρώσεις ρύπων, οι ρύποι θα πρέπει να μεταφερθούν αμετάβλητοι στην αντίδραση οργάνου και του θαλάμου συλλογής.

Η πολλαπλή δειγματοληψία είναι ζωτικής σημασίας και συχνά παραβλέπονται κάποια στοιχεία των συστημάτων παρακολούθησης που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη συνολική ακρίβεια και την αξιοπιστία όλων των μετρήσεων.

Κύρια χαρακτηριστικά που επιθυμούμε στον σχεδιασμό ενός συστήματος παρακολούθησης είναι:

- Χημική αδράνεια στους ρύπους που κάνουμε δειγματοληψία.
- Χαμηλό χρόνο παραμονής του αέρα.
- Χαμηλή αλληλεπίδραση μεταξύ του ρεύματος αέρος και του δείγματος.

- Ροή μεγαλύτερη από αυτήν του αναλυτή.
- Ελάχιστη πτώση πίεσης.
- Απομάκρυνση των παρεμβολών, όπως υδρατμών ή ρύπων.
- Αποφυγή ξαφνικής μεταβολής θερμοκρασίας όταν κάνουμε δειγματοληψία αέρα.
- Ευκολία καθαρισμού και συντήρησης.

Μια σειρά από πρακτικές παρατηρήσεις ισχύουν επίσης για την επιλογή των τόπων παρακολούθησης. Θα πρέπει να είναι προσβάσιμοι για επιτόπιες επισκέψεις, αλλά και μια πιθανή δημόσια παρέμβαση ή ένας πιθανός βανδαλισμός θα πρέπει επίσης να αποφεύγονται. Το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι διαθέσιμο για τους αναλυτές ρύπων και για την υποδομή των σταθμών μαζί με μια τηλεφωνική σύνδεση, εάν χρησιμοποιούμαι τα δεδομένα τηλεμετρίας.

Μικρής κλίμακας εκτιμήσεις στην επιλογή τοποθεσίας:

- Δημόσια ασφάλεια.
- Ορατότητα τοποθεσίας.
- Ασφάλεια και βανδαλισμός.
- Πρόσβαση σε επιχειρήσεις κοινής οφέλιμας.
- Άδειες για τον σχεδιασμό.
- Τοπικές πηγές.
- Αεροδυναμική κάθαρση ή στέγαση.

5.6 Στρατηγικές Δειγματοληψίας.

Η παρακολούθηση περιλαμβάνει την ειδική συμπεριφορά των ρύπων στο χώρο και το χρόνο. Ένας καλός σχεδιασμός του δικτύου θα πρέπει να έχει σαν σκοπό τη βελτιστοποίηση τόσο στην χωρική όσο και στην χρονική κάλυψη ενός ρύπου εντός του πλαισίου των διαθέσιμων πόρων.

Η προηγούμενη ενότητα επικεντρώνεται στη μεγιστοποίηση της χωρικής κάλυψης και στην αντιπροσωπευτικότητα των μετρήσεων. Η επίτευξη καλής απόδοσης στο πεδίο του χρόνου δεν είναι συνήθως πρόβλημα για τις περισσότερες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση του αέρα. Ωστόσο, από τη στιγμή που εντοπίζονται ρύποι προτεραιότητας, οι τεχνολογίες μέτρησης που επιλέγονται πρέπει να είναι σε θέση να αναλύουν την σταθερά του χρόνου σύμφωνα με τον υπολογισμό μέσων τιμών των ρυπογόνων χρόνων που καθορίζονται από τις κατευθυντήριες γραμμές του Π.Ο.Υ. για την ποιότητα του αέρα της Ευρώπης.

Πίνακας 5-2 Παρουσίαση πιθανών τοποθεσιών παρακολούθησης σχετιζόμενες με την εκτίμηση έκθεσης σε ρύπους

Κατηγορία Τοποθεσίας	Περιγραφή
Πόλη ή αστικό κέντρο	Μία αστική τοποθεσία είναι αντιπροσωπευτική του πληθυσμού σε πόλεις ή σε αστικά κέντρα όπως οι πεζόδρομοι και οι αγορές.
Αστικές περιοχές.	Μία αστική περιοχή απομακρυσμένη από τις πηγές μόλυνσης και ως εκ τούτο σε γενικές γραμμές ένα αντιπροσωπευτικό πλαίσιο για της συνθήκες που επικρατούν σε μία πόλη.
Προαστιακοί ή οικισμοί	Ένας τύπος τοποθεσίας που βρίσκεται σε μια κατοικημένη περιοχή ή στις παρυφές μίας πόλης.
Πεζοδρόμια ή κοντά σε ένα δρόμο	Μία τοποθεσία δειγματοληψίας που απέχει 1 με 5 μέτρα από ένα δρόμο με πολύ κυκλοφορία.
Βιομηχανική ζώνη	Μία περιοχή όπου οι πηγές από τις βιομηχανίες έχουν τεράστια συνεισφορά στην μακροχρόνια ή στις υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων.
Αγροτικές περιοχές	Μια ανοιχτή τοποθεσία στην ύπαιθρο όσο το δυνατό πιο μακριά από τους δρόμους και τον πληθυσμό κα τις βιομηχανικές περιοχές.
Άλλες περιοχές	Μια περιοχή ειδικού ενδιαφέροντος ή ένα μικροπεριβάλλον ή μία τοποθεσία για στοχευμένη έρευνα όπως σχολεία ή νοσοκομεία.

Οι αυτόματοι αναλυτές συνεχούς λειτουργίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της τήρησης των βραχυπρόθεσμων ή μακροπρόθεσμων κατευθύνσεων. Καλά αναγνωριζόμενες ημιαυτόματες μέθοδοι, όπως δειγματολήπτες SO₂ που βασίζονται σε υπεριώδη φθορισμό για πάρουν μετρήσεις ή υψηλού όγκου δειγματολήπτες σωματιδίων είναι απολύτως επαρκής κατά τα πρότυπα ή κριτήρια για καθημερινές μετρήσεις. Η ενσωμάτωση των μεθόδων μέτρησης, όπως παθητικοί δειγματολήπτες, αν και ουσιαστικά περιορίζονται στην ανάλυση του χρόνου, είναι χρήσιμοι για την εκτίμηση της μακροπρόθεσμης έκθεσης και είναι πολύτιμοι για μια ποικιλία ελέγχων σε μία περιοχή, τη χαρτογράφηση και τις λειτουργίες σχεδιασμού του δικτύου.

Προβλήματα μπορεί να προκύψουν, όμως, όταν είναι χειροκίνητοι οι μέθοδοι δειγματοληψίας χρησιμοποιούνται με βάση μιας στρατηγικής διαλείπουσας, κινητής ή τυχαίας ανάπτυξης. Μια τέτοια προσέγγιση υιοθετείται συνήθως για λειτουργικούς ή οργανικούς λόγους ή απλώς επειδή οι αριθμοί των δειγμάτων ή των δεδομένων που παράγονται από μια συνεχής λειτουργία δεν θα μπορούσε να αναλυθούν.

Η περιοδική δειγματοληψία εξακολουθεί απροσδόκητα να χρησιμοποιείται ευρέως σε παγκόσμιο επίπεδο, για παράδειγμα, σε περιοχές της Ανατολικής Ευρώπης και της Κίνας. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, υψηλού όγκου δειγματολήπτες για τα αιωρούμενα σωματίδια συχνά αναπτύσσονται σε ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας που περιλαμβάνει από μετρήσεις μίας ημέρας έως έξι. Μια τέτοια στρατηγική δειγματοληψίας μπορεί να είναι περιορισμένης χρησιμότητας στην εκτίμηση ημερήσιων, εποχιακών ή ετήσιων προτύπων του ρύπου ή σε πραγματικά αξιόπιστα μοντέλα εκτίμησης της έκθεσης του πληθυσμού.

5.7 Ζητήματα Οργάνων.

Ο διαθέσιμος εξοπλισμός που υπάρχει καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τις δυνατότητες των μεθόδων παρακολούθησης αέρα και τον σχεδιασμό του δικτύου. Τα κύρια χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα των μεθόδων παρακολούθησης αέρα μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις γενικές κατηγορίες καλύπτοντας ένα μεγάλο εύρος χρήσεων και του κόστους τους. Μια πρόσθετη τεχνική, που περιλαμβάνει τη χρήση των βιοδεικτών, είναι ουσιαστικά ποιοτική ως προς τη φύση και ως εκ τούτου δεν χρησιμοποιείται ευρέως για την αξιολόγηση της νομοθεσίας, για την παρακολούθηση ή την εκτίμηση των επιπτώσεων των ρύπων στην υγεία.

Επιλέγοντας την πιο απλή τεχνική που θα κάνει τη δουλειά μας είναι μια καλή πρακτική. Ακατάλληλα, πολύ περίπλοκα ή επιρρεπής σε αστοχίες εξοπλισμοί μπορεί να οδηγήσουν σε κακή απόδοση του δικτύου, σε περιορισμένης δυνατότητας χρήσης δεδομένων και σε κατασπατάληση χρημάτων. Αν και οι στόχοι της παρακολούθησης είναι ο κύριος παράγοντας που πρέπει να λάβουμε υπόψη, οι περιορισμοί των πόρων και η διαθεσιμότητα ειδικευμένου προσωπικού θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη. Πρέπει να υπάρχει μια σαφής εξισορρόπηση μεταξύ κόστους, πολυπλοκότητας, αξιοπιστίας και απόδοσης του εξοπλισμού. Πιο προηγμένα συστήματα μπορούν να παρέχουν όλο και πιο εκλεπτυσμένα στοιχεία και μεγαλύτερη χρονική ανάλυση των μετρήσεων, αλλά μπορεί να χρειάζονται ειδικευμένες δεξιότητες όσον αφορά τη λειτουργία και την υποστήριξη, να είναι πιο ακριβά στην λειτουργία και στην συντήρησή τους και να είναι λιγότερο αξιόπιστα.

Στην πράξη, η συνδυασμένη χρήση των δειγματοληπτών και αυτόματων αναλυτών σε ένα υβριδικό πρόγραμμα παρακολούθησης μπορεί να προσφέρει μια ευέλικτη και οικονομικά αποδοτική προσέγγιση για το σχεδιασμό του δικτύου σε δημοτική ή εθνική κλίμακα. Ένας τέτοιος σχεδιασμός του δικτύου θα χρησιμοποιήσει παθητικούς ή ενεργούς δειγματολήπτες για να παρέχει μία καλή χωρική ανάλυση για την περιοχή κάλυψης των μετρήσεων. Αυτόματοι αναλυτές, αναπτύσσονται σε προσεκτικά επιλεγμένες περιοχές, μπορεί να παρέχουν χρονικά πιο λεπτομερή στοιχεία για την εκτίμηση των μέγιστων συγκεντρώσεων ή σύγκριση με τα βραχυπρόθεσμα πρότυπα.

Τα επίπεδα ενός ρύπου μπορούν να εξαχθούν με μέτρηση των επιπέδων ενός άλλου, αυτό είναι εφικτό όταν η τοπική ατμοσφαιρική ρύπανση σε έναν τομέα κυριαρχείται από τις εκπομπές από ένα είδος πηγής, όταν είναι εύρωστες και υπάρχουν καθιερωμένες αναλογίες εκπομπής για τον εν λόγω ρύπο. Για παράδειγμα, συγκεντρώσεις που σχετίζονται με την κυκλοφορία όπως ΝΟ_x, το βενζόλιο μολύβδου μπορεί να εκτιμηθούν σε περιοχές σχεδόν κοντά στις πηγές (για παράδειγμα σε πεζοδρόμια) από τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις CO. Ωστόσο υποκατάστατες μετρήσεις αυτού του είδους θα πρέπει πάντα να χρησιμοποιούνται με προσοχή.

Πίνακας 5-3 Ανάλυση των μεθόδων παρακολούθησης αέρα

Μέθοδος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Κόστος Κεφαλαίου
Παθητικοί Δειγματολήπτες	Χαμηλό κόστος, απλοί στην χρήση, δεν έχουν εξάρτηση από δίκτυο ηλεκτρισμού, μπορεί να εγκατασταθούν σε μεγάλο αριθμό, Χρήσιμο για τον έλεγχο και την έναρξη μελετών.	Ακατάλληλα για μερικούς ρύπους, γενικά παρέχουν μόνο μηνιαίους και ετήσιους μέσους όρους, αρκετή εργασία για εγκατάσταση και ανάλυση Δεν είναι μια μέθοδος αναφοράς για την παρακολούθηση συμμόρφωσης , αργή έξοδο δεδομένων	Από 10 \$ έως 70\$ ανά δειγματολήπτη
Ενεργοί Δειγματολήπτες	Χαμηλοί σε κόστος, εύκολη σε χρήση, αξιόπιστη λειτουργία και απόδοση, ιστορικό λήψης δεδομένων	Παρέχουν καθημερινά μέσους όρους, αρκετή εργασία για συλλογή και ανάλυση δεδομένων, απαιτείται εργαστηριακή ανάλυση, αργή εξαγωγή δεδομένων	Από 1.000 \$ έως 3.000 \$ ανά μονάδα
Αυτόματοι Αναλυτές	Αποδεδειγμένη υψηλή απόδοση, ωριαία δεδομένα, πληροφορίες μέσω σύνδεσης δικτύου	Πολύπλοκοι, ακριβοί, υψηλή ειδίκευση, υψηλές επαναλαμβανόμενες δαπάνες	Από 10.000 \$ έως 15.000 \$ ανά αναλυτή
Απομακρυσμένοι Αισθητήρες	Παροχή κατεύθυνσης ή ευρέως επιλυμένων δεδομένων, χρήσιμα κοντά σε πηγές, μετρήσεις από πολλαπλά όργανα	Πολύ πολύπλοκα και ακριβά, δύσκολα σε υποστήριξη, λειτουργία, βαθμονόμηση και εκτίμηση, δεν μπορούν να συγκριθούν εύκολα με σημειακές μετρήσεις,	Από 70.000 \$ έως 150.000 \$ ανά αισθητήρα

5.8 Λειτουργία Συστημάτων: Αυτόματα Δίκτυα.

5.8.1 Επισκέψεις Τοποθεσιών.

Τα αυτόματα δίκτυα χρησιμοποιούν συχνά τηλεμετρικά συστήματα μεταφοράς δεδομένων, τα οποία μπορεί να αποδειχτούν μια αποτελεσματική και οικονομικά αποδοτική μέθοδος για την απόκτηση δεδομένων από διάφορες τοποθεσίες. Ωστόσο, τα αυτόματα δίκτυα εξακολουθούν να απαιτούν τακτική επιθεώρηση του Θεξοπλισμού από τους φορείς εκμετάλλευσης. Συχνά, καταγραμμένες επισκέψεις στις τοποθεσίες, αποτελούν επομένως ένα ουσιαστικό στοιχείο διασφάλισης ποιότητας και ελέγχου για την παρακολούθηση του αέρα, αν και η συχνότητα των επισκέψεων που απαιτούνται ποικίλλει από δίκτυο σε δίκτυο. Οι επισκέψεις θα

πρέπει να εκτελούνται τόσο συχνά ως λειτουργικές ανάγκες, με γεωγραφικούς περιορισμούς και με διαθέσιμο αδειοδοτούμενο προσωπικό.

Περιοδικές αναφορές είναι αναγκαίες για την εκτίμηση:

- για τυχόν αλλαγές στην παρακολούθηση στόχων και προτεραιοτήτων.
- για νέους ρύπους προτεραιότητας και μεθόδων μετρήσεων.
- για τυχόν αλλαγές στις συνθήκες των τοποθεσιών.
- για αλλαγές στην εθνική και διεθνή νομοθεσία.
- για μεταβολή σχεδίων και πηγών εκπομπής.
- για αλλαγές στον υπάρχον εξοπλισμό.

Για να ενεργοποιήσουμε αυτές τις λειτουργίες που πρέπει να διενεργούνται συστηματικά και αποτελεσματικά, πρέπει να καταρτιστεί ένα πρόγραμμα επιτόπιων επισκέψεων που θα παρέχει έλεγχο για όλα τα σημεία που πρέπει να επισκέπτονται τακτικά σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα, συνήθως εβδομαδιαία και μηνιαία. Μια ολοκληρωμένη καταγραφή και βαθμονόμηση οργάνων θα πρέπει να ολοκληρωθεί και να διατηρείται μετά από κάθε επιτόπια επίσκεψη σε αρχείο για τις επόμενες, διασφαλίζοντας έτσι την ποιότητα και τον έλεγχο του συστήματος.

5.8.2 Υποστήριξη και συντήρηση εξοπλισμού.

Οι διαδικασίες συντήρησης για τους αναλυτές του αέρα είναι εξαιρετικά σημαντικές. Μόνο μέσα από την κατάλληλη υποστήριξη ένα όργανο μπορεί να υποστηρίξει ένα σύστημα παρακολούθησης για να λειτουργήσει ικανοποιητικά και για μεγάλα χρονικά διαστήματα στον τομέα. Τα προγράμματα συντήρησης για την αντικατάσταση των αναλώσιμων εξαρτημάτων, κάνοντας διαγνωστικούς ελέγχους και ανανέωση του εξοπλισμού πρέπει πάντα να ακολουθούνε το συστάσεις του κατασκευαστή. Τηρούμενες διαδικασίες και χρόνοι ολοκλήρωσης επισκευής πρέπει επίσης να καθορίζονται στον κάθε τομέα εάν ο εξοπλισμός παρουσιάσει σφάλμα. Σε πολλά δίκτυα, η συντήρηση των οργάνων και η υποστήριξη τους ανατίθενται σε τοπικούς φορείς παροχής υπηρεσιών του εξοπλισμού.

Σύνθετες τεχνολογίες παρακολούθησης του αέρα απαιτούν δέσμευση πόρων πέρα από τις αρχικές επενδυτικές δαπάνες κεφαλαίου. Οι συνεχής δαπάνες που απαιτούνται για τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού και για την υποστήριξη της προσπάθειας παρακολούθησης, διατηρεί τον εξοπλισμό σε κατάσταση λειτουργίας και να εξασφαλίζει ότι σημαντικά δεδομένα αποκτήθηκαν.

Λειτουργία επισκέψεων τοποθεσιών:

- Εβδομαδιαία ή μηνιαία συχνότητα.
- Εξασφάλιση ομαλής λειτουργίας του εξοπλισμού.

- Βαθμονόμηση και διαγνωστικός έλεγχος.
- Πρόληψη μελλοντικών προβλημάτων.
- Αλλαγή φίλτρων και αναλωσίμων.
- Έλεγχος συστήματος δειγματοληψίας και αντλιών.
- Καθαρισμός συστήματος δειγματοληψίας.
- Εγκατάσταση, επιδιόρθωση και αποκατάσταση εξοπλισμού.
- Έλεγχος εξωτερικών συνθηκών.

5.8.3 Βαθμονόμηση Εξοπλισμού.

Ένας αυτόματος εξοπλισμός παρακολούθησης πρέπει να βαθμονομηθεί σωστά για να αποκτήσει ακριβή και ανιχνεύσιμα στοιχεία της ποιότητας του αέρα. Για τους περισσότερους κοινούς ρύπους αέρα, αυτό συνεπάγεται με τη χρήση των επιτόπιων κυλίνδρων αερίου μεταφοράς ή πηγών διαπέρασης για να δημιουργήσει ένα σημείο βαθμονόμησης αναπαραγωγίμο στον εξοπλισμό, προσδιορίζοντας έτσι την απόκριση του συστήματος σε μία επακριβώς προκαθορισμένη συγκέντρωση του υπό ανάλυση ρύπου.

Ένας επιπλέον προσδιορισμός του αντίστοιχου σημείου μηδέν, ή της απόκρισης του συστήματος όταν δεν υπάρχει ρύπος (δηλαδή μια μέτρηση που γίνεται με τη χρήση αερίου μηδενικού κυλίνδρου ή με κατάλληλα επεξεργασμένο αέρα), αρκεί για να δώσει μία βαθμονόμηση δύο σημείων, που είναι επαρκής για πολλούς σκοπούς. Η πολλαπλών σημείων βαθμονόμηση περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές συγκεντρώσεις σε διαστήματα και απαιτείται σε ορισμένες περιπτώσεις: όπως για παράδειγμα, μετά από συντήρηση εξοπλισμού ή επισκευή ή εάν υπάρχει υποψία προβλήματος στην γραμμικότητα.

Μια καλή πρωτογενή βαθμονόμηση δημιουργεί την βάση και μια σαφή αλυσίδα για την ανιχνευσιμότητα για όλες τις μετρήσεις κάτι που είναι πολύ σημαντικό. Η δυνατότητα για την παραγωγή πρωτογενών προτύπων είναι αναγκαία για την προετοιμασία ή την επαλήθευση δευτερευόντων πρότυπων. Αυτά μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν στο σημείο μέτρησης, και για την παραγωγή προτύπων μεταφοράς που χρησιμοποιείται για την εναρμόνιση των μετρήσεων καθ' όλη την διάρκεια ενός προγράμματος παρακολούθησης. Τα αξιόπιστα πρωτογενή πρότυπα είναι επομένως θεμελιώδεις καθοριστικοί παράγοντες για την ποιότητα και την ακρίβεια της μετρήσεων σε οποιοδήποτε δίκτυο παρακολούθησης.

5.8.4 Διαβαθμονόμηση και έλεγχος.

Σε μεγάλης κλίμακας εθνικά δίκτυα, οι επί τόπου διαδικασίες βαθμονόμησης πρέπει να συμπληρωθούν από τους τακτικούς ελέγχους και συνολικής διαβαθμονόμησης του δικτύου. Οι έλεγχοι πρέπει συνήθως να γίνονται τουλάχιστον μία φορά το χρόνο. Αυτό μας δίνει την ευκαιρία για την άμεση και ποιοτική αξιολόγηση των διαδικασιών

εκμετάλλευσης, των επιδόσεων στις τοποθεσίες, των υποδομών και των οργάνων. Επιτρέπουν επίσης την διόρθωση λαθών και αστοχιών στα δεδομένα..

Η διαβαθμονόμηση μπορεί να γίνεται κάθε 3-6 μήνες, ανάλογα με τον τύπο του δικτύου. Πρόκειται για μια ποσοτική εκτίμηση του πλήρους συστήματος μέτρησης σε κάθε θέση, με τη χρήση κοινών προτύπων αναφοράς να επαναλαμβάνονται διαδοχικά σε κάθε θέση δικτύου. Σε μεγάλα εθνικά δίκτυα, η διαβαθμονόμηση είναι απαραίτητη για να εξασφαλιστεί η συγκρισιμότητα των δεδομένων και να δημιουργήσει μια άμεση μέτρηση της αλυσίδας ανίχνευσης σε σχέση με τα πρωτεύοντα πρότυπα.

Έλεγχος τοποθεσίας και διαβαθμονόμησης:

- Συνεχείς έλεγχος από εξωτερικό οργανισμό.
- Εξασφάλιση συγκρίσεων δεδομένων μέσα στο δίκτυο.
- Έλεγχος συνθηκών των τοποθεσιών για τυχόν ανωμαλίες.
- Δημιουργία αλυσίδας ανίχνευσης ρύπων σχετιζόμενης με τα εθνικά πρότυπα.
- Έλεγχος συνοχής της λειτουργίας στις διάφορες τοποθεσίες.
- Έρευνα για συστηματικές ανωμαλίες στις μετρήσεις.

5.8.5 Λειτουργία Συστήματος: Δίκτυα δειγματολήπτη.

Αν και οι ενεργητικοί και παθητικοί δειγματολήπτες είναι σχετικά απλοί στη χρήση τους, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη διασφάλιση της ποιότητας και των διαδικασιών ελέγχου για να εξασφαλιστεί ότι τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι καθορισμένα και με επαρκή ποιότητα. Όπως χρησιμοποιούν σχετικά απλές τεχνικές για τη συλλογή δειγμάτων, οποιαδήποτε πρόγραμμα διασφάλισης της ποιότητας και ελέγχου θα πρέπει να δώσει έμφαση σε μεγάλο βαθμό στην μετέπειτα εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων που συλλέγονται.

5.8.6 Ανάλυση δειγμάτων.

Όλα τα δείγματα πρέπει να αντιμετωπιστούν και να αναλυθούν προσεκτικά από εκπαιδευμένους, αρμόδιους τεχνικούς και πρέπει η χημική τους ανάλυση να γίνεται από αρμόδιο εργαστήριο. Δεν είναι δυνατόν να συζητήσουμε λεπτομερώς τις αναλυτικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται. Ωστόσο, τα εργαστήρια έχουν συνήθως τις δικές τους μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί και επικυρωθεί από αυτά. Αυτά μπορεί να είναι ή οργανική χρωματομετρική :όπως για παράδειγμα, η χρωματογραφία ιόντων. Σε όλες τις αναλύσεις, αξιόπιστης ποιότητος χημικά θα πρέπει να χρησιμοποιούνται.

Ως επιπλέον μέτρο διασφάλισης της ποιότητας, το προσωπικό θα πρέπει να τεκμηριώνει και να συμμορφώνεται με όλες τις αναλυτικές διαδικασίες. Θα πρέπει να ακολουθούν τις διαδικασίες που ορίζονται στο Διεθνή Οργανισμό για τα πρότυπα

Τυποποίησης (ISO) ή και σε άλλες όπου υπάρχουν και έχουν εφαρμογή. Οι μέθοδοι και οι διαδικασίες θα πρέπει να ελέγχονται από ανεξάρτητη αρχή και να επανεξετάζονται τακτικά.

5.8.7 Βαθμονόμηση συστημάτων δειγματοληψίας.

Για τα ενεργητικά συστήματα δειγματοληψίας, η συσκευή που μετρά τον όγκο ή την ροή, και είναι υπεύθυνη για τις διαδικασίες δειγματοληψίας και ανάλυσης πρέπει να βαθμονομείται. Οι μετρητές που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του όγκου του δείγματος ή οι μετρητές ροής που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ταχύτητας ροής πρέπει να βαθμονομούνται σε σχέση με πρωτεύοντα πρότυπα πριν από τη χρήση τους και συνέχεια σε τακτά διαστήματα. Πρότυπες μέθοδοι για τη βαθμονόμηση της ροής περιλαμβάνουν υδράργυρο σφραγισμένου όγκου με έμβολο, έναν βαθμονομητή ογκομετρική με ταινία από μεταλλικό άλας λιπαρού οξέως, ένα σπιρόμετρο (μετρητής όγκου αέρα) και την τεχνική μετατόπισης μπουκαλιού. Ο όγκος που γίνεται δειγματοληψία θα πρέπει να ελέγχεται σε κάθε επίσκεψη, για να διασφαλιστεί ότι ο ρυθμός ροής διατηρείται σε σταθερό επίπεδο εντός των αναμενομένων ορίων.

