

Σαχινίδης Συμεών

Δείκτες ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Εισαγωγή

Ένας Δείκτης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΔΑΡ) μπορεί να οριστεί ως ένα σχήμα που μετασχηματίζει τις (σταθμισμένες) τιμές των ιδιαίτερων παραμέτρων που σχετίζονται με την αέρια ρύπανση (για παράδειγμα, συγκέντρωση SO_2 ή αιωρούμενων σωματιδίων) σε ένα απλό αριθμό ή ομάδα αριθμών. Σαν αποτέλεσμα, λαμβάνεται μια εξίσωση που μετασχηματίζει τις τιμές των παραμέτρων (μέσω ενός αριθμητικού υπολογισμού) σε μια πιο απλή και μεγαλύτερης ακρίβειας μορφή.

Πίνακας 2.8

Τιμή του υπο-δείκτη I, $\text{TSP} \approx$ αιωρούμενα σωματίδια

Τιμή I ₁	24ωρη συνγέντρωση TSP ($\mu\text{g m}^{-3}$)	24ωρη συνγέντρωση SO ₂ ($\mu\text{g m}^{-3}$)	TSP x SO ₂ ($\mu\text{g m}^{-3}$) ²	8ωρη συνγέντρωση CO (mg m^{-3})	Ωριαία συνγέντρωση O ₃ ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Ωριαία συνγέντρωση NO ₂ ($\mu\text{g m}^{-3}$)
0	0	0	-	0	0	-
50	75	80	-	5	118	-
100	260	365	-	10	235	-
200	375	800	65000	17	400	1130
300	625	1600	261000	34	800	2260
400	875	2100	393000	46	1000	3000
500	1000	2620	490000	57,5	1200	3750

Πίνακας 2.9

Τιμές ΔΑΡ και περιγραφή της ποιότητας του αέρα

Τιμή ΔΑΡ	Κατηγορία ποιότητας του αέρα
0-50	Καλή
51-100	Μέτρια
101-199	Ανθυγιεινή
200-299	Πολύ ανθυγιεινή
≥ 300	Επικίνδυνη

Οι ΔΑΡ βοηθούν στην πληροφόρηση των υπεύθυνων φορέων της Πολιτείας, αλλά και του κοινού, για τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μια περιοχή, όσον αφορά τη σύγκριση των επιπέδων της αέριας ρύπανσης. Οι ΔΑΡ κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες, τους καθαρά χημικούς δείκτες, που είναι συνάρτηση των συγκεντρώσεων μερικών ρύπων, και τους μετεωρολογικούς δείκτες, που συνδυάζουν μερικές καθαρά μετεωρολογικές ποσότητες, προκειμένου να περιγράψουν την ικανότητα διασποράς της ατμόσφαιρας.

Οι κύριοι δείκτες ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι οι εξής:

- ο στερεότυπος δείκτης ρύπων
- ο δείκτης αέριας ρύπανσης
- ο μετεωρολογικός δείκτης ρύπανσης

Ο στερεότυπος δείκτης ρύπων (ΣΔΡ)

Ο ΣΔΡ αναπτύχθηκε στην Ε.Ε. από ομάδα ερευνητών του Τορίνο και περιλαμβάνει τέσσερις ρύπους: SO_2 , NO_2 , CO και αιωρούμενα σωματίδια. Δίνεται από τη σχέση:

