



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ



Πτυχιακή εργασία

«Μελέτη λειτουργίας ενυδρείου μέσω αισθητήρων»

Όνοματεπώνυμο : **Αλέξανδρος Ντίξον**

Αριθμός Μητρώου: **32163**

Επιβλέπων: **Βυλλιώτης Ηρακλής**



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
- 1.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ
- 1.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ
- 1.4 ΧΡΗΣΗ ΜΙΚΡΟΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

- 2.1 ΘΕΡΜΙΚΟΙ ΜΙΚΡΟΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ
- 2.2 ΜΙΚΡΟΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ
- 2.3 ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΜΙΚΡΟΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ
- 2.4 ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΜΙΚΡΟΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΞΥΠΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

- 3.1 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΙ, ΕΥΦΥΕΙΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ
- 3.2 ΔΟΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ
- 3.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ
- 3.4 ΑΥΤΟΒΑΘΜΟΝΟΜΟΥΜΕΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ
- 3.5 ΑΥΤΟΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ
- 3.6 ΠΟΛΥΑΙΣΘΗΣΗ
- 3.7 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ
- 3.8 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΝΥΔΡΕΙΑ

- 4.1 ΒΑΣΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ
- 4.2 ΡΗ
- 4.3 ORP (Redox potential)
- 4.4 ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ
- 4.5 ΟΞΥΓΟΝΟ
- 4.6 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΥΔΡΕΙΟΥ

- 5.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΩΣΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΥΔΡΕΙΟΥ
- 5.2 MODULES (ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ - ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ)
- 5.3 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ



Η πτυχιακή εργασία που εκπόνησα έχει ως σκοπό τη μελέτη και το σχεδιασμό εγκατάστασης αισθητήρων σε ένα ενυδρείο. Το στήσιμο ενός ενυδρείου δεν είναι απλή υπόθεση όπως ίσως φαντάζονται οι περισσότεροι όταν πραγματοποιούν τα πρώτα τους βήματα στο χόμπι, αλλά δεν είναι και κάτι που πρέπει να μας τρομάζει και να μας αποθαρρύνει. Το πιο σημαντικό είναι να αποκτήσουμε γνώση για τα βασικά διαβάζοντας αρκετά και ρωτώντας τους πιο έμπειρους ώστε να πραγματοποιήσουμε την είσοδο μας στον μαγικό κόσμο των ενυδρείων όσο το δυνατόν καλύτερα προετοιμασμένοι.

Αν κάνουμε σωστά τα πρώτα βήματα τότε στην πορεία η ενασχόληση μας με το ενυδρείο θα είναι πολύ πιο εύκολη και θα μπορέσουμε να χαρούμε το χόμπι μας χωρίς να σπαταλήσουμε χρόνο και χρήμα. Δεν υπάρχει καμιά μαγική συνταγή για το στήσιμο ενός ενυδρείου και το μόνο μυστικό για να γίνουμε επιτυχημένοι "ενυδρειάδες" είναι η... γνώση.

Ο αισθητήρας στην ουσία είναι ένας μετατροπέας ο οποίος μετατρέπει ένα μη ηλεκτρικό σήμα (όπως πίεση, θερμοκρασία, υγρασία, συγκέντρωση) σε ηλεκτρικό. Το ηλεκτρικό σήμα που προέρχεται από έναν αισθητήρα συχνά χρειάζεται τροποποίηση πριν αξιοποιηθεί. Οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να τροποποιήσει το ηλεκτρικό σήμα από έναν αισθητήρα όπως για παράδειγμα ένας τελεστικός ενισχυτής ονομάζεται επεξεργαστής.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρομαι: στα συστήματα μετρήσεων, στην ταξινόμηση αισθητήρων, στα χαρακτηριστικά ενός ιδανικού αισθητήρα και στη χρήση μικροαισθητήρων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρομαι στις κατηγορίες αισθητήρων δηλαδή: στους θερμικούς μικροαισθητήρες, στους μικροαισθητήρες ακτινοβολίας, στους μηχανικούς μικροαισθητήρες και στους μαγνητικούς μικροαισθητήρες.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρομαι στους έξυπνους αισθητήρες δηλαδή: στους ολοκληρωμένους, ευφυείς αισθητήρες, στη δομική αντιστάθμιση, στην επεξεργασία σήματος, στους αυτοβαθμονομούμενους αισθητήρες, στους αυτοελεγχόμενους αισθητήρες, στην πολυαίσθηση, στην επικοινωνία και στις εφαρμογές

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρομαι στους αισθητήρες ενυδρείου δηλαδή: στον βασικό εξοπλισμό ενός ενυδρείου, στον αισθητήρα pH, στον αισθητήρα οργ (redox potential), στον αισθητήρα αλατότητας, στον αισθητήρα οξυγόνου και στον αισθητήρα θερμοκρασίας

Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρομαι στην κατασκευή ενός ενυδρείου δηλαδή: στις γενικές πληροφορίες σωστής λειτουργίας ενός ενυδρείου, στα ηλεκτρόδια-αισθητήρες που χρησιμοποιούμε και τέλος στο κόστος και τα παρελκόμενα για την κατασκευή ενός ενυδρείου.

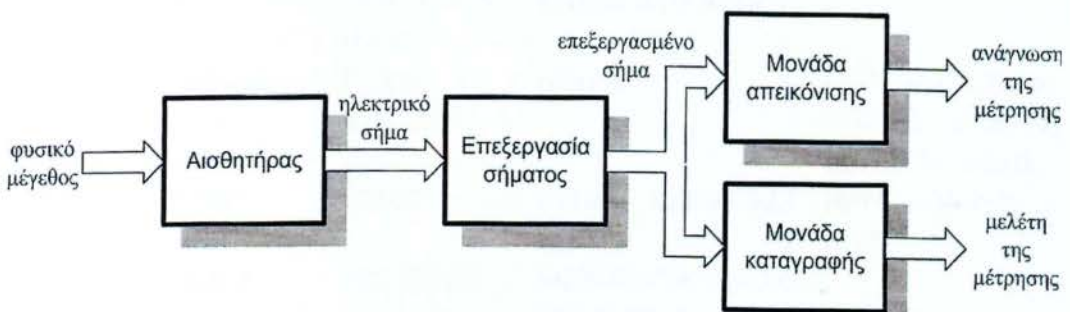
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Συστήματα μετρήσεων

Ο άνθρωπος συλλέγει πληροφορίες από το περιβάλλον του χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις του οι οποίες μετράνε στην ουσία φυσικές και χημικές ποσότητες και κατόπιν τις επεξεργάζεται με τον εγκέφαλό του και λαμβάνει κάποιες αποφάσεις. Με βάση το βιολογικό τρόπο λειτουργίας του προσπάθησε από την αρχή της ύπαρξής του να σχεδιάσει και να χρησιμοποιήσει όργανα τα οποία θα του παρείχαν έναν ποσοτικό τρόπο μέτρησης. Σχεδιάστηκαν λοιπόν, μετρητικά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν φυσικές και χημικές ιδιότητες για να λαμβάνουν ποσοτικά δεδομένα, τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να υποστούν επεξεργασία με κάποιον από τους υπάρχοντες τρόπους.

Το σήμα εισόδου σένα σύστημα μέτρησης ονομάζεται μετρήσιμη ποσότητα (π.χ πίεση, θερμοκρασία, συγκέντρωση αερίου). Αυτή ανιχνεύεται από τον αισθητήρα. Το ηλεκτρικό σήμα από τον αισθητήρα συχνά χρειάζεται τροποποίηση από τον επεξεργαστή ώστε να γίνει τελικά αντιληπτό από τον άνθρωπο.



1.2 Ταξινόμηση αισθητήρων

Οι αισθητήρες μπορεί να ταξινομηθούν είτε σύμφωνα με τη λειτουργία που επιτελούν ή τη φυσική αρχή στην οποία στηρίζεται η λειτουργία τους ή με βάση την κύρια μορφή ενέργειας που μεταφέρει το σήμα τους. Είναι βέβαια πιο πρακτικό να ταξινομήσεις τους αισθητήρες με βάση την λειτουργία τους και όχι την αρχή λειτουργίας τους, καθώς θα αναζητήσουμε για παράδειγμα έναν αισθητήρα πίεσης χωρίς να μας ενδιαφέρει η αρχή λειτουργίας του.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΜΟΡΦΗ ΣΗΜΑΤΟΣ

ΘΕΡΜΙΚΗ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ, ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ, ΕΝΤΡΟΠΙΑ
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	ΑΚΤΙΝΕΣ-Γ, ΑΚΤΙΝΕΣ-Χ, ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ , ΟΡΑΤΟ(ΦΩΣ) , ΥΠΕΡΥΘΡΗ, ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ, ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ
ΜΗΧΑΝΙΚΗ	ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ, ΤΑΧΥΤΗΤΑ, ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ, ΔΥΝΑΜΗ, ΡΟΠΗ ΣΤΡΕΨΗΣ, ΠΙΕΣΗ, ΜΑΖΑ, ΡΟΗ, ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ
ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ	ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ, ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΗ, ΜΑΓΝΗΤΙΣΗ ,ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ
ΧΗΜΙΚΗ	ΥΓΡΑΣΙΑ, ΡΗ , ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΤΜΩΝ, ΤΟΞΙΚΑ ΚΑΙ ΕΥΦΛΕΚΤΑ ΥΛΙΚΑ, ΡΥΠΑΝΤΕΣ
ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ	ΣΑΚΧΑΡΑ, ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ , ΟΡΜΟΝΕΣ, ΑΝΤΙΓΟΝΑ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ	ΦΟΡΤΙΟ, ΕΝΤΑΣΗ , ΤΑΣΗ , ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ, ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ,ΕΠΑΓΩΓΗ, ΠΟΛΩΣΗ, ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΩΝ ΑΙΣΘΗΣΕΩΝ

ΟΡΑΣΗ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΙ ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	ΡΑΒΔΟΙ ΚΑΙ ΚΩΝΟΙ ΣΤΟΝ ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗ ΧΙΤΩΝΑ	ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΦΙΛΜ, ΦΩΤΟΔΙΟΔΟΣ
ΑΚΟΗ	ΜΗΧΑΝΙΚΟ	ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΗΧΟΥ	ΚΟΧΛΙΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΑΥΤΙΟΥ	ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ
ΑΦΗ	ΜΗΧΑΝΙΚΟ	ΠΙΕΣΗ , ΔΥΝΑΜΗ	ΝΕΥΡΑ	ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΑ, ΟΠΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ, ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΦΗΣ
ΟΣΜΗ	ΧΗΜΙΚΟ	ΟΣΜΕΣ	ΡΙΝΙΚΟΙ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΙ ΔΕΚΤΕΣ	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΜΥΤΗ
ΓΕΥΣΗ	ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ	ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΓΕΥΣΗΣ ΣΤΗ ΓΛΩΣΣΑ	

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΡΙΚΩΝ ΚΟΙΝΩΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΩΝ

	ΦΩΤΟΔΙΟΔΟΣ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΩΤΟΝΙΩΝ	ΡΕΥΜΑΤΟΣ
ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	ΜΟΝΑΔΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	ΟΘΟΝΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	
	ΟΘΟΝΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ	ΥΓΡΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	Η ΔΙΕΛΕΥΣΗ ΑΠΟ ΠΟΛΩΜΕΝΟΥΣ ΜΟΡΙΑΚΟΥΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΥΣ	
ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ	ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ	Η ΜΕΛΑΝΗ ΛΙΩΝΕΙ	
	ΚΕΦΑΛΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΓΓΡΑΦΗΣ	ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ	ΜΑΓΝΗΤΙΣΗ ΛΕΠΤΩΝ ΣΤΙΒΑΔΩΝ ΣΤΟΝ ΔΙΣΚΟ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ	
	LASER	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΜΕΡΟΥΣ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΤΟΝ ΟΠΤΙΚΟ ΔΙΣΚΟ	
ΜΕΤΑΔΟΣΗ	ΗΧΕΙΟ ΚΕΡΑΙΑ	ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΗΧΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΩΝ	
	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΟ	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ	

Ορισμένοι αισθητήρες θεωρούνται αυτοδιεγειρόμενοι σε αντιδιαστολή με τους διαμορφωμένους. Ένας αυτοδιεγειρόμενος δεν χρειάζεται εξωτερική διάταξη τροφοδοσίας για να λειτουργήσει. Το θερμοζεύγος είναι ένας τέτοιος αισθητήρας, διότι παράγει μία ηλεκτρεγερτική δύναμη από τη διαφορά στις θερμοκρασίες επαφής. Η ενέργεια λοιπόν παρέχεται από το θερμοδυναμικό σύστημα και όχι από κάποια εξωτερική διάταξη τροφοδοσίας. Αντίθετα μία φωτοдиодος είναι ένας αισθητήρας που ακτινοβολεί και του οποίου το ρεύμα διαμορφώνεται από φωτοεπαγωγικά ηλεκτρόνια. Οι αυτοδιεγειρόμενοι αισθητήρες έχουν την τάση να παράγουν πολύ χαμηλή ισχύ εξόδου οπότε απαιτούνται προεπεξεργαστές για την ενίσχυση της ισχύος του σήματος σε μετρήσιμα επίπεδα, ενώ οι διαμορφωμένοι αισθητήρες παράγουν πολύ μεγαλύτερη ενέργεια εξόδου. Εντούτοις συνηθίζεται η περαιτέρω επεξεργασία των σημάτων εξόδου από τους διαμορφωμένους αισθητήρες, ώστε να ληφθούν πρότυπα ηλεκτρικά σήματα (όπως μια περιοχή έντασης από 4 έως 20 mA ή ένα εύρος τάσης από 0 έως 100mV.)

1.3 Χαρακτηριστικά ιδανικού αισθητήρα

Ένας αισθητήρας στην απλούστερη μορφή του μπορεί να θεωρηθεί ως σύστημα με είσοδο $x(t)$ και έξοδο $y(t)$. Το σχήμα παρουσιάζει ένα σύστημα με έναν αυτοδιεγειρόμενο και έναν διαμορφωμένο αισθητήρα. Σ' ένα αυτοδιεγειρόμενο αισθητήρα η έξοδος προέρχεται αποκλειστικά από το σήμα εισόδου.

Η γενική εξίσωση που περιγράφει ένα αυτοδιεγειρόμενο σύστημα είναι η

$$y(\dot{t}) = F(x(\dot{t}))$$

Όπου $F(x(t))$ είναι η χαρακτηριστική σχέση που περιγράφει τη συμπεριφορά ενός αυτοδιεγειρόμενου αισθητήρα.