Ιδανικά, οι διαδικασίες δειγματοληψίας και ανάλυσης πρέπει να βαθμονομούνται με την εισαγωγή μιας γνωστής συγκέντρωσης του ρύπου που μας ενδιαφέρει εντός του συστήματος δειγματοληψίας, για ένα μετρημένο χρονικό διάστημα και εν συνεχεία την ανάλυση του δείγματος ακολουθώντας τις συνήθεις διαδικασίες. Η γνωστή συγκέντρωση ενός ρύπου μπορεί να παραχθεί από μια συσκευή διαπέρασης από εμφιαλωμένο αέριο βαθμονόμησης ή από στατική ή δυναμική αραίωση.

5.9 Διαχείριση Δεδομένων.

Ακόμα και αν όλες οι κατευθυντήριες γραμμές για τη λειτουργία του δικτύου που περιγράφηκαν μέχρι τώρα έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία, περαιτέρω μέτρα για τον έλεγχο της ποιότητας είναι απαραίτητα για να μεγιστοποιήσουν την ακεραιότητα των δεδομένων. Σε κάθε δίκτυο παρακολούθησης του αέρα, όσο καλά και να λειτουργεί ή να έχει υλοποιηθεί, μία αστοχία στον εξοπλισμό, ενός ανθρωπίνου σφάλματος, μία διακοπή ρεύματος, διάφορες παρεμβάσεις και μια μεγάλη ποικιλία από άλλες διαταραχές μπορεί να οδηγήσουν σε ψευδή ή ανακριβή στοιχεία. Αυτά πρέπει να φιλτράρονται πριν την οριστική παραγωγή της βάσης δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί.

Για λόγους ευκολίας, η διαδικασία επανεξέτασης των δεδομένων μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαδικασία δύο σταδίων: επισημοποίησης των δεδομένων που ακολουθείται από επικύρωση. Η επικύρωση δεδομένων περιλαμβάνει μια ταχεία εμπροσθοβαρή διαδικασία ελέγχου για τον εντοπισμό ή την αφαίρεση λανθασμένων στοιχείων πριν από την αρχική χρήση και σχετίζεται με μια μακροπρόθεσμη επανεξέταση των βάσεων δεδομένων πριν από την τελική, αρχειοθετημένη ανάλυση και την υποβολή εκθέσεων.

5.9.1 Επισημοποίηση δεδομένων.

Μερικοί κανόνες επισημοποίησης δεδομένων:

- Συνεχόμενη εμπροσθοβαρής λειτουργική διαδικασία.
- Επανεξέταση όλων των δεδομένων.
- Ταχύς ρυθμοί.
- Δημιουργία εκτυπώσεων και γραφημάτων.
- Απαιτείτε κοινή λογική και εμπειρία.
- Αποφυγή αποκλειστικής εξάρτησης από αυτόματα συστήματα.

Πολλά εμπορικά διαθέσιμα δεδομένα τηλεμετρίας και ετοιμοπαράδοτα συστήματα παρακολούθησης επιτρέπουν τον εντοπισμό των εκτός εμβέλειας ή των ύποπτων δεδομένων, και των παραγόντων βαθμονόμησης. Εμμένοντας σε αυστηρά κριτήρια αποδοχής και αυτόματης απόρριψης λανθασμένων δεδομένων, ωστόσο αυτή η στρατηγική δεν εξασφαλίζει απαραίτητα την υψηλή ποιότητα των δεδομένων. Για παράδειγμα, μετά από μια τέτοια προκαθορισμένη ρουτίνα απόρριψης δεδομένων ακυρώνει συχνά ακραίες (αλλά βάσιμες) μετρήσεις ρύπων απλώς και μόνο επειδή βρίσκονται έξω από προκαθορισμένες ή αποδεκτές οριακές τιμές.

Αν και σύγχρονα λογισμικά, όπως τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να προσφέρουν μείωση του φόρτου εργασίας στην ρουτίνα επισημοποίησης δεδομένων, και θεωρούνται ως ένα χρήσιμο εργαλείο, ωστόσο δεν μπορούμε να τα θεωρήσουμε ως μία ολοκληρωμένη λύση αυτή τη στιγμή.

Η ενεργή εξέταση απόδοσης των δεδομένωνς από εξειδικευμένο προσωπικό μπορεί να προσφέρει μια πιο ευέλικτη προσέγγιση για την επισημοποίηση τους. Αυτή η διαδικασία επανεξέτασης είναι ένα σημαντικό στοιχείο των προγραμμάτων διασφάλισης της ποιότητας του δικτύου, που εξυπηρετεί τόσο τον εντοπισμό ενδεχομένων λανθασμένων ή μη έγκυρων δεδομένων, όσο και για να ειδοποιεί εγκαίρως τους ενδιαφερόμενους φορείς στον τομέα για οποιαδήποτε δυσλειτουργία του εξοπλισμού ή για ένα πρόβλημα που απαιτεί προσοχή.

Τα δεδομένα μπορούν να συνοψιστούν καθημερινά με γραφικά στοιχεία και διαγράμματα ελέγχου βαθμονόμησης να καταρτίζονται τακτικά (κάθε μήνα και/ή εποχιακά) αυτό βοηθάει στην εμπροσθοβαρή επανεξέταση των δεδομένων. Η εμπειρία, η κοινή λογική και η πρωτοβουλία του προσωπικού ελέγχου των δεδομένων αποτελούν προϋποθέσεις που πρέπει να εφαρμοστούν με επιτυχία για την διαδικασία επανεξέτασης.

5.9.2 Επικύρωση δεδομένων.

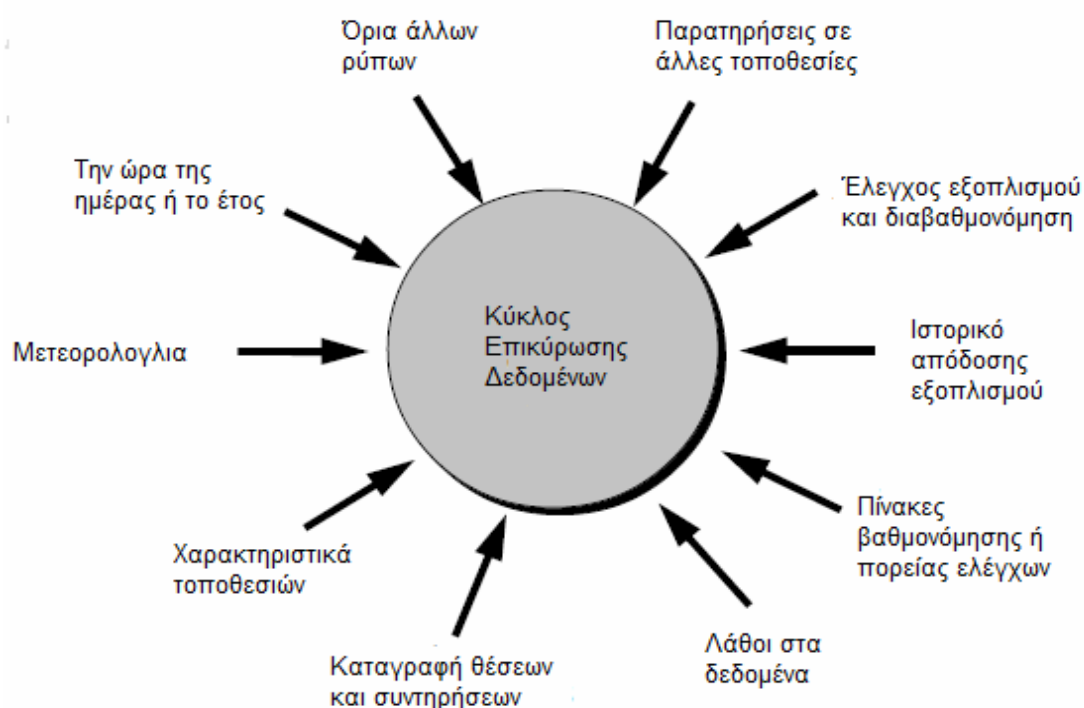
Η επικύρωση των δεδομένων δεν είναι μια μηχανιστική διαδικασία και δεν προσφέρεται εύκολα για αυτοματοποίηση. Παρόλο που βασίζεται σε λογισμικά

συστήματα ένας εμπειρογνώμονας μπορεί να είναι σε θέση να βοηθήσει στο μέλλον, διότι η ανθρώπινη κρίση είναι η μόνη αξιόπιστη μέθοδος. Η επικύρωση είναι ένα μια υψηλής ειδίκευσης άσκηση για την οποία απαιτούνται σημαντικές γνώσεις για την συμπεριφορά και την διασπορά των ρύπων, για τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού, εμπειρία στον τομέα και κρίση.

Μια τακτική διαβαθμόνωση στο σύνολο των δεδομένων είναι συχνά σημαντική διαδικασία που μας εισαγάγει στην διαδικασία επικύρωσης των δεδομένων. Επομένως η επικύρωση είναι συνήθως βασίζεται σε βάσεις δεδομένων που καλύπτουν 3 με 6 μήνες, επιτρέποντας τον εντοπισμό εξοπλιστικών ανωμαλιών και μίας μακροπρόθεσμης παρεκκλίνουσας απόδοσης.

Αναφορικά με την επικύρωση δεδομένων:

- Περιοδικές επανεξετάσεις, κάθε 3 με 6 μήνες.
- Τελική διαδικασία αποδοχής δεδομένων.
- Συνήθως εκτελείτε από ξεχωριστή μονάδα ειδικευμένου προσωπικού.
- Βασίζετε στην κρίση και στην εμπειρία.
- Εισαγωγής πολλών δεδομένων.



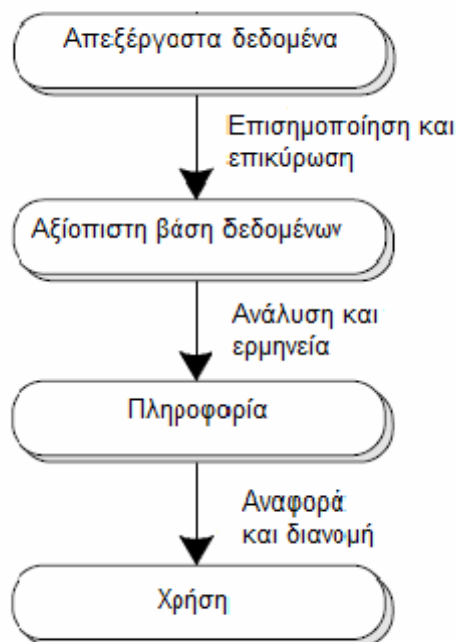
Εικόνα 5.4 Είσοδος στη διαδικασία επικύρωσης δεδομένων

5.9.3 Παραγωγή πληροφορίας από τα δεδομένα.

Ο στόχος της παρακολούθησης δεν είναι απλώς να συλλέγει δεδομένα, αλλά να παράγει χρήσιμες πληροφορίες για τις τεχνικές, την πολιτική και για το κοινωνικό σύνολο.

Ανεπεξέργαστα δεδομένα, από μόνα τους, έχουν πολύ περιορισμένη χρησιμότητα. Αυτά πρέπει πρώτα να ελέγχονται (με την επισημοποίηση και την επικύρωση) και αντιπαραβάλλονται για να παράγουν ένα αξιόλογο και αξιόπιστο σύνολο δεδομένων. Σε τυπικά συστήματα πληροφοριών για τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα, οι μετρήσεις επικύρωσης τοποθετούνται σε μια βάση δεδομένων μαζί με τα αντίστοιχα σύνολα δεδομένων εκπομπής, μοντέλα προβλέψεων και μαζί με άλλα δεδομένα που βοηθάνε στην λήψη αποφάσεων.

Το επόμενο στάδιο στη διαχείριση των δεδομένων είναι η κατάλληλη ανάλυση και ερμηνεία, σχεδιασμένο για να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σε κατάλληλη μορφή για τους τελικούς χρήστες. Μια ποικιλία των αποδεδειγμένων αναλυτικών μεθόδων είναι διαθέσιμες για την ανάλυση των δεδομένων της ποιότητας του αέρα. Σε τελική ανάλυση, όμως, πρέπει να επιλεγθεί το κατάλληλο επίπεδο της μεθόδου επεξεργασίας δεδομένων που σε μεγάλο βαθμό από θα καθοριστεί από την τελική χρήση.



Εικόνα 5.5 Ροή δεδομένων σε ένα πρόγραμμα παρακολούθησης ρύπων

Ένα ελάχιστο επίπεδο της διαχείρισης των δεδομένων θα μπορούσε να είναι η παραγωγή ημερήσιων, μηνιαίων και ετήσιων περιλήψεων, με την απλή χρήση στατιστικής και γραφικής ανάλυσης. Η χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών θα πρέπει να ληφθεί υπόψη, ειδικά για το συνδυασμό των δεδομένων

της ρύπανσης με επιδημιολογικές και άλλες γέω συντονισμένες κοινωνικές, οικονομικές ή δημογραφικές πηγές.

Οι πληροφορίες που εξάγονται με αυτόν τον τρόπο από τις μετρήσεις δεδομένων θα πρέπει να παρουσιαστούν ή αλλιώς να διανεμηθούν στους τελικούς χρήστες σε κατάλληλα χρονικά διαστήματα. Αυτές μπορεί να είναι σε μορφή οργανωμένων δεδομένων, σε μία σύνοψη της διαδικασίας, σε στατιστικές μελέτες, σε περιπτώσεις που κάποιος στόχος έχουν υπερβεί κάποια όρια, σε αναλυτικά αποτελέσματα, σε γραφήματα ή και σε χάρτες.

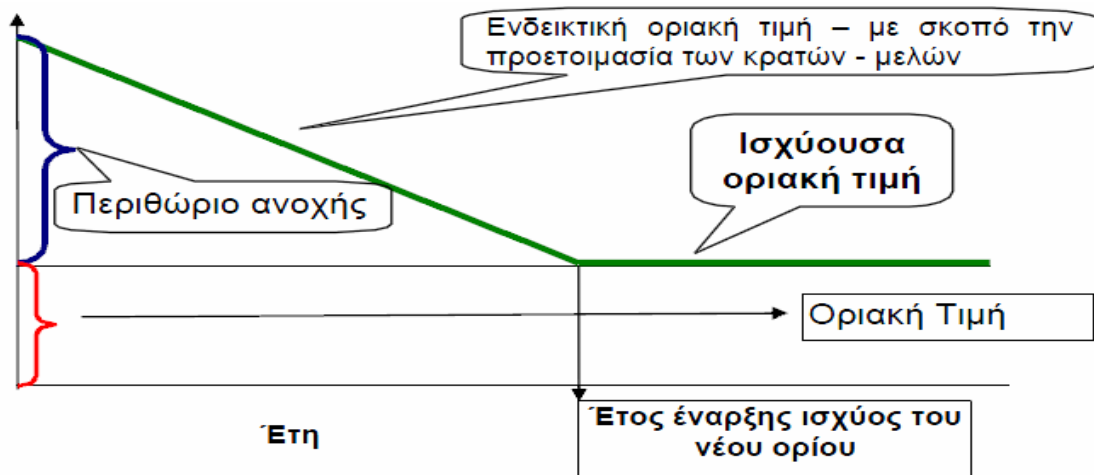
Τέλος τα συμπεράσματα και οι πληροφορίες που έχουν εξαχθεί από τα δεδομένα των μετρήσεων μπορούν να παρουσιαστούν μέσω κάποιας εργασίας ή μελέτης, σε ηλεκτρονική μορφή με δυνατότητα επεξεργασίας από υπολογιστή και φυσικά μέσω του διαδικτύου και άλλων μέσων επικοινωνίας και δικτύωσης.

6 Ελληνική Νομοθεσία.

Στη χώρα μας ισχύουν νομοθετημένα όρια για τους ρύπους διοξειδίου του θείου, αιωρούμενα σωματίδια, διοξειδίου του αζώτου, μόλυβδο, όζον, μονοξειδίου του άνθρακα, βενζόλιο, σύμφωνα με τα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας που έχουν καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Με μία σειρά από νέες οδηγίες σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση, θεσπίστηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση, πέραν των άλλων, νέα όρια για τους διάφορους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Τα όρια αυτά αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων. Οι οδηγίες που έχουν εκδοθεί μέχρι τέλους του 2004 και αφορούν στα νέα όρια είναι:

- Οδηγία 1996/62/ΕΚ για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 3277/209/2000, ΦΕΚ 180/Β/17-2-2000).
- Οδηγία 1999/30/ΕΚ για τις οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου, στον αέρα του περιβάλλοντος (ΠΥΣ 34/30.5.2002, ΦΕΚ 125/Α/ 5-6-02).
- Οδηγία 2000/69/ΕΚ για τις οριακές τιμές βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 9238/332, ΦΕΚ 405Β/27.2.05).
- Οδηγία 2002/3/ΕΚ σχετικά με το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 38638/2016, ΦΕΚ 1334Β/21.9.05).
- Οδηγία 2004/107/ΕΚ σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 22306/1075/Ε103, ΦΕΚ 920Β/8.6.07).

Με τις οδηγίες αυτές για κάθε ρύπο ορίζεται μία οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, με το αντίστοιχο έτος έναρξης ισχύος της. Παράλληλα δίνεται και ένα περιθώριο ανοχής, το οποίο αθροίζεται στην οριακή τιμή, δίνοντας έτσι την ενδεικτική οριακή τιμή, η οποία ισχύει στο μεσοδιάστημα έως την θέση σε ισχύ της οριακής τιμής. Το περιθώριο ανοχής κάθε χρόνο μειώνεται, έτσι ώστε στην ημερομηνία ισχύος του νέου ορίου να μηδενιστεί. Επιπρόσθετα, τα κράτη μέλη πρέπει να εκπονούν και να υλοποιούν σχέδια δράσης για την προετοιμασία τους όσον αφορά στην επίτευξη και τήρηση των ορίων.



Εικόνα 6.1 Επεξήγηση της εφαρμογής της τιμής στόχου και οριακής τιμής με βάση της οδηγίες της Ε.Ε.

6.1 Αντιμετώπιση Επεισοδίων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.

Με την Κ.Υ.Α 11824/1993 θεσμοθετείται σχέδιο δράσης για την αντιμετώπιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τίθενται «όρια εκτάκτων μέτρων», για τον περιορισμό της ρύπανσης σε περιπτώσεις που κυρίως λόγω εξαιρετικά δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών, αναμένεται αύξηση των τιμών ρύπανσης. Τα μέτρα λαμβάνονται όταν οι μετρούμενες τιμές υπερβούν ή προσεγγίσουν τα όρια εκτάκτων μέτρων (συναγερμού) και ταυτόχρονα υπάρχει πρόβλεψη για συνθήκες που ευνοούν τη διατήρηση ή αύξηση των τιμών ρύπανσης για τις επόμενες ή την επόμενη ημέρα.

Τα αρχικά όρια για τη λήψη εκτάκτων μέτρων, που αναφέρονται στην παραπάνω ΚΥΑ, τροποποιήθηκαν για τους ρύπους NO_2 , SO_2 και O_3 με την εφαρμογή των Οδηγιών 1999/30/ΕΚ (ενσωμάτωση στο Εθνικό Δίκαιο με την Π.Υ.Σ. 34/30.5.2002) και 2002/3/ΕΚ (ΚΥΑ ΗΠ 38638/2016, ΦΕΚ 1334Β/21.9.05).

Για το CO , σύμφωνα με την Οδηγία 2000/69/ΕΚ (ενσωμάτωση στο Εθνικό Δίκαιο με την Κ.Υ.Α. 9238/332/2004) δεν προβλέπεται όριο συναγερμού. Με το άρθρο 13 της ΚΥΑ 9238/332/2004, οι διατάξεις της ΚΥΑ 11824/1993 για τη λήψη εκτάκτων μέτρων που αναφέρονται στο CO καταργούνται.

Για τα αιωρούμενα σωματίδια ($\text{A}_{\Sigma 10}$) δεν προβλέπεται από την κείμενη νομοθεσία τόσο την ευρωπαϊκή όσο και την ελληνική όριο συναγερμού.

Πίνακας 6-1 Μερικά όρια συναγερμού

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΟΡΙΟ
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	1 ώρα	Όριο συναγερμού: 400 μg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	Όριο συναγερμού: 500 μg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες
Όζον (O ₃)	1 ώρα	Όριο συναγερμού: 240 μg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες

7 Ανιχνευτές Αερίων στην Αγορά - Επισκόπηση

Αναφερθήκαμε εκτενώς στα ζητήματα της ατμοσφαιρικής μόλυνσης στις οδηγίες του Π.Ο.Υ. για τις επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία και κυρίως αναλύσαμε τα AM_{10/2.5}. Προκύπτει από τα παραπάνω το πόσο αναγκαία είναι η παρακολούθηση και συνεχείς καταγραφή των ρύπων μέσω αισθητήρων αερίων. Οι αισθητήρες αερίων είναι συσκευές ανίχνευσης που αλληλεπιδρούν με μία ποικιλία αερίων και μετά παρέχουν το αποτέλεσμα σε ένα όργανο για την εμφάνιση των μετρήσεων. Οι εφαρμογές τους είναι ο εντοπισμός τοξικών και καυσίμων αερίων.

Κατασκευαστές ανιχνευτών και αναλυτών αερίων, ασχέτως το πόσο ισχυροί είναι στον επαγγελματικό τομέα τους, βασίζονται σε παραδοσιακούς κατασκευαστές αισθητήρων οι οποίοι ειδικεύονται στην ανάπτυξη και εξέλιξη αισθητήρων. Μερικοί κατασκευαστές οργάνων είναι επίσης ικανοί να παράγουν οι ίδιοι αισθητήρες ,παρ όλα αυτά αγοράζουν αισθητήρες από παραδοσιακούς κατασκευαστές είτε εξαιτίας του όφελος σε κόστος είτε εξαιτίας της έλλειψης εμπειρίας στην παραγωγή συγκεκριμένων τύπων αισθητήρων.

Η σημασία των αισθητήρων καταδεικνύεται από το γεγονός ότι οι εξελίξεις που σημειώθηκαν στους αισθητήρες βοήθησαν τους κατασκευαστές να αντιμετωπίσουν μια σειρά απο τις απαιτήσεις των πελατών τους. Μια γενική απαίτηση από τους χρήστες ήταν για μικρότερα όργανα, φθηνότερα και ευέλικτα σε λειτουργία. Ανιχνευτές που κατασκευάζονται με μικρότερο μέγεθος με υψηλή ποιότητα και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής εντάσσονται στην OEM(original equipment manufacture). Για παράδειγμα, City Technology Ltd έχει έρθει με το MICROceL φάσμα αισθητήρων αερίων, οι οποίοι είναι 75% μικρότεροι και ελαφρύτεροι από τους υπάρχοντες

αισθητήρες αερίων. Αυτοί οι νέοι τύποι αισθητήρων χρειάζονται λιγότερο χώρο σε ένα όργανο πολλαπλών αερίων. Για αυτόν τον λόγο OEM για ενσωματωμένα και κινητά όργανα αερίων θα επωφεληθούν από αυτό το γεγονός.

Οι χρήστες επίσης νοιάζονται πολύ για την διάρκεια ζωής των οργάνων και των ανιχνευτών. Μεγαλύτερη ζωή, μικρότερη η ανάγκη για αλλαγή και ως εκ τούτου μεγαλύτερη εξοικονόμηση χρημάτων. Ο ρυθμός αλλαγής ενός ανιχνευτή αερίων ποικίλη ανάλογα με τον τύπο. Μερικοί ανιχνευτές μπορούν να διαρκέσουν για 10 χρόνια και άλλοι για πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα. Ο ρυθμός αντικατάστασης ενός ανιχνευτή εξαρτάται από την διάρκεια έκθεσης του στα διάφορα αέρια και στον περιβάλλον στο οποίο χρησιμοποιείτε.

Η μεγαλύτερες κατηγορίες αισθητήρων είναι:

- Ηλεκτροχημική
- Ημιαγωγοί
- Καταλυτικοί
- Υπέρυθροι

Ηλεκτροχημικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται κυρίως για τον εντοπισμό τοξικών αερίων, ενώ καταλυτικοί και υπέρυθροι για να εντοπίσουν καύσιμα αέρια. Χρησιμοποιούνται επίσης για να εντοπίσουν τα επίπεδα οξυγόνου. Καθώς εντοπίζουν το οξυγόνο, μετράνε κάθε μείωση στα επίπεδα του, και όταν εντοπίσουν ένα τοξικό αέριο όπως το διοξείδιο του θείου, ψάχνουν να εντοπίσουν τα αυξημένα επίπεδα αυτού του αερίου.

Παρ όλα αυτά οι ηλεκτροχημικοί αισθητήρες προτιμούνται στον εντοπισμό τοξικών αερίων και αυτή η τάση αναμένετε να συνεχιστεί στα επόμενα χρόνια. Αυτοί η αισθητήρες έχουν μικρό κόστος και είναι αξιόπιστοι, που είναι από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα τους απέναντι στους άλλους τύπους ανιχνευτών τοξικών αερίων όπως οι καταλυτικοί.

7.1 Εισοδήματα από την Αγορά

Η παγκόσμια αγορά στους αισθητήρες αερίων είναι σχετικά σταθερή. Αισθητήρες που κατασκευάζονται για σταθερά όργανα υπολογίζονται στο 29.8 τοις εκατό των εσόδων της αγοράς και τα κινητά όργανα καταλαμβάνουν το υπόλοιπο 70.2 τοις εκατό.

Εν κατακλείδι οι αισθητήρες αερίων είναι τα κύρια όργανα σε ανιχνευτές και αναλυτές. Οι απλές αλλαγές όπως και η κάθε αλλαγή στο μέγεθος, στην απόδοση, και στην κατανάλωση ενέργειας είναι τα κρίσιμα σημεία και είναι ευθέως ανάλογα στην απόδοση και στις πωλήσεις των οργάνων στα οποία χρησιμοποιούνται.

7.2 Ηλεκτροχημικοί Αισθητήρες

Ηλεκτροχημικοί Αισθητήρες είναι ανιχνευτές αερίων που μετρούν την συγκέντρωση ενός αερίου από την οξειδωση ή από την μείωση του αερίου σε ένα ηλεκτρόδιο και μετρούν την τρέχουσα τιμή που προκύπτει.