Εισαγωγικές παρατηρήσεις

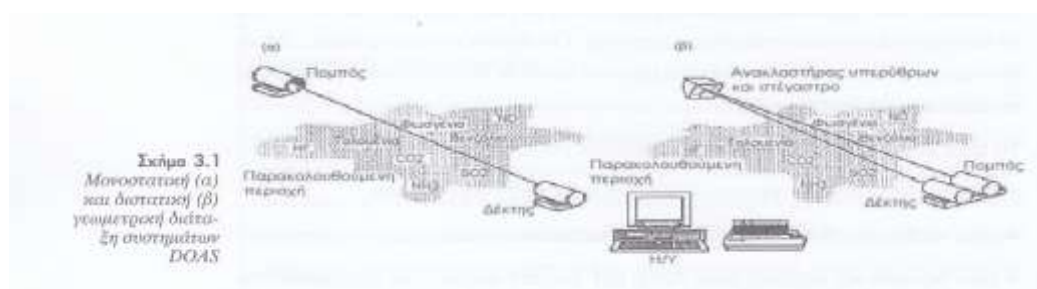
Εκτός από τα κλασικά όργανα ή συσκευές σημειακής μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην επιφάνεια του εδάφους, υπάρχουν και οι τεχνικές μέτρησης της από απόσταση, οι μέθοδοι τηλεσκόπησης (ή τηλεπισκόπησης). Είναι ευνόητα τα οφέλη που προκύπτουν από τέτοιου είδους μετρήσεις. Οι αέριοι ρύποι μπορούν να καταγραφούν ποιοτικά και ποσοτικά σε διάφορα σημεία μέσα στην ατμόσφαιρα (διάφορες αποστάσεις και ύψη από το σημείο μέτρησης). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη χαρτογράφηση των αέριων ρύπων στις τρεις διαστάσεις πάνω από μια αστική ή βιομηχανική περιοχή. Τέτοιου είδους χαρτογραφήσεις δίνουν πολύτιμες πληροφορίες, όχι μόνο για τις συγκεντρώσεις των αέριων ρύπων, αλλά και για τον τρόπο μετασχηματισμού και μεταφοράς τους, που λαμβάνουν χώρα σε διάφορα ύψη μέσα στην ατμόσφαιρα. Τα αποτελέσματα των πληροφοριών αυτών παρέχουν πολύτιμη βοήθεια στη χάραξη περιβαλλοντικής, χωροταξικής και οικιστικής πολιτικής.

Οι μέθοδοι τηλεσκόπησης διαχωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τις ενεργητικές και τις παθητικές (ενότητα 3.2). Στις πρώτες απαραίτητη είναι η ύπαρξη πηγής ή πηγών εκπομπής οπτικής ακτινοβολίας για την καταγραφή των αέριων ρύπων. Στη δεύτερη κατηγορία η καταγραφή γίνεται με παθητική καταγραφή της λαμβανόμενης ακτινοβολίας σε διάφορα οπτικά ή υπέρυθρα μήκη κύματος. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην τεχνική DIAL, η οποία είναι και η πιο ευέλικτη και πληροφοριακή τεχνική αυτή τη στιγμή.

Βασικοί τύποι laser και χρήση τους σε περιβαλλοντικά θέματα

i. Η τεχνική DOAS

Η τεχνική αυτή εκπέμπει μέσω ενός πομπού μια ακτινοβολία μέσα στην ατμόσφαιρα στη φασματική περιοχή 200-700 nm. Ύστερα από τη διάδοση της στον αέρα, συλλέγεται από ένα δέκτη. Το λαμβανόμενο σήμα ανιχνεύεται με τη χρήση φωτοπολλαπλασιαστών και καταγράφεται σε ΗΥ. Η ανάλυση της συγκεκριμένης φασματικής περιοχής (εύρους περίπου 40-90 nm), την οποία απορροφούν πολύ ή λίγο οι υπό μελέτη αέριοι ρύποι, επιτρέπει τον υπολογισμό της συγκέντρωσης πληθώρας αέριων ρύπων, μεταξύ των οποίων: O_3 , SO_2 , NO_x , $HN0_2$, $OCIO$, BrO , Cl_2 , CH_2O , OH , Hg , αμμωνίας, τολουενίου, βενζολίου κ.ά. (Platt and Perner, 1980. Axesson et al., 1990. Edner et al., 1993. Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζονται η μονοστατική και η διστατική γεωμετρική διάταξη συστημάτων DOAS για τη μέτρηση ατμοσφαιρικών ρύπων.