Στην περίπτωση του διαμορφωμένου αισθητήρα, η εξίσωση του συστήματος μπορεί να γραφεί ως

$$y(\dot{t}) = F(x(\dot{t})) + xd$$

Όπου το εξωτερικά παρεχόμενο σήμα $xd(t)$ θα έπρεπε στην ιδανική περίπτωση να είναι σταθερό και απαλλαγμένο από θόρυβο. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την ιδανική χαρακτηριστική εισόδου-εξόδου ενός αισθητήρα στον οποίο το σήμα εισόδου είναι ευθέως ανάλογο προς το σήμα εξόδου. Ο ιδανικός αισθητήρας όχι μόνο έχει μία γραμμική έξοδο σήματος $y(t)$ αλλά θα μπορούσε στιγμιαία να ακολουθήσει στιγμιαία το σήμα εισόδου $x(t)$, ώστε:

$$y(\dot{t}) = S \cdot x(\dot{t})$$

Η κλίση S της καμπύλης εισόδου-εξόδου έχει μια σταθερή τιμή για έναν γραμμικό αισθητήρα και συνήθως αναφέρεται ως ευαισθησία. Στην πράξη, η προηγούμενη εξίσωση πρέπει να χρησιμοποιείται προσεκτικά καθώς κανένας αισθητήρας δεν μπορεί να αποκριθεί στιγμιαία σε μία μεταβολή του σήματος εισόδου, αλλά απαιτεί κάποιο χρόνο για να φτάσει την τιμή της μόνιμης κατάστασης.

Η συνάρτηση μεταφοράς $H(s)$ ενός αυτοδιεγειρόμενου ή άλλου συστήματος μπορεί να γραφεί γενικά ως εξής:

$$H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

και έτσι η συνάρτηση μεταφοράς του γραμμικού αισθητήρα πρώτης τάξεως δίνεται από τη σχέση

$$H(s) = \frac{1}{a_0 + a_1s} = \frac{\frac{1}{a_0}}{1 + \left(\frac{a_1}{a_0}\right)s}$$

Επομένως ο λόγος των συντελεστών (a_1/a_0) είναι ο χαρακτηριστικός χρόνος απόκρισης τα του αισθητήρα και το κέρδος είναι $1/a_0$. Άρα η έξοδος του αισθητήρα $Y(s)$ στο χώρο Laplace σε μια βηματική είσοδο ύψους x_m είναι

$$Y(s) = H(s)X(s) = \frac{\frac{x_m}{a_0}}{s(1+\tau_s)}$$



(α) Αυτοδιέγερση



(β) Διαμόρφωση

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 ΕΠΙΘΥΜΗΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

ΑΠΟΚΡΙΣΗ Δy	ΑΚΡΙΒΩΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΘΟΡΥΒΟ
ΑΝΑΦΟΡΑ y_0	ΣΗΜΕΙΟ ΜΗΔΕΝ
ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ, τ	ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΓΙΑ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗ
ΕΥΡΟΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ	ΑΠΕΙΡΟ ΓΙΑ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗ
ΧΡΟΝΟΣ ΓΙΑ ΝΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΕΙ ΤΟ 90% ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΤΙΜΗΣ, t_{90}	ΜΗΔΕΝ ΓΙΑ ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗ
ΕΝΔΕΙΞΗ ΠΛΗΡΟΥΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ, y_{max}	ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΜΕΝΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΞΟΔΟΣ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ, $(y_{max} - y_{min})$	ΑΠΕΙΡΗ
ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ, S	ΥΨΗΛΗ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΗ ΣΕ ΟΛΟΚΛΗΡΗ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	ΑΠΕΙΡΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

Μη γραμμικότητα	Η απόκριση δεν είναι ανάλογη προς το σήμα εισόδου.
Αργή απόκριση	Η έξοδος αργεί να φτάσει στην τιμή μόνιμης κατάστασης (δηλαδή μεγάλη τιμή του τ).
Μικρή περιοχή λειτουργίας	Η περιοχή λειτουργίας περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό.
Χαμηλή ευαισθησία	Ο αισθητήρας αποκρίνεται μόνο σε μεγάλα σήματα εισόδου (δηλαδή μικρό S).
Ολίσθηση της ευαισθησίας	Η έξοδος μεταβάλλεται με το χρόνο π.χ. μεταβάλλεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
Ολίσθηση της αναφοράς	Η έξοδος μεταβάλλεται με το χρόνο.
Αντιστάθμιση (Offset)	Συστηματικό λάθος στην έξοδο του αισθητήρα.

Ολίσθηση αντιστάθμισης

Μετατόπιση αντιστάθμισης με το χρόνο π.χ. λόγω γήρανσης.

Γήρανση

Η έξοδος του αισθητήρα μεταβάλλεται με το χρόνο.

Παρεμβολή

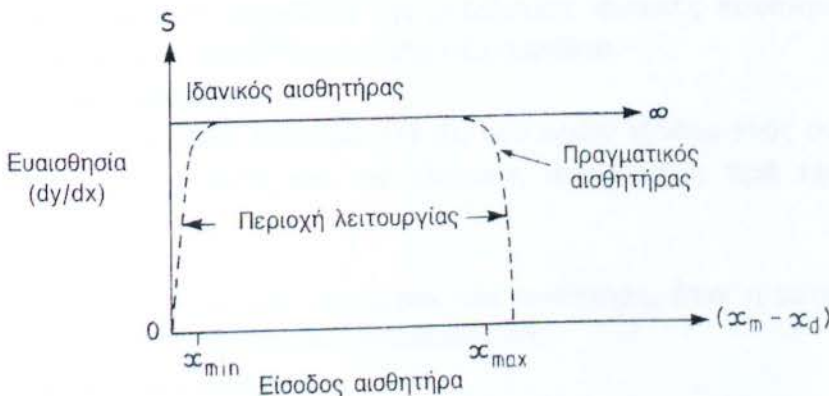
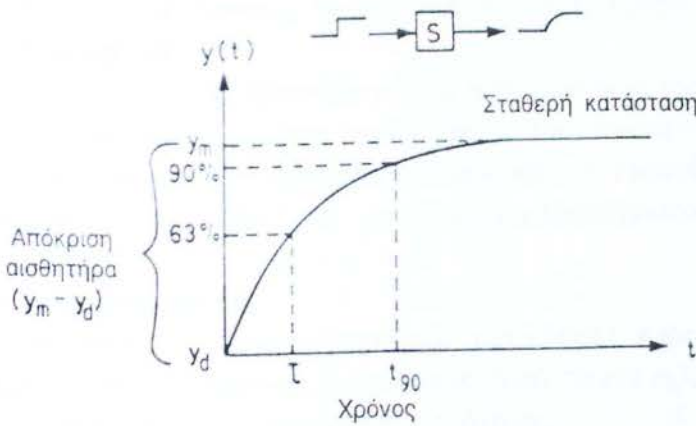
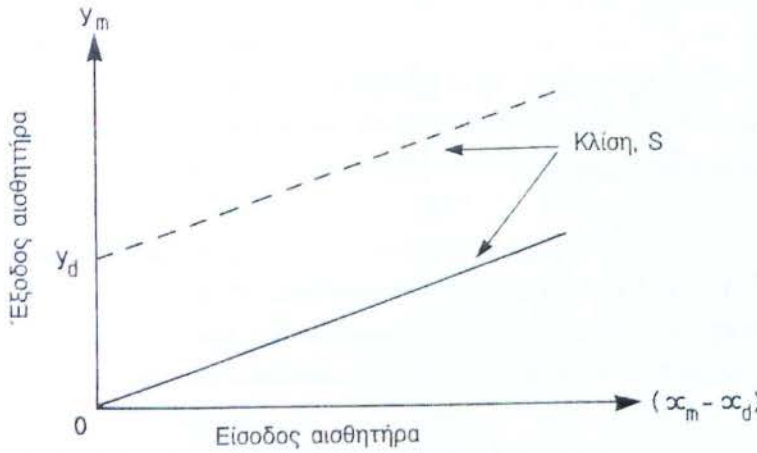
Η έξοδος είναι ευαίσθητη στις εξωτερικές συνθήκες π.χ. παρασιτική ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, υγρασία.

Υστέρηση

Συστηματικά σφάλμα στην καμπύλη εισόδου – εξόδου.

Θόρυβος

Η έξοδος περιλαμβάνει ένα ανεπιθύμητο τυχαίο σήμα.



1.3.1 Στατικά χαρακτηριστικά

Τα στατικά χαρακτηριστικά ενός αισθητήρα καθορίζουν την απόδοσή του σε μια σταθερή κατάσταση και είναι τα ακόλουθα:

- **Ακρίβεια**

Η ακρίβεια είναι η ικανότητα ενός συστήματος να δίνει αποτελέσματα ταυτόσημα με την πραγματική τιμή της μετρήσιμης ποσότητας. Ως ανακρίβεια ορίζεται η απόκλιση της μέτρησης του αισθητήρα από την πραγματική τιμή του εξωτερικού ερεθίσματος. Είναι το αθροιστικό αποτέλεσμα άλλων χαρακτηριστικών όπως της υστέρησης και των σφαλμάτων βαθμονόμησης. Μπορεί να εκφρασθεί σαν απόλυτη τιμή του σφάλματος μέτρησης, ποσοστό της κλίμακας εισόδου ή ποσοστό της κλίμακας εξόδου.

- **Διακριτική Ικανότητα**

Ορίζεται ως η ελάχιστη μεταβολή της μετρήσιμης φυσικής ποσότητας που χρειάζεται για να παρατηρηθεί ανιχνεύσιμη μεταβολή στο σήμα εξόδου. Η ελάχιστη μεταβολή της μετρήσιμης ποσότητας από το μηδέν ορίζεται ως όριο της διακριτικής ικανότητας.

- **Επαναληψιμότητα**

Είναι η ικανότητα ενός μετρητικού συστήματος να δίνει το ίδιο αποτέλεσμα όταν μετρά την ίδια φυσική ποσότητα υπό τις ίδιες συνθήκες. Σχετίζεται με τη στατιστική διακύμανση των μετρήσεων. Η πιστότητα είναι απαραίτητη αλλά όχι αρκετή συνθήκη για την ακρίβεια.

- **Ικανότητα αναπαραγωγής των αποτελεσμάτων**

Είναι η πιστότητα των μετρήσεων σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, ή σε διαφορετικά εργαστήρια, ή χρησιμοποιώντας διαφορετικό εξοπλισμό.

- **Ευαισθησία**

Η ευαισθησία ενός αισθητήρα είναι η παράγωγος της συνάρτησης μεταφοράς ως προς τη μετρήσιμη φυσική ποσότητα για μια ορισμένη τιμή της ποσότητας αυτής. Για μια γραμμική συνάρτηση μεταφοράς, η ευαισθησία του αισθητήρα είναι γραμμική. Ένας αισθητήρας με ιδανικά χαρακτηριστικά έχει μεγάλη και σταθερή ευαισθησία.

- **Μονοτονικότητα**

Η μονοτονικότητα της συνάρτησης μεταφοράς ενός αισθητήρα σημαίνει ότι η καμπύλη της συνάρτησης μεταφοράς είναι πάντα αύξουσα ή πάντα φθίνουσα ως προς την αύξηση της μετρήσιμης ποσότητας.

- **Πλήρης κλίμακα εισόδου**

Ορίζεται ως η μέγιστη μεταβολή της μετρήσιμης φυσικής ποσότητας την οποία μπορεί να μετρήσει ο αισθητήρας με σχετική ακρίβεια.

- **Πλήρης κλίμακα εξόδου**

Ορίζεται ως η αλγεβρική διαφορά μεταξύ των τιμών εξόδου ενός αισθητήρα που αντιστοιχούν στην μέγιστη και την ελάχιστη ανιχνεύσιμη τιμή της μετρήσιμης φυσικής ποσότητας.

- **Υστέρηση**

Είναι η απόκλιση μεταξύ των μετρήσεων του αισθητήρα, όταν η μετρήσιμη φυσική ποσότητα προσεγγίζεται από αντίθετες κατευθύνσεις.

- **Σφάλμα μη γραμμικότητας**

Ορίζεται μόνο για αισθητήρες με γραμμική συνάρτηση μεταφοράς, η οποία στην πράξη δεν είναι τελείως γραμμική. Για να έχει νόημα το σφάλμα αυτό, πρέπει να

ορίσουμε την ευθεία γραμμή σε σχέση με την οποία θα το μετρήσουμε. Μια συνήθης επιλογή είναι η ευθεία που προκύπτει την ανάλυση των τιμών των μετρήσεων με τη μέθοδο των ελάχιστων τετραγώνων. Το σφάλμα μη γραμμικότητας υπολογίζεται ως ποσοστό της μέγιστης τιμής εισόδου.

• Σφάλματα βαθμονόμησης

Τα σφάλματα βαθμονόμησης οφείλονται στην κακή βαθμονόμηση του αισθητήρα. Έτσι αν η βαθμονόμηση δεν γίνει αναλυτικά (για κάθε σημείο της συνάρτησης μεταφοράς) αλλά για λίγα μόνο αντιπροσωπευτικά σημεία, προκύπτει ένα συστηματικό σφάλμα. Τα σφάλματα βαθμονόμησης μπορεί επίσης να σχετίζονται με την ανακρίβεια στη γνώση της μετρήσιμης φυσικής ποσότητας κατά τη βαθμονόμηση ή την λανθασμένη καταγραφή της απόκρισης του αισθητήρα στην αλλαγή αυτής της ποσότητας.

• Συστηματικά σφάλματα

Τα συστηματικά σφάλματα είναι αποτέλεσμα διάφορων παραγόντων όπως:

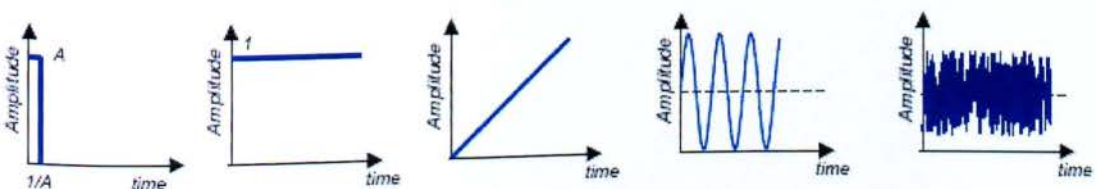
- Μεταβλητές που επηρεάζουν τη λειτουργία του αισθητήρα (π.χ. θερμοκρασία)
- Αλλαγές στη χημική σύνθεση ή μηχανική τάση εξαρτημάτων του αισθητήρα
- Επίδραση της μετρητικής διαδικασίας στη μετρήσιμη φυσική ποσότητα
- Φαινόμενα εξασθένησης του σήματος
- Τα συστηματικά σφάλματα μπορούν να διορθωθούν με τεχνικές αντιστάθμισης όπως η ανάδραση και το φιλτράρισμα.

• Τυχαία σφάλματα

Τα τυχαία σφάλματα, γνωστά και ως "θόρυβος" είναι ένα σήμα που δε μεταφέρει δεδομένα. Πραγματικά τυχαία σφάλματα όπως ο "λευκός θόρυβος" περιγράφονται από μια γκαουσιανή κατανομή. Μπορεί να οφείλονται σε περιβαλλοντικούς παράγοντες ή να σχετίζονται με τη μετρητική διαδικασία και τη μετάδοση του σήματος. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις τους, θα πρέπει ο λόγος του σήματος προς το θόρυβο να είναι πολύ μεγαλύτερος της μονάδας.