Οι αισθητήρες περιέχουν δύο ή τρία ηλεκτρόδια, μερικές φορές τέσσερα, σε επαφή με έναν ηλεκτρολύτη. Τα ηλεκτρόδια κατασκευάζονται συνήθως με τον καθορισμό μιας ψηλής επιφάνειας από πολύτιμο μέταλλο πάνω σε μια υδρόφοβη πορώδη μεμβράνη. Το ηλεκτρόδιο κατά την λειτουργία του είναι σε επαφή με τον ηλεκτρολύτη και με τον ατμοσφαιρικό αέρα ο οποίος συνήθως θα καταγραφεί μέσω της πορώδους μεμβράνης. Ο πιο συχνός ηλεκτρολύτης που χρησιμοποιείτε είναι συνήθως ένα ανόργανο οξύ αλλά και οργανικοί ηλεκτρολύτες έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε μερικούς αισθητήρες. Τα ηλεκτρόδια είναι συνήθως σε πλαστικό περίβλημα το οποίο περιέχει μια τρύπα εισόδου για το αέριο.

Το αέριο διαχέεται στον αισθητήρα, μέσα από το πίσω μέρος της πορώδους μεμβράνης του ηλεκτροδίου που είναι σε λειτουργία, όπου οξειδώνεται ή μειώνεται. Η ηλεκτροχημική αντίδραση απορρέει από ένα ηλεκτρικό ρεύμα που περνά μέσω του εξωτερικού κυκλώματος. Εκτός από τη μέτρηση, ενισχύοντας και εκτελώντας άλλες λειτουργίες επεξεργασίας σήματος, το εξωτερικό κύκλωμα διατηρεί την τάση στα άκρα του αισθητήρα μεταξύ της λειτουργίας και της μέτρησης ηλεκτροδίου για έναν αισθητήρα δύο ηλεκτροδίων, ή μεταξύ του λειτουργικού και του ηλεκτροδίου αναφοράς για ένα κελί όπου βρίσκονται τρία ηλεκτρόδια. Στο μετρητή ηλεκτροδίου μια ίση και αντίθετη αντίδραση συμβαίνει, τέτοια που εάν το ηλεκτρόδιο είναι οξειδωμένο, τότε στον μετρητή του ηλεκτροδίου υπάρχει μείωση.

Το μέγεθος της τρέχουσας τιμής ελέγχεται από το πόσο μεγάλο μέρος του αερίου οξειδώνεται στο ηλεκτρόδιο εργασίας. Οι αισθητήρες είναι συνήθως σχεδιασμένοι έτσι ώστε η προμήθεια αερίου να περιορίζεται από τη διάχυση και, συνεπώς, η έξοδος από τον αισθητήρα είναι γραμμικά ανάλογη με την συγκέντρωση του αερίου. Αυτή η γραμμική απόδοση είναι ένα από τα πλεονεκτήματα των ηλεκτροχημικών αισθητήρων σε σχέση με άλλες τεχνολογίες αισθητήρων, (π.χ. υπέρυθρο), των οποίων η παραγωγή πρέπει να έχει μία γραμμικότητα πριν να μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Μια γραμμική απόδοση επιτρέπει την ακριβέστερη μέτρηση των χαμηλότερων συγκεντρώσεων και πολύ πιο απλή βαθμονόμηση (μόνο η αρχική τιμή και ένα σημείο χρειάζονται).

Η διάχυση του ελέγχου προσφέρει και ένα άλλο πλεονέκτημα. Η αλλαγή της διαχύσεως επιτρέπει στον κατασκευαστή του αισθητήρα για να προσαρμόσει τον αισθητήρα σε ένα συγκεκριμένο εύρος συγκεντρώσεων του αερίου. Επιπλέον, δεδομένου ότι το φράγμα διάχυσης είναι κυρίως μηχανική, η βαθμονόμηση των ηλεκτροχημικών αισθητήρων τείνει να είναι πιο σταθερή με την πάροδο του χρόνου και έτσι τα όργανα ενός ηλεκτροχημικού αισθητήρα απαιτούν πολύ λιγότερη συντήρηση από ό, τι κάποιες άλλες τεχνολογίες ανίχνευσης. Η ευαισθησία μπορεί να υπολογιστεί με βάση τις ιδιότητες διάχυσης της διαδρομής του αερίου στον αισθητήρα, αν και πειραματικά σφάλματα στη μέτρηση των ιδιοτήτων διάχυσης κάνουν τον υπολογισμό λιγότερο ακριβή από τη βαθμονόμηση με αέριο δοκιμής.

Ενώ οι ηλεκτροχημικοί αισθητήρες προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα, δεν είναι κατάλληλοι για κάθε αέριο. Δεδομένου ότι ο μηχανισμός ανίχνευσης περιλαμβάνει

την οξειδωση ή τη μείωση των αερίων, ηλεκτροχημικοί αισθητήρες είναι συνήθως κατάλληλοι μόνο για τα αέρια που είναι ηλεκτροχημικά ενεργά, αν και είναι δυνατόν η ανίχνευση ηλεκτροχημικά αδρανών αερίων έμμεσα, αν το αέριο που αλληλεπιδρά με ένα άλλο είδος στον αισθητήρα τότε παράγει στη συνέχεια μια απόκριση.

7.3 Καταλυτικοί Αισθητήρες

Η καταλυτική χάντρα αισθητήρας αποτελείται από δύο σπείρες λεπτού καλωδίου λευκόχρυσου που ενσωματώνετε σε μια χάντρα αλουμινίου, και είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένα με κύκλωμα γέφυρας Wheatstone. Ένα από τα pellistor είναι εμποτισμένο με ένα ειδικό καταλύτη που προωθεί την οξειδωση ενώ το άλλο επεξεργάζεται την αναστολή της οξειδωσης. Το ηλεκτρικό ρεύμα διαπερνά τις χάντρες για να δημιουργήσει μια θερμοκρασία στην όποια η οξειδωση ενός αερίου γίνεται εύκολα στην καταλυτική χάντρα(500-550°C). Το αέριο καύσιμο που διέρχεται αυξάνει ακόμα περισσότερο την θερμοκρασία η οποία αυξάνει την αντίσταση της σπείρας από λευκόχρυσο στην καταλυτική χάντρα, δημιουργώντας μια ανισοροπία στην γέφυρα. Αυτή η αλλαγή στην έξοδο είναι γραμμική ,για τα περισσότερα αέρια, μέχρι και παραπάνω από 100% του LEL, η χρονική αντίδραση κυμαίνεται δευτερόλεπτα για τον εντοπισμό οριακών τιμών (γύρω στα 20% του Lower Explosive Limit LEL), και για να γίνει η οξειδωση χρειάζεται τουλάχιστον 12% οξυγόνου κατ'όγκο.

Ένα pellistor είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείτε για την ανίχνευση αερίων, τα οποία είτε είναι εύφλεκτα είτε έχουν μια σημαντική διαφορά στην θερμική αγωγιμότητα με εκείνη του αέρα. Στην καταλυτική χάντρα αισθητήρα το pellistor λειτουργεί με την καύση του αερίου στόχου, η θερμότητα που παράγεται δημιουργεί μια αλλαγή στην αντίσταση του ανιχνεύσιμου στοιχείου του αισθητήρα ανάλογη με την συγκέντρωση του αερίου. Το θερμικά αγωγή pellistor λειτουργεί μετρώντας την αλλαγή στην απώλεια θερμότητας (και ως εκ τούτου θερμοκρασία / αντίσταση) του ανιχνεύσιμου στοιχείου με την παρουσία του αερίου στόχου.

7.4 Δίχως διασπορά αισθητήρας υπέρυθρων.

Ένας δίχως διασπορά αισθητήρας υπέρυθρων (Nondispersive infrared (NDIR)) είναι μια απλή φασματοσκοπική συσκευή που χρησιμοποιείται συχνά ως ανιχνευτής αερίων.

Τα κύρια εξαρτήματα είναι μια υπέρυθη πηγή (λάμπα), ένα τμήμα του δείγματος ή του σωλήνα φωτός, ένα φίλτρο μήκους κύματος, και ένας υπέρυθρος ανιχνευτής. Το αέριο διαχέεται μέσα στο θάλαμο του δείγματος, και η συγκέντρωση των αερίων μετράται ηλεκτρο-οπτικά από την απορρόφηση ενός συγκεκριμένου μήκους κύματος στο υπέρυθρο(IR). Το φως IR κατευθύνεται μέσα από το θάλαμο του δείγματος προς τον ανιχνευτή. Παράλληλα υπάρχει μια άλλη αίθουσα με έγκλειστο αέριο αναφοράς, συνήθως άζωτο. Ο ανιχνευτής έχει ένα οπτικό φίλτρο μπροστά από αυτό που

εξαλείφει όλο το φως εκτός από το μήκος κύματος όπου τα μόρια του επιλεγμένου αερίου μπορούν να το απορροφήσουν. Ιδεατά τα μόρια άλλων αερίων δεν απορροφούν φως σε αυτό το μήκος κύματος και δεν επηρεάζουν την ποσότητα φωτός που φτάνει στον ανιχνευτή.

Όπως πολλά αέρια έχουν καλή απορρόφηση στην περιοχή των υπέρυθρων, είναι συνήθως αναγκαίο για να αντισταθμίσει τα παρεμβαλλόμενα συστατικά. Για παράδειγμα ανάμεσα στο CO₂ και το H₂O ξεκίνα μια διασταυρούμενη ευαισθησία στο υπέρυθρο φάσμα. Όπως πολλές μετρήσεις στην περιοχή των υπέρυθρων δείχνουν ευαισθησία όταν διασταυρώνονται με το H₂O, είναι δύσκολο να αναλυθούν για παράδειγμα SO₂ και NO₂ σε χαμηλές συγκεντρώσεις χρησιμοποιώντας την αρχή υπέρυθρου φως.

Το IR σήμα από την πηγή συνήθως τεμαχίζεται ή διαμορφώνεται έτσι ώστε το υπόβαθρο από τα θερμικά σήματα μπορεί να αντισταθμιστεί με το επιθυμητό σήμα.

Εφαρμογές:

- Υπέρυθρος αναλυτής αερίων
- Αισθητήρας σημείου υπέρυθρων

7.4.1 Υπέρυθρος Αναλυτής Αερίων

Ένας Υπέρυθρος Αναλυτής Αερίων μετράει ίχνη αερίων που καθορίζονται από την απορρόφηση εκπεμπόμενου υπέρυθρου φωτός από μία πηγή διαμέσου ενός δείγματος αέρα. Τα ίχνη αερίων που βρίσκονται στην γήινη ατμόσφαιρα διεγείρονται από συγκεκριμένα μήκη κύματος που βρίσκονται στο εύρος του υπέρυθρου. Η ιδέα πίσω από αυτήν την τεχνολογία μπορεί να γίνει κατανοητή αν εξετάσουμε το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία χτυπά την επιφάνεια της γης, η εισερχόμενη μικρού κύματος ακτινοβολία τείνει να μετατραπεί σε μακρά κύματα υπέρυθρης ακτινοβολία που ανακλούνται πίσω στο διάστημα. Αν ο πλανήτης έχει παχιά ατμόσφαιρα, μεγάλο μέρος αυτής της ακτινοβολίας απορροφάται από τα <<αέρια του θερμοκηπίου>> στην ατμόσφαιρα τα οποία λειτουργούν σαν μονωτική κουβέρτα. Ο Υπέρυθρος Αναλυτής Αερίων λειτουργεί με παρόμοια αρχή.

Ο Υπέρυθρος Αναλυτής Αερίων έχει συνήθως δύο θαλάμους, ο ένας είναι ο θάλαμος αναφοράς ενώ ο άλλος θάλαμος είναι ο θάλαμος μέτρησης. Το υπέρυθρο φως το οποίο εκπέμπεται από διαφόρων ειδών πηγές στην μία άκρη του θαλάμου, διαπερνά μέσα από μία σειρά θαλάμων οι οποίοι περιέχουν συγκεκριμένες ποσότητες από διάφορα αέρια τα οποία είναι υπό εξέταση.

Ο Υπέρυθρος Αναλυτής Αερίων είναι η πρώτη βελτίωση σε αναλυτή που μπορούσε να ανιχνεύσει περισσότερα από ένα συστατικά στο αέριο δείγμα που έπαιρνε σε ένα συγκεκριμένο χρόνο. Οι πρώιμοι αναλυτές μειονεκτούσαν από το γεγονός ότι ένα συγκεκριμένο αέριο έχει επίσης και χαμηλότερες ζώνες απορρόφησης στο υπέρυθρο φάσμα εκτός από την κύρια ζώνη απορρόφησης του, και ως εκ τούτου καμία από αυτές τις ζώνες δεν μπορούσε να επικαλύψει την κύρια ζώνη απορρόφησης ενός δευτερεύοντος αερίου.

Από το 1975 εφευρέθηκαν αναλυτές οι οποίοι αποτελούνται από τόσους ανιχνευτές όσα τα αέρια που είναι προς μέτρηση. Κάθε ανιχνευτής έχει δύο θαλάμους οι οποίοι ο καθένας έχει μια οπτικά ευθυγραμμισμένη υπέρυθρη πηγή και ανιχνευτή, και οι δύο είναι γεμάτες με το αέριο το οποίο είναι προς ανάλυση από το δείγμα του αέρα. Στην οπτική διαδρομή είναι ξαπλωμένα δύο κελιά με διαφανή άκρα. Το ένα περιέχει το αέριο αναφοράς και το άλλο συγκρατεί το αέριο προς ανάλυση. Μεταξύ της πηγής υπέρυθρου φωτός και αυτών των κελιών υπάρχει ένας διαμορφωτής οποίος διακόπτει την ενέργεια της δέσμης φωτός.

Η έξοδος του κάθε ανιχνευτή είναι σε συνδυασμό με την έξοδο οποιοδήποτε άλλου ανιχνευτή ο οποίος μετράει αντίθετο σήμα ως προς το κύριο σήμα του κάθε ανιχνευτή. Το ποσό του σήματος από άλλους ανιχνευτές είναι το ποσό το οποίο αντισταθμίζετε από την αναλογία του συνολικού σήματος που αντιστοιχείτε από την παρέμβαση. Αυτή η παρέμβαση γίνεται από αέρια που έχουν κύρια ή χαμηλότερη ζώνη απορρόφησης ίδια με την κύρια ζώνη του μετρούμενου αερίου.

Για παράδειγμα, αν ο αναλυτής πρέπει να μετρήσει μονοξειδίο η διοξειδίο του άνθρακα οι θάλαμοι του πρέπει να περιέχουν μια συγκεκριμένη ποσότητα αυτών των αερίων. Το υπέρυθρο φως εκπέμπεται και διαπερνά μέσα από το δείγμα των αερίων, και από ένα αέριο αναφοράς το οποίο είναι μείγμα γνωστών αερίων τα οποία είναι προς μελέτη και στην συνέχεια περνάει μέσα από τους θαλάμους του ανιχνευτή οι οποίοι περιέχουν της καθαρές μορφές των αερίων προς μελέτη. Όταν ο θάλαμος του ανιχνευτή απορροφήσει μια ποσότητα από την υπέρυθρη ακτινοβολία τότε θερμαίνεται και διαστέλλεται. Αυτό προκαλεί αύξηση της πίεσης μέσα στους σφραγισμένους θαλάμους η οποία μπορεί να ανιχνευτεί με ένα ανιχνευτή πίεσης η μία παρόμοια συσκευή. Ο συνδυασμός των τάσεων εξόδου από τον θάλαμο του ανιχνευτή και τον θάλαμο των αερίων δειγμάτων μπορεί να συγκριθεί με την τάση εξόδου από τον θάλαμο του αερίου αναφοράς.

Οι σύγχρονοι αναλυτές αερίων επίσης χρησιμοποιούν αισθητήρες που ενσωματώνουν την υπέρυθρη και δίχως διασπορά τεχνολογία (Nondispersive infrared sensor) για να ανιχνεύσουν ένα συγκεκριμένο αέριο το οποίο μπορεί να εντοπιστεί από την απορρόφηση των υπέρυθρων μηκών κύματος που είναι ένα από τα χαρακτηριστικά για το εν λόγω αέριο. Η υπέρυθρη ακτινοβολία εκπέμπεται από ένα νήμα ηλεκτρονικής λυχνίας. Φιλτράροντας την υπέρυθρη ακτινοβολία με ένα οπτικό φίλτρο περιορίζουμε το φάσμα της στις συχνότητες απορρόφησης που χαρακτηρίζουν το αέριο που είναι προς μέτρηση. Εφόσον αυτή η υπέρυθρη ενέργεια έχει περάσει μέσα από το αέριο ένας πύρο ηλεκτρικός ανιχνευτής την μετράει. Στην συνέχεια αυτή η ενέργεια συγκρίνεται με την ενεργεία του αερίου αναφοράς που είναι σε κατάσταση μη απορρόφησης.

Πολλοί αναλυτές έχουν διαμορφωθεί σε συσκευές εξωτερικού χώρου οι οποίοι στοχεύουν σε μία μακροπρόθεσμη και ανεπιτήρητη παρακολούθηση αερίων. Σήμερα υπάρχουν τέτοιοι αναλυτές οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να μετρήσουν ένα εύρος αερίων επίσης είναι ευμετάβλητοι και μπορούν να βρουν εφαρμογή σε ένα μεγάλο εύρος γεωεπιστημονικών εφαρμογών.

Σε ορισμένους αναλυτές η αξιοπιστία των μετρήσεων ενισχύεται από την βαθμονόμηση τους όταν είναι στην κατάσταση αναφοράς και όταν υπάρχει ένα

γνωστό διάστημα συγκεντρώσεων. Αν ο αέρας αρχίζει και επηρεάζει τις μετρήσεις τότε ο θάλαμος μέσα στον οποίο βρίσκετε η πηγή ενέργειας είναι γεμάτος με ένα αέριο του οποίου δεν έχει καμία ανιχνεύσιμη συγκέντρωση του μετρούμενου αερίου. Ανάλογα με το ποιο αέριο μετράμε μπορεί να χρησιμοποιηθούν καθαρός αέρας, χημικά αποσταγμένος αέρας ή άζωτο.

7.4.2 Αισθητήρας Σημείου Υπερύθρων

Ο Αισθητήρας Σημείου Υπερύθρων είναι ένας σημειακός ανιχνευτής ο οποίος είναι βασισμένος στην τεχνολογία υπερύθρων χωρίς διασπορά Nondispersive infrared sensor. Χρησιμοποιεί δυο πηγές και δύο δέκτες για την αντιστάθμιση των αλλαγών σε ευθυγράμμιση, με την ένταση της πηγής φωτός και της αποτελεσματικότητας. Η μεταδιδόμενες ακτίνες από τις δύο υπέρυθρες πηγές υπερθέτονται πάνω σε ένα εσωτερικό διαχωριστή ακτίνας (beam splitter). Το 50% του υπερθέτου δείγματος και σήματος αναφοράς διαπερνά την διαδρομή του μετρήσιμου αερίου και ανακλάτε πίσω και πάνω στον ανιχνευτή μέτρησης. Η παρουσία του καυσαερίου θα μειώσει την ένταση της ακτίνας του δείγματος και όχι της ακτίνας αναφοράς, με την διαφορά ανάμεσα σε αυτά τα δυο σήματα να είναι ανάλογη με την συγκέντρωση του αερίου που βρίσκεται στην διαδρομή μέτρησης. Το υπόλοιπο 50% του υπερθέτου σήματος διαπερνά τον διαχωριστή ακτίνας (beam splitter) και πάει πάνω στον ανιχνευτή αποζημίωσης . Ο ανιχνευτής αποζημίωσης καταγράφει την ένταση των δύο υπέρυθρων πηγών και αυτόματα αντισταθμίζει την οποιαδήποτε μεγάλη μετατόπιση χρόνου.

Αυτοί οι αναλυτές μετρούν τα τοξικά αέρια σε χαμηλές συγκεντρώσεις με εύρος parts per million (ppm). Τα εύφλεκτα αέρια που μετρώνται με εύρος στα 0-100% κατώτερου ορίου ευφλεκτότητας (lower flammable limit LFL) ή κατώτερου ορίου έκρηξης (lower explosive limit LEL).

8 Έρευνα Αγοράς .Ολοκληρωμένες λύσεις για την παρακολούθηση ρύπων.

8.1 Enviro Technology

8.1.1 ET Traffic Box

Χρησιμοποιώντας ιδιόκτητους υψηλής απόδοσης αισθητήρες αέριων ρύπων ,το ET Traffic Box μπορεί να κάνει ακριβείς μετρήσεις δεδομένων για μια μεγάλη κλίμακα αέριων ρύπων, μέχρι πέντε αερίων και πρόσθετα AM₁₀ (ή AM_{2.5}) και άλλες περιβαλλοντικές παραμέτρους όπως θερμοκρασία , υγρασία, ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου και θόρυβο. Τα δεδομένα αποθηκεύονται εσωτερικά και είναι διαθέσιμα σε πραγματικό χρόνο ή από βραχυπρόθεσμη ανάλυση σε H/Y μέσω GSM modem, ethernet ή άλλων επιλογών επικοινωνίας.

Χαρακτηριστικά:

- Αναλυτική τεχνολογία GSS(Gas Sensitive Semi-conductor)
- Πολλαπλή αισθητήρες αερίων (μέχρι 6)
- Αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας
- Παρακολούθηση σωματιδίων AM₁₀ ή AM_{2.5} (προαιρετικά)
- Ταχύτητα ανέμου και κατεύθυνση ανέμου (προαιρετικά)
- Ενεργό σύστημα δειγματοληψίας αέρα
- Πραγματικού χρόνου ή βραχυπρόθεσμη ανάλυση
- Χωρητικότητα αποθήκευσης δεδομένων >15 χρόνια
- RS 232 με λογισμικό φόρτωσης δεδομένων σε Η/Υ
- Auto-Zero και Manual-Span calibration
- GSM, Ethernet και RF Modem (προαιρετικό)
- Αεροστεγή κλείσιμο
- Solar Panel (προαιρετικό)

Εφαρμογές:

- Αστική παρακολούθηση ποιότητα αέρα
- Βιομηχανική παρακολούθηση ποιότητα αέρα
- Παρακολούθηση τούνελ και οδικών δικτύων
- Παρακολούθηση καυσαερίων συγκεκριμένης τοποθεσίας
- Παρακολούθηση υγειονομικών ταφών, λυμάτων και πετροχημικών εγκαταστάσεων

Θερμοκρασία Αισθητήρα: Εύρος από -20°C έως 100°C, ευαισθησία 0,01 °C, ανάλυση 0,01 °C.

Σχετική Υγρασία Αισθητήρα: Εύρος 0-100% RH, ευαισθησία 1% RH, ανάλυση 1% RH.

Παρακολούθηση AM:

Αισθητήριας διάχυσης φωτός(οπτική μηχανή ακρίβειας διόδου λέιζερ):Εύρος 0-2 mg/m³ , ευαισθησία 0,001 mg/m³ , ακρίβεια 0,003 mg/m³ .

Μετρήσεις AM₁,AM_{2.5},AM₁₀ : Εύρος από 0,1-100 micron, ευαισθησία 8% NIOSH 0600, ακρίβεια 5% στην καταγραφή.

Ανεμόμετρο:

Ταχύτητα ανέμου: Εύρος 0-60 m/s, ακρίβεια $\pm 2\%$ (12 m/s), ανάλυση 0,01 m/s.

Κατεύθυνση ανέμου: Εύρος 0- 359° , ακρίβεια $\pm 3^\circ$ (20 m/s), ανάλυση 1°.

Λειτουργία αισθητήρα: από -5°C έως 50°C, από 5 έως 95% RH

Συνήθης τεχνικός έλεγχος: κάθε 6μήνο και 12μηνο

Σύστημα Δειγματοληψίας: Brushless DC diaphragm pumps Valcor Scientific solenoid valves PFA Teflon; PTFE; Kynar connections Particulate inlet filter (5 micron)

Μηδενική Βαθμονόμηση: Αυτό προγραμματιζόμενη η εξωτερική ενεργοποίηση

Βαθμοτή βαθμονόμηση : Παρέχεται εξωτερικό πρωτόκολλο

Θύρες Επικοινωνίας: RS 232 / RS 485; DB 9 connection
Data polling or pushing

Αποθήκευση Δεδομένων: Αφαιρούμενη SD κάρτα 1GB < 15 γρ για 10 αισθητήρες με συχνότητα των 5 λεπτών.

Ρυθμός Συλλογής Δεδομένων: Προγραμματιζόμενο (ελάχιστο, 2 λεπτά)

Display: 4 x 20 γραμμών οθόνη

Απαιτήσεις Παροχής: 24VDC / 1A (ανάλογα με την ρύθμιση λειτουργίας)

Παροχή: Εναλλασσόμενο 100 - 250 VAC

Εξωτερική Επένδυση: Ενισχυμένες πολύ ανθρακικές ίνες 515H x 415W x 230D (mm)
IP66 (NEMA type 4)

Βάρος: < 15 Kg

Πρόσθετες Επικοινωνίες: GSM μόντεμ 900/1800 MHz;
RF μόντεμ ή 802.11 ασύρματο δίκτυο

Άλλες επιλογές: Βοηθητικό εξάρτημα I/O η PC / PLC. Εσωτερικό σύστημα θέρμανσης η ψύξης . Σύστημα ηλιακής ενέργειας



Εικόνα 8.1 ET Traffic Box

Πίνακας 8-1 Προδιαγραφές ET Traffic Box

Αισθητήρες Αερίων	Εύρος	LDL	Ακρίβεια	Ακριβείς Προσέγγιση	Ανάλυση
Όζων	0 - 155 ppb	1 ppb	<± 0.005 ppm	0.002 ppm	0.001 ppm
Διοξειδίο του Αζώτου	0 - 200 ppb	1 ppb	<± 0.010 ppm	0.005 ppm	0.001 ppm
Μονοξειδίο του Αζώτου	0 - 2 ppm	0.01 ppm	<± 0.5 ppm	0.01 ppm	0.01 ppm
Μονοξειδίο του Άνθρακα	0 - 100 ppm	0.5 ppm	<± 5 ppm	1 ppm	0.1 ppm
Διοξειδίο του θείου	0 - 10 ppm	0.2 ppm	<± 0.5 ppm	0.4 ppm	0.01 ppm
Μη μεθανίου υδρογονάνθρακες	0 - 25 ppm	0.1 ppm	<± 5 ppm	0.2 ppm	0.1 ppm
VOC (ισοβουτλενίου)	0 - 25 ppm	0.1 ppm	<± 10%	0.2 ppm	0.1 ppm
Υδρόθειο	0 - 10 ppm	10 ppb	<± 0.5 ppm	0.02 ppm	0.01 ppm
Διοξειδίο του Άνθρακα (NDIR)	0 - 2000 ppm	6 ppb	< 40 ppm + 3%	6 ppm	10 ppm
PID (ισοβουτλενίου)	0 - 20 ppm	10 ppb	< 10%	0.02 ppm	0.01 ppm

8.1.2 ET RoadBox

Το RoadBox προσφέρει σε τοπικούς και βιομηχανικούς πελάτες το ίδιο, μικρό σε μέγεθος, συμπαγές, μία αυτόνομη λύση για οδικά δίκτυα και για πεζοδρόμια για παρακολούθηση της ποιότητας αέρα.

