

# Κινητά Αναλυτικά Όργανα

## Το μέλλον της Αναλυτικής Χημείας

του Μιλτιάδη Σταθερόπουλου

### Εισαγωγή

Η Αναλυτική Χημεία είναι ο κλάδος της Χημείας που έχει ως αντικείμενο την επίλυση προβλημάτων που αφορούν το χαρακτηρισμό της ύλης. Τα προβλήματα αυτά είναι ποιοτικά και ποσοτικά. Στην ποιοτική ανάλυση σκοπός είναι ο προσδιορισμός του είδους των συστατικών που υπάρχουν σε ένα δείγμα, ενώ στην ποσοτική ανάλυση, σκοπός είναι ο προσδιορισμός του ποσού ενός ή περισσοτέρων συστατικών. Τα προς προσδιορισμό συστατικά μπορεί να είναι μόρια, στοιχεία, ιόντα ή χαρακτηριστικές ομάδες και ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση αποτελεί την αναλυτική μέθοδο με την οποία επιλύεται ένα αναλυτικό πρόβλημα.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί μία ιστορική αναδρομή των φάσεων της εξέλιξης της Αναλυτικής Χημείας και θα περιγραφεί μία από τις μελλοντικές της τάσεις, αυτή των κινητών αναλυτικών οργάνων. Θα επεξηγηθούν οι βασικές έννοιες-κλειδιά που αφορούν τη νέα τεχνολογία των κινητών αναλυτικών οργάνων και θα περιγραφούν αναλυτικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά τους. Θα αναφερθούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις υλαρχόντων κινητών αναλυτικών οργάνων και θα δειχθούν οι σημερινές και μελλοντικές εφαρμογές τους. Τέλος, θα παρουσιαστούν οι μελλοντικές τάσεις στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη των κινητών αναλυτικών οργάνων.

### Αναλυτική Χημεία, μία ιστορική αναδρομή

Η αναλυτική χημεία αυτό τον αιώνα, πέρασε διάφορες φάσεις ανάπτυξης που σχηματικά μπορούν να περιγραφούν ως εξής:

#### Η περίοδος μέχρι το 1950

Σε αυτή την περίοδο το αντικείμενο της αναλυτικής χημείας ήταν η κατάλληλη χρησιμοποίηση των χημικών

αντιδράσεων, ώστε να μπορέσουν να δώσουν ποιοτικούς προσδιορισμούς και ταυτοποιήσεις αλλά και ποσοτικούς προσδιορισμούς στοιχείων, χαρακτηριστικών ομάδων και μορίων [1]. Στην περίοδο αυτή, αναπτύσσονται μέθοδοι που χρησιμοποιούν την επιλεκτικότητα των χημικών αντιδραστηρίων και που προσδιορίζουν ομάδες ενώσεων και/ή επιμέρους ενώσεις.

#### Πίνακας 1:

Κλασικές Χημικές Μέθοδοι Ανάλυσης (αναλύσεις πάγκου)  
Οξυμετρία - Αλκαλιμετρία (αντιδράσεις οξέος-βάσεως)  
Συμπλοκομετρία (αντιδράσεις συμπλόκων)  
Σταθμική Ανάλυση (καταβύθιση ιζημάτων)  
Προσδιορισμοί με βάση οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις

#### Η περίοδος μέχρι το 1970

Αυτή η περίοδος χαρακτηρίζεται από τη χρήση μετατροπέων (chemical transducers) με τους οποίους μια μετρούμενη οπτική ή ηλεκτρική ιδιότητα μετατρέπεται σε χημική πληροφορία [2]. Επιπλέον στην περίοδο αυτή, αναπτύσσονται ή βελτιώνονται τεχνικές για το διαχωρισμό πολύπλοκων μιγμάτων [3]. Σημειώνεται, ότι οι μέθοδοι αυτές αποτελούν νέες ή συμπληρωματικές τεχνικές στις αναλυτικές μεθόδους που αναπτύχθηκαν μέχρι το 1950 και χρησιμοποιούν τις χημικές αντιδράσεις. Την περίοδο αυτή, η αναλυτική χημεία υποβοηθείται σημαντικά από την τεχνολογία του σχεδιασμού αναλυτικών οργάνων με τα οποία γίνονται οι αναλύσεις. Το αποτέλεσμα αυτής της εξέλιξης είναι η ανάπτυξη της ενόργανης χημικής ανάλυσης (φυσικές μέθοδοι ανάλυσης). Με τον τρόπο αυτό η αναλυτική χημεία αναπτύσσεται και αναπτύσσεται από τους κλάδους της μηχανουργίας, των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου και μετρήσεων, της μηχανολογίας και των ηλεκτρικών συστημάτων. Οι εφαρμογές της αναλυτικής χημείας ξεπερνούν τις παραδοσιακές (υδατικά διαλύμα-