1.3.2 Δυναμικά χαρακτηριστικά

Η απόκριση ενός αισθητήρα σε ένα μεταβλητό σήμα εισόδου είναι διαφορετική από την απόκριση σε ένα σταθερό σήμα εισόδου. Η απόκριση χαρακτηρίζεται από μια δυναμική συμπεριφορά που δε μπορεί να περιγραφεί ικανοποιητικά από τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ο λόγος για αυτή τη δυναμική συμπεριφορά είναι η παρουσία εξαρτημάτων που συσσωρεύουν ενέργεια όπως μάζες, πυκνωτές, επαγωγικά ή θερμικά στοιχεία κ.α. Τα δυναμικά χαρακτηριστικά ενός αισθητήρα προσδιορίζονται εξετάζοντας την απόκριση του σε διάφορες κυματομορφές του σήματος εισόδου. Αυτές μπορεί να είναι κυματομορφές ώθησης, βήματος, γραμμικές, ημιτονοειδείς ή θορύβου (σχήμα 1.2).



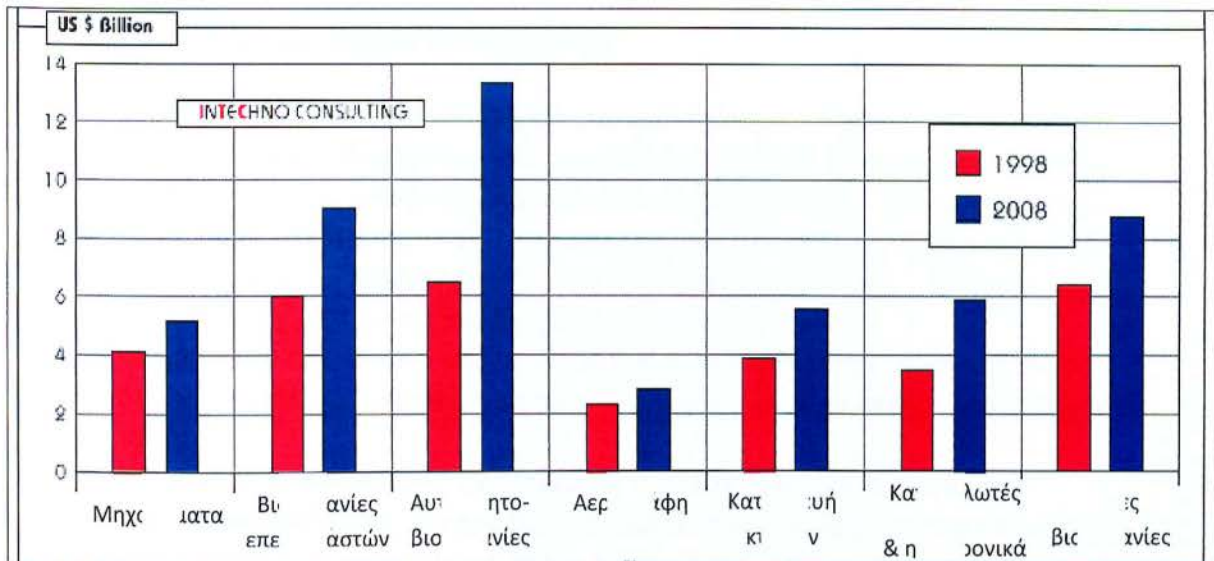
Σχήμα 1.2 Κυματομορφές σήματος εισόδου

1.4 Πεδίο Εφαρμογών Αισθητήρων

Οι μικροαισθητήρες έχουν ποικίλες εφαρμογές. Μερικά παραδείγματα συσκευών και συστημάτων περιλαμβάνουν εκτυπωτές μελάνης, φορητούς αναλυτές αίματος, συστήματα lab-on-a-chip και μικρο-ολοκληρωμένα συστήματα ανάλυσης. Οι εφαρμογές δεν περιορίζονται μόνο στη διαγνωστική, τη φαρμακευτική, τη βιοτεχνολογία και την περιβαλλοντολογική τεχνολογία, αλλά και σε εμπορικά ηλεκτρονικά, χημικές βιομηχανίες και βιομηχανίες αυτοκινήτων και τροφίμων. Συνοπτικά οι εφαρμογές των μικροαισθητήρων κατηγοριοποιούνται ως εξής:

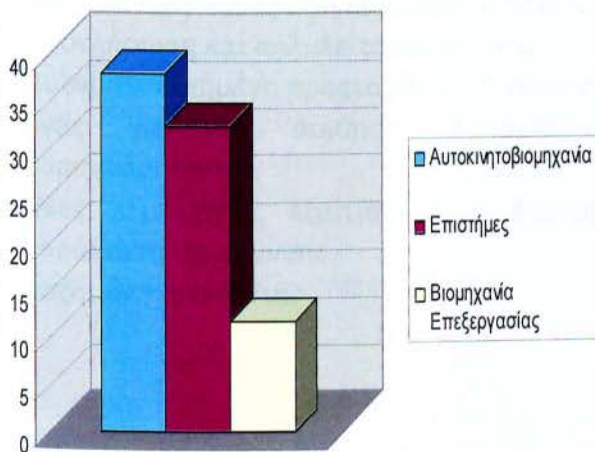
- Διαγνωστική
 - ολοκληρωμένα συστήματα ανάλυσης
- Φαρμακευτική
 - ανίχνευση και έλεγχος φαρμάκων
- Ιατρική
 - παροχή φαρμάκων, διαγνωστική in vivo
- Βιομηχανία τροφίμων και αγροτική οικονομία
 - διαγνωστική τροφίμων
- Βιοτεχνολογία
 - ψηφίδες DNA, ψηφίδες πρωτεϊνών, ψηφίδες κυττάρων
- Χημεία
 - lab-on-a-chip, μικροαντιδράσεις
- Τεχνολογία περιβάλλοντος
 - μετρήσεις αποβλήτων, ποιότητας του νερού και του αέρα
- Αυτοκινητοβιομηχανία
 - έλεγχος της ποιότητας των καυσίμων, ανάλυση αερίων, αερόσακοι
- Εμπορικά ηλεκτρονικά
 - εκτυπωτές μελάνης, συστήματα ισχύος ρευστών

Στο σχήμα 1.3 καταγράφεται η ανάπτυξη στην παγκόσμια αγορά αισθητήρων, για τους κυριότερους τομείς εφαρμογών, η οποία αναμένεται το 2008 σε σχέση με το 1998 [5]. Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της παγκόσμιας αγοράς αισθητήρων για το διάστημα 1998-2008 υπολογίζεται περίπου 4.5%.

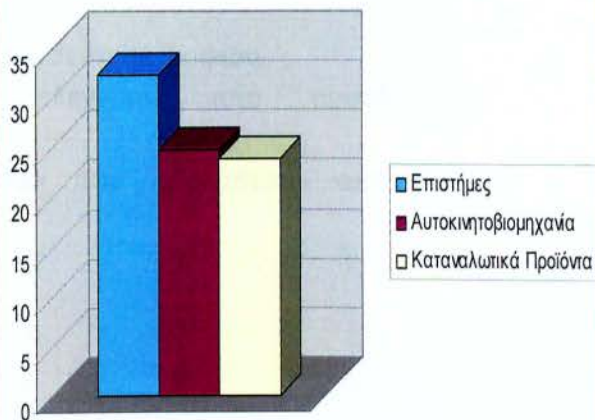


Τάση της παγκόσμιας αγοράς των αισθητήρων μέχρι το 2008.

Αγορά μικροαισθητήρων για το 2007



Πρόβλεψη κατανομής της αγοράς μικροαισθητήρων έως το 2013



Κατανομή αγοράς μικροαισθητήτων του έτους 2007 και πρόβλεψη μέχρι το έτος 2013

Σύμφωνα δε με πρόσφατες τεchnοοικονομικές μελέτες η αγορά μικροαισθητήρων αναμένεται με βάση τα σημερινά δεδομένα να διεργύνεται σταθερά με προβλεπόμενο ετήσιο ρυθμό της τάξης του 21,3%.

1.5 Πλεονεκτήματα Μικροαισθητήρων

Βελτίωση των τρεχόντων αισθητήρων αναμένεται να οδηγήσει σε καλύτερη απόδοση, μεγαλύτερη αξιοπιστία και μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών. Επίσης, αναμένεται βελτίωση της ακρίβειας και της ανθεκτικότητας λόγω της μελέτης νέων υλικών. Τέλος, νέοι σχεδιασμοί συνδυασμένοι με την υπάρχουσα τεχνολογία (lab-on-a-chip, συστοιχίες αισθητήρων), θα προκαλέσουν την αύξηση του ενδιαφέροντος και τη διεύρυνση της αγοράς των αισθητήρων.

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση των μικροαισθητήρων συνοπτικά είναι:

- Μικρότερο μέγεθος, χαρακτηριστικό κρίσιμο σε αρκετές εφαρμογές (εμφυτεύματα).
- Μειωμένο κόστος κατασκευής (εξαρτώμενο από τον όγκο της παραγωγής).
- Ελαττωμένη κατανάλωση ενέργειας, χαρακτηριστικό κρίσιμης σημασίας για εφαρμογές όπου η διάρκεια λειτουργίας περιορίζεται από τη διάρκεια ζωής της ενεργειακής πηγής.
- Μικρότερες ποσότητες ακριβών χημικών αντιδραστηρίων όπως επίσης και σε περιπτώσεις στις οποίες το δείγμα δεν είναι διαθέσιμο σε αρκετά μεγάλες ποσότητες.
- Βελτιωμένη απόδοση.
- Μεγαλύτερη παραγωγή λόγω παράλληλων και ταχύτερων διαδικασιών.
- Ολοκλήρωση και πολυλειτουργικότητα.
- Αυτοματοποιημένη προετοιμασία δείγματος, σύνθεση σε ψηφίδα.
- Ένας μεγάλος αριθμός παραμέτρων ελέγχεται από συστήματα παρακολούθησης.
- Νέες λειτουργίες εξαιτίας νέων φαινομένων που προκύπτουν από τον παράγοντα σμίκρυνσης.
- Αυξημένη ασφάλεια.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Οι αισθητήρες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με τη λειτουργία που επιτελούν (όπως για παράδειγμα τη μέτρηση της πίεσης, θερμοκρασίας κλπ) ή τη φυσική αρχή στην οποία στηρίζεται η λειτουργία τους (όπως για παράδειγμα η μαγνητική αντίσταση, τα οπτικά ηλεκτρονικά κλπ). Η συνηθέστερη μέθοδος ταξινόμησης των αισθητήρων στην εποχή μας εξετάζει την κύρια μορφή ενέργειας που μεταφέρει το σήμα τους. Με βάση αυτό το χαρακτηριστικό διακρίνουμε τους παρακάτω τύπους [1,2]:

- Μηχανικοί
- Θερμικοί
- Ηλεκτρικοί
- Μαγνητικοί
- Ακτινοβολίας
- (Βιο)χημικοί

2.1 Μηχανικοί αισθητήρες

Οι μηχανικοί αισθητήρες αποτελούν ίσως τη μεγαλύτερη τάξη αισθητήρων εξαιτίας της ευρύτητας των εφαρμογών τους. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μηχανικών μετρήσιμων ποσοτήτων προς εξέταση, εκ των οποίων οι κυριότερες είναι οι εξής: μετατόπιση, ταχύτητα, επιτάχυνση, δύναμη, ροπή στρέψης, τάση, πίεση, ροή, πυκνότητα, συχνότητα, ελαστικότητα, παραμόρφωση, τραχύτητα. Η εξέλιξη τους υπήρξε ραγδαία λόγω της ήδη υπάρχουσας τεχνολογίας επεξεργασίας ημιαγωγών.

Το πυρίτιο είναι το κύριο τρέχον υλικό κατασκευής μικροδομών εξαιτίας της ανθεκτικότητας και των καλών ηλεκτρικών ιδιοτήτων του. Επίσης μπορεί εύκολα να επικαλυφθεί με άλλα υλικά που του επιτρέπουν να χρησιμοποιηθεί σε οξειδωτικά περιβάλλοντα. Τέλος η παράλληλη διαδικασία κατασκευής και η υπάρχουσα υποδομή έχουν ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση του κόστους και την προώθηση του πυριτίου για μικρομηχανικές εφαρμογές.

Οι μικρομηχανικοί αισθητήρες περιλαμβάνουν κάποια μηχανική δομή της οποίας οι ιδιότητες εξαρτώνται από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Γενικά η μηχανική δομή αυτή παραμορφώνεται με κάποιο τρόπο και είναι αυτή η παραμόρφωση που μας επιτρέπει να μετρήσουμε το φυσικό μέγεθος που την προκαλεί. Ο τρόπος που παραμορφώνονται οι μηχανικές δομές, εξαρτάται όχι μόνο από την μορφή αλλά και από τις μηχανικές ιδιότητες, την συνδεσμολογία και κάποια περιβαλλοντική παράμετρο. Παραδείγματα τέτοιων δομών είναι οι δοκοί, τα διαφράγματα, οι μεμβράνες κ.ά.

Το φυσικό μέγεθος που παραμορφώνει αυτές τις δομές μπορεί να είναι μηχανική τάση, στατικός ηλεκτρισμός, θερμοκρασία, πίεση και πλήθος άλλων αιτιών. Μερικά παραδείγματα μηχανικών αισθητήρων είναι: ταχύμετρα, επιταχυνσιόμετρα, δυναμόμετρα, μετρητές ροής, γυροσκόπια, αισθητήρες τύπου πιεζοαντίστασης, αισθητήρες τύπου χωρητικότητας.

2.2 Θερμικοί αισθητήρες

Η λειτουργία των θερμικών αισθητήρων βασίζεται στο μετασχηματισμό της θερμικής ενέργειας (ή των αποτελεσμάτων της θερμικής ενέργειας) σε μια αντίστοιχη ηλεκτρική ποσότητα που μπορεί να επεξεργασθεί περαιτέρω. Γενικά, ένα μη θερμικό σήμα μετατρέπεται σε μια ροή θερμότητας. Η ροή θερμότητας μεταφράζεται σε αλλαγή της θερμοκρασίας και τελικά μετατρέπεται σε ένα ηλεκτρικό σήμα.

Οι θερμικοί αισθητήρες ταξινομούνται σε ηλεκτρικούς και μη ηλεκτρικούς ανάλογα με το σήμα εξόδου. Ηλεκτρικοί είναι τα θερμοζεύγη, τα θερμίστορ, οι θερμοδιακόπτες, οι θερμοδιόδοι, τα θερμοtransistor και τα θερμιδόμετρα. Μη ηλεκτρικοί αισθητήρες είναι τα θερμόμετρα, οι θερμοδείκτες οργανικών κρυστάλλων που αλλάζουν χρώμα ανάλογα με την αλλαγή θερμοκρασίας, οι θερμικοί αισθητήρες οπτικών ινών και οι αισθητήρες επιφανειακών ακουστικών κυμάτων.