Διαθέσιμο σε διάφορα μεγέθη και σε πολλές μορφές, μπορεί να φιλοξενήσει από ένα μέχρι και τέσσερις αισθητήρες ποιότητας αέρα (πχ NO_x, AM₁₀, SO₂, O₃, CO) συν σκόνης και καιρού ως εξωτερικοί παράγοντες.

Χαρακτηριστικά

Τα χαρακτηριστικά και οι επιλογές περιλαμβάνουν αυτόματη ρύθμιση, συλλογή δεδομένων μέσω GPRS/GSM και διαδικτύου, ελεγχόμενη θερμοκρασία μέσω κλιματισμού.

- Ευπροσάρμοστο, συμπαγής εγκλεισμός ιδανικό για μετρήσεις NO_x σε δρόμους και σε πεζοδρόμια.
- Διαθέσιμο σε τρία μεγέθη για να φιλοξενήσει μέχρι 4 αισθητήρες (πχ NO_x, AM₁₀, CO) .
- Ελεγχόμενη θερμοκρασία για βέλτιστες και με ακριβής προσέγγισης μετρήσεις.
- Συλλογή δεδομένων μέσω GPRS/GSM η μέσω διαδικτύου - συμβατό με υπηρεσίες ET Airqualitydata.com.
- MCERTS (Monitoring Certification Scheme MCERTS from Environment Agency) εγκεκριμένοι αναλυτές.

Πίνακας 8-2 Διάφοροι τύποι RoadBox

Μοντέλο	Διαστάσεις	Αριθμός Αναλυτών	Τύπος Αναλυτή	Κλιματισμός
RoadBOX 1300	1300 x 300 x 1030mm	1	NO _x	Y
RoadBOX 2300	1300 x 300 x 1030mm	2	NO _x ,CO	Y
RoadBOX 1550	950 x 545 x 1030mm	1	NO _x	Y
RoadBOX 2550	950 x 545 x 1030mm	2	NO _x ,O ₃	Y
RoadBOX PR4	1250 x 650 x 1100mm	2	NO _x ,PM ₁₀	Y
RoadBOX PR5	1500 x 650 x 1500mm	3	NO _x ,SO ₂ ,PM ₁₀	Y



Εικόνα 8.2 ET Road Box

8.1.3 Συστήματα παρακολούθησης ποιότητας αέρα από την ET

Τα ψηφιακά συστήματα παρακολούθησης από την ET και δίκτυα είναι τα πιο ευέλικτα και προηγμένα διαθέσιμα συστήματα. Εφαρμόζοντας Integrated Digital Technology (IDT), η ανάκτηση των δεδομένων είναι μπορεί να επανεξεταστούν και τα κριτήρια για την παρακολούθησης της ποιότητας αέρα επανατοποθετούνται.

Ένα μεγάλο εύρος από συνεχόμενων αέριων, σωματιδίων και μετεωρολογικών αισθητήρων είναι διαθέσιμοι ακόμα μπορούν αναλυτές και αισθητήρες να χρησιμοποιηθούν μαζί σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα ή ως αυτόνομες μονάδες. Η πρόσθεση ενός αναλυτή γίνεται πολύ απλά συνδέοντας τον ψηφιακά μέσω RS232 και κάνοντας μία γρήγορη αλλαγή στο EnviMan λογισμικό.

Διεθνώς εγκεκριμένοι αναλυτές - US EPA, MCERTS, TÜV, TA Luft, CE, CEN.

Αναλυτές αερίων διαθέσιμη για SO₂, NO, NO₂, NO_x, CO, O₃, VOCs, Benzene, 1,3 Butadiene, H₂S, N₂O, NH₃ και άλλα.

Ανιχνευτές νεφών και δειγματολήπτες για AM₁₀, AM_{2,5}, TSP, βαριά μέταλλα, νιτρικών και θειικών.

Μετεωρολογικοί αισθητήρες για ταχύτητας ανέμου, κατεύθυνσης ανέμου, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, πίεσης, ιζηματοποίησης, ηλιακής ακτινοβολία κτλ.

Ολοκληρωμένοι αναλυτές που χρησιμοποιούν Integrated Digital Technology (IDT) -

Εσωτερικό datalogging, ψηφιακή μεταφορά δεδομένων και απομακρυσμένη διαχείριση δεδομένων.

Ευέλικτες επιλογές βαθμονόμησης με ανιχνεύσιμα και πιστοποιημένες πηγές βαθμονόμησης.

Επικοινωνία χρησιμοποιώντας μόντεμ, GSM, GPRS, δορυφόροι και ethernet/ ευροζωνηκότητα.

Παρακολούθηση ανοιχτού ορίζοντα.

Η Enviro Technology ειδικεύεται στην παρακολούθηση ανοιχτού ορίζοντα, τα συστήματα παρακολούθησης ποιότητας αέρα βασίζονται στο Differential Optical Absorption Spectroscopy (DOAS).



Εικόνα 8.3 Παρακολούθηση ανοιχτού ορίζοντα

Τα συστήματα DOAS είναι πλήρως αυτοματοποιημένα, τρομερά ευέλικτα και, λόγω της περιορισμένης ανθρώπινης παρέμβασης, οικονομικώς αποδοτικά για να τα δουλέψεις. Κάθε λεπτό, αρκετά χιλιάδες κυβικά μέτρα αέρα αλληλεπιδρούν με ακτίνα φωτός ανάμεσα στην πηγή και τον δέκτη για να παρέχει ένα πιο αντιπροσωπευτικό δείγμα από ότι μπορεί να επιτευχθεί από τεχνικές σημειακής δειγματοληψίας.

Το ET σύστημα θα λειτουργήσει με αρκετές δέσμες φωτός μετρώντας συνεχώς πολλαπλά αέρια μέσα στις δέσμες σε απόσταση μέχρι και 1 km. Κάθε αέριο που ορίζετε στο λογισμικό του συστήματος μπορεί να μετρηθεί, παρέχοντας ένα μηχανισμό για την κάλυψη ειδικών αναγκών σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών.

Τα ET συστήματα είναι εγκεκριμένα από MCERTS, TÜV και US EPA .

8.1.4 Διάφοροι αναλυτές αερίων από την ET

ET σύστημα 300 Multi-gas System.

Αυτό το υψηλό πακέτο απόδοσης έχει σχεδιαστεί για τις αστικές, τάσης, οριακά σημεία, χαράδρες δρόμων και μοντέλα εκτίμησης εφαρμογών. Αυτό το σύστημα είναι διαθέσιμο με τρεις εφαρμογές - Basic (SO₂, NO₂ και O₃), BTX (benzene, toluene and xylene) και Basic/BTX (συνδυασμός των παραπάνω).

Παρακολούθηση σημειακής πηγής.

Η τελευταία γενιά των αναλυτών φέρει βελτιωμένες επιδόσεις, λιγότερο drift και λιγότερους συντελεστές θερμοκρασίας, ως αποτέλεσμα της χρήσης προηγμένων ηλεκτρονικών, επιφανειακών εξαρτημάτων και βελτιστοποίησης των αλγορίθμων ελέγχου. Ο αριθμός πινάκων κυκλωμάτων έχει γίνει μισός και όλες οι κάρτες είναι ανταλλάξιμες ανάμεσα στις μηχανές κάνοντας ευκολότερο και γρηγορότερο την αντικατάσταση μια κάρτας. Ένα εκτεταμένο εσωτερικό Data Acquisition System,

χρησιμοποιώντας τα εσωτερικά αρχεία των αναλυτών , είναι σε θέση να συνδέσει πολλές παραμέτρους σε συνολικά 1 εκατομμύριο αρχεία.

Οι ET αναλυτές εγκεκριμένοι από MCERTS και US EPA .

100 UV Fluorescent Series

Συνδυάζει τη δοκιμασμένη αρχή φθορισμού υπεριώδους ακτινοβολίας με τελευταίας τεχνολογίας μικροεπεξεργαστών και παρέχει ακριβείς και αξιόπιστες μετρήσεις των εκπομπών SO₂, ενώσεων H₂S, TRS, και ενώσεων του θείου.

200 Chemiluminescent Series

Παρέχει την ευαισθησία, τη σταθερότητα και την ευκολία χρήσης που απαιτούνται για τη αστική ή της συνεχής αραίωσης παρακολούθηση του NO-NO₂-NO_x, NH₃ και O₃.

400 UV Absorption Series

Βασιζόμενο σε μικροεπεξεργαστή με απλές, πολύ εφαρμογές, μέσω του μενού του λογισμικού, για ένα πέρασμα, μονομερής μετρήσεις O₃.

700 Mass Flow Calibrator Series

Συνδυάζει υψηλής ακρίβειας ελεγκτές ροής μάζας και συμπιεσμένα πηγές πρότυπα αέρια για την παροχή βαθμονόμησης αερίων πολλαπλών σημείων και zero checks.

Παρακολούθηση Υδραργύρου

Συνεχής Αναλυτής Ανίχνευσης Υδραργύρου

Συνεχής, απλή και λειτουργία χωρίς επίβλεψη παροχή αναλύσεων ακρίβειας του συνολικού αερίου υδραργύρου στον ατμοσφαιρικό αέρα, με ρυθμό ενημέρωσης τόσο χαμηλό όσο 2,5 λεπτά και όριο ανίχνευσης <0,1 ng/m³ (12 μέρη ανά τετράκις εκατομμύριο κατ 'όγκο).

VOC/HC Παρακολούθηση

Αναλυτές GC955 POPC/VOC/BTX

Μέτρα πρόδρομες ουσίες του όζοντος στον ατμοσφαιρικό αέρα. Δύο ξεχωριστά δείγματα τα και τα συστήματα στηλών χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση κλασμάτων C2-C5 και C6-C10 .Ενώσεις μεθανίου και μη-μεθανίου μετρώνται χωριστά, χωρίς να στηριζόμαστε στην αποτελεσματικότητα του καταλυτικού μετατροπέα.

Μετεωρολογικά Όργανα

Μεγάλη ποικιλία οργάνων και συστημάτων από μεγάλους κατασκευαστές συμπεριλαμβάνουν στέρεας κατάστασης αισθητήρες αέρα, αισθητήρες βαρομετρικής πίεσης, μετρητές καθίζησης, αισθητήρες θερμοκρασίας, ηλιακή αισθητήρες, ψηφιακό σύστημα μετεωρολογικής παρακολούθησης που παρέχει απευθείας πληροφόρηση για τον καιρό.

Λογισμικό Ποιότητας Αέρα

- Αυτόματη συλλογή δεδομένων
- Στατιστική ανάλυση
- Δελτίο ποιότητας αέρα
- Διασπορά μοντελοποίηση
- Δημόσια Προβολή μέσω Διαδικτύου

Ολοκληρωμένη Ψηφιακή Τεχνολογία

Ολοκληρωμένη Ψηφιακή Τεχνολογία καταργεί πλήρως την ανάγκη να χρησιμοποιούνται ακριβά, χαμηλής τεχνολογίας, αναλογικοί dataloggers. Τα δεδομένα μεταδίδονται μέσω τηλεφωνικού modem, GSM μονάδα (κυψελοειδές τηλεφωνικό δίκτυο), στο διαδίκτυο σε έναν ειδικά τοποθετημένο υπολογιστή, όπως απαιτείται.

Δεδομένου ότι κάθε αναλυτής έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύσει έως και δεδομένα 5 χρόνων σε εσωτερική μνήμη και, με την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων RS232, μπορούν να προκύψουν πολλά οφέλη για τον χρήστη μεταξύ των οποίων:

- Πλήρης απομακρυσμένος έλεγχος συστήματος μέσω modem/GSM ή μέσω διαδικτύου επιτρέποντας ελέγχους υγείας και ρυθμίσεις βαθμονομήσεις από το γραφείο.
- Συλλογή δεδομένων ορισμός μέσου όρου και εύρους από τον χρήστη, μηδενικά και διαγνωστικά δεδομένα
- Απομακρυσμένος έλεγχος και ενεργοποίηση βαθμονόμησης για τις ατομικές ρυθμίσεις κάθε αναλυτή(πχ ώρα, εύρος κτλ).
- Span/zero συλλογή δεδομένων και γραφήματα
- Γρήγορη, απομακρυσμένη αντιμετώπιση προβλημάτων από τεχνικούς ΕΤ.

8.1.5 Μερικοί Αναλυτές Καυσαερίων

Model 200E

Chemiluminescence (Χημιφωταύγειας)

Αναλυτής NO/NO₂/NO_x

Το μοντέλο 200 E χρησιμοποιεί την αποδεδειγμένη αρχή εντοπισμού της χημιφωταύγειας, με τελευταίας τεχνολογίας μικροεπεξεργαστές για να παρέχει ευαισθησία, σταθερότητα και ευκολία στην χρήση για τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις παρακολούθησης ανάλυσης χρησιμοποιεί λογισμικό πολύ εφαρμογών το οποίο επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο όλων των λειτουργιών παρέχοντας ταυτόχρονα διαδικτυακό έλεγχο όλων των σημαντικών λειτουργικών παραμέτρων. Οι μετρήσεις

προσαρμόζονται αυτόματα στις αλλαγές θερμοκρασία και πίεσης. Επιπλέον, η σταθερότητα ενισχύεται από ένα κύκλωμα αυτόματου μηδενισμού (Auto-Zero) το οποίο συνεχώς παρέχει μια μηδενική σταθερά. Το αποτέλεσμα είναι ευαισθησία, ακρίβεια και αξιόπιστη απόδοση κάτω από σκληρές συνθήκες λειτουργίας. Όλα τα όργανα στην σειρά E της ET περιλαμβάνουν την δυνατότητα ενσωματωμένης απόκτηση δεδομένων χρησιμοποιώντας την μεγάλη εσωτερική μνήμη του αναλυτή. Αυτό επιτρέπει την φόρτωση πολλαπλών δεδομένων συμπεριλαμβανομένου μέσου όρου ή στιγμιαίες τιμές συγκεντρώσεων, βαθμονόμηση δεδομένων και λειτουργικών παραμέτρων όπως πίεσης και θερμοκρασίας. Τα αποθηκευμένα δεδομένα μπορούν εύκολα να εξαχθούν διαμέσου RS-232 μέσω APICOM ή από τον μπροστινό panel, επιτρέποντας στον χρήστη να διενεργήσει ακριβείς διαγνώσεις και εμπλουτισμένη ανάλυση δεδομένων εντοπίζοντας τις τάσεις των παραμέτρων.

Ειδίκευση:

Εύρος: 0-50 ppb to 0-20,000 ppb σε πλήρη κλίμακα, επιλεγμένο από τον χρήστη NO₂, NO_x αυτοπρογραμματιζόμενα.

Μονάδες: ppb, ppm, µg/m³, mg/m³

Μηδενικός θόρυβος: <0.2 ppb (RMS)

Διάρκεια θόρυβος: <0.5% στην καταγραφή (RMS) πάνω από 50 ppb

Κατώτερο ανιχνεύσιμο όριο(LDL): 0.4 ppb.

Μετατόπιση του μηδενός: <0.5 ppb/24 hours, <1 ppb/7 days

Span Drift: <0.5% της καταγραφής/24 ώρες, <1% από καταγραφή/ 7 ημέρες

Λανθάνων χρόνος: 20 sec

Χρονική άνοδος και πτώση: <60 sec σε 95%

Γραμμικότητα: 1% σε πλήρη κλίμακα.

Ακρίβεια: 0.5% της καταγραφής

Ρυθμός δειγματοληψίας: 500 cm/min ±10%

Εύρος λειτουργίας θερμοκρασίας: 5 - 40°C

Διαστάσεις: 7" (178 mm) x 17" (432 mm) x 23.5" (597 mm)

Βάρος: 18 kg εξωτερικές αντλίες 7 kg

Τροφοδοσία: 100V, 115V, 220V - 240V, 50/60Hz

Αναλογικές Έξοδοι: Bi-Polar, 10V, 5V, 1V, 0.1V,

Recorder Offset: $\pm 10\%$

RS-232 / RS-485: Σειριακή θύρα 1: RS-232, DB-9M, Σειριακή θύρα 2: RS-232 ή προαιρετικά RS-485 ή Ethernet, DB-9F

Status (Digital): 8 έξοδοι, 6 είσοδοι (οπτικό-απομονωμένες)

Έξοδοι: 0-20 mA ή 4-20 mA απομονωμένες έξοδοι.

Αναλυτής Φθορισμού SO₂

Μοντέλο 100A

Το μοντέλο 100A χρησιμοποιεί την αποδεδειγμένη αρχή φθορισμού UV, συνδυασμένοι με τελευταίας τεχνολογίας μικρό επεξεργαστές παρέχει ακριβείς και αξιόπιστες μετρήσεις χαμηλών συγκεντρώσεων SO₂. Εξαιρετική σταθερότητα επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός οπτικού κλείστρου για να αντισταθμίσει τα PMT που παρασύρονται και έναν ανιχνευτή αναφοράς για τη διόρθωση για τις μεταβολές στην ένταση του UV φως. Υδρογονάνθρακες και προηγμένος σχεδιασμός οπτικής τεχνολογίας συνδυάζονται για αποτρέψουν ανακρίβειες εξαιτίας παρεμβολών. Το λογισμικό πολλών εφαρμογών δίνει ένδειξη σε πραγματικό χρόνο με ένα μεγάλο αριθμό λειτουργικών παραμέτρων και προβλέπει αυτόματα τους συναγερμούς σε περίπτωση υπέρβασης των διαγνωστικών ορίων. Όλα τα όργανα της σειράς A της ET περιλαμβάνουν την δυνατότητα ενσωματωμένης απόκτηση δεδομένων χρησιμοποιώντας την μεγάλη εσωτερική μνήμη του αναλυτή. Αυτό επιτρέπει την φόρτωση πολλών παραμέτρων συμπεριλαμβανομένου του μέσου όρου ή στιγμιαίων τιμών των συγκεντρώσεων, βαθμονόμησης δεδομένων και λειτουργικών παραμέτρων όπως ροών, πίεσης και έντασης λαμπτήρα. Τα αποθηκευμένα δεδομένα μπορούν εύκολα να εξαχθούν μέσω RS-232 θύρας ή μέσω της μπροστινής οθόνης επιτρέποντας τον χειριστή να κάνει ακριβείς διαγνώσεις παρακολουθώντας τις τάσεις των παραμέτρων.

Ειδικευση:

Εύρος: 0-50 ppb to 0-20.000 ppb πλήρη κλίμακα, επιλεγόμενη από τον χρήστη. Δύο ακτίνες δράσης και αυτόματη υποστηριζόμενη εμβέλεια

Μονάδες: ppb, ppm, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mg/m^3

Μηδενικός θόρυβος: <0.2 ppb

Span θόρυβος: <0.5% στην ανάγνωση (πάνω από 50 ppb)

Κατώτερο Ανιχνεύσιμο Όριο(LDL): 0.4 ppb

Μετατόπιση του Μηδενός: <0.5% ppb/ 24ώρο, 1 ppb/7ημέρες

Span Drift: <0.5% καταγραφή/24ώρο, !% καταγραφή/7ημέρες

Λανθάνων Χρόνος: 20seconds

Χρονική Άνοδος και Πτώση: <120seconds to 95%

Γραμμικότητα: 1% πλήρους κλίμακας

Ακρίβεια: 0.5% στην καταγραφή

Ρυθμός Δειγματοληψίας: 700cc/min \pm 10%

Εύρος Λειτουργίας Θερμοκρασίας: 5-40°C (with EPA Equivalency)

Διαστάσεις: 7" (178 mm) x 17" (432 mm) x 23.5" (597 mm)

Βάρος: 20.5 kg

Τροφοδοσία: 100V 50/60 Hz, 115V 60Hz, 220V 50/60Hz, 230V 50Hz, 240V 50Hz, 250 Watts (analyzer)

Εγγυήσεις: US EPA, Eignungsgeprüft, CE

Αναλογικές Έξοδοι: Bi-Polar, 10V, 5V, 1V, 100 mV, επιλεγόμενες.

Recorder Offset: \pm 10%

RS-232: Standard, DB-9 Connector

Status (Digital): 12 έξοδοι

Έξοδοι: 0-20mA ή 4-20mA απομονωμένες έξοδοι.

Συσχετισμός Φίλτρων Αερίων

Αναλυτής CO

Μοντέλο 300

Το μοντέλο 300 μετράει χαμηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα συγκρίνοντας την απορροφημένη υπέρυθη ενέργεια με ένα δείγμα που έχει απορροφηθεί από μία ένδειξη σύμφωνα με τον νόμο Beer-Lambert. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα κυκλικό Φίλτρο Αερίων το οποίο εναλλακτικά επιτρέπει μία πηγή υψηλής ενέργειας φωτός να περάσει διαμέσου ενός θαλάμου γεμάτου CO σε ένα θάλαμο χωρίς CO. Η διαδρομή του φωτός ταξιδεύει στη συνέχεια μέσα από το κελί του δείγματος, η οποία είναι μία διπλωμένη διαδρομή 16 μέτρων. Η ενέργεια που χάνετε μέσα από το κελί του δείγματος συγκρίνεται με ένα σήμα μηδενικής αναφοράς το οποίο παρέχετε από το φίλτρο αερίων για να παράγει ένα σήμα αναλογικά με την συγκέντρωση, με μία μικρή παρεμβολή από ανάμειξης αερίων που υπάρχουν στο δείγμα. Αυτός ο σχεδιασμός παράγει εξαιρετική σταθερότητα στην μηδενική και span και ένα υψηλό σήμα στο ρυθμό θορύβου επιτρέποντας υψηλή ευαισθησία. Το multi-tasking λογισμικό δίνει ένδειξη πραγματικού χρόνου από πολυάριθμων λειτουργικών παραμέτρων και παρέχει αυτόματα συναγερμούς αν διαγνώσει υπέρβαση ορίων.

Ενσωματωμένη απόκτηση δεδομένων και εσωτερική μνήμη επιτρέπουν την φόρτωση πολλαπλών παραμέτρων συμπεριλαμβανομένου μέσο όρου και στιγμιαίων τιμών, βαθμονόμηση δεδομένων και λειτουργικών παραμέτρων. Τα αποθηκευμένα δεδομένα μπορούν να ανακτηθούν μέσω της θύρας RS-232 ή από την μπροστινή οθόνη.

Ειδίκευση:

Εύρος: 0-1 to 0-1.000 ppm πλήρη κλίμακα, επιλεγόμενη από τον χρήστη. Δύο ακτίνες δράσης και αυτόματη υποστηριζόμενη εμβέλεια

Μονάδες: ppb, ppm, µg/m³, mg/m³

Μηδενικός θόρυβος: <0.2 ppb(RMS)

Span θόρυβος:<0.5% (RMS) στην ανάγνωση πάνω απο 5 ppm

Κατώτερο Ανιχνεύσιμο Όριο(LDL): 0.04 ppm

Μετατόπιση του Μηδενός: <0.1 ppm/ 24ώρο, 0.2 ppm/7ημέρες

Span Drift: <1% / 7ημέρες

Χρονική Άνοδος και Πτώση: <60 seconds to 95%

Γραμμικότητα: 1% πλήρους κλίμακας

Ακρίβεια: 0.5% στην καταγραφή

Ρυθμός Δειγματοληψίας: 800cc/min ±10%

Εύρος Λειτουργίας Θερμοκρασίας: 5-40°C

Διαστάσεις: 7" (178 mm) x 17" (432 mm) x 23.5" (597 mm)

Βάρος: 50 lbs (22.7 kg)

Τροφοδοσία: 100V 50/60 Hz, 115V 60Hz, 220V 50/60Hz, 230V 50Hz, 240V 50Hz, 250 Watts (analyzer)

Εγγυήσεις: US EPA, Eignungsgeprüft, CE

Αναλογικές Έξοδοι: Bi-Polar, 10V, 5V, 1V, 100 mV, selectable

Recorder Offset: ±10%

RS-232: Standard, DB-9 Connector

Status (Digital): 12 έξοδοι

Έξοδοι: 0-20mA ή 4-20mA απομονωμένες έξοδοι.

UV Απορρόφηση Αναλυτής O₃

Το μοντέλο 400 A UV απορρόφησης Αναλυτής όζοντος είναι ένας αναλυτής ο οποίος ελέγχετε από μικρό επεξεργαστές και που χρησιμοποιεί ένα σύστημα βασισμένο στον νόμο Beer-Lambert για να μετρά μικρές συγκεντρώσεις στον ατμοσφαιρικό αέρα. Ένα σήμα από UV φως των 254 nm περνάει μέσα από ένα κελί δείγματος εκεί όπου απορροφάτε σε αναλογία με την ποσότητα του όζοντος που είναι παρούσα. Κάθε τέσσερα δευτερόλεπτα , μία βαλβίδα μεταγωγής εναλλάσσεται ανάμεσα στις μετρήσεις και την ροή του δείγματος και ένα δείγμα το οποίο έχει

καθαριστεί από όζον. Το αποτέλεσμα είναι μία πραγματική μέτρηση όζοντος ανεπηρέαστη από παρεμβολές. Το multi-tasking λειτουργικό παρέχει ένδειξης σε πραγματικό χρόνο από ένα μεγάλο αριθμό λειτουργικών παραμέτρων, και παρέχει αυτόματα ειδοποιήσεις άμα διαγνώσει υπέρβαση ορίων. Ενσωματωμένη απόκτηση δεδομένων και εσωτερική μνήμη επιτρέπουν την φόρτωση πολλαπλών παραμέτρων συμπεριλαμβανομένου μέσο όρου και στιγμιαίων τιμών συγκέντρωσης, βαθμονόμηση δεδομένων και λειτουργικών παραμέτρων όπως πίεσης και ταχύτητας ροής. Τα αποθηκευμένα δεδομένα μπορούν εύκολα να ανακτηθούν μέσω της θύρας RS-232 η από το μπροστινή οθόνη επιτρέποντας τον χρήστη να διεξάγει ακριβείς διαγνώσεις εντοπίζοντας τις τάσεις των παραμέτρων. Πολλαπλές περίοδοι μέσου όρου είναι δυνατόν να υπολογιστούν από ένα λεπτό έως μία μέρα και μπορεί να υπάρχει πρόσβαση για ανάγνωση μέσω της θύρας RS-232.