#### Πίνακας 2:

Βασικές Ενόργανες Χημικές Μέθοδοι Ανάλυσης (Φυσικές Μέθοδοι Ανάλυσης)  
Οπτικές Μέθοδοι (π.χ. Φασματομετρία IR, UV, MS, NMR)  
Χρωματογραφικές Μέθοδοι (π.χ. αέρια και υγρή χρωματογραφία)  
Θερμικές Μέθοδοι (π.χ. Διαφορική θερμιδομετρική ανάλυση, θερμική ανάλυση)  
Ηλεκτροχημικές Μέθοδοι (π.χ. πολαρογραφία, εκλεκτικά ηλεκτρόδια).

τα) και επεκτείνονται στα υλικά (αναλύσεις δομής, καθαρότητας, σύστασης), στα βιοπολυμερή (αναλύσεις μεγάλου μοριακού βάρους ενώσεων), στη χημεία περιβάλλοντος (αναλύσεις αερίων, προσδιορισμός πολύ χαμηλών συγκεντρώσεων) και στην τοξικολογία (αναλύσεις σε μη υδατικό φορέα).

#### Η περίοδος μέχρι σήμερα

Η φάση που προηγήθηκε επηρέασε σημαντικά το ερευνητικό αντικείμενο και το περιεχόμενο της αναλυτικής χημείας. Η έντονη ερευνητική ενασχόληση με την ενόργανη ανάλυση δημιούργησε μεθόδους με τις οποίες αναπτύχθηκε η ελισθητή των μετρήσεων συνολικά. Σαν αποτέλεσμα, πολύπλοκα φαινόμενα, όπως οι ταχύτατες αντιδράσεις, ο προσδιορισμός χημικών δομών σε επίπεδο επιφάνειας υλικού, αποτέλεσαν μερικά νέα αντικείμενα με τα οποία απασχολούνται οι αναλυτικοί χημικοί. Σε πολλές περιπτώσεις, η ανάγκη για συνδυασμό μετρήσεων από διαφορετικές αναλυτικές μεθόδους δημιούργησε νέες μεθόδους «συνδυασμένων τεχνικών» (π.χ. GC/MS, GC/IR, LC/MS, TG/GC/MS). Η επεξεργασία του τεράστιου όγκου δεδομένων και μετρήσεων που συσσωρεύει μια σύγχρονη ενόργανη χημική μέθοδος δημιούργησε την ανάγκη για την αξιοποίηση όχι μόνο των απλών στατιστικών μεθόδων αλλά και προχωρημένων μαθηματικών μεθόδων. Με τον τρόπο αυτό αναπτύχθηκε ως κλάδος της αναλυτικής χημείας η χημειομετρία [4]. Η περίοδος που διανύουμε σήμερα συνοδεύεται από την εκρηκτική ανάπτυξη

Ο Μ. Σταθερόπουλος είναι επίμ. καθηγητής στο Τμήμα Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ.

## Βασικές έννοιες-κλειδιά της νέας τεχνολογίας των κινητών αναλυτικών οργάνων

Οι εκτός εργαστηρίου αναλύσεις που μπορούν να γίνουν σε ανοικτούς (υπαίθριους) ή κλειστούς χώρους ονομάζονται *χημικές αναλύσεις πεδίου(χώρου)*.