Η εφαρμογή τους εστιάζεται κυρίως στη μέτρηση της θερμοκρασίας. Έτσι έχουν αξιοποιηθεί στη βιομηχανία, την ιατρική, την επιστήμη του περιβάλλοντος και σε πολλούς τομείς της καθημερινής μας ζωής. Οι θερμικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται επίσης στη μέτρηση ροής βάσει της αρχής της ψύξης των θερμών αντικειμένων από τη ροή ενός ρευστού. Μπορούν επίσης να εφαρμοστούν στη θερμική αποτύπωση και σε μετρήσεις θερμοχωρητικότητας στα ρευστά.

2.3 Ηλεκτρικοί αισθητήρες

Η ιδιαιτερότητα των ηλεκτρικών αισθητήρων είναι ότι δεν υπάρχει μετατροπή της ενεργειακής μορφής του σήματος, για το λόγο αυτό ταξινομούνται μάλλον ως ηλεκτρικοί μεταλλάκτες ή επεξεργαστές. Οι ηλεκτρικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν ποσότητες όπως φορτίο, ένταση, τάση, αντίσταση, αγωγιμότητα, χωρητικότητα, επαγωγή, διηλεκτρική σταθερά, πόλωση, συχνότητα. Η μέτρηση ισχύος, ένα σημαντικό μέτρο της συμπεριφοράς πολλών διαδικασιών κατασκευής, συμπεριλαμβάνεται επίσης εδώ.

2.4 Μαγνητικοί αισθητήρες

Ένας μαγνητικός αισθητήρας μετατρέπει τη μεταβολή της έντασης ενός μαγνητικού πεδίου σε ηλεκτρικό σήμα. Εφαρμόζονται άμεσα ως μαγνητόμετρα και στην ανάγνωση δεδομένων (κεφαλές για τις μαγνητικές συσκευές αποθήκευσης δεδομένων) ή έμμεσα σαν μέσο ανίχνευσης μη μαγνητικών σημάτων (π.χ. μέτρηση γωνιακής ορμής ή μέτρηση ταχύτητας) ή ως αισθητήρες εγγύτητας. Οι περισσότεροι μαγνητικοί αισθητήρες χρησιμοποιούν τη δύναμη Lorentz παράγοντας μια συνιστώσα ρεύματος κάθετη στο διάνυσμα της μαγνητικής επαγωγής για να ανιχνεύσουν το μαγνητικό πεδίο.

Οι μαγνητικοί αισθητήρες ταξινομούνται ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους σε μαγνητογαλβανικούς, ακουστικούς και κβαντικούς. Οι μαγνητογαλβανικοί

περιλαμβάνουν τις μαγνητοαντιστάσεις, τις μαγνητοδιόδους, τα μαγνητικά transistor (διπολικά, CMOS) και τις συσκευές που βασίζονται στο φαινόμενο Hall. Στους ακουστικούς μαγνητικούς αισθητήρες, η εφαρμογή εξωτερικού μαγνητικού πεδίου μπορεί να τροποποιήσει τα ακουστικά χαρακτηριστικά ενός μαγνητοελαστικού υλικού. Τέλος, στους κβαντικούς μαγνητικούς αισθητήρες περιλαμβάνεται η υπεραγώγιμη συσκευή κβαντικής συμβολής (SQUID) η οποία είναι το πιο ευαίσθητο μαγνητόμετρο ικανό να μετρήσει εξαιρετικά ασθενή μαγνητικά πεδία.

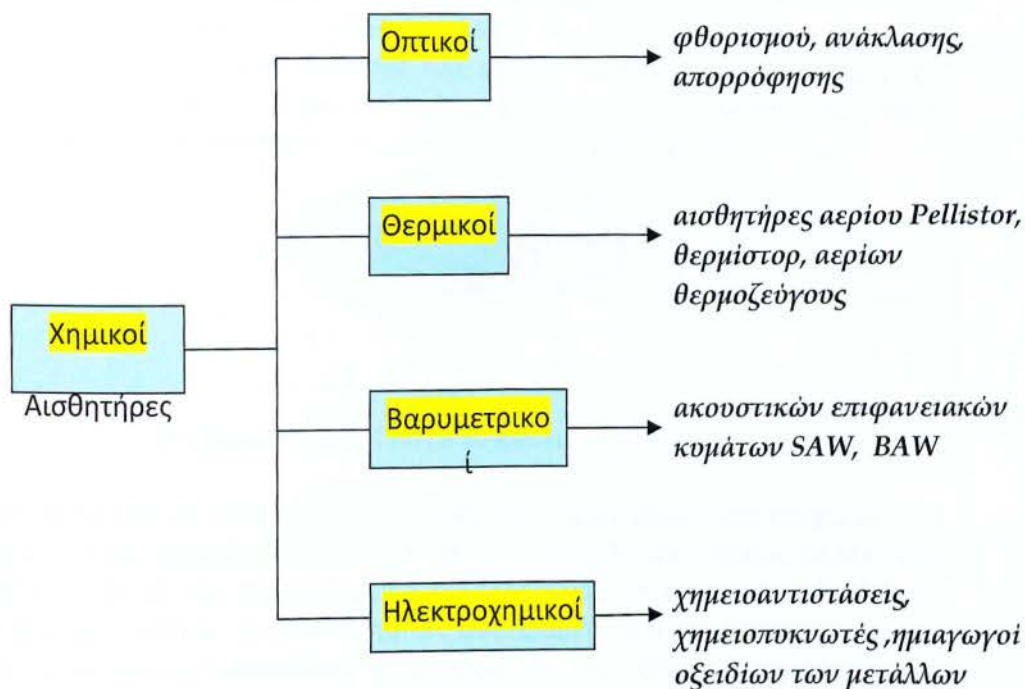
2.5 Αισθητήρες ακτινοβολίας

Οι αισθητήρες ακτινοβολίας μετατρέπουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Η χρησιμότητά τους είναι προφανής αφού τα πάντα γύρω μας εκπέμπουν κάποια μορφή ακτινοβολίας. Οι αισθητήρες ακτινοβολίας βοηθούν στην ανίχνευση και την καταγραφή ακτινοβολίας που δε γίνεται αντιληπτή δια γυμνού οφθαλμού. Ταξινομούνται συνήθως σε αισθητήρες πυρηνικών σωματιδίων και αισθητήρες ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Οι ανιχνευτές σωματιδίων α και β , και ακτίνων γ και X ανήκουν στην πρώτη κατηγορία ενώ οι φωτοαγωγάμοι, φωτοβολταϊκοί και πυροηλεκτρικοί ανιχνευτές στη δεύτερη. Τέλος, οι φωτοδιόδοι, οι κάμερες CCD και τα φωτοtransistor είναι χαρακτηριστικοί αισθητήρες ακτινοβολίας πυριτίου επί μονωτικού που βασίζονται στη λειτουργία κρυσταλλολυχνίων.

2.6 Χημικοί Αισθητήρες

Ο χημικός ή βιοχημικός αισθητήρας είναι μια συσκευή, η οποία είναι ικανή να μετατρέψει μία χημική ή βιολογική ποσότητα σε ηλεκτρικό σήμα. Η αρχιτεκτονική ενός τυπικού χημικού αισθητήρα αποτελείται από μια θέση επιλεκτικής αναγνώρισης μιας ατομικής, μοριακής ή ιοντικής ουσίας συνδυαζόμενη με έναν τύπο μετατροπέα (transducer). Ο σκοπός του είναι η αναγνώριση και η επιλογή μιας αναλυόμενης ουσίας η οποία είναι παρούσα είτε μέσα στην αέρια είτε μέσα στην υγρή φάση πιθανότατα συνδυασμένη με μεγάλη ποικιλία άλλων ουσιών. Η ίδια η παρουσία της αναλυόμενης ουσίας στην επιφάνεια της συσκευής θα μεταφέρει ποιοτική αναλυτική πληροφορία, ενώ ο αριθμός των θέσεων που καταλαμβάνονται από μια τέτοια ουσία θα αποδώσει ένα ποσοτικό αποτέλεσμα. Ο ρόλος του μετατροπέα είναι η μετάφραση της παρουσίας της επιλεγμένης αναλυόμενης ουσίας σε ένα ανιχνεύσιμο φυσικό σήμα το οποίο θα μπορεί με τη σειρά του να συλλεχθεί και να ερμηνευθεί. Η δομή μιας τέτοιας συσκευής μπορεί να περιλαμβάνει ευθεία αλληλεπίδραση τμήματος της αναλυόμενης ουσίας με ένα πραγματικό συστατικό του ίδιου του μετατροπέα ή σύνθεση μιας ειδικής μεμβράνης ή υμενίου για σκοπούς αναγνώρισης που δεν είναι απαραίτητο να συνεισφέρει στο μετατρεπόμενο σήμα. Οι πιθανές εφαρμογές της τεχνολογίας του χημικού αισθητήρα καλύπτουν τεράστιο εύρος. Παραδείγματα αποτελούν η μελέτη του εξωτερικού περιβάλλοντος όσον αφορά την ανίχνευση δηλητηριωδών αερίων, η ανάλυση αερίων καυσίμων, ο καθορισμός των ιόντων στο πόσιμο νερό, κ.ά.

Μια συγκεκριμένη μορφή του χημικού αισθητήρα, ο βιοαισθητήρας, αποτελεί ένα ξεχωριστό ερευνητικό πεδίο λόγω της σημαντικότητας και του εύρους των εφαρμογών όσον αφορά την ανάλυση των βιοχημικών δειγμάτων. Παρά το ότι η γενική αρχιτεκτονική της συσκευής είναι ίδια με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω, το μοριακά επιλεκτικό συστατικό είναι ένα βιομόριο, όπως ένα αντίσωμα, ένα ένζυμο, ένας κλώνος νουκλεϊκού οξέος, ή ένας μοριακός αποδέκτης.



Είδη χημικών αισθητήρων

2.6.1 Κατηγορίες Χημικών Αισθητήρων

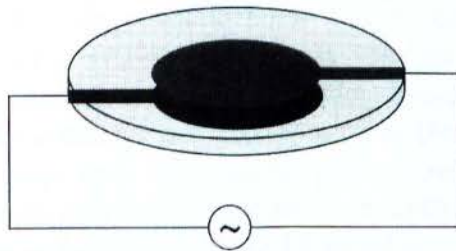
Πλήθος τεχνικών αισθητήρων αερίων έχουν χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές των ηλεκτρονικών μωτών. Το σχήμα 1.5 συνοψίζει τις αρχές ανίχνευσης και τους τύπους αισθητήρων που εφαρμόζονται πιο εκτεταμένα. Οι χημικοί αισθητήρες κατατάσσονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες [1,2,3]:

1. Οπτικοί
2. Θερμικοί
3. Βαρυμετρικοί
4. Ηλεκτροχημικοί

2.6.1.1 Βαρυμετρικοί Αισθητήρες

Οι αισθητήρες μάζας χωρίζονται στους αισθητήρες α) διατμητικού τρόπου πάχους, β) επιφανειακών ακουστικών κυμάτων, γ) κυμάτων καμπτικής πλάκας. Οι αισθητήρες **διατμητικού τρόπου πάχους** (*Thickness Shear Model, TSM*) ονομάζονται

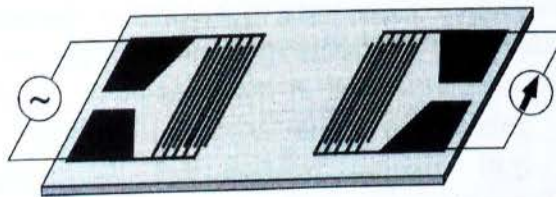
επίσης και αισθητήρες ακουστικών κυμάτων κύριας μάζας (Bulk Acoustic Waves, BAW) ή μικροζυγαριές χαλαζία (Quartz Crystal Microbalances, QMB ή QCM). Οι συσκευές αυτές ήταν οι πρώτες που παρουσιάστηκαν. Η συσκευή ενός συνηθισμένου τύπου TSM φαίνεται στο σχήμα 1.7. Το πιεζοηλεκτρικό υπόστρωμα είναι ένας λεπτός δίσκος χαλαζία και το ταλαντούμενο ηλεκτρικό πεδίο εφαρμόζεται με την χρήση δυο μεταλλικών μετατροπέων (ηλεκτροδία) σε αντίθετες πλευρές του υποστρώματος. Τα ηλεκτροδία συνήθως τοποθετούνται πάνω στον χαλαζία με τη μέθοδο της ιοντοβολής και κονιορτοποιήσης στόχου (sputtering) και μπορεί να συντίθενται από χρυσό, άργυρο, αλουμίνιο, παλλάδιο ή άλλα μέταλλα. Από ηλεκτρικής απόψεως, η δομή αποτελεί μια συσκευή μονής πύλης. Η επιλεκτικότητα και η ευαισθησία προς ένα ορισμένο αέριο επιτυγχάνονται μέσω των επιστρώσεων με διαφορετικά πολυμερικά υλικά τα οποία επιλέγονται σύμφωνα με την αλληλεπίδρασή τους με το προς ανίχνευση αέριο.



Τυπικός αισθητήρας TSM με συνδέσεις ηλεκτροδίων.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι η κίνηση των σωματιδίων στην επιφάνεια του ηλεκτροδίου είναι παράλληλη με το επίπεδο των πρόσθετων χημικών επιλεκτικών στρωμάτων. Η κίνηση της συσκευής είναι ένα εξασθενημένο κύμα καθώς διαδίδεται στο ενδιάμεσο. Συνεπώς οι φυσικοχημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στη διεπιφάνεια μπορεί να διαταράξουν τη μετάδοση της ακουστικής ενέργειας η οποία μεταφέρεται στο υγρό και διαδοχικά χάνεται λόγω δυνάμεων ιξώδους.

Στους αισθητήρες **επιφανειακών ακουστικών κυμάτων** (*Surface Acoustic Waves, SAW*) ή Rayleigh κυμάτων, ένας μετατροπέας αλληλοεπικαλυπτόμενων ηλεκτροδίων (interdigital transducer, IDT) ο οποίος κατασκευάζεται από ένα μέταλλο, εναποτίθεται πάνω σε ένα πλακίδιο χαλαζία (ή άλλων κατάλληλων υλικών) πολύ μεγαλύτερου πάχους από το ακουστικό μήκος κύματος (της τάξης των δεκάδων μm).

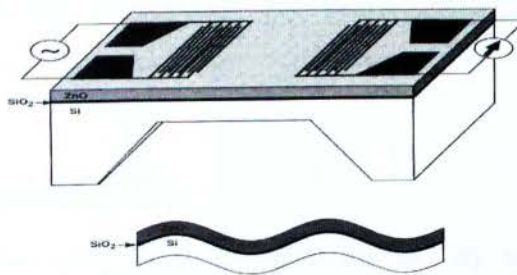


Τυπική συσκευή κύματος Rayleigh με «δακτυλιοειδή» ηλεκτροδία τα οποία δημιουργούν και λαμβάνουν τα ακουστικά κύματα.