Ειδίκευση:

Εύρος: 0-100 ppb to 0-10 ppm πλήρη κλίμακα, επιλεγόμενη από τον χρήστη. Δύο ακτίνες δράσης και αυτόματη υποστηριζόμενη εμβέλεια

Μονάδες: ppb, ppm, µg/m³, mg/m³

Μηδενικός θόρυβος: <0.3 ppb(RMS)

Span θόρυβος:<0.5% (RMS) στην ανάγνωση (πάνω απο 100 ppb)

Κατώτερο Ανιχνεύσιμο Όριο(LDL): 0.6 ppb (RMS)

Μετατόπιση του Μηδενός: <0.5 ppb/ 24ώρο, <1.0 ppb/7ημέρες

Span Drift: <1% / 7ημέρες

Χρονική καθυστέρηση: <10 seconds

Χρονική Άνοδος και Πτώση: <30 seconds to 95%

Γραμμικότητα: 1% πλήρους κλίμακας

Ακρίβεια: 0.5% στην καταγραφή άνω των 50 ppb

IZS χαρακτηριστικά:

- Ταχύτητας ροής: 800cc/min
- Μέγιστη Συγκέντρωση: 1.0 ppm
- Ελάχιστη Συγκέντρωση: 0,050 ppm
- Ανάλυση: 1% της ανάγνωσης
- Σταθερότητα(7 ημέρες) : 1% της ανάγνωσης
- Επανάληψη: 1% της ανάγνωσης

Ρυθμός Δειγματοληψίας: 800cc/min ±10%

Εύρος Λειτουργίας Θερμοκρασίας: 5-40°C

Διαστάσεις: 7" (178 mm) x 17" (432 mm) x 23.5" (597 mm)

Βάρος: 45 lbs (20.5 kg)

Τροφοδοσία: 100V 50/60 Hz, 115V 60Hz, 220V 50/60Hz, 230V 50Hz, 240V 50Hz, 250 Watts (analyzer)

Εγγυήσεις: US EPA, Eignungsgeprüft, CE

Αναλογικές Έξοδοι: 10V, 5V, 1V, 100 mV, selectable

Recorder Offset: ±10%

RS-232: Standard, DB-9 Connector

Status (Digital): 12 έξοδοι

Έξοδοι: 0-20mA ή 4-20mA απομονωμένες έξοδοι.

8.2 Campbell Scientific, INC.

Τα συστήματα της Campbell Scientific για την αυτόματη παρακολούθηση διαφόρων παραμέτρων της αέριας ρύπανσης προσφέρουν αξιοπιστία και προσαρμοστικότητα στις διάφορες καιρικές συνθήκες. Αυτά τα συστήματα μετράνε μετεωρολογικές συνθήκες, συγκεντρώσεων περιβαλλοντικών αερίων και σωματιδίων, στοίβα εκπομπών, και ορατότητας. Ο εξοπλισμός χρησιμοποιείται σε χυτήρια, σε διυλιστήρια, ορυχεία, σε υγειονομικές ταφές σκουπιδιών, σε κατασκευαστικά έργα, σε βιομηχανικές περιοχές και σε περιοχές εναπόθεσης αποβλήτων. Τα κύρια εξαρτήματα των συστημάτων είναι οι dataloggers, αισθητήρες ή αναλυτές, και συσκευές επικοινωνίας, που μπορούν να ρυθμιστούν ανάλογα στον datalogger.

Dataloggers.

Οι σταθμοί βασίζονται σε ένα προγραμματιζόμενο dataloggers που παίρνει μετρήσεις από τον αισθητήρα, στην συνέχεια τις επεξεργάζεται, αποθηκεύει και μεταδίδει τα δεδομένα. Οι χαμηλοί σε απαίτηση ενέργειας dataloggers έχουν προγραμματιζόμενα χρονικά διαστήματα λειτουργίας, ευρεία κλίμακα θερμοκρασιών όπου λειτουργούν, ενσωματωμένες οδηγίες, και επαρκή κανάλια εισόδου για ευρέως χρησιμοποιημένους αισθητήρες. Αλγορίθμους για την επεξεργασία του ανέμου, συμπεριλαμβανομένου της μεθόδου Yamartino για τον υπολογισμό της τυπικής απόκλισης του ανέμου, ενσωματώνονται στις εργοστασιακές ρυθμίσεις των datalogger. Οι datalogger ενσωματώνονται κατευθείαν πάνω στους αισθητήρες, χωρίς να χρειάζεται κάποιες ειδικές συνθήκες συνδεσμολογίας.

Τα δεδομένα εξάγονται σε μονάδες που ο χρήστης ορίζει και δεν υπάρχουν περιορισμοί. Οι ρυθμοί μέτρησης και τα χρονικά διαστήματα με καταγραφής δεδομένων προγραμματίζονται ανεξάρτητα, επιτρέποντας 15 λεπτό, ωριαίο και

ημερήσιο υπολογισμό δεδομένων για κάθε λεπτό ή δευτερόλεπτο για παράδειγμα. Για οποιαδήποτε αντιξοότητα που μπορεί να εμφανιστεί θα υπάρξει συναγερμός και ειδοποίηση και εν συνεχεία μπορεί να γίνει επαναπρογραμματισμός και καταγραφή διαφορετικών δεδομένων. Το πρόγραμμα μπορεί να ρυθμιστεί διαφορετικά σε κάθε περίπτωση για να ενσωματωθεί σε διαφορετικό αισθητήρα με άλλες απαιτήσεις σε καταγραφή και επεξεργασίας δεδομένων. Η χωρητικότητα σε κανάλια μπορεί αν επεκταθεί χρησιμοποιώντας πολυπλέκτες.

Αισθητήρες, Αναλυτές και Παρακολούθηση.

Σχεδόν όλοι οι μετεωρολογικοί αισθητήρες μπορούν να μετρηθούν από τους dataloggers , επιτρέποντας τους σταθμούς να προσαρμόζονται ανάλογα με την τοποθεσία. Οι τυπικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται από τους σταθμούς αλλά δεν περιορίζονται στα: στην ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου, στην ηλιακή ακτινοβολία, στην δέλτα θερμοκρασία (SRDT), θερμοκρασία (αέρα ,νερού ,εδάφους), σχετική υγρασία και βαρομετρική πίεση. Σε κάποιες περιοχές, υδρολογικοί αισθητήρες παρέχουν πρόσθετες μετρήσεις σχετικά με την ποιότητα του νερού σε κοντινές πηγές.

Μεγάλο εύρος αναλυτών αερίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν με αυτά τα συστήματα. Πολλοί αναλυτές έχουν εξόδους ρυθμιζόμενες από τον χρήστη με σήμα 1,5, ή 10 Vdc αναλογικό με την συγκέντρωση του αερίου που μετριέται. Ο datalogger μετράει απευθείας την τάση και μετά βαθμονομεί την τάση στην κατάλληλη συγκέντρωση, σε μονάδες ppm ή ppb. Οι θύρες ελέγχου στον datalogger είναι προγραμματιζόμενες να ανοίγουν και να κλείνουν πηνία για να ολοκληρώνουν την ημερήσια αυτο-βαθμονόμηση. Οι ευρέως γνωστοί αναλυτές μπορούν να μετρήσουν συγκεντρώσεις SO₂, H₂S, O₃, NO_x, NO, NO₂, CO, CO₂, CH₄ και THC (συνολικοί υδρογονάνθρακες).

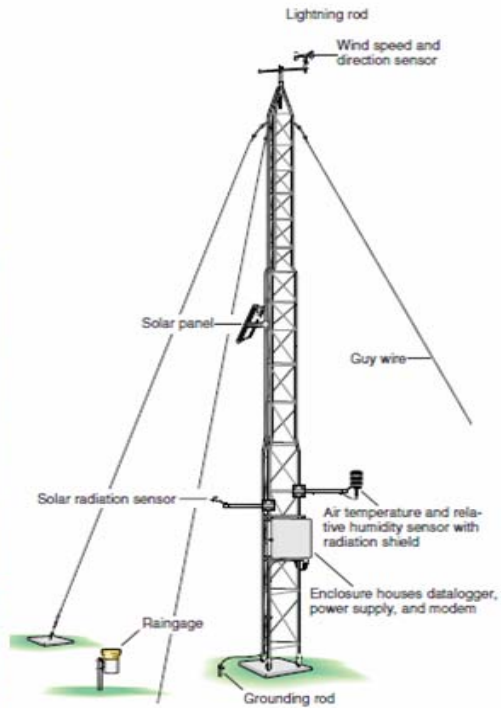
Η beta-gage τύπου δειγματολήπτες σωματιδίων για (AM₁₀ ή AM_{2.5}) και τυπικά έχουν μία τάση εξόδου που μπορεί ο datalogger να μετρήσει απευθείας.

Ανάκτηση Δεδομένων.

Προσφέρονται πολλαπλές επιλογές επικοινωνίας για την ανάκτηση δεδομένων που μπορούν να ανατηχθούν στο ίδιο δίκτυο. Τηλεπικοινωνιακές επιλογές συμπεριλαμβάνουν τηλεφωνικές επίγειες γραμμές, ραδιοφωνικές συχνότητες, δίκτυο LAN και δορυφορικά. Σε απόσταση επαφής επίσης υπάρχει η επιλογή αποθεωτικών μέσων , όπως κάρτες αποθήκευσης και υπολογιστών laptop.

Λογισμικό.

Το υπολογιστικό λογισμικό καλύπτει και απλοποιεί ολόκληρη την διαδικασία παρακολούθησης , ανάκτησης δεδομένων και ανάλυσης και παρουσίασής τους. Το λογισμικό αυτόματα ανακτά τα δεδομένα απο το δίκτυο η απο ένα απλό σταθμό. Δυναμικός έλεγχος για τυχόν λάθη εξασφαλίζει ακεραιότητα των δεδομένων. Τέλος υπάρχει δυνατότητα ανάρτησης των αποτελεσμάτων στο διαδίκτυο.



Εικόνα 8.4 Campbell Airquality

8.3 Echotech

8.3.1 Χειροκίνητη Αισθητήρες AM.

Echotech MicroVol 1100 Αισθητήρας AM.

Το MicroVol 1100 είναι ένας συμπαγής, βασισμένος σε μικρό επεξεργαστή και χαμηλής κατανάλωσης αισθητήρας. Χρησιμοποιείτε για την παρακολούθηση AM σε εσωτερικούς αλλά και εσωτερικούς χώρους και για οργανικά και ανόργανα υλικά πάνω σε φίλτρο 47-mm. Ενσωματώνει ενεργό ογκομετρικό έλεγχο ροής, μπορεί να ρυθμιστεί για πολλαπλά χρονικά σημεία ενεργοποίησης / απενεργοποίησης και μπορεί να ενεργοποιηθεί από εξωτερικά ερεθίσματα που λαμβάνει από συσκευές όπως αισθητήρες ελέγχου ταχύτητας και κατεύθυνσης αέρα. Είναι φορητός και μπορεί να λειτουργήσει είτε με πρίζα είτε από 12 V DC ηλιακής μπαταρία.



Εικόνα 8.5 Echotech MicroVol 1100

Echotech Series 3000 Υψηλής Συγκέντρωσης Αισθητήρες.

Αυτοί οι αισθητήρες παρέχουν μία ευέλικτη πλατφόρμα δειγματοληψίας για AM_{10} , $AM_{2.5}$ και για την μέτρηση των βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων. Οι αισθητήρες Series 3000 ελέγχονται με μικρό επεξεργαστή, και ενσωματώνουν αισθητήρες για την μέτρηση εξωτερικής θερμοκρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης και αυτόματα διατηρούν ένα σταθερό ρυθμό ογκομετρικής ροής της τάξεως $67.8 \text{ m}^3/\text{hr}$ μέσω ενός φίλτρου $20 \times 25 \text{ cm}$. Το Series 3000 ικανοποιούν όλες τις προδιαγραφές στα πρότυπα της Αυστραλιανής και ΗΠΑ EPA (Environmental Protection Agency) για την μέτρηση υψηλής συγκέντρωσης AM στην ατμόσφαιρα.

Echotech Series 3000 PUF Αισθητήρες.

Οι αισθητήρες Series 3000 PUF συλλέγει υδρογονάνθρακες σε ένα χημικά συμπεριφερόμενο βύσμα αφρού πολυουρεθάνης (PUF). Επίσης μπορεί να μετρήσει και να καταχωρήσει την κατεύθυνση του αέρα. Οι αισθητήρες Series 3000 ελέγχονται με μικρό επεξεργαστή, και ενσωματώνουν αισθητήρες για την μέτρηση εξωτερικής θερμοκρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης και αυτόματα διατηρούν ένα σταθερό ρυθμό ογκομετρικής ροής της τάξεως $67.8 \text{ m}^3/\text{hr}$ μέσω ενός φίλτρου $20 \times 25 \text{ cm}$. Αυτός ο αισθητήρας αποθηκεύει τα δεδομένα όπως βαρομετρική πίεση, θερμοκρασία και κάνει όγκο μέτρηση του αέρα που εισήχθη σε αυτόν μέσω του φίλτρου του. Αυτά τα δεδομένα μπορεί να τα εξαγάγουμε μέσω μιας ενσωματωμένης θύρας RS232 ή να τα εμφανίσουμε στην LCD οθόνη του αισθητήρα.

Echotech Series 3000 XAD Αισθητήρες.

Οι αισθητήρες Series 3000 XAD συλλέγει υδρογονάνθρακες μέσω Hydrophobic Polyaromatic Resin (XAD) και ενσωματώνει τα παραπάνω χαρακτηριστικά απο τα δύο προηγούμενα μοντέλα.

Ολοκληρωμένα Νεφελόμετρα Echotech.

Τα ολοκληρωμένα νεφελόμετρα είναι μία αξιόπιστη μέθοδος για την μέτρηση της περιβαλλοντικής ορατότητας και πρόσφατα έχουν χρησιμοποιηθεί με αρκετή επιτυχία για την ανίχνευση συγκεντρώσεων $AM_{2.5}$. Το νεφελόμετρο χρησιμοποιεί μία μοναδική πηγή φωτός και με τον απλό σχεδιασμό του δεν χρειάζεται στην ουσία καμία συντήρηση. Παίρνει μετρήσεις όταν ο συντελεστής του φωτός διασπάτε στην ατμόσφαιρα απο τα σωματίδια και έτσι παράγει μαζικά αποτελέσματα συγκεντρώσεων. Η πηγή φωτός είναι τύπου LED μακρούς διάρκειας ζωής η οποία παράγει εξαιρετικά χαμηλό οπτικό και ηλεκτρικό βαθύ θόρυβο, το οποίο μας επιτρέπει να μετράμε ανάμεσα σε $osr < 0.25 Mm^{-1}$ και $osr < 2000 Mm^{-1}$. Το νεφελόμετρο είναι βασισμένο σε μικροεπεξεργαστή, μας παρέχει την δυνατότητα εύκολου προγραμματισμού των παραμέτρων του οργάνου διά μέσου του μενού του που μπορούμε να παρέμβουμε σε αυτό μέσω LCD οθόνης και πληκτρολογίου που ενσωματώνονται πάνω στο όργανο. Εναλλακτικά μπορούμε να κάνουμε απομακρυσμένη ρύθμιση και έλεγχο του οργάνου μέσω Η/Υ χρησιμοποιώντας σειριακή θύρα RS232.

Μετρητής Συμπύκνωσης Σωματιδίων.

Ο Μετρητής Συμπύκνωσης Σωματιδίων(Condensation Particle Counters) μπορεί συνεχώς να καθορίσει τον αριθμό σωματιδίων ενός νέφους απο εξαιρετικά μικρά μικρό σωματίδια σε παρά πολύ χαμηλά επίπεδα. Χρησιμοποιώντας απευθείας μέτρηση και φωτομετρική ανίχνευση ο CPC μπορεί να μετρήσει σωματίδια σε ένα ευρύ φάσμα συγκεντρώσεων από ένα συγκεκριμένο σωματίδιο μέχρι και 10^7 σωματίδια/cm⁻¹. Ο CPC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο φίλτρων, για μετρήσεις καυσαερίων απο μηχανοκίνητα οχήματα, σε περιβαλλοντικό δίκτυο ατμοσφαιρικής μέτρησης και σε κλιματική έρευνα.

Αυτόματη Μέτρηση Αερίων.

Το σύστημα ηλεκτρικής κρούσης χαμηλής πίεσης (Electrical Low Pressure Impactor) έχει την δυνατότητα για μετρήσεις κατανομής και συγκεντρώσεων σωματιδίων σε πραγματικό χρόνο σε ένα εύρος μεταξύ 30nm έως 10μm. Η αρχή μετρήσεων κατατάσσει το μέγεθος των σωματιδίων σύμφωνα με την αεροδυναμική τους διάμετρο. Το μετρούμενο ρεύμα στην συνέχεια σε μια αεροδυναμική κατανομή μεγέθους. Αυτό το όργανο είναι κατάλληλο για εφαρμογές όπου απαιτείτε μεγάλου εύρους μετρήσεις και ταχύτατη ανταπόκριση. Περιλαμβανομένου δοκιμές φίλτρων και καύσεων και στην μελέτη νεφών.

Διαφορικής Κίνησης Αναλυτές.

Οι Αναλυτές Διαφορικής Κίνησης (Differential Mobility Analysers) χαρακτηρίζουν τα σωματίδια σύμφωνα με την ηλεκτρική τους κίνηση. Η κίνηση σε ένα ηλεκτρικό πεδίο

εξαρτάται απο την μηχανική κίνηση του σωματιδίου και απο το ηλεκτρικό του φορτίο. Η τάση και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αναλυτή καθορίζουν το εύρος και το μέγεθος των σωματιδίων που μπορεί να εντοπιστούν. Ο DMA κατανέμει τις διαφορετικές κατηγορίες μεγεθών σωματιδίων απο την διαφοροποίηση της τάσεως των μετρήσεων. Ο DMA χρησιμοποιεί για κινητές μετρήσεις μάζας AM και τυπικά λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο, με ταχύτατη ανταπόκριση, υψηλή ευαισθησία και έχει εξαιρετική συσχέτιση με βαρυμετρικές μετρήσεις.

Τα συστήματα παρακολούθησης ποιότητας της Echotech μετράνε σχεδόν όλους τους αέριους ρύπους που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, επίσης μετράνε και μία μεγάλη ποικιλία από μετρολογικές παραμέτρους. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι παράμετροι μέτρησης



Εικόνα 8.6 Μερικές εγκαταστάσεις της Echotech

Πίνακας 8-3 Ρύποι που έχει δυνατότητα να μετρήσει η Echotech

Χημική Ένωση	Εύρος	LDL	Τεχνική που εφαρμόζεται
Οξείδια του νατρίου	0-20 ppm	0.05 ppb	Χημιφωταύγεια ή DOAS ανοιχτού ορίζοντα
NO _y	0-2 ppm	0.05 ppb	Χημιφωταύγεια
Αμμωνία	0-50 ppm	0.5 ppb	Χημιφωταύγεια
SO ₁	0-20 ppm	0.2 ppb	Χημιφωταύγεια ή DOAS ανοιχτού ορίζοντα
H ₂ S, TRS, TS	0-20 ppm	0.2 ppb	Φθορισμός
O ₃	0-20 ppm	0.5 ppb	Φωτομετρία με UV ή DOAS ανοιχτού ορίζοντα
CO	0-200 ppm	25 ppb	Συσχέτιση φίλτρων αερίων ή DOAS ανοιχτού ορίζοντα
CO ₂	0-100%	0,02 ppb	Συσχέτιση φίλτρων αερίων ή DOAS ανοιχτού ορίζοντα
Υδράργυρος	0.1 ng/m ³	10,000 ng/m ³	Απορρόφηση ατόμων
Βενζόλιο, Τολουόλιο, Ξυλόλιο	0-5 ppm	0.03 ppb	Χημιφωταύγεια ή DOAS ανοιχτού ορίζοντα
Μη μεθανική υδρογονάνθρακες	0-1000 ppm	0 ppb	FID ή DOAS ανοιχτού ορίζοντα
Μεθάνιο	0-1000 ppm	0.01 ppm	FID ή DOAS ανοιχτού ορίζοντα
AM ₁₀ & AM _{2.5}	0-5 g/m ³	2 μg/m ³	ΒΕΤΑ/Διάχυση φωτός
Τοπική οπτική απόσταση	0-400 km	+/- 10%	Νεφελόμετρο
Ταχύτητα ανέμου	0-70 m/s	0.22 m/s	Ανεμόμετρο
Κατεύθυνση ανέμου	0-540 deg	+/- 3 deg	Ανεμοδείκτης
Ατμοσφαιρική θερμοκρασία	Από -50 έως 100 deg C	+/- 0.1deg C	Στερεός θερμοστάτης
Σχετική Υγρασία	0-100%	+/- 1%	Λεπτό φιλμ πυκνωτή
Βαρομετρική πίεση	600-1200 mb	+/- 1.3 mb	Solid state transducer
Ηλιακή ακτινοβολία	250-2800 nm	9 mv/kwm ²	Πυρόμετρο
Καθαρή ακτινοβολία	250-60000 nm	8 mv/kwm ²	Ραδιόμετρο δικτύου

8.4 Όργανα της Met One.

BAM-1020 AM.

Ένα Σύστημα, Δύο Οθόνες, Τρεις Μετρήσεις.

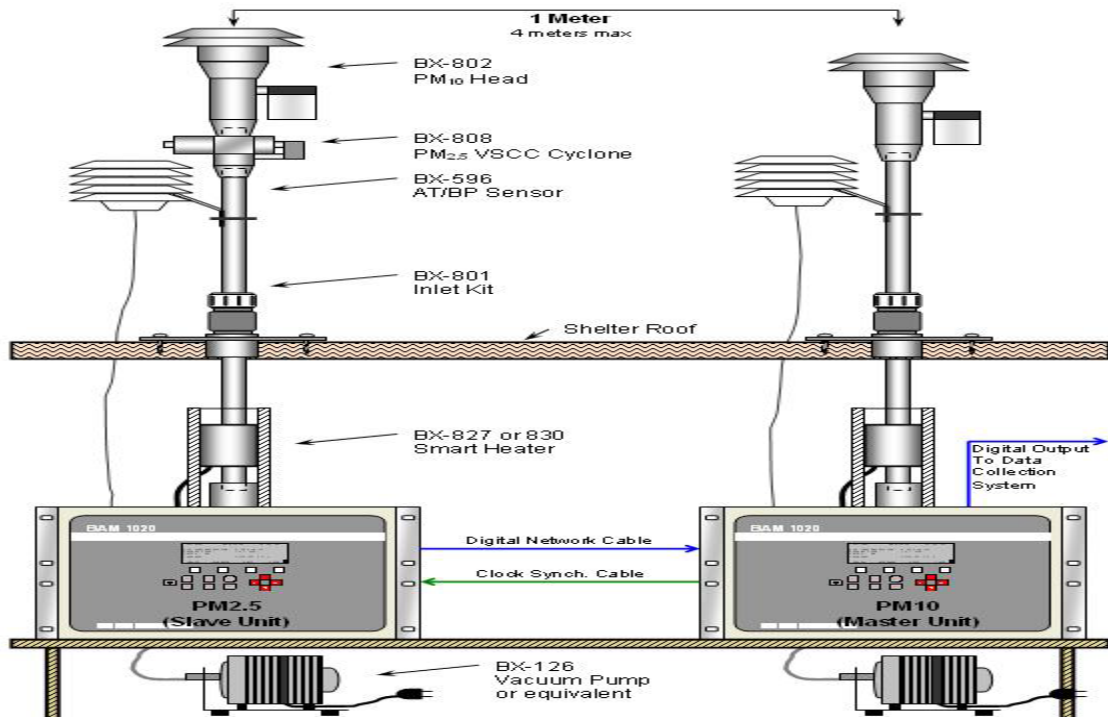
Το σύστημα μετρήσεων EBAM-1020 AM10-2.5 μας παρέχει συνεχόμενες μετρήσεις για AM2.5, AM10 και AM10-2.5 από ένα πλήρως ενσωματωμένο σύστημα. Δύο αισθητήρες BAM-1020 ενσωματώνονται σε πλήρη λειτουργία και συνδέονται μεταξύ τους με μία ρύθμιση κυρίου/δούλου χρησιμοποιώντας ένα ειδικό πάνελ συνδέσεων και ένα σειριακό καλώδιο δικτύου. Και οι δύο μονάδες είναι τελευταίας τεχνολογία μοντέλα, και παίρνουν μετρήσεις με ακρίβεια και στα όρια στα απαιτούνται αυτές.

- Είναι η πρώτη μέθοδος για συνεχείς μετρήσεις AM10-2.5 που οριστικές από την U.S. EPA.
- Οι δύο μονάδες είναι όμοιες εκτός από το κυκλωνικό BGI VSCC στο σημείο εισαγωγή του αισθητήρα για AM2.5.

- Έχει λογισμικό με απλό μενού για τον καθορισμό για το ποια μονάδα στο σύστημα είναι το AM10 κύριος και AM2.5 δούλος.
- Η κάθε μονάδα έχει την δικιά της αντλία ροής 16.7 lpm και AT/BP αισθητήρα.
- Η κύρια μονάδα συγχρονίζει το ρολόι της μονάδας δούλου αυτόματα.
- Τα δεδομένα για AM10 αποθηκεύονται και με τις πρότυπες και με τις πραγματικές συνθήκες.
- Οποιαδήποτε λάθη αστοχίες το συστήματος σε κάθε μονάδα αποθηκεύονται και μπορούν να προσπελαστούν μέσω της κυρίως μονάδας.

Λειτουργία.

Κάθε ώρα ,η κυρίως μονάδα παίρνει μετρήσεις για συγκεντρώσεις AM_{10} , συλλέγει τα δεδομένα των συγκεντρώσεων για $AM_{2.5}$ απο την άλλη μονάδα , και υπολογίζει τις συγκεντρώσεις $AM_{10-2.5}$. Η κύρια μονάδα αποθηκεύει και εξαγάγει τα αποτελέσματα από αυτές τις συγκεντρώσεις σε πραγματικές συνθήκες , επί προσθέτως με τις τιμές AM_{10} σε πρότυπες συνθήκες. Η κυρίως μονάδα ρυθμίζει το ρολόι των δύο μονάδων για τον συγχρονισμό τους, και παρακολουθεί της δύο μονάδες για τυχόν λάθη. Τυχόν καίρια λάθη αποτρέπουν την κύρια μονάδα να κάνει σωστούς υπολογισμούς για τα σωματίδια και αμέσως θα χτυπήσει συναγερμός.



Εικόνα 8.7 BAM-1020

Προδιαγραφές:

Αρχές Μετρήσεων: AM_{10} και $AM_{2.5}$ συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών σωματιδίων με απόσβεση βήτα (BETA attenuation), συγκεντρώσεις $AM_{10-2.5}$ με εσωτερική εκτίμηση δεδομένων.

Ορισμοί της U.S. EPA: AM_{10} FEM (EQPM-0798-122), $AM_{2.5}$ FEM (EQPM-0308-70), $AM_{10-2.5}$ FEM (EQPM-0709-185).

Ανάλυση: $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ όλες οι παράμετροι των συγκεντρώσεων.