Το πλεονέκτημα αυτού του είδους :

- ο χώρος αποσκευών ενός αεροπλάνου ή μονοκώβου αεροπλάνου
- υπόγειο ρεζερβουάρ
- η μονοκώβου αεροπλάνου
- μία χειροκίνητη
- μία μονοκώβου βιομηχανικού καθαρισμού
- ένα πλοίο (αρχή)
- ένα δίκτυο που κινείται
- ένας αγρός (αρχή της κυκλοφορίας
- η επιλογή αποθήκευσης βιομηχανικών

της επιστήμης της πληροφορικής [5] και αυτό είχε ως αποτέλεσμα την τροφοδότηση της αναλυτικής χημείας με υπολογιστές που βελτίωσαν τις μετρητικές ικανότητες των αναλυτικών οργάνων, έκαναν ασφαλέστερο και ταχύτερο τον έλεγχό τους και ευκολότερη τη χρήση τους. Επιπροσθέτως, η πληροφορική παρείχε λογισμικό με το οποίο γίνεται η επεξεργασία ταχύτερα και ακριβέστερα σε μεγάλο όγκο μετρήσεων. Επιπλέον, η πληροφορική συμβάλλει στην αυτοματοποίηση των χημικών μεθόδων [6,7,8].

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, το αντικείμενο της αναλυτικής χημείας σήμερα καθορίζεται από τομείς και γνώσεις που έχουν διεπιστημονικό χαρακτήρα, δηλ. πρακτικά η αναλυτική χημεία έχει μετατραπεί σε επιστήμη των χημικών μετρήσεων [9].

### Βασικές έννοιες-κλειδιά της νέας τεχνολογίας των κινητών αναλυτικών οργάνων



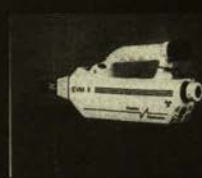
Οι χημικές αναλύσεις πεδίου διακρίνονται σε επί τόπου (σημειακές) ή πλήσιον της θέσης συλλογής δειγμάτων. Οι αναλύσεις πεδίου παράγουν αποτελέσματα σε χρονικό εύρος που επιβάλλει η συγκεκριμένη εφαρμογή, δηλαδή ανάλογα με την εφαρμογή το αποτέλεσμα καταγράφεται (κοινοποιείται) αμέσως ή μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Στην πρώτη περίπτωση η ανάλυση ονομάζεται *ανάλυση πραγματικού χρόνου*.

### Βασικές έννοιες-κλειδιά της νέας τεχνολογίας των κινητών αναλυτικών οργάνων



Κινητό αναλυτικό όργανο είναι ένα ειδικό σχεδιασμένο αναλυτικό όργανο το οποίο μεταφέρεται εκτός εργαστηρίου προκειμένου να εκτελέσει επί τόπου αναλύσεις πεδίου.

### Βασικές έννοιες-κλειδιά της νέας τεχνολογίας των κινητών αναλυτικών οργάνων



Ειδική περίπτωση κινητού αναλυτικού οργάνου αποτελεί το φορητό αναλυτικό όργανο.

### Βασικές έννοιες-κλειδιά της νέας τεχνολογίας των κινητών αναλυτικών οργάνων

ο τρόπος επικοινωνίας του χρήστη με τη τεχνολογία αναγνώρισης ομάδας ή με heads-up οθόνες



### Αναλυτική χημεία - το μέλλον

Ως συνέπεια των όσων παρουσιάστηκαν προηγουμένως οι μελλοντικές κατευθύνσεις εξέλιξης της αναλυτικής χημείας καθορίζονται και από την ανάπτυξη της τεχνολογίας διαφόρων επιστημονικών περιοχών. Μεταξύ αυτών η πιο ελπιδοφόρα είναι αυτή

των κινητών αναλυτικών οργάνων, δηλαδή η μεταφορά των αναλυτικών οργάνων από τον πάγκο του αναλυτικού εργαστηρίου στον τόπο όπου απαιτείται να γίνει χημική ανάλυση. Αυτή η τάση οδηγεί στην αναβάθμιση των αναλυτικών οργάνων από απλούς χημικούς αναλυτές σε εργαλεία επίλυσης προβλημάτων και τούτο διότι στην

επιτόπου χημική ανάλυση απαιτείται συχνά να δοθεί αμέσως απάντηση ώστε να ληφθούν αποφάσεις που καθοδηγούν με τον τρόπο αυτό ανθρώπινες δραστηριότητες (π.χ. βιομηχανικές, επιχειρησιακές). Ανάγκη για επιτόπου άμεση χημική ανάλυση υπάρχει σε τομείς όπως η περιβαλλοντολογική ανάλυση, η υγιεινή και ασφάλεια διε-