Το σχήμα απεικονίζει ένα σχεδιάγραμμα των «δακτύλων» που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή κυμάτων Rayleigh στην δομή SAW. Τα κύματα διαδίδονται και στις δυο κατευθύνσεις από τον μετατροπέα και περιορίζονται σε ένα ακουστικό

μήκος κύματος από την πιεζοηλεκτρική επιφάνεια του υποστρώματος. Υπάρχουν δύο είδη ακουστικών διατμητικών δονήσεων το κάθετο διατμητικό (SV) και το οριζόντιο διατμητικό (SH) κύμα. Οι όροι οριζόντιο και κάθετο καθορίζονται σε σχέση με ένα συγκεκριμένο συνωριακό πλακίδιο.

Τέλος, στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι κυματικές συσκευές πλάκας, οι οποίες δημιουργήθηκαν με τη μείωση του πάχους της συσκευής κυμάτων Rayleigh σε μέγεθος ανάλογης τάξης με το μήκος κύματος των ακουστικών κυμάτων. Πιο συγκεκριμένα αναφέρονται ως **κύματα καμπτικής πλάκας** (*Flexural Plate Waves, FPW*) και αισθητήρες διατμητικής κατάστασης οριζόντιας πλάκας (SH – APM). Αυτοί θεωρούνται ως συσκευές επιφανειακών ακουστικών κυμάτων καθώς η ακουστική ενέργεια ερευνάται με τρόπο ανάλογο με ένα κύμα Rayleigh. Θα πρέπει να σημειωθεί όμως ότι τα κύματα αυτά διαδίδονται μέσω της κύριας μάζας του αισθητήρα. Η συσκευή FPW αρχικά εισήχθη από τον White και στους συνεργάτες του τη δεκαετία του '80. Μια συνήθης δομή κατασκευάζεται με διεργασίες μικροηλεκτρονικής. Ένας εγχάρκτης ελεγχόμενου προσανατολισμού χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση Si από την πίσω πλευρά του υποστρώματος. Έπειτα γίνεται η εναπόθεση λεπτών μεταλλικών υμενίων (Au, Cr) για την καλύτερη πρόσφυση, ακολουθούμενη από RF επίπεδο μαγνητρονικό sputtering για το σχηματισμό ενός στρώματος από πιεζοηλεκτρικό υλικό (ZnO). Τα IDTs σχηματίζονται πάνω σε αυτό το στρώμα με συμβατική οπτική λιθογραφία.



Αισθητήρας κύματος καμπτικής πλάκας και διατομή που δείχνει την κίνηση της πλάκας.

2.6.1.2 Θερμικοί Αισθητήρες

Στους θερμικούς χημικούς αισθητήρες ο μηχανισμός ανίχνευσης αερίου έχει ως εξής: το υπό ανίχνευση αέριο αντιδρά στην επιφάνεια του καταλυτικού υλικού του αισθητήρα με το O₂ του περιβάλλοντος. Η θερμότητα που παράγεται κατά την αντίδραση καύσης προκαλεί μεταβολή της θερμοκρασίας. Η μεταβολή της θερμοκρασίας μετράται με ένα θερμικό στοιχείο (π.χ. αντίσταση Pt ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου) Για την επίτευξη της μέγιστης καταλυτικής αντίδρασης ο αισθητήρας λειτουργεί σε υψηλή θερμοκρασία (350-450 °C). Υπάρχουν τρία κύρια είδη θερμικών χημικών αισθητήρων: το *θερμίστορ*, το *pellistor* και η *θερμοστήλη* [3]. Ο όρος θερμίστορ (thermistor) χρησιμοποιείται γενικά για την ταξινόμηση των ημιαγωγών θερμοαντιστάσεων που κατασκευάζονται από κεραμικά υλικά. Το *pellistor* είναι ένα μικροσκοπικό θερμιδόμετρο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση

της θερμότητας, που απελευθερώνεται κατά την οξείδωση καυσίμων αερίων. Επίσης, μικροεπεξεργασμένα μικροθερμιδόμετρα έχουν αναπτυχθεί με χρήση θερμοστήλης για τη μέτρηση σε υγρό ή αέριο περιβάλλον.

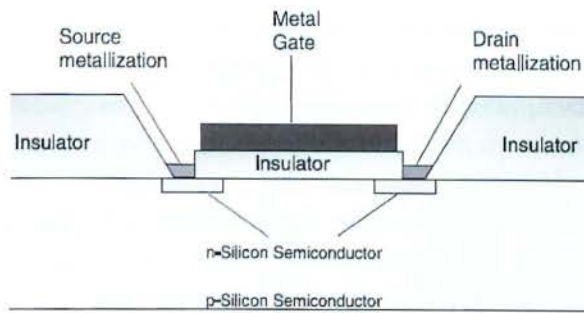
2.6.1.3 Οπτικοί Αισθητήρες

Οι οπτικοί αισθητήρες έχουν πολλαπλές χρήσεις καθώς επιτρέπουν ταυτόχρονη συλλογή πληροφοριών της έντασης και του μήκους κύματος και περιλαμβάνουν μια πλειάδα οπτικών χαρακτηριστικών σχετικών με ιδιότητες όπως η απορρόφηση, η ανάκλαση, ο φθορισμός, η μεταβολή του δείκτη διάθλαση. Οι τεχνικές φθορισμού γενικώς χρησιμοποιούν οπτικές ινές για να κατευθύνουν την πηγή του φωτός στο στοιχείο του αισθητήρα. Ο ολικός εσωτερικός φθορισμός ανάκλασης και οι αισθητήρες οπτικών ινών κύματος διαφυγής (fibre optic evanescent wave) βασίζονται στη διέγερση του πεδίου διαφυγής, η οποία λαμβάνει χώρα σε ένα γυμνό περιφερειακά επιστρωμένο τοίχο της ίνας. Η περισσότερη έρευνα γύρω από συστοιχίες οπτικών αισθητήρων χωρίς τη χρήση φθορισμού αφορούν την απορρόφηση ενώ έχουν χρησιμοποιηθεί κι άλλες τεχνικές, όπως η ανακλαστική συμβολομετρική φασματοσκοπία για ανίχνευση αερίων. Γενικώς οι εφαρμογές των οπτικών αισθητήρων είναι σε πρώιμο στάδιο και η έρευνα σε αυτό το πεδίο προς το παρόν κινείται προς την κατεύθυνση της βελτιστοποίησης των υπαρχουσών συστημάτων.

2.6.1.4 Ηλεκτροχημικοί Αισθητήρες

Οι ηλεκτροχημικοί αισθητήρες διακρίνονται σε: α) αμπερομετρικούς, β) ποτενσιομετρικούς, γ) χημειοαντίστασης και δ) χημειοπυκνωτών. Οι **αμπερομετρικοί** αισθητήρες αερίων συνδέουν τη μέτρηση ρεύματος δια μέσου ενός ηλεκτροδίου εργασίας και ενός αντισταθμιστικού ηλεκτροδίου ως μια συνάρτηση της συγκέντρωσης προς ανάλυση σε ένα ηλεκτροχημικό κελί. Το ηλεκτρόδιο εργασίας είναι συνήθως από χρυσό ή λευκόχρυσο με μια επιστρωση με πόρους στην πλευρά ανίχνευσης επιτρέποντας το αέριο να διαχυθεί μέσω της επιφάνειας του ηλεκτροδίου, η οποία δρα ως ένας καταλύτης για ηλεκτροχημικές αντιδράσεις οξειδοαναγωγής. Είναι ευαίσθητοι σε μια μικρή περιοχή συστατικών ενεργών για οξειδοαναγωγή. Αλλάζοντας τον καταλύτη του ηλεκτροδίου ή το δυναμικό μεταβάλλεται και η ευαισθησία.

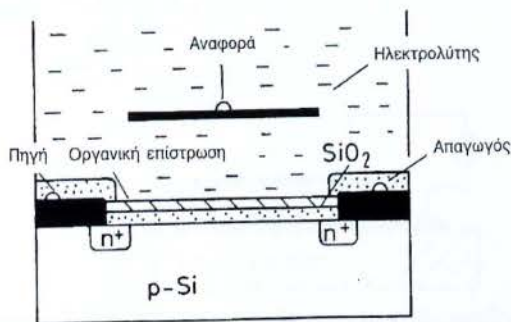
Στους **ποτενσιομετρικούς** αισθητήρες περιλαμβάνονται τα transistor τύπου **MOSFET** (Metal Oxide Semiconductor Field Effect transistor), δηλαδή ημιαγωγοί μετάλλου-οξειδίου επίδρασης πεδίου και τα transistor τύπου **ISFET** (Ion Selective FET). Οι αισθητήρες αερίων τύπου MOSFET έχουν τη δομή ενός ημιαγωγού μεταλλικού μονωτή.



Σχηματική αναπαράσταση ενός αισθητήρα αερίων τύπου MOSFET.

Ο αισθητήρας είναι MOSFET εάν ο μονωτής είναι ένα οξείδιο, συνήθως διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2). Το MOS transistor λειτουργεί ως διακόπτης, καθώς το ρεύμα διέρχεται μέσω του ηλεκτροδίου «πηγή» (source) στο ηλεκτρόδιο «απαγωγός» (drain). Η ένταση του ρεύματος εξαρτάται από την τάση που εφαρμόζεται ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια και των φορέων του ρεύματος που υπάρχουν στη μεταξύ τους περιοχή. Για την περίπτωση του MOS transistor, όπου οι φορείς του ρεύματος είναι ηλεκτρόνια χαρακτηρίζεται ως NMOS. Ο αριθμός των ηλεκτρονίων καθορίζεται από την τάση ενός τρίτου ηλεκτροδίου που ονομάζεται πύλη (gate).

Ο αισθητήρας **ISFET** είναι δομικά σαν ένα FET, στο οποίο το ηλεκτρόδιο πύλης διαχωρίζεται από το υπόστρωμα με ένα ηλεκτρολύτη το ηλεκτρόδιο πύλης γίνεται το ηλεκτρόδιο αναφοράς σε ένα ηλεκτροχημικό κελί. Μία επίστρωση SiO_2 συχνά καλύπτεται με μεμβράνη εκλεκτική σε ιόντα για να αυξήσει την εκλεκτικότητα του ISFET. Η μετατόπιση της τάσης κατωφλίου εξαρτάται από τη συγκέντρωση των ιόντων στον ηλεκτρολύτη.



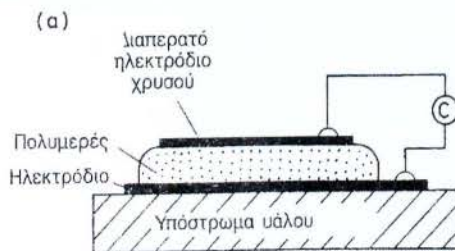
Σχηματικό διάγραμμα ενός ISFET.

Οι αισθητήρες **χημειοαντίστασης** περιλαμβάνουν τους αισθητήρες τύπου ημιαγωγού μετάλλου-οξειδίου (MOS) και τους αισθητήρες αγώγιμων πολυμερών. Οι **MOS** αποτελούν μια από τις κοινώς χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες ηλεκτρονικής μύτης. Οι εμπορικοί αισθητήρες Taguchi της κατηγορίας αυτής, αποτελούνται από ένα κεραμικό κύλινδρο που περιέχει ένα θερμαινόμενο πηνίο. Εξωτερικά ο σωλήνας είναι επιστρωμένος με οξείδιο μετάλλου, συνήθως οξείδιο του κασσιτέρου (SnO_2) εμπλουτισμένο με μια μικρή ποσότητα παλλαδίου. Επίσης μπορούν να εφαρμοστούν και άλλα οξείδια όπως ZnO , WO_3 και TiO_2 . Παρουσία πτητικών οργανικών ουσιών μεταβάλλεται η αντίσταση λόγω αντιδράσεων οξειδοαναγωγής στην επιφάνεια του MOS. Στο στάδιο της οξειδωσης, οξυγόνο από την ατμόσφαιρα προσροφάται, παγιδεύοντας ελεύθερα ηλεκτρόνια από τη ζώνη

αγωγιμότητας του ημιαγωγού και αυξάνοντας την αντίσταση του αισθητήρα. Στο στάδιο της αναγωγής το οξυγόνο αντιδρά με τις πτητικές ουσίες, μειώνοντας την πυκνότητα της επιφάνειας, κατά συνέπεια μειώνεται το φαινόμενο της παγίδευσης των ηλεκτρονίων και τα ηλεκτρόνια επιστρέφουν στη ζώνη αγωγιμότητας.

Οι αισθητήρες αερίων βασισμένοι στις μετρήσεις των αλλαγών της ειδικής αντίστασης των **αγώγιμων πολυμερών** όταν εκθέτονται σε ορισμένα αέρια είναι ήδη αρκετά διαδεδομένοι σε σχετικές εφαρμογές. Η πολυπυρρόλη και η πολυανιλίνη είναι τα πιο εκτενώς μελετημένα πολυμερή. Τα αγώγιμα πολυμερή περιγράφονται τυπικά ως ημιαγωγοί δεδομένου ότι παρουσιάζουν ενεργειακό χάσμα ζωνών στην ηλεκτρονική δομή τους σε θερμοκρασία δωματίου. Η αγωγιμότητα του πολυμερούς μετράται σε σταθερό ρεύμα ή τάση μέσα από έναν αντιστάτη. Η προσρόφηση των αερίων στην πολυμερή μήτρα και η αλληλεπίδραση με τη μήτρα προκαλεί μια αλλαγή στην αγωγιμότητα του πολυμερούς σώματος. Η απόκριση των αισθητήρων είναι συνήθως, αλλά όχι απαραίτητως, μια γραμμική σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης του αερίου και της αγωγιμότητας. Επίσης η αγωγιμότητα συμβατικών μονωτικών πολυμερών μπορεί να αυξηθεί, συνδυάζοντάς τα με αγώγιμα πολυμερή ή με άλλες αγώγιμες διασπορές (σκόνη μετάλλων, άμορφου άνθρακα ή γραφίτη).

Οι **χημειοπυκνωτές** ανήκουν στην κατηγορία των ηλεκτρικών χημικών αισθητήρων, όπου η μετρούμενη ποσότητα μπορεί να προκαλέσει μία μεταβολή στη χωρητικότητα της συσκευής μέτρησης. Οι μεταβολές της χωρητικότητας είναι τυπικά στην περιοχή των pF και εξαρτώνται από τη συχνότητα λειτουργίας και τις συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία. Σήμερα υπάρχουν πολλά εμπορικά υγρόμετρα, τα οποία χρησιμοποιούν λεπτή επικάλυψη πολυμερούς σε πυκνωτή. Στο σχήμα παρουσιάζεται η δομή ενός εμπορικού πολυμερικού αισθητήρα.



Σχηματική αναπαράσταση ενός χωρητικού αισθητήρα.