$AM_{10-2.5}$ Ευαισθησία (σ) 1ώρα: $< 3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

$AM_{10-2.5}$ Ευαισθησία (σ) 24ώρο: $< 0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Χαμηλότερη Τιμή Εντοπισμού:

(2σ) 24ώρο: $< 1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Πρότυπο Εύρος: $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Προαιρετικά Εύροι: 2.000, 5.000, 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Χρονικό Διάστημα Μετρήσεων: 1 ώρα σύνολο, 42 λεπτά για δείγμα, 8 λεπτά μέτρηση βήτα και στις δύο μονάδες.

Ρυθμός Ροής: 16.7 lpm, με ελεγχόμενη ροή και στις δύο μονάδες.

Θερμοκρασία Λειτουργίας: 0 έως 50 βαθμοί C.

Ατμοσφαιρική Λειτουργία: -40 έως +55 βαθμοί C.

Ατμοσφαιρική Υγρασία: 0 έως 90%, μη συμπυκνωμένη.

Ταινία Φίλτρου: Συνεχόμενη ταινία με ίνες γυαλιού, 60 μέρες/ρολό για κάθε μονάδα.

Περιβάλλον Χρήστη: Το μενού προβάλετε μέσω μίας LCD οθόνης 8-γραμμών και 40 χαρακτήρων.

Αναλογική Έξοδος: Απομονωμένη 0-1 VDC τυποποιημένη έξοδος. 0-10 V, 4-20 mA, 0-16 mA επιλεγόμενο διακόπτη.

Σειριακό Περιβάλλον: RS-232 διπλής διαδρομής σειριακή θύρα για σύνδεση με Η/Υ ή για επικοινωνία μέσω μόντεμ.

Έξοδος Εκτυπωτή: Μόνο σειριακή έξοδος για δεδομένα ή διάγνωση σε Η/Υ ή σε σειριακό εκτυπωτή.

Μνήμη: 4369 καταγραφές (σε 182 μέρες με 1 καταγραφή/ώρα).

Παροχή Ρεύματος: 100-230 VAC , 50/60Hz. Εργοστασιακή ρύθμιση.

Κατανάλωση Ενέργειας: Λιγότερο από 0.4 kW , 3.4 A.

8.4.1 E-Sampler.

Λειτουργία.

Ο E-Sampler είναι ένα όργανο που συνδυάζει δύο τεχνολογίες, τις πραγματικού χρόνου μετρήσεις με την μέθοδο διάχυσης φωτός και την πάντα αξιόπιστη μέθοδο των φίλτρων. Η απλή ενσωμάτωση φίλτρου επιβεβαιώνει την απρόσκοπτη ανάμειξη των δύο τεχνολογιών. Τα φίλτρα μπορούν αν αντικατασταθούν μέσα σε λιγότερο από ένα λεπτό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέτρια φίλτρα ανάλογα με την εργαστηριακή ανάλυση που θέλουμε να κάνουμε. Η φόρτωση σωματιδίων στο φίλτρο δεν την απόδοση χάρις στο πρωτόκολλο έλεγχου ροής που χρησιμοποιεί η Met One. Η ατμοσφαιρική θερμοκρασία και πίεση μετριοούνται από τον E-Sampler και η πραγματική ροή υπολογίζετε και ελέγχετε από μικρό επεξεργαστή ανεξάρτητα από την φόρτιση ή την αλλαγή φίλτρου. Ο αέρας εισάγετε μέσω μίας εσωτερικής αντλίας με βάνια με ρυθμό 2 lpm στον θάλαμο του αισθητήρα από όπου περνάει μέσω ορατού φως λέιζερ. Τα αερολύματα στον αέρα διαχέονται στο φως σε αναλόγια με το φορτίο των σωματιδίων που βρίσκονται στον αέρα. Το διαχεόμενο φως συλλέγετε με ακρίβεια από μία οπτική ίνα και συγκεντρώνετε σε μία δίοδο PIN. Τελευταίας τεχνολογίας ηλεκτρονικά μετράνε την ένταση του εστιαζόμενου φωτός και στέλνουν ένα σήμα εξόδου στην CPU. Η έξοδος είναι γραμμική των συγκεντρώσεων μεγαλύτερων των 65.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Χαρακτηριστικά.

- Εύρος από 1 μέχρι 65000 $\mu\text{m}/\text{m}^3$.
- Αυτοματοποιημένο πρωτόκολλο ελέγχου ροής.
- Εσωτερική μπαταρία (30 ώρες λειτουργίας χωρίς θέρμανση και 10 ώρες με θέρμανση).
- Δίοδος λέιζερ ακριβής οπτική μηχανή.
- Εσωτερικό φίλτρο ανάλυσης 47 mm.
- Ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία.
- Εσωτερικός datalogger.
- Παρακολούθηση $\text{AM}_{2.5}$, AM_{10} , AM_1 και TSP.
- Εξωτερική αδιάβροχη επένδυση αλουμινίου.

Εφαρμογές.

- Παρακολούθηση ποιότητας ατμοσφαιρικού αέρα.
- Παρακολούθηση ποιότητας εσωτερικού αέρα.
- Παρακολούθηση ορατότητας.
- Κινητή παρακολούθηση.

Προδιαγραφές.

Εύρος Συγκεντρώσεων: 0-0.5, 0-1, 0-10, 0-65 mg/m^3 .

Λέιζερ: 670 nm, 5 mW.

Ευαισθησία: 0.001 mg/m^3 .

Περίοδος Δειγματοληψίας: 1 sec.

Ρυθμός Ροής: 2 lpm.

Τύπος Αντλίας: Διάφραγμα 10.000 hr.

Ακρίβεια: 0.003 mg/m^3 ή 2% στην ανάγνωση.

Εύρος ευαισθησίας σε μέγεθος σωματιδίων: 0.1-100 micron.

Μακροπρόθεσμη σταθερότητα: 5% στην ανάγνωση.

Τύπος αισθητήρα: Διάχυσης φωτός.

Μέση Περίοδος: 1-60 λεπτά.

Απεικόνιση: 4 x 20 LCD οθόνη.

Έξοδος: Αναλογική 0-1, 0-2.5, 0-5 VDC, RS232.

Αποθήκευση Δεδομένων: 12000 καταγραφές.

Εύρος θερμοκρασίας: από -10 μέχρι 50 βαθμοί C.

Ατμοσφαιρική Θερμοκρασία: από -30 μέχρι 50 βαθμοί C.

Ατμοσφαιρική Πίεση: 1040 μέχρι 600 mbars.

Επίσης έχει είσοδο TSP, καλώδιο για ψηφιακή έξοδο και για την επικοινωνία μπορεί αν ενσωματώσει ράδιο μόντεμ, τηλεφωνικό μόντεμ και δορυφορική σύνδεση.



Εικόνα 8.8 E-Sampler

8.5 Aeroqual.

8.5.1 AQM 60.

Ο σταθμός ποιότητας αέρα AQM 60 της εταιρίας Aeroqual είναι συμπαγείς και έχει σχεδιαστεί για να έχει εύκολη εγκατάσταση σε ένα δίκτυο παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα και είναι χαμηλού κόστους. Αυτός ο σταθμός προσφέρει μακροπρόθεσμες ποσοτικές αναλύσεις, χρονικά ολοκληρωμένες ατμοσφαιρικές μετρήσεις με ακριβείς συσχετίσεις με μεθόδους αναφοράς. Το AQM 60 είναι μία ευέλικτη πλατφόρμα η οποία μπορεί να ρυθμιστεί για την μέτρηση ατμοσφαιρικών

ρύπων συμπεριλαμβανομένου του όζοντος (O_3), του διοξειδίου του αζώτου (NO_2), οξειδία του αζώτου (NO_x), μονοξειδίου του άνθρακα (CO), διοξειδίου του θείου (SO_2), πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), θειούχο υδρογόνο (H_2S), μη μεθανικές υδρογονάνθρακες (NMHC), διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), αιωρούμενα μικρά σωματίδια (AM_{10} , $AM_{2.5}$, AM_1), επίσης μπορεί να μετρήσει μετεωρολογικές και θορύβου παραμέτρους όπως θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα και κατεύθυνση αέρα.

Χαρακτηριστικά.

- Συνεχόμενες ποιοτικές μετρήσεις αερίων και σωματιδίων.
- Ενσωματωμένα όργανα και δυνατότητα ανάπτυξης δικτύου.
- Χαμηλό κόστος κεφαλαίου.
- Με ενσωματωμένη συσκευή καθορισμού αερίων και προθετικό σύστημα αυτόματων ρυθμίσεων
- Βαθμονόμηση χρήστη σε διαθέσιμα και ανιχνεύσιμα πρωτογενή πρότυπα.
- Κλιματικός έλεγχος με συμπαγές περίβλημα με δυνατότητα τοποθέτησης σε στύλους ή τοίχους.
- Ενεργή δειγματοληψία δια μέσω αντλιών χωρίς ψύξη και φίλτρου PTFE.
- Ενιαίος υπολογιστικός πίνακας και ασφαλή ψηφιακή κάρτα για αποθήκευση δεδομένων.
- Λογισμικό για την επεξεργασία δεδομένων σε μονάδες ppm και mg/m^3 ρυθμιζόμενο από H/Y.
- Απομακρυσμένη επικοινωνία και διαγνωστικές λύσεις.
- Ευέλικτη πλατφόρμα οργάνων για μετρολογικούς και θορύβου αισθητήρες.

Εφαρμογές.

- Ατμοσφαιρική παρακολούθηση ποιότητας αέρα.
- Τοπικά δίκτυα παρακολούθησης ποιότητας αέρα.
- Κοινωνικές εκθέσεις : σε επιδημιολογικές μελέτες, σε μικροπεριβάλλον, σε οικισμούς, σε σχολεία και σε νοσοκομεία.
- Κοντά σε δρόμους: σε αυτοκινητόδρομους, σε μεγάλες αστικές αλάνες και σε συστήματα πληροφόρησης κυκλοφορίας.
- Περιμετρικά: σε πετρελαϊκές εγκαταστάσεις, σε εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, σε περιοχές εναπόθεσης λυμάτων και σε βιομηχανικές ζώνες.
- Σε αεροδρόμια, σε λιμάνια, σε σιδηροδρόμους και σε κατασκευαστικές περιοχές.

- Σε ανοιχτές περιοχές: σε πάρκα, σε δάση και σε μελέτες καλλιεργειών.
- Σε μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Προδιαγραφές.

Αισθητήρας για Μικροσωματίδια: AM₁, AM_{2,5}, AM₁₀, TSP.

- Εύρος: 0-2000 µg/m³.
- Ευαισθησία Αισθητήρα: 1 µg/m³.
- Ακρίβεια: 8%.
- Ακρίβεια Προσέγγισης: 3 µg/m³.
- Ανάλυση : 1 µg/m³.

Κατανεμητής Μικροσωματιδίων 8 καναλιών: από 0,3 μέχρι 10 µm.

- Εύρος: 0-100000 PPL
- Μέγεθος Μικροσωματιδίων: 0,3 μέχρι 10 µm
- Ακρίβεια: ±10% σε βαθμονομείτο νέφος .
- Ρυθμός Ροής: 1 LPM.
- Ανάλυση : 1 PPL.

Ενότητα Ελέγχου:

- Επικοινωνία: Θύρα RS232.
- Αποθήκευση Δεδομένων: 2 GB κάρτα SD.
- Ρυθμός Δειγματοληψίας: από 2 μέχρι 255 λεπτά (ρυθμιζόμενα από τον χρήστη).
- Απεικόνιση: VFD 4x20.
- Η διάγνωση γίνεται από απομακρυσμένο σημείο.

Ενότητα Μεταχείρισης Αερίων.

- Αντλία Δειγματοληψίας: BLDC.
- Ενσωματωμένη συσκευή μηδενισμού αερίων
- Αντικαθιστάμενες συσκευές μηδενισμού αερίων με χημικοαπορροφητικά μέσα, ενεργού άνθρακα και οπκαλίτη.

Σύστημα Διαχείρισης Θερμοκρασίας: AC ψήκτρα και ενεργοποιημένη θέρμανση από ενεργές ασπίδες ηλιακής ακτινοβολίας.

Ατμοσφαιρική Θερμοκρασία: από -20°C μέχρι +55°C, από 10 μέχρι 90% RH (NC).

Επιλογές Αυτόματου Συστήματος Βαθμονόμησης: Ελεγκτής ροής ανιχνεύσιμης μάζας NIST, πιστοποιημένη φιάλη αερίων.

Λύσεις Επικοινωνίας: RF μόντεμ, GSM/GPRS μόντεμ, συσκευή Ethernet, IP έξοδος.

Επιπλέον Επιλογές Αισθητήρα: Αισθητήρας ανέμου, ανεμόμετρο, αναμεταδότης καιρού, σταθμός καιρού, πυρανόμετρο και αισθητήρας θορύβου.

Απαιτήσεις Ενέργειας: 100-240V AC, 12V DC, 80-160W.

Εξωτερική Επένδυση: Ενισχυμένος Η/Υ με οπτική ίνα, αδιάβροχο κουτί, βαφή αλουμινίου.

Διαστάσεις (Ύψος x Πλάτος x Μήκος): 900 x 555 x 400

Βάρος: 10-50 kg

Πίνακας 8-4 Μετρήσεις που μπορεί να κάνει το AQM 60

Αέριο	Βαθμονόμηση Εύρους	Ελάχιστο Όριο Εντοπισμού	Ακρίβεια Εργοστασιακής Βαθμονόμησης	Ακρίβεια	Ανάλυση
Όζον (O ₃)	0-0,15 ppm	0,001 ppm	<±0.005 ppm	0.002 ppm	0.001 ppm
Διοξείδιο του Αζώτου (NO ₂)	0-0,2 ppm	0,001 ppm	<±0.008 0-0.1 ppm; <±10% 0.1-0.5 ppm	0.005 ppm	0.001 ppm
Οξείδιο του Αζώτου (NO _x)	0-0,5 ppm	0,001 ppm	<±0.010 0-0.1 ppm; <±10% 0.1-0.5 ppm	0.005 ppm	0.001 ppm
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0-25 ppm	0,1 ppm	<±1 0-10 ppm; <±10% 10-25 ppm	0.2 ppm	0.1 ppm
Διοξείδιο του Άνθρακα (CO ₂)	0-2000 ppm	6 ppm	<40 ppm + 3% στον εντοπισμό	10 ppm	1 ppm
Διοξείδιο του Θείου (SO ₂)	0-10 ppm	0,01 ppm	<±0.05 0-0.5 ppm; <±10% 0.5-10 ppm	0.03 ppm	0.01 ppm
Θειούχο Υδρογόνο (H ₂ S)	0-10 ppm	0,01 ppm	<±0.05 0-0.5 ppm; <±10% 0.5-10 ppm	0.03 ppm	0.01 ppm
Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOC)	0-20 ppm	0,01 ppm	<±10%	0.02 ppm	0.01 ppm
Μη Μεθανικές Υδρογονάνθρακες (NMHC)	0-25 ppm	0,1 ppm	±10%	0.2 ppm	0.1 ppm



Εικόνα 8.9 Aeroqual AQM 60

8.5.2 AQM10.

Το AQM 10 μας παρέχει συνεχόμενες μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο αιρούμενων σωματιδίων, οι τύποι που μετράει είναι AM_{10} , $AM_{2.5}$ και AM_1 με αποθήκευση δεδομένων και έχει εξόδους ρελέ για τυχόν συναγερμούς. Οι πολλές επιλογές που ενσωματώνει το AQM 10 όπως αποστολή ειδοποιήσεων με SMS ή με email, αισθητήρες καιρού, αισθητήρες αερίων και τον εξοπλισμό τοποθέτησης σε διαφορετικές τοποθεσίες κάνουν τον συγκεκριμένο σταθμό μετρήσεων μία ευέλικτη και κατάλληλη λύση για συστήματα που χρησιμοποιούνται σε εύρος εφαρμογών. Επίσης έχει μικρές απαιτήσεις σε παροχή ενέργειας επιτρέπει όποτε απαιτείτε την χρήση συστημάτων παροχής ηλιακής ενέργειας. Συσκευασμένο σε ένα στιβαρό που κλειδώνει με GRP περίβλημα, είναι τραχύ αλλά αρκετά ελαφρύ και μπορεί να εγκατασταθεί από ένα άτομο.



Εικόνα 8.10 Aeroqual AQM 10

Εφαρμογές.

- Μετρήσεις AM σε δρόμους.
- Ανίχνευση ατμοσφαιρικής σκόνης.
- Παρακολούθηση σε βιομηχανικές ζώνες.
- Παρακολούθηση σε κατασκευαστικές ζώνες και σε ορυχεία.
- Δίκτυα αισθητήρων AM.
- Κοινωνικές μελέτες στην έκθεση ρύπων: σε κατοικημένες περιοχές, σε σχολεία, νοσοκομεία και για επιδημιολογικές εφαρμογές.
- Παρακολούθηση σε χώρους εργασίας.
- Για παρακολούθηση καυσαερίων από την καύση βιομάζας.

Προδιαγραφές.

Αισθητήρας για Μικροσωματίδια: AM₁, AM_{2,5}, AM₁₀, TSP.

- Εύρος: 0-5000 µg/m³.
- Ανάλυση: 0,01 µg/m³.

Ρυθμός Ροής: 1000 cc/min.

Συναγερμός: Έξοδος ρελέ (ενσωματωμένα), αποστολή SMS ή email και σειρήνα (προαιρετικά).

Αποθήκευση Δεδομένων: 2 GB SD κάρτα (>15 χρόνια αποθήκευση δεδομένων).

Φίλτρο Αναφοράς; 25 mm φίλτρο GF.

Απεικόνιση: Αλφανουμερική οθόνη 4 γραμμών.

Λογισμικό: Ρύθμιση μέσω λογισμικού για την αποθήκευση δεδομένων και συναγερμών.

Έξοδοι: RS232.

Μέση Περίοδος: από 1 μέχρι 60 λεπτά.

Ασύρματη Επικοινωνία: RF μόντεμ με εύρος 10 km, GSM/GPRS μόντεμ.

Επιλογές Αισθητήρων: Θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

Άλλες Επιλογές σε Αισθητήρες Αερίων: για όζον, για διοξείδιο του άνθρακα και άλλα τοξικά αέρια.

Ατμοσφαιρική Θερμοκρασία: από -20°C μέχρι +55°C, από 10 μέχρι 90% RH (NC).

Παροχή Ενέργειας: από 100 μέχρι 260 VAC ή 12 VDC 24W

Βάρος: 8 kg.

9 Προτεινόμενες Λύσεις για το Εργαστήριο Επικοινωνιών.

Στην προσπάθεια μας να βρούμε κάποιες οικονομικά εφικτές λύσεις για το Εργαστήριο Επικοινωνιών οι οποίες να μπορούν να υλοποιηθούν καταλήξαμε στους αισθητήρες χειρός και μετά από μια ενδελεχή έρευνα αγορά καταλήξαμε σε ένα μοντέλο αισθητήρα της εταιρίας Met One που πιο πάνω αναφέραμε. Βέβαια το κόστος ήταν και πάλι ήταν υψηλό για να αγοραστεί ένας τέτοιος εξοπλισμός στα πλαίσια μιας πτυχιακής εργασίας παρ' όλα αυτά θεωρήσαμε ότι σε κάποια μελλοντική μελέτη θα μπορέσουν τα συγκεκριμένο μοντέλο να χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις στην πόλη των Σερρών, και από αυτές τις μετρήσεις να βγάλουμε κάποια ασφαλή και χρήσιμα συμπεράσματα για την ατμοσφαιρική μόλυνση και για τις επιπτώσεις που έχει στην ζωή των κατοίκων της πόλης. Το μοντέλο ονομάζεται Aerocet 531.

9.1 Aerocet 531 Μετρητής Χειρός Αιωρούμενων σωματιδίων.

Το Aerocet 531 είναι μία μικρή συσκευή χειρός που δουλεύει με μπαταρία, έχει την δυνατότητα να μας παρέχει μετρήσεις AM και τις τιμές αυτές να τις αποθηκεύει, μας δίνει τα δεδομένα μέσω δικτύου σε πραγματικό χρόνο ή μπορεί επίσης να τα εκτύπωση. Μετρά όλες τις σημαντικές κατηγορίες AM (AM₁, AM_{2.5}, AM₇, AM₁₀, και TSP) σε μορφή μάζας καθώς και σε δύο συσσωρευτικά μεγέθη (>0,5 και >5 μm) σε λειτουργία μικροσωματιδίων. Στην συνέχεια οι μετρήσεις μικροσωματιδίων από τις έξη κατηγορίες μετατρέπονται σε μάζα με την χρήση ενός εσωτερικού αλγόριθμου για τυπικά καυσαέρια. Επίσης παρέχονται μετρήσεις σε ειδικές κατηγορίες

μικροσωματιδίων με διαφορετικές πυκνότητες προγραμματιζόμενες από τον χρήστη. Το Aerocet 531 έχει την δυνατότητα αποθήκευσης μέχρι 4000 καταγραφών, έχει έξοδο για εκτυπωτή, μπορεί να μας εξάγει τα αποτελέσματα σε μορφή Excel, και έχει την δυνατότητα δικτύωσης και επεξεργασίας δεδομένων μέσω του απλού λογισμικού για υπολογιστή AeroComm. Έχει επιλογές ενσωμάτωσης εξαρτημάτων τα οποία μετράνε την ατμοσφαιρική θερμοκρασία την σχετική υγρασία και μας τα δίνει με την μορφή δεδομένων.



Εικόνα 9.1 Aerocet 531

Εφαρμογές:

- Περιβαλλοντολογικός έλεγχος.
- Παρακολούθηση εσωτερικής/εξωτερικής ποιότητας αέρα.
- Εφαρμογές σε νοσοκομεία και κλινικές.
- Έλεγχος διαδικασίας.
- Δοκιμασία φίλτρων.
- Μετρήσεις σε εξορύξεις και επεξεργασίας μεταλλευμάτων.
- Μετρήσεις σε πηγές εκπομπής καυσαερίων.
- Απομακρυσμένη δειγματοληψία.

Προδιαγραφές:

Αρχή λειτουργίας: Μέτρηση μικροσωματιδίων χρησιμοποιώντας διάχυση φωτός λέιζερ και υπολογισμός της ισοδύναμη συγκέντρωση μάζα μέσω εσωτερικού αλγορίθμου.

Λειτουργία Μέτρησης Μάζας.

Μετρήσεις AM: AM₁, AM_{2,5}, AM₇, AM₁₀, και TSP.

Εύρος Συγκέντρωσης: 0-1 mg/m³.

Χρόνος Δειγματοληψίας: 2 λεπτά.

Λειτουργία Μέτρησης Μικροσωματιδίων.

Εύρος Μεγέθους Μικροσωματιδίων: 0,5-5,0 μm.

Εύρος Συγκέντρωσης: 0-3.000.000 σωματίδια ανά κυβικό πόδι (105.900 σωματίδια/L).

Χρόνος Δειγματοληψίας: 1 λεπτό.

Ακρίβεια: ± 10%, σε βαθμονόμηση αερολύματος.

Ευαισθησία: 0,5 μm

Ρυθμός Ροής: 2,83 lpm.

Πηγή Φωτός: Δίοδος λέιζερ, 5 mV, 780 nm.

Ενέργεια: 6 V Ni-MH εσωτερική μπαταρία, παρέχει 8 ώρες διακοπτόμενης λειτουργίας μέχρι και 5 ώρες συνεχόμενης λειτουργίας.

Φορτιστής: AC/DC 100-240 VAC 350 mA.

Επικοινωνία: RS232.

Πιστοποιήσεις : Διεθνής πιστοποιήσεις CE,ISO,ASTM και JIS.

Απεικόνιση: Οθόνη 16 χαρακτήρων και 4 γραμμών LCD.

Μέγεθος: Ύψος (15,9 cm), πλάτος (10,2 cm) και πάχος (5,4 cm).

Βάρος: 0,88 kg.

Θερμοκρασία Λειτουργίας: από 0°C έως +50°C.

Θερμοκρασία Αποθήκευσης: από -20°C έως +60°C.

Παρέχονται: Εγχειρίδιο λειτουργίας, σειριακό καλώδιο, λογισμικό (AeroComm), φορτιστής, ισοκινητική αντλία δειγματοληψίας, ειδικό κατασβίδι, βαλιτσάκι μεταφοράς, μηδενισμένο φίλτρο σωματιδίων.

Προαιρετικά: Μετρητής ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και υγρασίας, μετρητής ροής, φορητός εκτυπωτής.

10 Μετεωρολογία και Αέρια Ρύπανση.

Οι αέριοι ρύποι όταν αφήνουν την καμινάδα είναι κατά κανόνα θερμότεροι από τον περιβάλλοντα αέρα. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την αρχική ορμή που έχουν τα καυσαέρια όταν φθάνουν στην κορυφή της καμινάδας, έχει σαν αποτέλεσμα ο θύσανος να ανυψώνεται μέχρι ενός ορισμένου ύψους. Το ύψος αυτό είναι βέβαια υψηλότερο του φυσικού (κατασκευαστικού) ύψους της καμινάδας και ονομάζεται *ενεργό ύψος* της καμινάδας. Το ύψος στο οποίο γίνεται η εκπομπή των καυσαερίων έχει μεγάλη επίπτωση στην ποιότητα του αέρα της περιοχής γιατί οι συγκεντρώσεις στο έδαφος μειώνονται σημαντικά όσο αυξάνεται το ύψος στο οποίο καταλήγουν οι ρύποι. Μια από τις τεχνικές που χρησιμοποιείται για την μείωση της τοπικής ρύπανσης είναι η αύξηση του ύψους εκπομπής των καυσαερίων (π.χ. αυξάνοντας το κατασκευαστικό ύψος της καμινάδας).

Τα καυσαέρια μεταφέρονται μακριά από την πηγή από τον μέσο οριζόντιο άνεμο. Όπως αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο, ο οριζόντιος άνεμος αποτελεί τον σημαντικότερο μηχανισμό απομάκρυνσης και αραίωσης των ρύπων. Σε περιπτώσεις στις οποίες πνέουν ισχυροί άνεμοι τα επίπεδα ρύπανσης είναι συνήθως χαμηλά.

Οι αναταρακτικές κινήσεις του αέρα είναι υπεύθυνες για την κατακόρυφη μεταφορά και την διαπλάτυνση του θυσάνου, με τελικό αποτέλεσμα την αραίωση. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται διάχυση. Η κλίμακα και η ένταση της αραίωσης εξαρτώνται από τον βαθμό ανατάραξης της ατμόσφαιρας. Σε συνθήκες ευστάθειας οι αναταρακτικές κινήσεις είναι μικρότερης κλίμακας και η κατακόρυφη ανάμειξη γίνεται αργά ενώ σε συνθήκες μεγάλης αστάθειας οι τυρβώδεις στρόβιλοι είναι μεγαλύτεροι και η ανάμειξη πολύ έντονη. Η δράση των αναταρακτικών κινήσεων περιορίζεται στο κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας (~1 χιλιόμετρο) το οποίο ονομάζεται στρώμα ανάμειξης.