Στη μονοστατική διάταξη έχουμε τον πομπό και το δέκτη σε δυο διαφορετικά σημεία (α), ενώ στη διστατική έχουμε τον πομπό και το δέκτη στο ίδιο σημείο με τη χρήση ενός ανακλαστήρα ολικής ανάκλασης (β). Η χρήση της τεχνικής DOAS επιτρέπει τη μέτρηση της ολικής συγκέντρωσης των αέριων ρύπων, που προαναφέρθηκαν, σε μία απόσταση (οπτικός δρόμος) έως και 8-10 Km. Τα όρια ανίχνευσης των NO_2 , SO_2 και O_3 για 1000 m οπτικού δρόμου είναι τυπικά 0,08, 0,1 και 20 ppm, αντίστοιχα. Το σφάλμα της τεχνικής DOAS είναι τυπικά 10-15%, ανάλογα με το μετρούμενο αέριο ρύπο. Η βαθμονόμηση των οργάνων DOAS επιτυγχάνεται με τη χρήση φασματικών λυχνιών βαθμονόμησης (λυχνίες υδράργυρου) και πρέπει να προηγούνται κάθε μέτρησης.

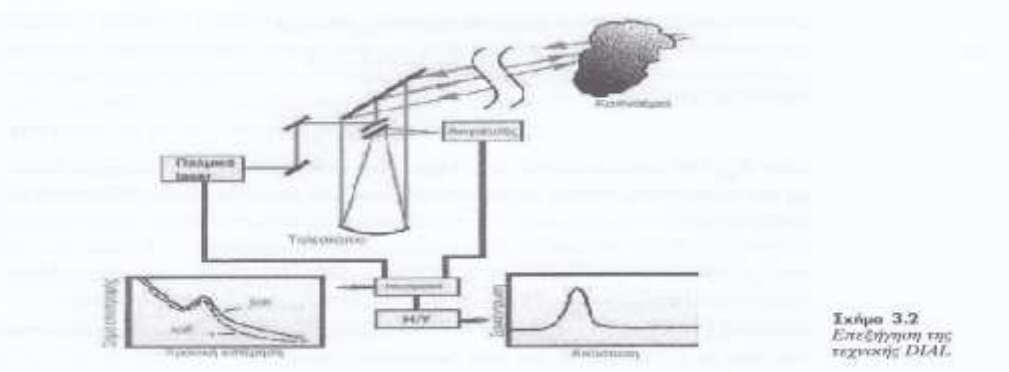
Πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το γεγονός της χρήσης μιας και μόνης φωτεινής πηγής. Με τη χρήση περιστρεφόμενου κάτοπτρου και μιας σειράς από δέκτες μπορούμε με πολύ μικρό κόστος να μετρήσουμε μια πληθώρα αέριων ρύπων σε μια γεωγραφική περιοχή (π.χ. βιομηχανική μονάδα) έκτασης 50-70 Km².

Μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το γεγονός ότι τα δεδομένα των μετρήσεων απαιτούν επεξεργασία και έλεγχο της αξιοπιστίας τους (για ορισμένους ρύπους, π.χ. τους υδρογονάνθρακες, δεδομένου ότι στην ίδια

φασματική περιοχή απορροφούν και άλλα αέρια: O_3 , O_2 , SO_2) πριν μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν σε κάποιο δίκτυο μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η τεχνική DOAS βρίσκεται ακόμα σε συνεχή εξέλιξη.

ii. Η τεχνική DIAL,

Το LIDAR λειτουργεί επί της ίδιας αρχής, όπως και ένα ηλεκτρομαγνητικό Radar. Το σύστημα laser εκπέμπει δύο παλμούς διαφορετικού μήκους κύματος. Το πρώτο μήκος κύματος (λ_{on}) συμπίπτει με το μέγιστο της φασματικής καμπύλης απορρόφησης του υπό μελέτη ρύπου, ενώ το δεύτερο (λ_{off}) στο ελάχιστο απορρόφησης του αερίου. Το οπισθοσκεδαζόμενο σήμα μεταφέρει την πληροφορία κατά τη διέλευση του μέσω του ρύπου, που κατόπιν αναλύεται χρονικά και επεξεργάζεται με τη διαφορική μέθοδο. Η μεθοδολογία που ακολουθείται καλείται DIAL. Ένα τμήμα της διερχόμενης από το ρύπο ακτινοβολίας σκεδάζεται από σωματίδια και μακρο-μόρια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και επιστρέφει στο δέκτη, όπου και ανιχνεύεται (Σχήμα 3.2).