### Πίνακας 3:

- Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός φορητού αναλυτικού οργάνου
- α) Βάρος μικρότερο των 5 Kg
  - β) Λειτουργία με μπαταρία ή με συνεχές ρεύμα 24 V.
  - γ) Ενσωματωμένο σύστημα δειγματοληψίας
  - δ) Δυνατότητα αυτοελέγχου, αυτοδιόρθωσης και αυτοβαθμονόμησης.
  - ε) Ασφάλεια κατά τη χρήση.
  - στ) Δυνατότητα επιτόπου επεξεργασίας αποτελεσμάτων και έκθεσης (προβολής) τους
  - ζ) Δυνατότητα τηλεχειρισμού.

γασίων, η τοξικολογία και οι δασικές πυρκαγιές.

Η ανάλυση εκτός παραδοσιακού εργαστηρίου μπορεί να γίνει με μεμονωμένα φορητά ή κινητά αναλυτικά όργανα αλλά και με κινητά χημικά εργαστήρια. Σε πολλές περιπτώσεις η εφαρμογή απαιτεί την επιτόπου επεξεργασία. Σε άλλες απαιτείται η μετάδοση των μετρήσεων σε εργαστήριο-κέντρο ελέγχου, προκειμένου αυτές να υποστούν επεξεργασία για να δοθούν οι κατάλληλες υποδείξεις. Για παράδειγμα στην περίπτωση χημικών ατυχημάτων υπάρχει ανάγκη για άμεσο επιτόπου έλεγχο της ποιότητας του αέρα προκειμένου να δοθούν κατάλληλες εντολές στο προσωπικό. Άλλο παράδειγμα είναι η περίπτωση δασικής πυρκαγιάς όπου υπάρχει άμεση ανάγκη να ελεγχθεί επιτόπου η ποιότητα του αέρα στα όρια της δασικής πυρκαγιάς προκειμένου να δοθεί εντολή για ασφαλή προσέγγιση των επίγειων πυροσβεστικών δυνάμεων. Και στις δύο περιπτώσεις η χημική ανάλυση θα πρέπει να γίνει επιτόπου ή δε επεξεργασία των μετρήσεων να ολοκληρωθεί επιτόπου ή να προηγηθεί μετάδοση, σε κατάλληλο κέντρο, και στη συνέχεια να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις. Σε άλλες περιπτώσεις η επιτόπου χημική ανάλυση έχει οικονομικά και επιχειρησιακά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη συλλογή δειγμάτων και τη μεταφορά τους προς ανάλυση στο εργαστήριο, δηλαδή το κόστος συλλογής αντιπροσωπευτικών δειγμάτων, της μεταφοράς τους στο εργαστήριο και της διατήρησής τους είναι μεγαλύτερο από μια επιτόπου ανάλυση. Τέτοια περίπτωση επίσης είναι ο έλεγχος απόρριψης υπαινόντων υλικών των οποίων η σύνθεση συνεχώς μεταβάλλεται και για τα οποία είναι απαραίτητο ο συνεχής προσδιορισμός των συγκεντρώσεών

τους σε έναν ευρύτερο γεωγραφικό χώρο. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις που η ανάλυση πρέπει να γίνει αμέσως και επιτόπου για λόγους ασφαλείας. Τέτοια είναι η περίπτωση ελέγχου εκρηκτικών, χημικών όπλων ή εμπρηστικών ουσιών. Για παράδειγμα σε περίπτωση δασικής πυρκαγιάς, όπου το αίτιο είναι εμπρησμός ή επιτόπου χημική ανάλυση, είναι δυνατόν υπό ορισμένες συνθήκες να οδηγήσει σε χρήσιμα συμπεράσματα. Άλλο παράδειγμα είναι ο έλεγχος αποσκευών και βιολιτών στα τελωνεία για τοξικές ή ναρκωτικές ουσίες.