Ένα μέρος της ρύπανσης διαφεύγει από το στρώμα ανάμειξης στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Η απουσία αναταρακτικών κινήσεων στην ελεύθερη ατμόσφαιρα έχει σαν αποτέλεσμα η κατακόρυφη μεταφορά των ρύπων να γίνεται με πολύ βραδύτερους ρυθμούς. Από την άλλη μεριά, οι αντίστοιχοι ατμοσφαιρικοί μηχανισμοί είναι μεγαλύτερης χωρικής και χρονικής κλίμακας με αποτέλεσμα οι ρύποι που διαφεύγουν στην ελεύθερη ατμόσφαιρα να επηρεάζουν ευρύτερες περιοχές της γης.

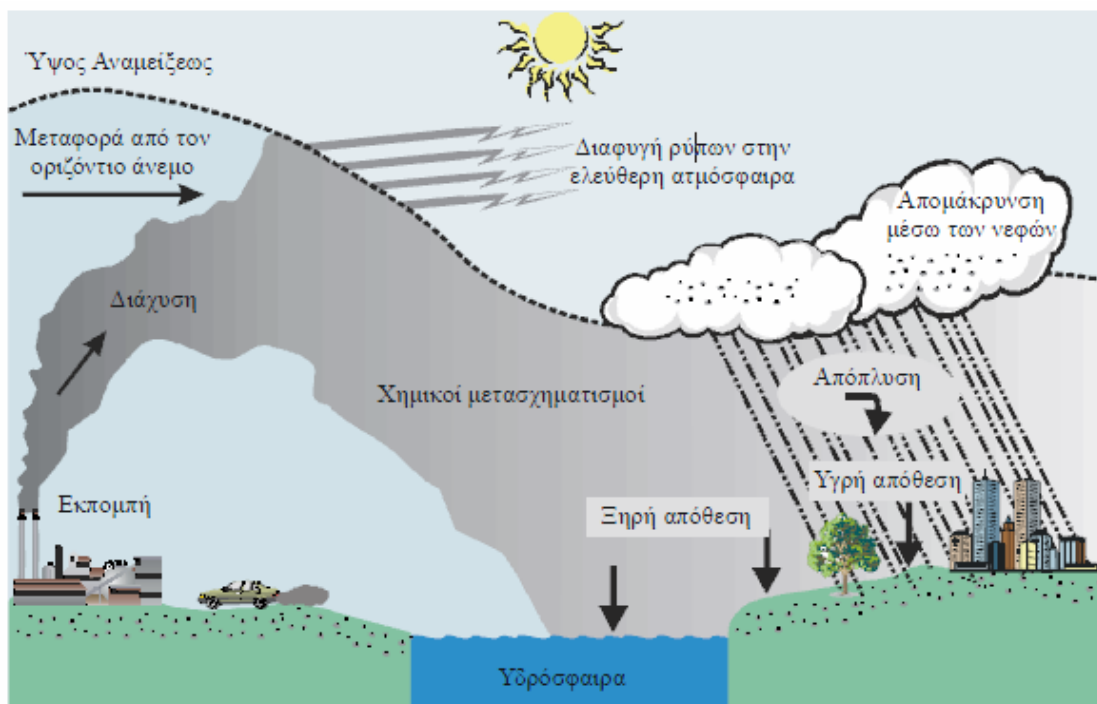
Κατά τον χρόνο της παραμονής τους στην ατμόσφαιρα οι ρύποι υφίστανται διάφορους χημικούς μετασχηματισμούς λόγω αντιδράσεων είτε μεταξύ τους είτε με τα συστατικά της καθαρής ατμόσφαιρας. Η ατμόσφαιρα είναι ένα αποτελεσματικό εργαστήριο αντιδράσεων μέσα στο οποίο διοχετεύονται χημικά ενεργά συστατικά με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός αριθμού καινούργιων ουσιών. Οι χημικές αντιδράσεις των ρύπων μπορεί να δώσουν και ουσίες οι οποίες δεν είναι ρύποι. Σε πολλές περιπτώσεις όμως στα προϊόντα των χημικών αντιδράσεων περιλαμβάνονται και νέοι (δευτερογενείς) ρύποι.

Η μεταφορά των ρύπων από την ατμόσφαιρα στο έδαφος ονομάζεται *απόθεση*. Γενικά ξεχωρίζουμε τρεις διαφορετικούς τύπους απόθεσης:

- *Βαρυτική καθίζηση* ονομάζεται η πτώση λόγω βαρύτητας των σχετικά μεγάλων και βαρέων σωματιδίων.
- *Ξηρή απόθεση* υφίστανται τα μικρά σωματίδια και οι αέριοι ρύποι τα οποία ακολουθούν αδρανώς τις κινήσεις του αέρα και κατακρατούνται, όταν έρθουν σε επαφή, από την υποκείμενη επιφάνεια.
- *Υγρή απόθεση* λαμβάνει χώρα σε περίπτωση υετού οπότε μπορούν να συμβεί κάποιο από τα παρακάτω ενδεχόμενα: Είτε σάρωση των ρύπων οι

οποίοι βρίσκονται στην ατμόσφαιρα από την βροχή ή το χιόνι (απόπλυση) είτε πρόσληψη των ρύπων σε ένα προηγούμενο στάδιο από τα μικρά σταγονίδια του νέφους, τα οποία αργότερα ενώνονται μεταξύ τους φτιάχνοντας σταγόνες βροχής.

Σε κάθε περίπτωση είναι πολύ σημαντικό όταν μελετάμε τους αέριους ρύπους και τις επιπτώσεις τους να ξεχωρίσουμε από την μία την αέρια ρύπανση και τις επιπτώσεις της και από την άλλη την αποτιθέμενη ρύπανση με τις αντίστοιχες επιπτώσεις. Ο λόγος για τον οποίο είναι τόσο σημαντικός αυτός ο διαχωρισμός είναι ότι η κλίμακα των δύο φαινομένων είναι πολύ διαφορετική. Οι άμεσες επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης είναι περισσότερο τοπικό πρόβλημα και οι επιδράσεις είναι συνήθως μεγαλύτερες στις περιοχές κοντά στην πηγή της ρύπανσης (π.χ. φωτοχημικό νέφος των αστικών περιοχών). Από την άλλη πλευρά, η επίδραση της απόθεσης εξαπλώνεται σε πολλές εκατοντάδες ή χιλιάδες χιλιόμετρα (π.χ. όξινη βροχή).

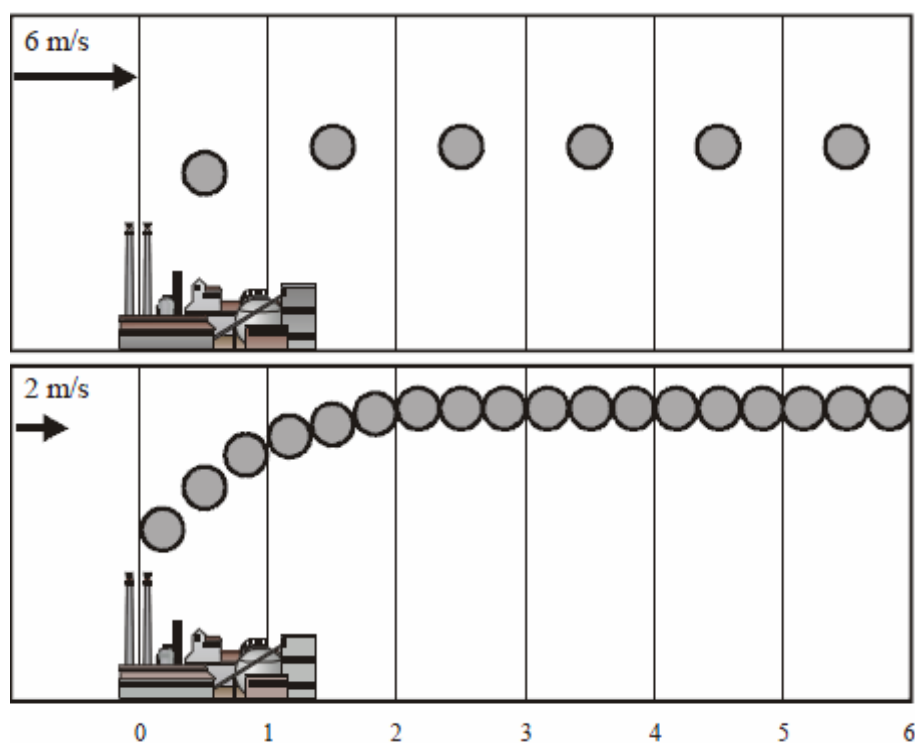


Εικόνα 10.1 Ατμοσφαιρικές διεργασίες που επηρεάζουν τη διασπορά των ρύπων

Η επίδραση του ανέμου στην ρύπανση είναι διπλή. Η διεύθυνση του ανέμου καθορίζει την περιοχή προς την οποία θα κατευθυνθούν οι ρύποι ενώ η ταχύτητα του ανέμου προσδιορίζει σε μεγάλο βαθμό τον ρυθμό αραίωσης τους. Η διεύθυνση του ανέμου είναι καθοριστικής σημασίας ιδιαίτερα στην περίπτωση που η ρύπανση προέρχεται από σημειακές πηγές (π.χ. καμινάδες). Σε αυτή την περίπτωση τα επίπεδα ρύπανσης σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή μπορεί να αλλάξουν δραστικά ακόμη και σε περίπτωση που η διεύθυνση του ανέμου μεταβληθεί με μόνο 10ο. Σε αυτά τα πλαίσια η μεταβλητότητα της διεύθυνσης του ανέμου έχει ευεργετικές συνέπειες γιατί διασκορπίζεται η ρύπανση σε μεγαλύτερη γεωγραφική περιοχή με αποτέλεσμα οι τοπικές συγκεντρώσεις να είναι χαμηλότερες.

Από την άλλη πλευρά η ταχύτητα του ανέμου προσδιορίζει το πόσο γρήγορα θα απομακρυνθούν οι ρύποι από το σημείο εκπομπής. Η εικόνα 10.2 δείχνει την κύρια επίδραση που ασκεί ο άνεμος στις συγκεντρώσεις των ρύπων. Από το σχήμα αυτό προκύπτει μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση ανάμεσα στην ταχύτητα του ανέμου και την συγκέντρωση της ρύπανσης.

Ορισμένες μετεωρολογικές συνθήκες προκαλούν ισχυρότερους ανέμους ενώ άλλες συνδέονται με ασθενείς ανέμους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα βαρομετρικά υψηλά ή αντικυκλώνες. Στο κέντρο τους ο καιρός είναι ηλιόλουστος και οι άνεμοι πολύ ασθενείς. Σε περιοχές οι οποίες βρίσκονται τακτικά υπό την επίδραση στάσιμων αντικυκλώνων οι συνθήκες διασποράς είναι άσχημες και όταν συνδυάζονται με υψηλές εκπομπές ρύπανσης, όπως συμβαίνει σε όλες τις μεγαλουπόλεις, ο κίνδυνος επεισοδίου ρύπανσης είναι αυξημένος.



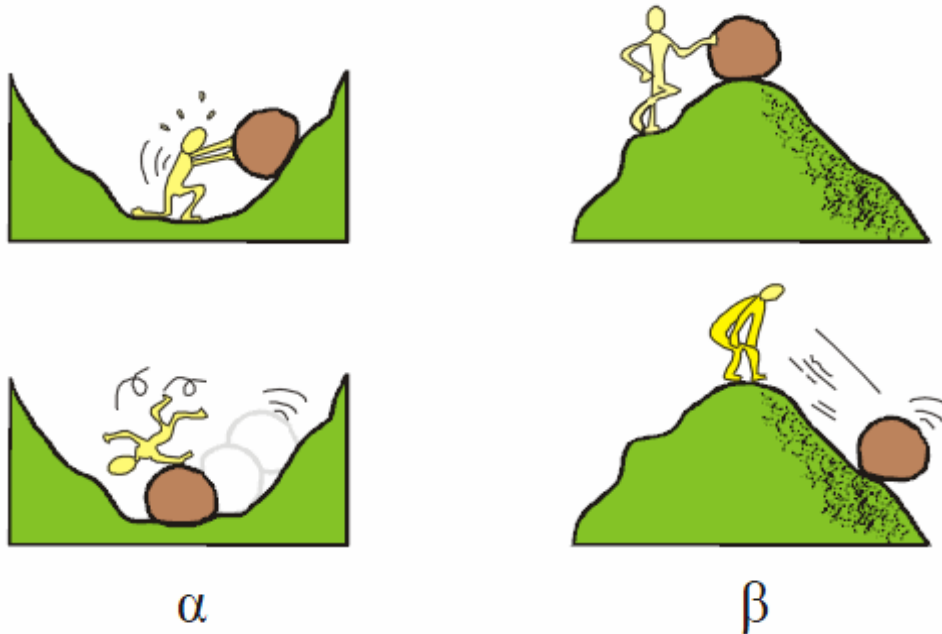
Εικόνα 10.3 Ρυθμοί εκπομπής ρύπων

Οι κατακόρυφες κινήσεις του αέρα επηρεάζουν την ανάμειξη των ρύπων. Ιδιαίτερα οι ακανόνιστες ανοδικές/καθοδικές κινήσεις που επικρατούν στο στρώμα ανάμειξης μπορούν να μεταφέρουν και να αναμειξουν τους ρύπους γρήγορα και αποτελεσματικά. Η κατακόρυφη ανάμειξη των ρύπων έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της μέσης συγκέντρωσής τους.

Κατακόρυφες κινήσεις στην ατμόσφαιρα μπορεί να προκληθούν από πολλές αιτίες. Για παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε τον αέρα που αναγκάζεται να ανέλθει όταν συναντά κάποιο τοπογραφικό εμπόδιο καθώς και τις ανοδικές/καθοδικές κινήσεις οι οποίες αναπτύσσονται σε συνδυασμό με βαρομετρικά χαμηλά/υψηλά. Όταν η ατμόσφαιρα τείνει να καταστείλει αυτές τις κινήσεις λέμε ότι επικρατεί ευστάθεια ενώ όταν αυτές οι κινήσεις ενισχύονται λέμε ότι η ατμόσφαιρα βρίσκεται σε κατάσταση αστάθειας. Οι έννοιες της αστάθειας και της ευστάθειας εμφανίζονται στην εικόνα 10.4.

Προκειμένου να προσδιορίσουμε την ευστάθεια της ατμόσφαιρας μελετάμε την μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος. Όταν ο θερμός αέρας επικαλύπτει τον ψυχρό τότε επικρατούν συνθήκες ευστάθειας. Ο ανερχόμενος ψυχρός αέρας θα βρεθεί σε ένα θερμότερο περιβάλλον και λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας θα αναγκασθεί να επιστρέψει στην αρχική του θέση. Αντίστοιχα, αν ο θερμότερος αέρας αναγκασθεί να κατέρθει θα βρεθεί σε ψυχρότερο περιβάλλον και, λόγω άνωσης, θα επανέρθει στην αρχική του θέση. Χρησιμοποιώντας αντίστοιχα επιχειρήματα

μπορούμε να αποδείξουμε ότι όταν η θερμοκρασία του αέρα μειώνεται με το ύψος τότε επικρατούν συνθήκες αστάθειας και οι κατακόρυφες κινήσεις του αέρα ενισχύονται. Η αναστροφή είναι μια ακραία μορφή ευστάθειας κατά την οποία ο θερμός αέρας επικαλύπτει τον ψυχρό. Η αναστροφή στην χαμηλότερη ατμόσφαιρα ενεργεί σαν καπάκι που εμποδίζει τις κατακόρυφες κινήσεις.



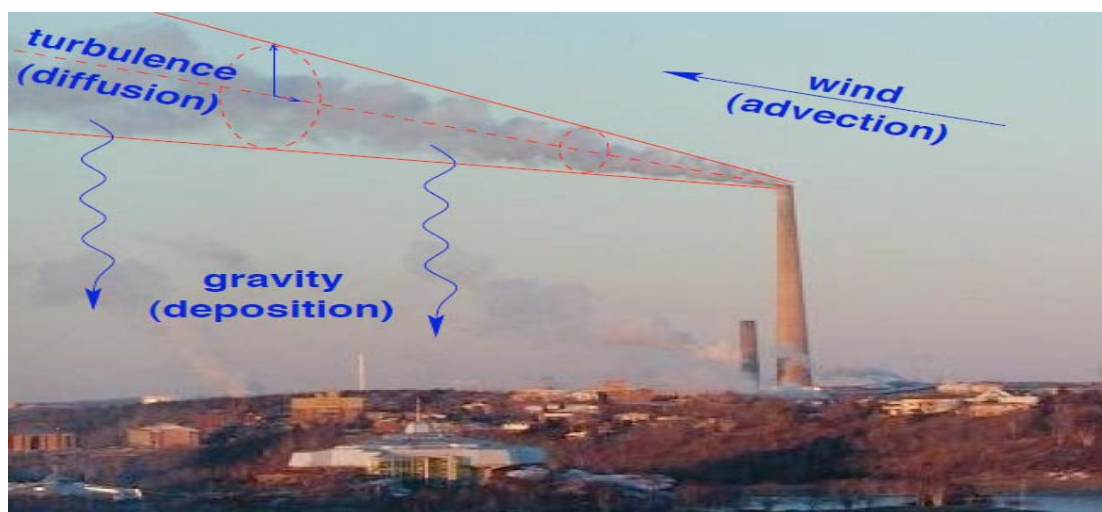
Εικόνα 10.5 Παράδειγμα ευστάθειας σχήμα α και αστάθειας σχήμα β

Η ατμοσφαιρική ευστάθεια μεταβάλλεται τόσο γεωγραφικά όσο και χρονικά. Στην εικόνα 10.6 εμφανίζεται η ημερήσια μεταβολή της ατμοσφαιρικής ευστάθειας όπως και η αντίστοιχη επίπτωση της στην διασπορά της ρύπανσης η οποία εκπέμπεται από μια βιομηχανική καμινάδα. Την νύχτα αναπτύσσεται συνήθως μια αναστροφή η οποία διαρκεί μέχρι τις πρωινές ώρες. Η αναστροφή εμποδίζει την κατακόρυφη μεταφορά των ρύπων οι οποίοι εξαπλώνονται κατά κύριο λόγο στο οριζόντιο. Κοιτάζοντας τα καυσαέρια από ψηλά παρατηρούμε ένα σχήμα βεντάλιας με αφετηρία την καμινάδα. Η περιορισμένη κατακόρυφη μεταφορά των ρύπων έχει σαν αποτέλεσμα, οι συγκεντρώσεις τους κοντά στην επιφάνεια, να είναι πολύ χαμηλές. Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι στην περίπτωση που οι εκπομπές των ρύπων λάμβαναν χώρα κοντά στο έδαφος (π.χ. στην αστική ρύπανση), η αναστροφή θα οδηγούσε σε υψηλές συγκεντρώσεις. Τις πρωινές ώρες η ηλιακή ακτινοβολία αρχίζει να ζεσταίνει το έδαφος και καταστρέφει σταδιακά τη νυχτερινή αναστροφή. Η αστάθεια που αναπτύσσεται κοντά στο έδαφος ευνοεί τις ανοδικές και καθοδικές κινήσεις οι οποίες όμως φθάνουν μόνο μέχρι την βάση της ανυψωμένης αναστροφής. Κατά συνέπεια ο καπνός αναμιγνύεται σε ένα σχετικά ρηχό στρώμα δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για υψηλές συγκεντρώσεις. Τέλος η συνεχιζόμενη θέρμανση του εδάφους δημιουργεί ένα βαθύ (~1-2 χιλιόμετρα) στρώμα όπου επικρατεί αστάθεια. Οι έντονες, εναλλασσόμενες ανοδικές και καθοδικές κινήσεις εξαναγκάζουν τον θύσανο να κινηθεί ανοδικά και καθοδικά σε μια κυματοειδή μορφή. Κατά συνέπεια τα χαρακτηριστικά του θυσάνου από μια βιομηχανική καμινάδα μπορούν να δώσουν ενδείξεις για την ευστάθεια της ατμόσφαιρας.

11 Το μαθηματικό Μοντέλο Ατμοσφαιρικής Διασποράς

Το Γκαουσιανό μοντέλο καμινάδων είναι η τυπική προσέγγιση για την μελέτη της κίνησης των αερομεταφερόμενων ρύπων λόγω της στροβιλικής διάχυσης και της κίνησης του αέρα. Τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου μοντέλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντιστρόφως για τον υπολογισμό της εκπομπής του εκάστοτε ρύπου από μετρήσεις που έχουν γίνει σε επίπεδα εδάφους μια συγκεκριμένης περιοχής. Το πρόβλημα της αναγνώρισης της πηγής μπορεί να διατυπωθεί ως ένα προκαθορισμένο γραμμικό σύστημα εξισώσεων που λύνετε εύκολα με την μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων.

Το μοντέλο της ατμοσφαιρικής διασποράς αναφέρεται στην μαθηματική ανάλυση της μεταφοράς των ρύπων στην ατμόσφαιρα. Ο όρος διασπορά χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον συνδυασμό της διάχυσης λόγω στροβιλώδους κίνησης και της οριζόντιας μεταφοράς λόγω του αέρα που λαμβάνουν χώρα στα χαμηλότερα επίπεδα της ατμόσφαιρας. Οι συγκεντρώσεις ρύπων που απελευθερώνονται στον αέρα μπορούν να περιγραφούν από μία εξίσωση διάχυσης-οριζόντιας μεταφοράς που είναι εξίσωση μερικής παραγωγού δευτέρας τάξης παραβολικού τύπου. Αυτό το πρόβλημα είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα διεπιστημονικών μαθηματικών τα οποία έχουν άμεση εφαρμογή σε προβλήματα βιομηχανικού χαρακτήρα. Οι εν λόγω αναλύσεις είναι εξαιρετικά χρήσιμες σε μηχανικούς και περιβαλλοντολόγους που μελετούν μεταφορά ρύπων, καθώς επιτρέπουν διεξαγωγή μελετών πάνω σε παραμέτρους ευαισθησίας και εκτίμησης των πηγών. Η απλούστερη λύση για αυτού του είδους τις μελέτες είναι η λύση της καμινάδας Gauss η οποία αντιστοιχεί σε σημειακή πηγή συνεχούς εκπομπής ρύπων με άνεμο σταθερής κατεύθυνσης σε μη περατό χώρο. Η παρούσα λύση Gauss έχει ήδη χρησιμοποιηθεί σε αρκετά πακέτα λογισμικού που εφαρμόζονται σε παρακολουθήσεις ρύπων και ρυθμιστικούς σκοπούς. Το συγκεκριμένο μοντέλο Gauss με κάποιες παραλλαγές μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πλήθος άλλων εφαρμογών, από εκπομπές ηφαιστειακής τέφρας έως για τον υπολογισμό διασποράς γύρης και εντόμων και την διάδοση οσμών από κτηνοτροφικές μονάδες. Η ίδια προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή της ροής αερίων ή υγρών σε πορώδεις εδάφη και πετρώματα, με εφαρμογές σε κοιτάσματα πετρελαίου, υπόγειο ρεύματα νερού και την μεταφορά ρύπων μέσω αυτών.



Εικόνα 11.1 Χαρακτηριστικό παράδειγμα καπνοδόχου με κατεύθυνση αέρα στροβιλισμό και εναπόθεση ρύπων

Αρχικά θα πρέπει να σημειώσουμε ότι υπήρξε ενδιαφέρον και επικοινωνία με διάφορους φορείς, τοπικούς και μη, για το αν υπάρχουν ή υπήρξαν ποτέ μετρήσεις στην πόλη η γενικότερα την περιοχή των Σερρών αλλά η απάντηση ήταν αρνητική. Οι μόνες μετρήσεις που υπάρχουν στην Ελλάδα από σταθερούς ή κινητούς σταθμούς μέτρησης αιωρούμενων αέριων σωματιδίων είναι στις πόλεις της Αθήνας, Θεσσαλονίκης και Κοζάνης. Έχουν υπάρξει κι άλλες μετρήσεις κατά καιρούς σε άλλες πόλεις της Ελλάδος όπως για παράδειγμα το 1997 στη λίμνη Κέρνη για κάποια περιβαλλοντική μελέτη αλλά όπως καταλαβαίνετε αυτές οι μετρήσεις δεν είναι αξιόπιστες πλέον και η Ελλάδα παρά τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και Π.Ο.Υ. είναι πολύ πίσω σε θέματα καταγραφής και ελέγχου ρύπων. Για τους λόγους αυτούς αναγκαστήκαμε να προσομοιώσουμε τη διαδικασία διασποράς ρύπων, πράγμα που δεν μπορούσαμε να κάνουμε με ένα απλό λογισμικό γιατί υπάρχουν αρκετοί φυσικοί παράγοντες που δεν μπορούσαμε να λάβουμε υπόψη. Έτσι στραφήκαμε στη λύση Gauss για τους λόγους και τις λύσεις που αναφέραμε στη προηγούμενη σελίδα.

Ο τύπος που θα χρησιμοποιήσουμε για την επίλυση του Μοντέλου Καμινάδας Gauss είναι ο παρακάτω:

$$\bar{c}(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \cdot e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left(e^{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}} \right)$$

όπου:

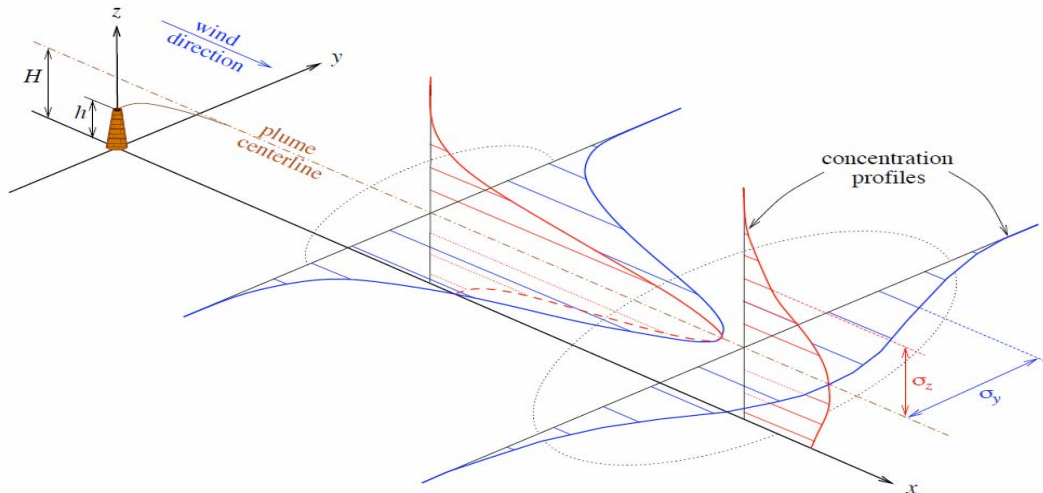
c: συνάρτηση της διάχυσης και της κίνησης του ρύπου

Q: ρυθμός εκπομπής ρύπων από μία σημειακή πηγή

u: ταχύτητα αέρα (σταθερός για λόγους λειτουργικότητας)

H: απόσταση του άξονα κέντρου της διασποράς από το έδαφος

σ: τυπική απόκλιση της κατανομής της συγκέντρωσης (στην αντίστοιχη συντεταγμένου δείκτη)



Εικόνα 11.2 Σχήμα κατανομής Gauss σε μία ευθεία κατεύθυνση και διασταύρωση ανέμων

12 Μοντέλο Gauss:Κώδικας σε Matlab.