Υπάρχουν βασικά τρεις περιοχές δραστηριότητας ανίχνευσης, που αφορούν τις εξής φασματικές ζώνες:

1. **UV (200-400 nm)**, που ανιχνεύει κυρίως NO_2 , NO , SO_2 , O_3 , βενζόλιο, τολουένιο και υδράργυρο.
2. **Εγγύς IR (1,5-4 μm)**, που ασχολείται κυρίως με την ανίχνευση υδρογονανθράκων (H_2) και πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC).
3. **Μακρινό IR (γύρω στα 10,6 μm)**, που αφορά επίσης HC και αμμωνία (NH_3), αλλά χρησιμοποιεί ξεχωριστή πηγή laser και σύστημα λήψης του σήματος.

Ένα σύστημα DIAL αποτελείται από τρία υποσυστήματα: τον πομπό, το περισκόπιο και το δέκτη. Περισσότερα για τα εν λόγω υποσυστήματα μπορείτε να διαβάσετε στην Τελική Τεχνική Έκθεση (Ζευγώλης, 1996). Με λίγα λόγια, πομπός είναι το υποσύστημα του LIDAR, που παράγει και κατευθύνει τις απαραίτητες ακτινοβολίες. Το περισκόπιο περιλαμβάνει το σύστημα κατεύθυνσης της δέσμης εκπομπής για συγκεκριμένο ύψος και αζιμούθιο και συλλογής της οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας. Ο δέκτης περιλαμβάνει το τηλεσκόπιο, το σύστημα φασματικού διαχωρισμού των οπισθοσκεδαζόμενων ακτινοβολιών, τους ανιχνευτές, το σύστημα τροφοδοσίας των ανιχνευτών, το σύστημα ψηφιοποίησης του σήματος και την αποθήκευση του σήματος για περαιτέρω επεξεργασία.

Σύγκριση των τεχνικών τηλεσκόπησης αέριας ρύπανσης έναντι της τεχνικής DIAL.

Όπως κάθε τεχνική μέτρησης, έτσι και οι τεχνικές τηλεσκόπησης της αέριας ρύπανσης παρουσιάζουν ιδιαίτερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα των τεχνικών τηλεσκόπησης αέριας ρύπανσης έναντι της τεχνικής DIAL.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των τεχνικών DOAS, TDLAS, LPS έναντι της τεχνικής DIAL(αναφορικά με τους κύριους αέριους ρύπους) εστιάζονται στη δυνατότητα ακριβέστερης μέτρησης των ρύπων αυτών (σε επίπεδο ppb). Επίσης, οι τεχνικές αυτές παρέχουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης μέτρησης αέριων ρύπων, που δεν μετρούνται (προς το παρόν) με την τεχνική ΟΙΑΕ (π.χ. ορισμένοι αρωματικοί υδρογονάνθρακες και τα HN_2 , OCIO , BRO , Cl_2 , OH_2O), σε πολύ μικρότερο κόστος εξοπλισμού και χρήσης (> 6-10 φορές).

Πλεονεκτήματα της τεχνικής DIAL, έναντι των άλλων τεχνικών τηλεσκόπησης αέριας ρύπανσης

Το βασικότερο πλεονέκτημα της τεχνικής DIAL έναντι των άλλων τεχνικών τηλεσκόπησης της αέριας ρύπανσης είναι η δυνατότητα της τεχνικής **DIAL** να παρέχει, σε σχεδόν πραγματικό χρόνο, μετρήσεις αέριων ρύπων με τη μορφή «τομογραφίας» της ατμόσφαιρας (μετρήσεις ανά 10-100 m) και σε αποστάσεις έως και 3000-5000 m, κάτι που είναι εντελώς αδύνατον με τις άλλες τεχνικές.

Όλες οι τεχνικές τηλεσκόπησης απαιτούν καλή βαθμονόμηση, καθώς και επεξεργασία και έλεγχο της αξιοπιστίας τους (λόγω φασματικών παρεμβολών από αέριους ρύπους, π.χ. υδρογονάνθρακες, δεδομένου ότι

στην ίδια φασματική περιοχή απορροφούν και άλλα αέρια: O_3 , O_2 , SO_2), πριν μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν σε δίκτυο μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.