Σε όλες τις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως είναι δυνατόν το χειρισμό του κινητού αναλυτικού οργάνου να τον κάνει εξειδικευμένο ή μη προσωπικό. Αυτός είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους υπάρχει απαίτηση, τα κινητά αναλυτικά όργανα να είναι απλά στο χειρισμό ή να γίνεται τηλεχειρισμός τους. Ιδιαίτερη περίπτωση τηλεχειρισμού είναι η ενσωμάτωση του κινητού αναλυτικού οργάνου σε μη επανδρωμένο όχημα.

Οι ανάγκες που περιγράφηκαν προηγουμένως, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα κινητά αναλυτικά όργανα θα χρειαστεί να συζευχθούν με εφαρμογές της τηλεμετρίας (ασύρματη επικοινωνία, μετάδοση μετρήσεων), των γεωγραφικών συστημάτων προσδιορισμού θέσεως (GPS) καθώς και των συστημάτων αυτομακρονομένου ελέγχου (remote control systems). Με τον τρόπο αυτό το αναλυτικό όργανο θα γίνει ένας αναβαθμισμένος σύνθετος χημικός αισθητήρας ο οποίος μπορεί να δώσει επιτόπου χημικές αναλύσεις ή να μεταβιβάσει αυτές στο χημικό εργαστήριο προς επεξεργασία.

### Βασικές έννοιες-κλειδιά της νέας τεχνολογίας των κινητών αναλυτικών οργάνων

Στη συνέχεια, προκειμένου να γίνει κατανοητή η νέα τεχνολογία των κινητών αναλυτικών οργάνων, θα οριστούν οι βασικές έννοιες-κλειδιά που χρησιμοποιεί. Ας σημειωθεί ότι πέρα από τα προβλήματα που υπάρχουν στην απόδοση των όρων της νέας αυτής τεχνολογίας στην ελληνική γλώσσα και σε διεθνές επίπεδο, οι αντίστοιχοι όροι δεν έχουν γενική αποδοχή από τα μέλη της επιστημονικής κοινότητας.

Οι εκτός εργαστηρίου αναλύσεις που μπορούν να γίνουν σε ανοικτούς (υπαίθριους) ή κλειστούς χώρους, ονομάζονται *χημικές αναλύσεις πεδίου*

(χώρου). Το πεδίο αυτό μπορεί να είναι ο χώρος αποσκευών ενός αεροδρομίου, η μονάδα διύλισης ενός πετροχημικού συγκροτήματος, κάποιο υπόγειο ρεύμα νερού, η αίθουσα μιας μονάδας πολυμερισμού, μια χωματερή, οι θέσεις εκβολής μιας μονάδας βιολογικού καθαρισμού, ένα πεδίο μάχης, ένα δάσος που καίγεται, ένας δρόμος υψηλής κυκλοφορίας, μια περιοχή κατοικιών, η περιοχή απόθεσης βιομηχανικών αποβλήτων κ.ά. Οι χημικές αναλύσεις πεδίου διακρίνονται σε *επί τόπου (σημειακές) ή πλησίον της θέσης συλλογής δειγμάτων*. Οι αναλύσεις πεδίου παράγον αποτελέσματα σε χρονικό εύρος που επιβάλλει η συγκεκριμένη εφαρμογή, δηλαδή ανάλογα με την εφαρμογή το αποτέλεσμα καταγράφεται (κοινοποιείται) αμέσως ή μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Στην πρώτη περίπτωση η ανάλυση ονομάζεται *ανάλυση πραγματικού χρόνου*.

*Μεταφερόμενο αναλυτικό όργανο* είναι ένα όργανο πάγκου, το οποίο μεταφέρεται εκτός εργαστηρίου με ειδικά διαρρυθμισμένο (ή και απλό) όχημα, προκειμένου να εκτελέσει αναλύσεις πεδίου. Γενικά το μεταφερόμενο αναλυτικό όργανο δεν έχει κάποιου τύπου ειδικό σχεδιασμό, που να το κάνει κατάλληλο για αναλύσεις εκτός εργαστηρίου. Το μόνο που έχει είναι ειδική μέριμνα για ασφαλή μετακίνηση και χρήση. Χωρίς όμως ειδικό σχεδιασμό ή μετακίνηση και χρήση του παρουσιάζει προβλήματα που συνδέονται με το μέγεθός του, το βάρος του, την αντοχή του, τον ασφαλή χειρισμό του, την τροφοδοσία του (ηλεκτρική παροχή, διαλύτες και αέρια μέτρησης), το σύστημα εισαγωγής δείγματος, τη βαθμονόμησή του και την αξιοπιστία των μετρήσεών του.