Έχουμε 3 αρχεία το `setparams.m` , το `gplume.m` και το `forward.m` . Στο `setparams` αναθέτουμε τις τιμές της προσομοίωσης, στο `gplume` κάνουμε τον υπολογισμό της διασποράς ρύπων βάση του μοντέλου Gauss και στην `forward` φορτώνουμε τα δεδομένα από την `setparams` και κάνουμε τον υπολογισμό τις εξίσωσης και τα δεδομένα τα απεικονίζουμε σε γράφημα. Παρακάτω δίνετε αναλυτικά ο κώδικας .

setparams.m

`source.n = 4;` ορισμός αριθμού πηγών.

`source.x = [288, 308, 900, 1093];` τοποθεσία πηγών (m)

`source.y = [77, 207, 293, 186];` τοποθεσία πηγών (m)

`source.z = [15, 35, 15, 15];` ύψος (m)

`source.label=[' S1'; ' S2'; ' S3'; ' S4'];` ονομασία πηγών

`try2kgps = 1.0 / 31536` παράγοντας μετατροπής (από tonne/yr σε kg/s)

`source.Q = [35, 80, 5, 5] * try2kgps;` ρυθμός εκπομπής ρύπων

gplume.m

`function C = gplume(x, y, z, H, Q, U)` ορισμός συνάρτησης C

`ay = 0.34;`

`by = 0.82;`

`az = 0.275;`

```

bz = 0.82;

sigmay = ay*abs(x).^by .* (x > 0); υπολογισμός τυπικής απόκλισης y
sigmaz = az*abs(x).^bz .* (x > 0); υπολογισμός τυπικής απόκλισης z
if U < Umin,
    C = 0 * z;
else
    C = Q ./ (2*pi*U*sigmay.*sigmaz) .* exp( -0.5*y.^2./sigmay.^2 ) .* ...
        ( exp( -0.5*(z-H).^2./sigmaz.^2 ) + exp( -0.5*(z+H).^2./sigmaz.^2 ) );
    υπολογισμός C
    ii = find(isnan(C) | isinf(C));
    C(ii) = 0 θέτουμε σε όλες τις NaN ή inf τιμές το μηδέν.
end

```

forward.m

```

clear all

setparams; διαβάζουμε τις παραμέτρους

Uwind = 5; ταχύτητα αέρα (m/s)

Παράμετροι για τα γραφήματα

nx = 100;

ny = nx;

xlim = [ 0, 2000];

ylim = [-100, 400];

x0 = xlim(1) + [0:nx]/nx * (xlim(2)-xlim(1)); απόσταση κατά μήκος του αέρα(m)

y0 = ylim(1) + [0:ny]/ny * (ylim(2)-ylim(1)); απόσταση πλευρικού ανέμου (m)

[xmesh, ymesh] = meshgrid( x0, y0 ); δημιουργούμε γράφημα πλέγματος με
παραμετρικές επιφάνειες

smallfont = 14;

glc = 0;

warning( 'OFF', 'MATLAB:divideByZero' );

for i = 1 : source.n,

```

Υπολογισμός συγκεντρώσεων ρύπων στο επίπεδο του εδάφους σε όλο το πλέγμα σημεία μετατόπισης του (x,y) συντεταγμένων ώστε η θέση προέλευσης να είναι από την πηγή

```
glc = glc + gplume( xmesh-source.x(i), ymesh-source.y(i), 0.0, ...  
                  source.z(i), source.Q(i), Uwind );
```

```
end
```

```
warning( 'ON', 'MATLAB:divideByZero' );
```

Δημιουργία γραφήματος συγκεντρώσεις σε επίπεδο εδάφους.

```
figure(1)
```

```
clist = [ 0.001, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1 ];
```

```
glc2 = glc*1e6; μετατροπή συγκέντρωσης σε mg/m3
```

```
[c2, h2] = contourf( xmesh, ymesh, glc2, clist ); εμφανίσει οριογραμμών και  
ομοιόμορφος χρωματισμός
```

```
axis equal % (for plots in paper)
```

```
clabel(c2, h2, 'FontSize', smallfont-2 )
```

```
colormap(1-winter) χρωματισμός των label για αν είναι ευανάγνωστα
```

```
colorbar
```

```
set(gca, 'XLim', xlim ), set(gca, 'YLim', ylim )
```

```
xlabel('x (m)'), ylabel('y (m)')
```

```
title(['concentration (mg/m3), max = ', sprintf('%5.2f', max(glc2(:)))])
```

```
grid on
```

Σχεδίαση πηγών και τοποθεσιών.

```
hold on
```

```
plot( source.x, source.y, 'ro', 'MarkerEdgeColor', 'k', 'MarkerFaceColor', 'r' )
```

```
text( source.x, source.y, source.label, 'FontSize', smallfont, 'FontWeight','bold' );
```

```
hold off
```

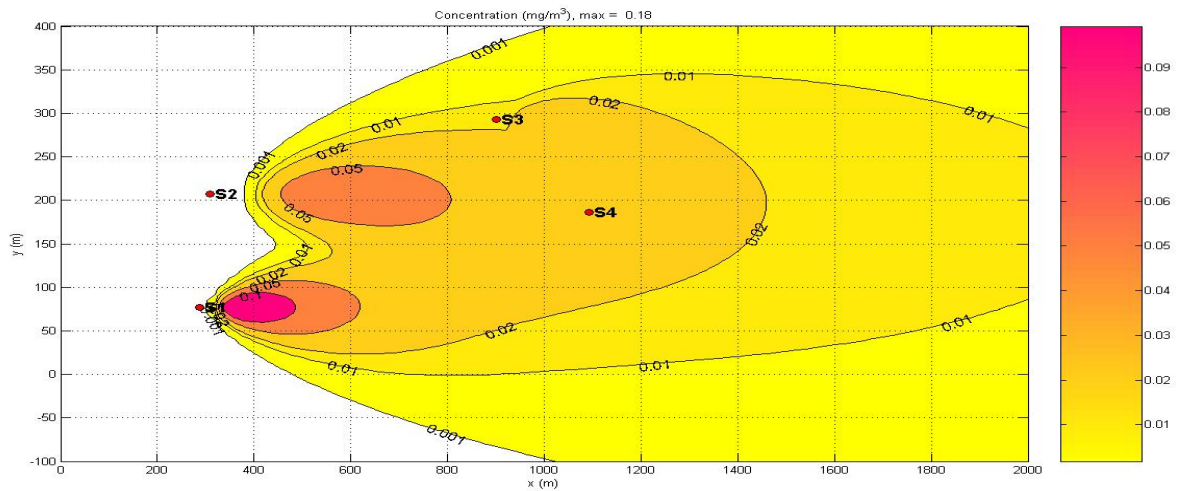
```
shg
```

```
print -djpeg 'glc.jpg'
```

12.1.1 Αποτελέσματα

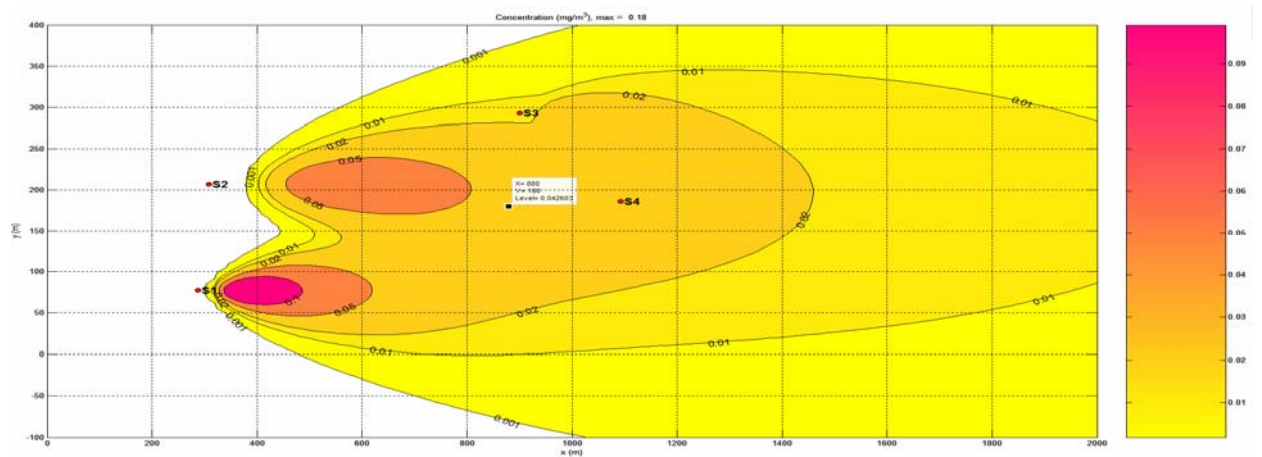
Γράφημα 1

Περιγραφή: Σε αυτό το γράφημα βλέπουμε στην συνεισφορά των πηγών στην συγκέντρωση ρύπων σε επίπεδο εδάφους. Στο άξονα x,y έχουμε τις συντεταγμένες σε m.Επίσης βλέπουμε το πως αλλάζει ο χρωματισμός ανάλογα με την συγκέντρωση μέσα στις οριογραμμές του πλέγματος. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη συγκέντρωση είναι 0,18 mg/m³.



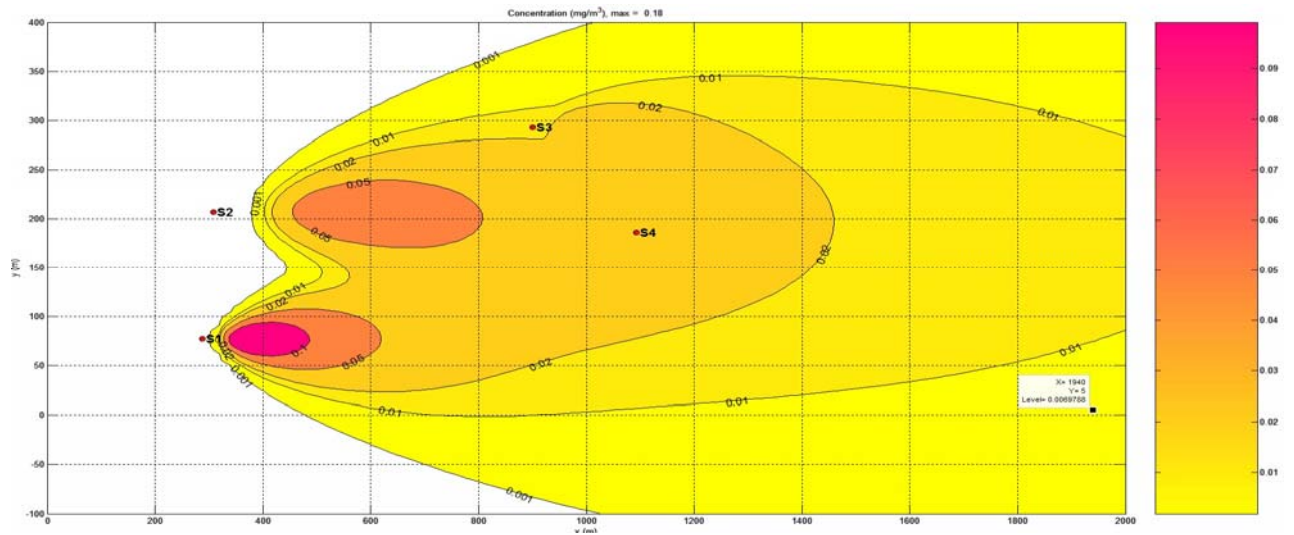
Γράφημα 2

Περιγραφή: Σε αυτό το γράφημα βλέπουμε την συγκέντρωση των τύπων σε ένα σημείο ανάμεσα στις πηγές με συντεταγμένες X= 880 m και Y= 180 m και με συγκέντρωση 0,042603 mg/m³.



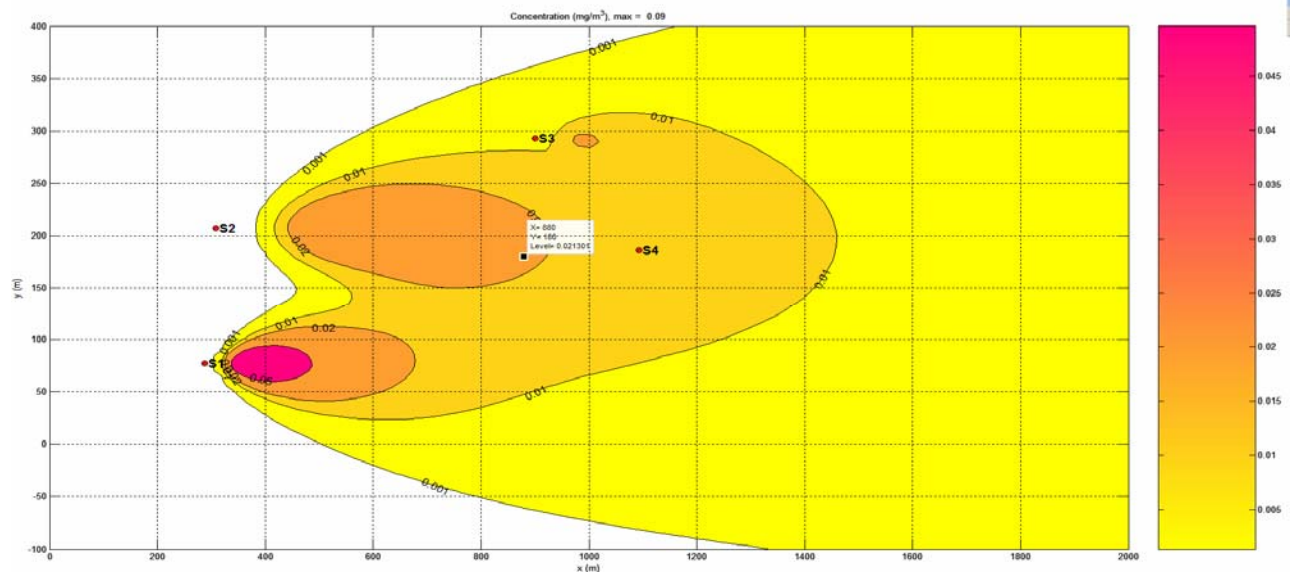
Γράφημα 3

Περιγραφή: Σε αυτό το γράφημα βλέπουμε την συγκέντρωση των τύπων σε ένα σημείο με συντεταγμένες $X= 1940 \text{ m}$ και $Y= 5 \text{ m}$ και με συγκέντρωση $0,00697 \text{ mg/m}^3$. Παρατηρούμε ότι όσο απομακρυνόμαστε από τις πηγές τόσο η συγκέντρωση μικραίνει.



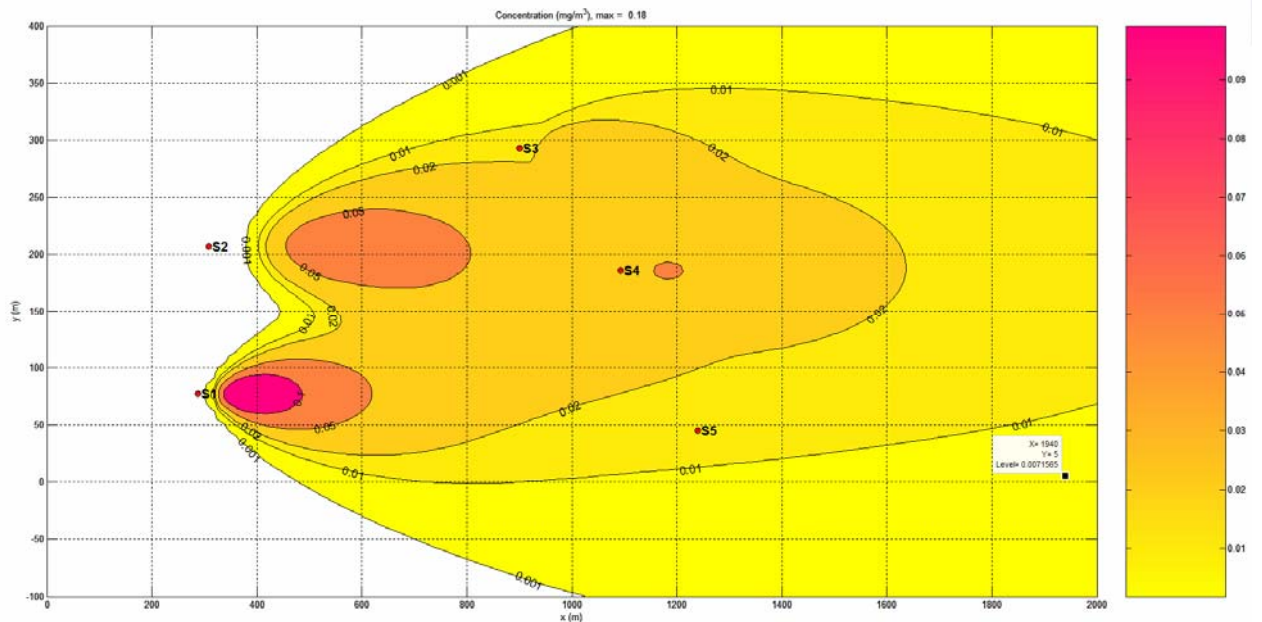
Γράφημα 4

Περιγραφή: Αλλάζουμε τον άνεμο συγκεκριμένα από 5 m/s τον κάνουμε 10 m/s . Παρατηρούμε ότι παίζει μεγάλο ρόλο στην συγκέντρωση συγκεκριμένα η μέγιστη συγκέντρωση μειώθηκε $0,18 \text{ mg/m}^3$ στο $0,09 \text{ mg/m}^3$. Και στο σημείο ανάμεσα στις πηγές $X= 880 \text{ m}$ και $Y= 180 \text{ m}$ έχουμε συγκέντρωση $0,021301 \text{ mg/m}^3$.



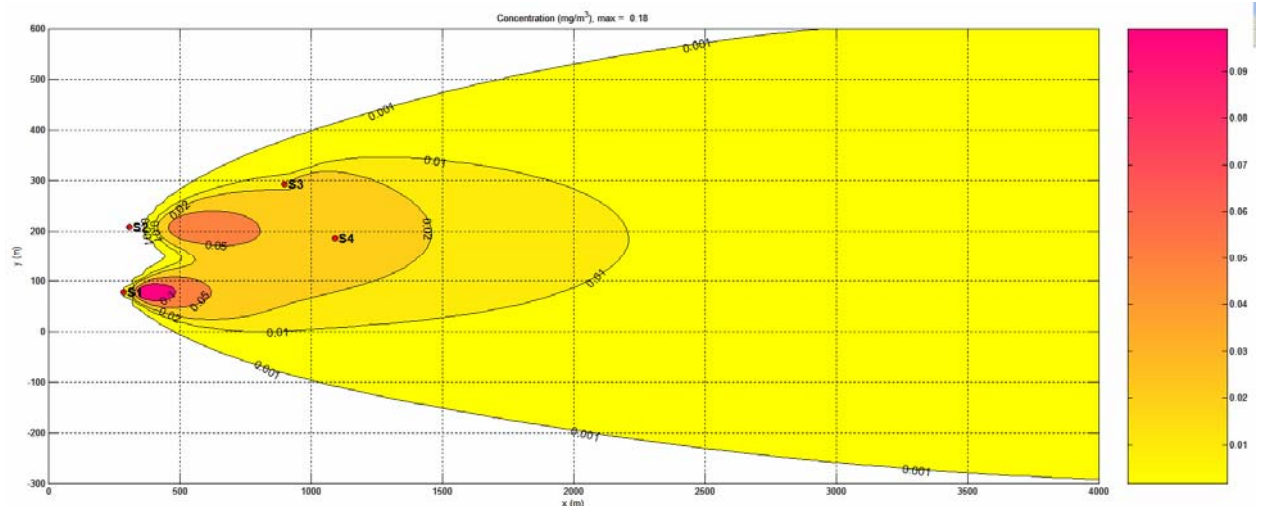
Γράφημα 5

Περιγραφή: Προσθέσαμε ακόμα μία πηγή με το όνομα S5 με συντεταγμένες X=1240 και Y=45 και ύψος Z=15, με ρυθμό εκπομπής 5 kg/s. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη συγκέντρωση δεν έχει αλλάξει, άλλα βλέπουμε μία αλλαγή στο γράφημα κοντά στην πηγή S4 μία αξηση συγκέντρωσης, και στο απομακρυσμένο σημείο που επιλέξαμε νε συντεταγμένες X= 1940 m και Y= 5 m αύξηση συγκέντρωσης 0,0071565 mg/m³. Αυτό σημαίνει ότι η πηγή S5 συνισφάει σημαντικά στην συγκέντρωση ρύπων αν και δεν επιρεάζει την μέγιστη τιμή της συγκέντρωσης (άλλωστε είναι σε μακρινή απο τις πηγές S1 και S2).



Γράφημα 6

Περιγραφή: Σε αυτό το γράφημα έχουμε τις αρχικές τέσσερις πηγές μας με τις αρχικές τιμές η μόνη αλλαγή που κάναμε είναι ότι μεγαλώσαμε τα όρια X και Y για να έχουμε μία καλύτερη εικόνα της διασπώρας.



Συμπεράσματα.

Σ' αυτήν την πτυχιακή εργασία επιχειρήθηκε να αναληθθή η σημασία πρόληψης και αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Προσπαθήσαμε να θέσουμε το πλαίσιο μιας θεωρητικής βάσης για μελλοντικές μελέτες πάνω σε αυτό τον τομέα. Για αυτόν το λόγο περιγράψαμε τον τρόπο σχεδίασης και βηματικής προσέγγισης ενός πλήρους δικτύου μέτρησης ατμοσφαιρικών ρύπων. Καθώς και αναφερθήκαμε στην συγκεκριμένη τεχνολογία καταγραφής ρύπων, και παρουσιάσαμε ολοκληρωμένες λύσεις της οποίες θεωρούσαμε κατάλληλες για ένα τέτοιο δίκτυο. Παρουσίασε μία λύση η οποία μπορεί να υλοποιηθεί στα εκπαιδευτικά πλαίσια της σχολής και να εξυπηρετήσει κάποιες ανάγκες στην πόλη των Σερρών. Τέλος με το μοντέλο Gauss προσομοιώσαμε την διασπορά ρύπων στον χώρο και δείξαμε ότι είναι ένα αξιόπιστο εργαλείο έχοντας κάποια στοιχεία για τις διάφορες εκπομπές ρύπων από σημειακές πηγές για να μας δείξει μία εκτίμηση για την κατάσταση στην πόλη.

13 Βιβλιογραφία

13.1 Κεφάλαιο 1

- Προσδιορισμός των αιρούμενων σωματιδίων PM 10 και PM 2,5 στην ατμόσφαιρα: Σύγκριση των μεθόδων αναφοράς με αυτόματες μεθόδους. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία Αθανασίου Μ. Τουπλικιώτη. Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης τμήμα χημείας εργαστήριο ελέγχου ρύπανσης περιβάλλοντος.

<http://invenio.lib.auth.gr/record/125770>

13.2 Κεφάλαιο 2

- Προσδιορισμός των αιρούμενων σωματιδίων PM 10 και PM 2,5 στην ατμόσφαιρα: Σύγκριση των μεθόδων αναφοράς με αυτόματες μεθόδους. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία Αθανασίου Μ. Τουπλικιώτη. Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης τμήμα χημείας εργαστήριο ελέγχου ρύπανσης περιβάλλοντος.

<http://invenio.lib.auth.gr/record/125770>

- http://www.airqualitynow.eu/pollution_home.php.

13.3 Κεφάλαιο 3

- World Health Organization Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide Report on a WHO working group Bonn, Germany.

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf

- World Health Organization Review of methods for monitoring of PM 2.5 and PM 10 Report on a WHO workshop Berlin, Germany.

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/143156/E85769.pdf

13.4 Κεφάλαιο 4

- World Health Organization Monitoring ambient air quality for health impact assessment.

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/119674/E67902.pdf

13.5 Κεφάλαιο 5

- World Health Organization Monitoring ambient air quality for health impact assessment.

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/119674/E67902.pdf

13.6 Κεφάλαιο 6

- ΥΠΕΧΩΔΕ Γεν. Δ/ση Περιβάλλοντος Δ/ση ΕΑΡΘ Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Αθήνα έκθεση 2007 τμήμα ποιότητας ατμόσφαιρας.

<http://www.ypeka.gr>

13.7 Κεφάλαιο 7

- Gas sensors Market - An overview <http://www.frost.com/sublib/display-market-insight-top.do?id=104185353>
- List of Sensors http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_sensors

13.8 Κεφάλαιο 8

- Enviro Technology Services plc <http://www.et.co.uk/products/>.
- Campbell Scientific, inc www.campbellsci.com/air-quality
- Echotech world class enviromental monitors www.ecotech.com.
- Metone instruments <http://www.metone.com/particulate.php>
- Aeroqual <http://www.aeroqual.com/category/products/outdoor-air-quality-monitors>

13.9 Κεφάλαιο 9

- Metone instruments <http://www.metone.com/particle-counters.php>.

13.10 Κεφάλαιο 10

- Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων Ατμοσφαιρική Ρύπανση Δ. Μέλας, Α. Αλεξανδροπούλου, Β. Αμοιρίδης, Μ. Κακαρίδου, Ν. Σουλακέλλης.

www.env-edu.gr/.../Ατμοσφαιρική%20Ρύπανση%20..

13.11

- The mathematics of atmospheric dispersion modeling John M. Stockie.
- Εργαστήριο περιβαλλοντικών ερευνών Αριθμητικά μοντέλα πρόγνωσης και ανάλυσης καιρού και αέριας ρύπανσης Σπύρος Ανδριόπουλος
- Matlab Central <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/13279-gaussianplume>