Η αρχή λειτουργίας των αισθητήρων τύπου χωρητικότητας έχει ως εξής: η χωρητικότητα C της συσκευής μέτρησης αποτελεί μέτρο της ποσότητας του αποθηκευμένου φορτίου q για δεδομένη τάση V , όπου $C = q/V$. Η χωρητικότητα μιας συσκευής εξαρτάται από τη γεωμετρική διάταξη των ηλεκτροδίων της και από το διηλεκτρικό υλικό που υπάρχει μεταξύ τους. Για ένα επίπεδο πυκνωτή, παράλληλων οπλισμών, η χωρητικότητα C δίνεται από τη σχέση:

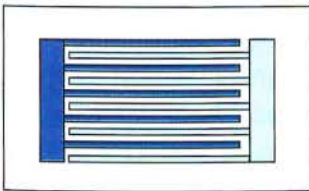
$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

όπου ϵ_0 είναι η διηλεκτρική σταθερά του κενού (8.85 pF/m), ϵ_r η σχετική διηλεκτρική σταθερά του υλικού μεταξύ των οπλισμών, A το εμβαδόν των οπλισμών και d η απόστασή τους. Κατά συνέπεια, κάθε φαινόμενο που μεταβάλλει τη

διηλεκτρική σταθερά, το εμβαδόν ή την απόσταση των οπλισμών του πυκνωτή θα προκαλέσει μια μεταβολή στη χωρητικότητα DC.

2.6.1.5 Πυκνωτές τύπου Αλληλοεπικαλυπτόμενων Κτενιών - Interdigital Capacitors (IDCs)

Οι πυκνωτές με δομή αλληλοεπικαλυπτόμενων κτενιών (IDCs) (σχήμα 1.12) έχουν μελετηθεί από αρκετούς συγγραφείς από τη δεκαετία του '70. Μερικές από τις εφαρμογές των δομών τύπου IDC περιλαμβάνουν ολοκληρωμένα κυκλώματα μικροκυμάτων διατάξεις επιφανειακών ακουστικών κυμάτων και διηλεκτρικές μελέτες λεπτών υμενίων. Πιο πρόσφατα, έχουν γίνει μελέτες για τη χρήση των IDCs σε χημικούς αισθητήρες.



Σχηματική αναπαράσταση δομής αλληλεπικαλυπτόμενων ηλεκτροδίων τύπου

Οι δομές των αλληλεπικαλυπτόμενων κτενιών προτιμώνται στους χημικούς αισθητήρες καθώς η διαμόρφωση των ηλεκτροδίων είναι επίπεδη και τα ηλεκτρόδια δεν εμποδίζουν τη διάχυση των αναλυτών με αποτέλεσμα τη γρήγορη απόκριση της διάταξης. Τυπικοί αισθητήρες χωρητικότητας τέτοιου τύπου κατασκευάζονται σε αδρανές υπόστρωμα, πάνω στο οποίο σχηματίζονται τα δύο ηλεκτρόδια σχήματος κτενιών. Στη συνέχεια ένα χημικά ευαίσθητο στρώμα (συνήθως πολυμερές) εναποτίθεται πάνω στα ηλεκτρόδια. Τα πολυμερή χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση οργανικών ατμών καθώς παρουσιάζουν ταχεία και αντιστρεπτή ρόφηση ατμών και η εναπόθεσή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί με αρκετές τεχνικές.

ΕΞΥΠΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

3.1 Εισαγωγή

Ο «έξυπνος αισθητήρας (*smart sensor*)» είναι η συσκευή πάνω στην οποία έχει ολοκληρωθεί τουλάχιστον ένα αισθητήριο στοιχείο και ένα κύκλωμα επεξεργασίας σήματος. Ο όρος *έξυπνος* (*smart*) διατηρείται για να δηλώσει την επιμέρους ή την ολοκληρωτική ενσωμάτωση της κύριας μονάδας επεξεργασίας, η οποία προσθέτει ευφυΐα. Υπάρχει μία μικρή σύγχυση στον πρακτικό αυτό ορισμό, διότι όλοι οι έξυπνοι αισθητήρες πρέπει να είναι ολοκληρωμένοι και ευφυείς, ενώ κάθε αισθητήρας που έχει σημαντική ευφυΐα αλλά δεν είναι πλήρως ενσωματωμένος μπορεί να ονομαστεί *ευφυΐας αισθητήρας* (*intelligent sensor*). Εξίσου, ο ορισμός που προτάθηκε από τους Breckenbridge και Husson λαμβάνει κατά κάποιο τρόπο υπόψη την δουλειά, που έχει γίνει στην τεχνητή νοημοσύνη και έχει ως εξής : «Ο έξυπνος αισθητήρας από μόνος του έχει μία λειτουργία επεξεργασίας δεδομένων, όπως και μία λειτουργία αυτόματης βαθμονόμησης ή αυτόματης αντιστάθμισης, κατά την οποία ο αισθητήρας ανιχνεύει και εξαλείφει τις μη κανονικές ή τις ακραίες τιμές. Ενσωματώνει έναν αλγόριθμο, ο οποίος είναι δυνατό να τροποποιηθεί και να έχει ένα συγκεκριμένο βαθμό λειτουργιών μνήμης. Οι μέθοδοι σχεδιασμού διατάξεων αισθητήρων έχουν εξελιχθεί χρονικά σε διάφορα στάδια. Οι αισθητήρες «1ης γενιάς» συνδέονται με στοιχειώδη (ή καθόλου) ηλεκτρονικά κυκλώματα ενίσχυσης και επεξεργασίας του σήματος τους, ενώ οι αισθητήρες «2ης γενιάς» αποτελούν τμήμα αναλογικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων στα οποία η ρύθμιση και η επεξεργασία του σήματος του αισθητήρα γίνεται μακριά από τον αισθητήρα.

Στους αισθητήρες «3ης γενιάς», ο αισθητήρας και η μονάδα ρύθμισης του σήματος του αισθητήρα αποτελούνται, είτε από διακριτά στοιχεία (ολοκληρωμένα κυκλώματα και παθητικά στοιχεία) στο ίδιο άρθρωμα (*module*), είτε κατασκευάζονται σε υβριδικά ολοκληρωμένα κυκλώματα. Η μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και η επεξεργασία των μετρήσεων γίνονται από μετατροπέα A/D και μικροεπεξεργαστή, που βρίσκονται εκτός της διάταξης του αισθητήρα.

Στους αισθητήρες «4ης γενιάς», ο αισθητήρας και τα κυκλώματα ρύθμισης του σήματος του αισθητήρα κατασκευάζονται στο ίδιο μονολιθικό ή υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα, ενώ ο μετατροπέας A/D και τα ψηφιακά κυκλώματα επεξεργασίας και επικοινωνίας υλοποιούνται με διακριτά στοιχεία και βρίσκονται εκτός της διάταξης του αισθητήρα. Η διάταξη του αισθητήρα παράγει αναλογική έξοδο και μπορεί να έχει αμφίδρομη διασύνδεση με το μικροεπεξεργαστή, καθώς και δυνατότητες αυτοελέγχου (*self-testing*). Στους αισθητήρες «5ης γενιάς», ο μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό βρίσκεται στο ίδιο μονολιθικό ή υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα με τον αισθητήρα και το ρυθμιστή του σήματος του αισθητήρα. Ανάλογα με τη σχεδίαση τους, αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να παράγουν ψηφιακή έξοδο με δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας με μικροελεγκτή ή Η/Υ ή να υποστηρίζουν το κατάλληλο πρωτόκολλο για την

επικοινωνία με το σύστημα υποδοχής (πχ. Η/Υ, μικροελεγκτής, κλπ.) μέσω συστήματος διαύλου πεδίου (CAN, Foundation Fieldbus κλπ.) ή μέσω ασύρματου δικτύου.

Επίσης, περιλαμβάνουν δυνατότητες: (α) μέτρησης σημάτων από πολλούς αισθητήρες, (β) αυτοελέγχου (ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων των μετρήσεων και (γ) αντιστάθμισης παραγόντων που επηρεάζουν τη λειτουργία του αισθητήρα (πχ. θερμοκρασία, υγρασία, κλπ). Όλες οι παραπάνω λειτουργίες υλοποιούνται με κυκλώματα που αποτελούν τις διατάξεις ρύθμισης και επεξεργασίας του σήματος του αισθητήρα και κατασκευάζονται στο ίδιο μονολιθικό ή υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα με τον αισθητήρα. Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι διατάξεις μέτρησης με αισθητήρες μπορούν να ταξινομηθούν σε σχέση με τον τρόπο κατασκευής τους, στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Ο αισθητήρας, η μονάδα προεπεξεργασίας, που πραγματοποιεί τη ρύθμιση του σήματος του αισθητήρα (πχ. ενίσχυση, φιλτράρισμα κλπ.) και η μονάδα επεξεργασίας, που υπολογίζει το μετρούμενο μέγεθος σύμφωνα με τις μετρήσεις που παρέχει ο αισθητήρας αποτελούνται από διακριτά κυκλώματα. Όλοι οι αισθητήρες «1ης και 2ης γενιάς», καθώς και μερικοί από τους αισθητήρες «3ης γενιάς» ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.
2. Ο αισθητήρας και η μονάδα προεπεξεργασίας κατασκευάζονται πάνω στο ίδιο μονολιθικό ή υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα και αποτελούν έναν ολοκληρωμένο αισθητήρα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν μερικοί από τους αισθητήρες «3ης γενιάς» και όλοι οι αισθητήρες «4ης γενιάς».
3. Τόσο ο αισθητήρας, όσο και οι μονάδες προεπεξεργασίας και επεξεργασίας περιλαμβάνονται στο ίδιο υβριδικό ή μονολιθικό ολοκληρωμένο κύκλωμα και αποτελούν έναν έξυπνο ή ευφυή ολοκληρωμένο αισθητήρα (smart sensor). Οι αισθητήρες «5ης γενιάς» ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

3.2 Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των έξυπνων αισθητήρων

Σε έναν έξυπνο αισθητήρα, εκτός από τον υπολογισμό του μετρούμενου μεγέθους, η μονάδα επεξεργασίας πραγματοποιεί λειτουργίες, όπως αυτοέλεγχο, πολυανίχνευση (multisensing), αυτόματη βαθμονόμηση (auto-calibration), επικοινωνία με αναλογικούς και ψηφιακούς διαύλους επικοινωνίας (πχ. 4-20 mA, RS232, κλπ.), έλεγχο ενεργοποιητών κλπ. Ανάλογα με την εφαρμογή, η έξοδος ενός έξυπνου αισθητήρα μπορεί να είναι αναλογική ή ψηφιακή. Έτσι, ο αισθητήρας μετασχηματίζεται από ένα απλό παθητικό εξάρτημα σε ένα ολοκληρωμένο περιφερειακό υποσύστημα μιας διάταξης μέτρησης και ελέγχου. Η ανάπτυξη των έξυπνων αισθητήρων συμβάλλει στη μείωση του μεγέθους και του κόστους των συστημάτων μέτρησης, καθώς η ρύθμιση και η επεξεργασία του σήματος του αισθητήρα γίνονται εσωτερικά σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, χωρίς να απαιτούνται εξωτερικές ηλεκτρονικές διατάξεις και καλωδιώσεις. Επιπλέον σημαντικές λειτουργίες που εκτελούνται σε μία διάταξη έξυπνου αισθητήρα είναι οι ακόλουθες:

α. Έλεγχος της διέγερσης του αισθητήρα (sensor excitation)

Παράδειγμα εφαρμογής αυτής της λειτουργίας είναι η μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας μιας «γέφυρας Wheatstone», η οποία αποτελείται από ημιαγωγικούς πιεζοαντιστάτες, με σκοπό την αντιστάθμιση της μεταβολής της ευαισθησίας τους με τη θερμοκρασία. Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις είναι επιθυμητό να διακόπτεται η παροχή τροφοδοσίας στον αισθητήρα για εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας (πχ. όταν η διάταξη μέτρησης τροφοδοτείται από συσσωρευτή).

β. Ενίσχυση του σήματος που παράγει ο αισθητήρας

Στην περίπτωση πολλών αναλογικών εισόδων από διαφορετικούς αισθητήρες, όπου το απαιτούμενο κέρδος για την ενίσχυση του σήματος κάθε αισθητήρα είναι διαφορετικό, ο έξυπνος αισθητήρας μπορεί να περιλαμβάνει αναλογικό πολυπλέκτη και ενισχυτή προγραμματιζόμενου κέρδους.

γ. Μετατροπή A/D

Ο μετατροπέας απόκτησης δεδομένων σε ψηφιακό(A/D) αποτελεί βασική μονάδα των ψηφιακών συστημάτων και χρησιμοποιείται για την παραγωγή της ψηφιακής αναπαράστασης της επιθυμητής στιγμιαίας τιμής ενός αναλογικού σήματος εισόδου (τάση ή ρεύμα), ώστε να είναι κατάλληλη για περαιτέρω ψηφιακή επεξεργασία. Συγκρίνει το αναλογικό σήμα εισόδου με ένα αναλογικό σήμα αναφοράς(τάση ή ρεύμα) και η ψηφιακή λέξη που παράγεται εκφράζει το ποσοστό της τιμής του σήματος εισόδου ως προς το σήμα αναφοράς. Επιτρέπει επίσης την εφαρμογή αλγορίθμων ψηφιακής επεξεργασίας σήματος μέτρησης μέσα στο ολοκληρωμένο κύκλωμα του έξυπνου αισθητήρα. Με αυτό τον τρόπο γίνεται η διασύνδεση του έξυπνου αισθητήρα με ψηφιακά συστήματα συλλογής δεδομένων και με συστήματα διαύλου πεδίου.

δ. Επεξεργασία σήματος

Για την βελτίωση της ποιότητας των μετρήσεων (πχ. φιλτράρισμα, αύξηση γραμμικότητας, αντιστάθμιση θερμοκρασίας κλπ.) ή για τον υπολογισμό ενός μεγέθους ως συνάρτηση των μετρήσεων διαφορετικών αισθητήρων, απαιτείται επεξεργασία των μετρήσεων του αισθητήρα. Σε έναν έξυπνο αισθητήρα η διαδικασία της επεξεργασίας σήματος μπορεί να υλοποιείται με αναλογικά ή ψηφιακά κυκλώματα, περιλαμβάνοντας επίσης τις παρακάτω σημαντικές λειτουργίες:

- **Αυτόματη βαθμονόμηση**

Η διαδικασία της βαθμονόμησης του αισθητήρα πραγματοποιείται από κατάλληλα αναλογικά ή ψηφιακά κυκλώματα, που έχουν κατασκευαστεί μέσα στο ολοκληρωμένο κύκλωμα του έξυπνου αισθητήρα. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται αυτόματη βαθμονόμηση (auto-calibration).