*Κινητό αναλυτικό όργανο* είναι ένα ειδικά σχεδιασμένο αναλυτικό όργανο το οποίο μεταφέρεται εκτός εργαστηρίου προκειμένου να εκτελέσει επί τόπου αναλύσεις πεδίου. Ο ειδικός σχεδιασμός γίνεται με σκοπό την επίλυση των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν προηγουμένως. Η επίλυση βεβαίως αυτών των προβλημάτων δεν θα πρέπει να είναι περιοριστική των λειτουργικών και αναλυτικών χαρακτηριστικών του. Για παράδειγμα δεν θα πρέπει ένα κινητό όργανο να έχει μειωμένη ευαισθησία, διαχωριστική ικανότητα και επαναληψιμότητα.

Ειδική περίπτωση κινητού αναλυτικού οργάνου αποτελεί το *φορητό αναλυτικό όργανο* που έχει προδιαγραφές, όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω

Στις αναλύσεις πεδίου, οι ποιοτικοί και ποσοτικοί προσδιορισμοί αποκτούν μία ακόμη διάσταση: το χώρο. Επιπλέον αυτού, εφόσον η εφαρμογή απαιτεί μετρήσεις πραγματικού χρόνου είναι δυνατόν στις αναλύσεις πεδίου να παράγεται μεγάλος όγκος δεδομένων σε μικρό χρόνο. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η ανάγκη εισαγωγής νέων εννοιών και τρόπων για την παρακολούθηση και παρουσίαση των ποιοτικών και ποσοτικών μετρήσεων. Τέτοιες έννοιες είναι η *χαρτογράφηση των συγκεντρώσεων* και οι *βαθμίδες τους*. Η παράσταση των μετρήσεων γίνεται με διαγράμματα, όπως οι *ισομετρικές καμπύλες συγκεντρώσεων*, καθώς και με διαγράμματα στα οποία παρουσιάζεται η κατεύθυνση της μέγιστης μεταβολής των συγκεντρώσεων.

Μεταξύ των νέων τρόπων για την παρουσίαση των μετρήσεων είναι τα *γραφήματα τριών διαστάσεων* (πραγματικά ή ψευδή), καθώς και η χρήση *animation*. Παραδείγματα ψευδο3D γραφημάτων είναι τα *contour plot* για την παρουσίαση μετρήσεων κινητού GC/IMS, ενώ παράδειγμα λογισμικού με τεχνικές animation (3D studio) είναι η απεικόνιση μεγάλου όγκου δεδομένων που παράγονται σε μετρήσεις πραγματικού χρόνου (π.χ. 100 MB δεδομένων σε 40 sec).

Επισημαίνεται ότι σε αναλύσεις πεδίου, στις οποίες υπάρχει ανάγκη για μετρήσεις πραγματικού χρόνου και παράγεται μεγάλος αριθμός μετρήσεων σε σύντομο χρονικό διάστημα (π.χ. μετρήσεις αερίων ρυπαντών σε κατοικημένες περιοχές), απαιτείται χαρτογράφηση συγκεντρώσεων τόσο συναρτήσει του χώρου όσο και του χρόνου. Στην περίπτωση αυτή η έκθεση των αποτελεσμάτων είναι δυνατόν να περιλαμβάνει μεταξύ των άλλων και το γεωγραφικό χάρτη του αναλυόμενου πεδίου.

Στα κινητά αναλυτικά όργανα ο τρόπος επικοινωνίας του χρήστη με αυτά διαμορφώνει νέες έννοιες. Η επικοινωνία του χρήστη με το όργανο μπορεί να γίνει με τεχνολογία αναγνώρισης ομιλίας ή με heads-up οθόνες. Οι heads-up οθόνες είναι πολύ μικρά διαφανή monitor που στηρίζονται κατάλληλα στο κεφάλι του χρήστη, ώστε να βρίσκονται στην προέκταση του ενός ματιού.

Τα κινητά αναλυτικά όργανα έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό την παραγωγή μεγάλου αριθμού δεδομένων σε

**Πίνακας 4:**

Εφαρμογές των κινητών αναλυτικών οργάνων.

**Περιβάλλον:**

- Απόρριψη αποβλήτων
- Δασικές πυρκαγιές
- Εκπομπές ρύπων
- Βιολογικοί σταθμοί
- Υγιεινή εργασία
- Χωματερές
- Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων
- Έλεγχος διαρροών
- Έλεγχος πλοίων που μεταφέρουν cargo (δεξαμενόπλοια)
- Χημικά - Βιολογικά όπλα

**Επιτήρηση διεργασιών:** (φυσικές - χημικές)

- Έλεγχος χημικών ατυχημάτων
- Έλεγχος ποιότητας πρώτων υλών
- Αναλύσεις υγρών προϊόντων σε σωλήνες μεταφοράς
- Αναλύσεις βενζίνης και πετρελαιοειδών στην ύπαιθρο
- Αναλύσεις ποιότητας και πρώτων υλών τροφίμων, χρωμάτων στις θέσεις εισόδου και εξόδου από το εργοστάσιο
- Αναλύσεις φαρμακευτικών προϊόντων επιτόπου
- Προσδιορισμός στοιχείων (Mg, V, Cr, Mn κ.ά.), σε στερεά
- Στοιχειακός έλεγχος εδάφους επί τόπου
- Αναλύσεις υπογείων υδάτων
- Αναλύσεις μολύνσεων σε τσιμέντο και δομικά υλικά

**Άλλες εφαρμογές:**

- Γεωλογικές εκτιμήσεις
- Πρόβλεψη σεισμών
- Προσδιορισμός εκρηκτικών
- Επιτόπου έλεγχος τροφίμων
- Αναλύσεις σε αέριο, υγρό ή στερεό δείγμα
- Προσδιορισμός πηκτικών και ημιπηκτικών ενώσεων (αλκάνια, αλκένια, αλκοόλες, αρωματικοί H/C, κετόνες, εστέρες, κ.ά.)
- Προσδιορισμός εντομοκτόνων (γάλα, μύρκα κ.λπ.)

μικρό χρονικό διάστημα. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να υποστούν επεξεργασία επιτόπου ή να μεταδοθούν σε κατάλληλο κέντρο. Σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητη η ελάττωση του όγκου των δεδομένων χωρίς απώλεια της χημικής πληροφορίας και στη συνέχεια η ταχύτερη επεξεργασία τους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με χρήση χημειομετρικών μεθόδων.

Μεταξύ των τεχνικών που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνεται η Principal Components Analysis, η Discriminant analysis και η Canonical correlation analysis που είναι τεχνικές ανάλυσης πολυμεταβλητών δεδομένων και χρησιμοποιούν θεωρία πινάκων. Οι τεχνικές αυτές μαζί με την ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού συμβάλλουν στην ταχύτερη επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων που αποτελεί το βραδύτερο στάδιο για τη δημιουργία αποτελεσμάτων και λήψη αποφάσεων.

**Αναλυτική ικανότητα και λειτουργικά χαρακτηριστικά των κινητών αναλυτικών οργάνων**

Τα κινητά αναλυτικά όργανα έχουν αναπτυχθεί σχετικά πρόσφατα. Συνεπώς δεν έχουν συνολικά χαρακτηριστικά καλύτερα από αυτά των οργάνων πάγκου. Σε πάρα πολλές, όμως, περιπτώσεις, οι δυνατότητες είναι συγκρίσιμες [10]. Πιο αναλυτικά:

- 1) **Επιλεκτικότητα:** Η ανάπτυξη ειδικού τύπου αερίων χρωματογράφων καθώς και χημικών αισθητήριων δίδει τη δυνατότητα για επιλεκτικούς προσδιορισμούς αερίων όπως CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S, VOCs με χρήση αναλυτικών οργάνων. Οι υπάρχουσες διατάξεις όσον αφορά τους αέριους χρωματογράφους χρησιμοποιούν μικρού μήκους στήλες και κάνουν προσδιορισμούς συγκεντρώσεων της τάξης του ppb με χρόνο ανάλυσης 1-3 min. Οι χημικοί αισθητήρες που κατασκευάζονται στηρίζονται σε διάφορες αρχές και υλικά (ημιαγωγοί οξειδίων του κασσιτέρου) και προσδιορίζουν αέρια στην περιοχή των 100 ppb με χρόνους μέτρησης περίπου 5 sec.
- 2) **Διαχωριστική ικανότητα:** Τα υπάρχοντα κινητά GC-MS έχουν δυνατότητα για παρακολούθηση (SIM) στην περιοχή του ppb με χρόνους ανάλυσης μέχρι 20 sec και διαχωριστική ικανότητα μιας μονάδας μάζας.
- 3) **Όρια ανίχνευσης:** Ανάλογα με την περίπτωση για τα υπάρχοντα κινητά αναλυτικά όργανα (GC, GC-MS, GC-IMS, XRF, NIR) τα όρια ανίχνευσης είναι στην περιοχή του 1 ppb.
- 4) **Επαναληψιμότητα και ακρίβεια:** Η επαναληψιμότητα και ακρίβεια κυμαίνεται από 1% ως 20%, ανάλογα με το όργανο.
- 5) **Ταχύτητα ανάλυσης:** Η ταχύτερη ανάλυση είναι στην περιοχή 1 sec ως 3 min, ανάλογα με το όργανο.

- 6) **Μέγεθος:** Αυτό κυμαίνεται από 20cm x 40cm x 20cm μέχρι 1m x 30cm x 50 cm.
- 7) **Κατανάλωση ισχύος:** Από 250 Watt έως 1200 Watt.
- 8) **Επίπεδο εξειδίκευσης χρήση:** Στην παρούσα φάση πρέπει να είναι εξειδικευμένος χημικός. Αναμένεται με τη χρήση ασύρματης επικοινωνίας η δυνατότητα χειρισμού από μη εξειδικευμένο προσωπικό.

### Τομείς εφαρμογών κινητών αναλυτικών οργάνων

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι τομείς εφαρμογών κινητών αναλυτικών οργάνων.

### Μελλοντικές εξελίξεις στα κινητά αναλυτικά όργανα

Η εντατική έρευνα που γίνεται στο πεδίο των κινητών αναλυτικών οργάνων αναμένεται σύντομα να αποδώσει

Τα όργανα αυτά αναμένεται να έχουν δυνατότητες για ανάλυση μιγμάτων 50-100 ενώσεων, με χρόνο ανάλυσης την περιοχή των 10s.

Το μικρότερο μέγεθος, η ενεργειακή αυτονομία και η ευκολία χρήσης θα είναι οι βασικοί ερευνητικοί στόχοι. Παράλληλα η ανάπτυξη εξειδικευμένου λογισμικού και ο συνδυασμός με τηλεμετρία αναμένεται να αυξήσουν τις εφαρμογές τους.

### Βιβλιογραφία

1. A textbook of Macro and Semimacro Qualitative Inorganic Analysis, A. I. Vogel, Longmans, London, 4<sup>th</sup> Ed. 1954.
2. Instrumentation in Scientific Research, Kurt S.Lion, McGraw-Hill, 1959.
3. Instrumental Methods of Chemical Analysis, G. W. Ewing, McGraw-Hill, New York 1975.
4. Chemometrics: a Textbook, D.L.

Massart, B.G.M.Vandeginste, S.N. Deming, Y. Michotte and L. Kaufman, Elsevier, 1988.

5. Digital computers in analytical chemistry, part II, 1970-1978, J. B. Justice, and T.L. Isenhour, Hutchinson Ross Publishing Company, 1981.
6. Computer-Enhanced Analytical Spectroscopy, Volume 1, H.L.C. Meuzelaar and T.L. Isenhour, Plenum, 1987.
7. Computer-Enhanced Analytical Spectroscopy, Volume 2, H.L.C. Meuzelaar (ed.), Plenum, 1990.
8. Computer-Enhanced Analytical Spectroscopy, Volume 3, P. C. Jurs (ed.), Plenum, 1992.
9. Anal. Chemistry, vol 63, No 5, March 1, 1991, 271 A.
10. Proceedings of the Specialist Workshop On Field-Portable Chromatography & Spectrometry, June 3-5, 1996, Snowbird, Utah, U.S.A.