Η δυνατότητα αυτή συμβάλλει στην ταχύτερη βαθμονόμηση των έξυπνων αισθητήρων κατά τη βιομηχανική και με χαμηλότερο κόστος παραγωγή τους. Ο έξυπνος αισθητήρας μπορεί να εφαρμόσει αυτή τη διαδικασία σε ένα σύστημα μέτρησης σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να μειώσει την επίδραση της ολίσθησης των χαρακτηριστικών λειτουργίας του πάνω στην ακρίβεια των μετρήσεων. Το σήμα βαθμονόμησης XREF, που παράγεται εσωτερικά στο ολοκληρωμένο κύκλωμα του έξυπνου αισθητήρα με τη βοήθεια ενός ενεργοποιητή χρησιμοποιείται ως διέγερση του αισθητήρα ταυτόχρονα με την εξωτερική διέγερση XEXT, που μετράται από τον έξυπνο αισθητήρα. Η απόκριση που οφείλεται στην εσωτερικά παραγόμενη διέγερση YREF, διαχωρίζεται από την απόκριση YEXT, η οποία οφείλεται στη μετρούμενη διέγερση XEXT. Στη συνέχεια, το παραγόμενο σήμα YREF συγκρίνεται με γνωστό σήμα αναφοράς. Η διαδικασία αυτοβαθμονόμησης έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή από τον έξυπνο αισθητήρα του διορθωμένου σήματος μέτρησης YCAL, όταν η αντίστοιχη απόκριση λόγω του μετρούμενου μεγέθους XEXT, είναι η YEXT.

- Μείωση της ευαισθησίας σε δευτερεύοντα φυσικά μεγέθη

Η έξοδος ενός αισθητήρα συνήθως επηρεάζεται και από δευτερεύουσες παραμέτρους, εκτός από το φυσικό μέγεθος που μετράει ο αισθητήρας. Για παράδειγμα, η τάση εξόδου ενός αισθητήρα Hall, εκτός από το μετρούμενο μαγνητικό πεδίο μεταβάλλεται και με τη θερμοκρασία, η οποία αποτελεί τη δευτερεύουσα παράμετρο. Για να αυξηθεί η ακρίβεια των μετρήσεων, η ευαισθησία του συστήματος μέτρησης σε δευτερεύουσες παραμέτρους πρέπει να μειωθεί σε αποδεκτά επίπεδα και η διαδικασία αυτή ονομάζεται «cross sensitivity correction»

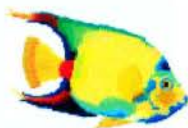
ε. επικοινωνία με σύστημα διαύλου πεδίου

Για τη διεπικοινωνία του έξυπνου αισθητήρα με σύστημα διαύλου πεδίου απαιτείται η ενσωμάτωση στον έξυπνο αισθητήρα ψηφιακού συστήματος, το οποίο πραγματοποιεί τη διεπικοινωνία με το εξωτερικό δίκτυο σύμφωνα με το πρωτόκολλο λειτουργίας του δικτύου αυτού.

ζ.Λειτουργίες παρακολούθησης (monitoring) και διάγνωσης (diagnostic functions)

Σε εφαρμογές συστημάτων ασφαλείας (πχ. Αερόσακοι αυτοκινήτων) απαιτείται η γνώση της κατάστασης λειτουργίας του αισθητήρα και η έγκαιρη διάγνωση της εσφαλμένης λειτουργίας του. Σε μία αρχιτεκτονική έξυπνου αισθητήρα αυτή η απαίτηση υλοποιείται από το ίδιο το σύστημα του έξυπνου αισθητήρα με μετρήσεις εσωτερικών σημάτων αναφοράς, καθώς και με την εφαρμογή εσωτερικών λειτουργιών ελέγχου (πχ. watchdog timer). Στη συνέχεια, η πληροφορία σχετικά με την κατάσταση λειτουργίας του έξυπνου αισθητήρα μεταδίδεται από τον έξυπνο αισθητήρα σε μία κεντρική μονάδα ελέγχου του συστήματος μέτρησης.

4.1 ΒΑΣΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ



ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΑ

Ο απολύτως απαραίτητος εξοπλισμός για ένα θαλασσινό ενυδρείο είναι το σκίμερ, ο φωτισμός, το χημικό φίλτρο με άνθρακα και αντιφώσφορο, οι κυκλοφορητές, ο θερμαντήρας, το θερμόμετρο, η A/O και οι μετρητές αλατότητας (πχ το ρεφρακτόμετρο), το αλάτι, τα τεστ και τα διάφορα συμπληρώματα και οι ανεμιστήρες. Επίσης θα χρειαστούμε έναν μαγνήτη για τον καθαρισμό των τζαμιών, μιατσιμπίδα, γάντια, εποξική κόλλα και φυσικά τροφές (για ψάρια και κοράλια) και βιταμίνες.

Προαιρετικός εξοπλισμός μπορούν να χαρακτηρισθούν η αυτόματη αναπλήρωση, το ψυκτικό, το calcium reactor, το denitrator, η λάμπα uv, το όζον κλπ.

Πολύ χρήσιμα τέλος μπορεί ν' αποδειχθούν το sump με την υπερχειλίση, η καραντίνα/γεννήστρα, το refugium, το δοχείο προετοιμασίας νερού και άλλα.

Αλλά ας τα πάρουμε ένα-ένα.



ΣΚΙΜΕΡ

Το skimmer (ή protein skimmer) είναι σημαντικότερο στο θαλασσινό ενυδρείο. Θαλασσινό χωρίς ένα σωστό σκίμερ, ανάλογης δυναμικότητας με τα λίτρα του, δεν νοείται. Η λειτουργία του είναι πολύ απλή, ουσιαστικά σε μια στήλη νερού προσθέτει αέρα σε μορφή πολύ μικρών φυσαλίδων και δημιουργεί πυκνό αφρό που ανεβαίνει στον κώνο του σκίμερ, παρασύροντας μαζί του έξω από το ενυδρείο τα οργανικά στοιχεία του νερού μας, που δεν προλαβαίνουν να διασπαστούν και να μολύνουν το νερό. Καλό είναι να έχουμε ένα σκίμερ μεγαλύτερης απόδοσης από αυτή που συστήνουν οι εταιρίες για τα λίτρα μας, γιατί έτσι θα έχουμε ταχύτερη αποβολή βλαβερών ουσιών.

Τα σκίμερ βγαίνουν σε διάφορους τύπους, ανάλογα με την τοποθέτησή τους: μέσα στο ενυδρείο, κρεμαστά απ' έξω, εξωτερικά ή αυτά που τοποθετούνται στο sump. Τα περισσότερα χρησιμοποιούν μια αντλία για την παραγωγή φυσαλίδων, αλλά υπάρχουν και κάποια με μια απλή αερόπετρα που συνδέονται με εξωτερική αεραντλία. Είναι κατά τη γνώμη μου το μοναδικό ίσως κομμάτι του εξοπλισμού στο οποίο δεν πρέπει να τσιγκουνευτούμε και αξίζει να πάρουμε ένα επώνυμο και αξιόπιστο σκίμερ.

Οι πιο γνωστές εταιρίες κατασκευής σκίμερ, που έχουν αναπτύξει αξιόλογη τεχνογνωσία είναι οι: ATB, DELTEC, AQUA MEDIC, TUNZE, RED SEA, TMC, H&S

AQUARISTIK, REEF OCTOPUS, SCHURAN, GROTECH, AQUA-C και άλλες, αλλά να υπολογίζετε ένα κόστος τουλάχιστον 1 ευρώ ανά λίτρο νερού για ένα αξιόπιστο και αποδοτικό σκίμερ.[/color]





ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Ο φωτισμός είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες στην ανάπτυξη των κοραλλιών και στην υγεία του ενυδρείου. Τα κοράλλια από μόνα τους δεν χρειάζονται ιδιαίτερο φωτισμό, ωστόσο η μονοκύτταρη άλγη που ζει μέσα στα κοράλλια και τα τρέφει, γνωστή με την ονομασία "zooanthellia" είναι εκείνη που χρειάζεται ειδικό φωτισμό. Η σωστή θερμοκρασία του φωτισμού είναι από 6.500 Kelvin έως τα 20.000 Kelvin. Το σωστό χρώμα έχει να κάνει με την προσομοίωση του περιβάλλοντος αλλά και με την προσωπική επιλογή στο τι μας "κάθεται" καλά στο μάτι. Οι λάμπες των 6.500 Kelvin είναι κιτρινωπές σαν απόχρωση, οι των 10.000 Kelvin είναι λευκές με μια ελαφρά απόχρωση κίτρινου, οι των 14.000 Kelvin είναι λευκές με λίγο μπλε και οι των 20.000 Kelvin είναι μπλε. Δεν θα επεκταθούμε εδώ σε ένταση, lux και lumen.

Τα κοράλλια δεν ζουν στην επιφάνεια του νερού, αλλά χαμηλά, εκεί όπου ο φωτισμός είναι λίγο περισσότερο γαλάζιος. Γι' αυτό, τουλάχιστον το 1/3 του φωτισμού πρέπει να είναι ακτινικός γαλάζιος και τα υπόλοιπα 2/3 λευκά. Είναι καλό να χρησιμοποιούμε λάμπες φθορισμού T5 ή T8, ή LED που δεν θερμαίνουν υπερβολικά το νερό. Αν όμως θέλουμε να διατηρήσουμε απαιτητικά σε φως σκληρά κοράλλια, ή το ενυδρείο μας είναι πολύ ψηλό, τότε θα στραφούμε σε λάμπες υψηλής απόδοσης Metal Halide. Για τα περισσότερα κοράλλια αρκεί να έχουμε φωτισμό 1 watt/λίτρο, ενώ για τα πιο απαιτητικά θα χρειαστούμε περισσότερο φως και σε σπάνιες περιπτώσεις 2 watt/λίτρο. Αν όμως διαπιστώσουμε ότι ο φωτισμός μας δεν είναι επαρκής και δεν θέλουμε να τον αυξήσουμε, μπορούμε απλά να επεκτείνουμε την φωτοπερίοδο στις 12-13 ώρες. Σε ένα fish only ενυδρείο ή ακόμη και σε ένα reef με μαλακά μόνο κοράλλια, ο φωτισμός μπορεί να κυμανθεί σε αναλογικά χαμηλότερα (και οικονομικότερα) επίπεδα.



ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ

Η ζωή στις θάλασσες και τους κοραλλιογενείς υφάλους διατηρείται σε μεγάλο βαθμό χάρη στη συνεχή κίνηση του νερού, που μεταφέρει οξυγόνο και τροφή για τα κοράλλια. Στο ενυδρείο μας η κίνηση του νερού βοηθά στη διατήρηση του βράχου και του βυθού καθαρού, στην οξυγόνωση του νερού και την διατήρηση του Ph σε σωστά επίπεδα. Ο σχεδιασμός λοιπόν της κυκλοφορίας στο ενυδρείο μας είναι ζωτικής σημασίας και θα πρέπει να γίνει προσεκτικά, με έμφαση στο να μην υπάρχουν «νεκρές» περιοχές. Η λάθος τοποθέτηση των βράχων, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά το θέμα της κυκλοφορίας. Η δυσκολία αυξάνεται καθώς όλα τα κοράλλια που έχουμε στο ενυδρείο μας, δεν πρέπει να έχουν την ίδια ροή νερού, πχ τα SPS (σκληρά) κοράλλια χρειάζονται δυνατή και άμεση ροή, ενώ ορισμένα μαλακά κοράλλια θέλουν μικρή κυκλοφορία.

Πρακτικά μια κυκλοφορία 20 με 30 φορές τα λίτρα μας, θα μας καλύψει. Αυτή μπορεί να επιτευχθεί σε ένα ενυδρείο πχ 100 λίτρων μ' έναν κυκλοφορητή που γυρνάει 2.500 λίτρα/ώρα, αλλά είναι πολύ καλύτερο να χρησιμοποιήσουμε 2 ή 3 μικρότερους με την ίδια συνολική ροή, που θα "σπρώχνουν" το νερό προς

διαφορετικές κατευθύνσεις. Έτσι θα καλύψουμε περισσότερες περιοχές, θα δημιουργήσουμε μια χαοτική ροή που δεν θ' αφήνει "νεκρά" σημεία και θα προσομοιώσουμε τα θαλάσσια ρεύματα. Καλό είναι να χρησιμοποιήσουμε κυκλοφορητές που "πιάνουν" στο τζάμι με μαγνήτη, γιατί οι βεντούζες που έχουν οι φθηνότεροι, καταστρέφονται γρήγορα από το αλάτι. Πάντοτε προσέχουμε η ροή να μην σηκώνει την άμμο και προσπαθούμε να πετύχουμε συνεχή, κυκλική κυκλοφορία του νερού γύρω από κάθε σύμπλεγμα βράχων.

Εξαιρετική δουλειά κάνουν οι κυκλοφορητές τύπου Koralia της Hydor ,οι Tunze και οι Vortech. Πολύ οικονομικότερες λύσεις θα βρείτε από τις Κινέζικες Resun και Sunsun.





ΧΗΜΙΚΗ ΦΙΛΤΡΑΝΣΗ

Αν ο ζωντανός βράχος μας είναι αρκετός, σε καλή κατάσταση και υπάρχει και καλή κυκλοφορία γύρω του, τότε συνήθως καλύπτει μόνος του (και σε συνδυασμό με τον ζωντανό βυθό) όλη την ανάγκη βιολογικής φίλτρανσης του θαλασσινού ενυδρείου, ειδικά όταν το στοκάρισμα με κοράλια, ψάρια και ασπόνδυλα είναι σε λογικά πλαίσια. Σε διαφορετική περίπτωση μπορούμε να τον βοηθήσουμε με την χρησιμοποίηση ενός κλασσικού φίλτρου με βιολογικό υλικό, το οποίο όμως προκαλεί αύξηση νιτρικών. Μέσα στο ίδιο (ή και σε ξεχωριστό φίλτρο) και μέσα σε διχτάκι ή κάλτσα, πρέπει να βάλουμε και την ανάλογη ποσότητα ενεργού άνθρακα και αντιφώσφορου, υλικά τα οποία θα αναλάβουν την χημική φίλτρανση του ενυδρείου, με σκοπό να διατηρήσουμε μηδενικές (ή πολύ κοντά στο 0) τιμές φωσφορικών και πολύ καθαρό νερό.

Η παρουσία φωσφορικών είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία ανεπιθύμητων αλγών και προέρχεται συνήθως από το υπερβολικό τάισμα των οργανισμών, με αποτέλεσμα όταν υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις την αργή ανάπτυξη των κοραλλιών και τη παρουσία άλγης επάνω στα κοράλλια και κατά συνέπεια τον θάνατό τους. Καλής ποιότητας ενεργός άνθρακας και αντιφώσφορος με βάση τον σίδηρο, μπορούν να μας δώσουν καλύτερα αποτελέσματα.



ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ



Η αλατότητα (ή πυκνότητα ή salinity) είναι το πόσο αλάτι περιέχει το νερό του ενυδρείου μας. Είναι πολύ κρίσιμος παράγοντας και πρέπει να ελέγχεται τακτικά. Η μέτρηση μπορεί να γίνει με υδρόμετρο, με πυκνόμετρο, με ρεφρακτόμετρο (που παρέχει την καλύτερη αναλογία τιμής/ακρίβειας) ή και με ηλεκτρονικό μετρητή. Το νερό που προετοιμάζουμε για το θαλασσινό ενυδρείο πρέπει να προέρχεται από Α/Ο και να διαλύσουμε μέσα (με την βοήθεια κυκλοφορητή) το ανάλογο αλάτι. Την επόμενη ημέρα, μετρήστε την πυκνότητα (αλατότητα) με ένα πυκνόμετρο ή για μεγαλύτερη σιγουριά με ένα ρεφρακτόμετρο και τη θερμοκρασία με ένα θερμόμετρο. Η αλατότητα λοιπόν πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1.022-1.027 (με ιδανικό το 1025-1026) και η θερμοκρασία πρέπει να είναι γύρω στους 25 με το πολύ 27 βαθμούς C. Αν η πυκνότητα είναι περισσότερο από 1.026 προσθέστε νερό από την Α/Ο, ενώ στην περίπτωση που είναι χαμηλή, προσθέστε αλάτι και αφήστε το έτσι για 2 ώρες. Για τις μετρήσεις αυτές, χρησιμοποιήστε ένα ρεφρακτόμετρο που κοστίζει γύρω στα 25 ευρώ και είναι απολύτως αξιόπιστο, δοκιμασμένο και ακριβές.





ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΟΣΜΩΣΗ

Το θαλασσινό ενυδρείο απαιτεί (κατά την κρατούσα άποψη) χρήση συσκευής Αντίστροφης Όσμωσης (Α/Ο ή R/O-Reverse Osmosis) και μάλιστα με επιπρόσθετες ρητίνες απιονισμού (DI) για την παροχή πολύ καθαρού νερού, απαλλαγμένου από το 99% των βλαπτικών ουσιών που περιέχει το νερό της ύδρευσης. Η συσκευή Α/Ο αποτελείται από μια μεμβράνη και 2 προφίλτρα (άνθρακα και στερεών), ενώ μπορεί να εξοπλιστεί και με τις ρητίνες απιονισμού (σε ξεχωριστό κάνιστρο), με flush-kit, με μανόμετρο που δείχνει την πίεση, με booster κλπ. Η βασική μεμβράνη θέλει αλλαγή περίπου κάθε χρόνο και τα προφίλτρα κάθε εξάμηνο με λογική χρήση. Μια καλή συσκευή Α/Ο κοστίζει γύρω στα 150-160 ευρώ, αλλά είναι χρησιμότητα. Εκτός από όλα τ' άλλα, η Α/Ο αφαιρεί και το χλώριο, οπότε δεν θα χρειαστούμε αντιχλώριο ή άλλη μέθοδο αποχλωριοποίησης. Αφού λοιπόν την συνδέσουμε σε μια βρύση, την ανοίγουμε και μαζεύουμε το καθαρό νερό σε ένα μεγάλο δοχείο ή βαρέλι, μέσα στο οποίο τοποθετούμε κι έναν κυκλοφορητή ή μια αντλία για να μην μένει στάσιμο.

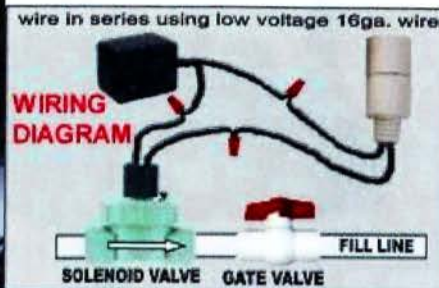




ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΝΕΡΟΥ

Το νερό του ενυδρείου μας εξατμίζεται, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες όταν χρησιμοποιούμε ανεμιστήρες για να ρίξουμε την θερμοκρασία του. Στο θαλασσινό ενυδρείο όμως έχουμε την ιδιαιτερότητα ότι το νερό που χάνεται με την εξάτμιση, αφήνει πίσω του το αλάτι που περιείχε, οπότε έχουμε επικίνδυνη αύξηση της αλατότητας. Επίσης κατεβαίνει η στάθμη του νερού στο sump -αν έχουμε- με κίνδυνο να σταματήσει η ροή προς το ενυδρείο, να ξενερίσουν skimmer, chiller, φίλτρα, αντλίες κλπ. Μια εύκολη λύση είναι η καθημερινή αναπλήρωση με το χέρι, πάντα με νερό από την Α/Ο. Χρειάζεται όμως κόπο και να είμαστε εκεί, πράγμα δύσκολο το καλοκαίρι. Οπότε η χρησιμοποίηση ενός συστήματος αυτόματης αναπλήρωσης θα μας διευκολύνει. Μπορούμε έτσι να συνδέσουμε απ' ευθείας την έξοδο της Α/Ο στο ενυδρείο, ή να συγκεντρώνουμε το νερό σ' ένα δοχείο κι από εκεί ν' αναθέσουμε στην αυτόματη αναπλήρωση να το στέλνει στο ενυδρείο, συμπληρώνοντας το εξατμιζόμενο.

Οι περισσότερες αυτόματες αναπληρώσεις, χρησιμοποιούν μικρά φλοτέρ ή ηλεκτρόδια, τα οποία τοποθετούνται στο επιθυμητό μέγιστο ύψος και σταματούν την αντλία. Μπορούμε να φτιάξουμε DIY το όλο σύστημα, ή να αγοράσουμε επώνυμες λύσεις (πχ Tunze) με κόστος άνω των 100 ευρώ, ή να στραφούμε σε φθηνότερες επιλογές, με 15 ευρώ, ή την ηλεκτρονική της έκδοση που βγαίνει στην διπλάσια περίπου τιμή.



ΛΑΜΠΑ UV

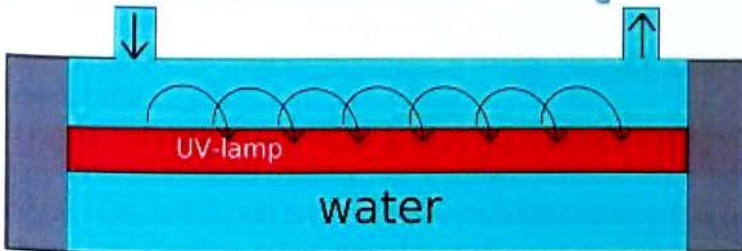


Χρησιμοποιείται για την αποστείρωση του νερού, αλλά κυρίως καταστρέφει την αιωρούμενη άλγη και κάποιους μικροοργανισμούς όπως πρωτόζωα και βακτηρίδια. Πετυχαίνουμε πιο διαυγές νερό και (το σημαντικότερο) μειώνουμε τις πιθανότητες παρασιτώσεων στα ζωντανά του ενυδρείου, ακόμη και του βιολογικά ισορροπημένου. Την αφήνουμε συνέχεια ανοιχτή, επειδή το ανοιγοκλείσιμο καταστρέφει τον κρύσταλλο απο χαλαζία που περικλείει την λάμπα και την αλλάζουμε κάθε χρόνο. Συνδέεται στην έξοδο ενός δευτερεύοντος εξωτερικού φίλτρου (ή του χημικού), δεν έχει δικό της κυκλοφορητή και το νερό περνάει από μέσα της κι αποστειρώνεται. Δεν εξασφαλίζει πλήρη αποστείρωση, αφού πάντα θα υπάρχουν εστίες μικροβίων στον βυθό, στον βράχο, ή οπουδήποτε αλλού, οπότε η UV δεν είναι πανάκεια.

18W Aquarium UV Sterilizer for all Tank Aquarium



V² Vector UV Sterilizers...
The Next Generation



4.2 ΡΗ

Ποιοτική αναβάθμιση στις μετρήσεις pH

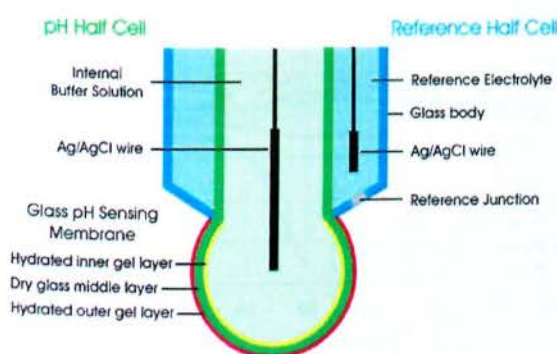
Το πεχάμετρο, το ηλεκτρόδιο και τα ρυθμιστικά διαλύματα είναι απαραίτητος εξοπλισμός σε όλα τα εργαστήρια αναλύσεων. Η διαδικασία της αναζήτησης μιας ακριβούς μέτρησης pH έχει εξελιχθεί μέσα από πολλές καινοτομίες με το πέρασμα των χρόνων. Οι καινοτομίες αυτές περιλαμβάνουν βελτιώσεις στα ηλεκτρόδια, όπως τα συνδυαστικά ηλεκτρόδια, ηλεκτρόδια κατασκευασμένα από ειδικό γυαλί, διαφράγματα υψηλής απόδοσης και ηλεκτρόδια για εξειδικευμένες χρήσεις. Αντίστοιχα έχουν εξελιχθεί και τα πεχάμετρα, τα οποία διαθέτουν πλέον αυτόματη αναγνώριση των ρυθμιστικών διαλυμάτων, αυτόματη αντιστάθμιση της θερμοκρασίας και χαρακτηριστικά **GLP** (Good Laboratory Practice).

Παρόλο που η διαδικασία μέτρησης του pH έχει εκσυγχρονιστεί και απλοποιηθεί, υπάρχουν ακόμη αρκετά σφάλματα που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν σε οποιοδήποτε σύστημα μέτρησης pH, ώστε να έχουμε μια αξιόπιστη μέτρηση. Ακόμη και ένα σύστημα μέτρησης pH που συντηρείται σωστά, με το πέρασμα του χρόνου θα δώσει αποτελέσματα που δεν θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις μας. Αυτό οφείλεται συχνά σε προβλήματα του ηλεκτροδίου που είναι το πιο ευαίσθητο τμήμα του συστήματος μέτρησης pH.

Τα πιο συνηθισμένα σφάλματα μπορεί να είναι φραγμένα διαφράγματα, κατεστραμμένη, μολυσμένη ή στεγνή μεμβράνη, εξατμισμένος ή μολυσμένος ηλεκτρολύτης, φυσική καταπόνηση, ή ακόμη και η φυσιολογική γήρανση του ηλεκτροδίου.

Η κατάσταση του ηλεκτροδίου δεν μπορεί να προβλεφθεί, καθώς ο χρόνος ζωής του διαρκεί περίπου **από 6 μήνες έως 1 χρόνο**, γεγονός το οποίο εξαρτάται από τη συντήρηση, καθώς και από την οξύτητα/αλκαλικότητα των μετρούμενων δειγμάτων. Ωστόσο, η ζωή του ηλεκτροδίου μπορεί να μειωθεί σημαντικά σε περιπτώσεις, για παράδειγμα, έκθεσής του σε ακραίες θερμοκρασίες ή χρήσης του σε πολύ όξινα ή αλκαλικά δείγματα. Καθώς ο ηλεκτρολύτης εξατμίζεται, ο χρόνος απόκρισης μεγαλώνει και οι μετρήσεις αρχίζουν να χάνουν την επαναληψιμότητα και τη γραμμικότητά τους. Αυτές οι εφαρμογές επισημαίνουν τη σημασία ενός ηλεκτροδίου που συντηρείται σωστά, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν οι μετρήσεις του pH να γίνουν ακόμη πιο αξιόπιστες.

ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟΥ pH



Το ηλεκτρόδιο του pH είναι ένας γαλβανικός θάλαμος υψηλής πέδησης, μέσα στον οποίο το δυναμικό που δημιουργείται μεταξύ του μισού θαλάμου του pH και του άλλου μισού θαλάμου της αναφοράς είναι άθροισμα διαφορών δυναμικού. Στην **εικόνα 1** παρουσιάζεται ένα

Figure 1 Typical combination pH electrode.

κλασικό συνδυαστικό ηλεκτρόδιο pH υάλου και ο τρόπος με τον οποίο συνδυάζεται ο θάλαμος του pH με το θάλαμο αναφοράς.

Σε ιδανικές συνθήκες όλα τα δυναμικά είναι σταθερά, εκτός από αυτό που ενεργοποιείται στο επίπεδο του ηλεκτροδίου, το οποίο εξαρτάται από το pH του δείγματος, σύμφωνα με την εξίσωση του Nerst:

$$E_{obs} = E_c - \frac{2.303 RT}{F} \text{ pH}$$

όπου:

E_{obs} είναι το μετρούμενο δυναμικό

E_c είναι το άθροισμα των σταθερών δυναμικών

R είναι η σταθερά των αερίων

T είναι η θερμοκρασία σε Kelvin και

F είναι η σταθερά Faraday

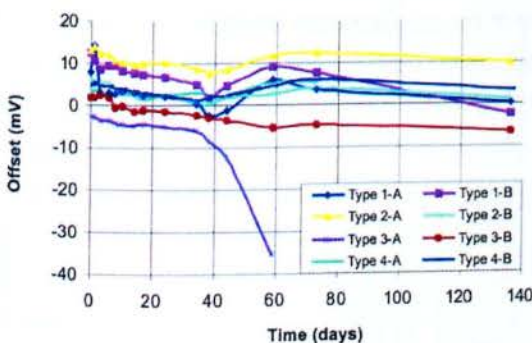
Τα πραγματικά ηλεκτρόδια διαφέρουν από τα ιδανικά ηλεκτρόδια εξαιτίας διαφόρων παραγόντων, εκ των οποίων σημαντικότεροι είναι:

- * Κατασκευαστική ανοχή
- * Γήρανση του ηλεκτροδίου
- * Κακή συντήρηση και ελλιπής καθαρισμός του ηλεκτροδίου

Όλα τα πεχάμετρα, χάρις στη ρύθμιση (*calibration*), επιτρέπουν στα ηλεκτρόδια να αντισταθμίσουν τις παραπάνω παρενέργειες. Μία συνήθης ρύθμιση περιλαμβάνει τη μέτρηση της απόκρισης του ηλεκτροδίου σε δύο ρυθμιστικά διαλύματα με γνωστές τιμές pH και τη δημιουργία μίας γραμμικής αναφοράς μεταξύ αυτών των δύο σημείων.

Αυτή η γραμμή έχει ως αποτέλεσμα τον καθορισμό των διορθωτικών παραγόντων: το offset και το slope, όπου το offset είναι η μέτρηση σε μονάδες mV σε pH 7 και το slope είναι η μεταβολή των mV για κάθε μία μονάδα του pH. Συνήθως εκφράζεται σε mV/pH ως ποσοστό του ιδανικού slope του ηλεκτροδίου (59.16 mV/pH σε 25 °C).

ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΡΥΘΜΙΣΗ



Σφάλματα μπορεί να συμβούν και κατά τη ρύθμιση, επειδή είναι άγνωστο ποιοι από τους παραπάνω παράγοντες μπορούν να αντισταθμιστούν, όπως επίσης και ότι αυτοί οι παράγοντες ποικίλλουν με το χρόνο. Για παράδειγμα, **οι εικόνες 2 και 3** δείχνουν το offset και το slope,

Figure 2 Long-term stability of offset in milk for typical pH electrodes.

αντίστοιχα, για τέσσερις τύπους εργαστηριακών ηλεκτροδίων (2 από κάθε τύπο), τα οποία έχουν παραμείνει σε γάλα 24/7 για παραπάνω από 4 μήνες.

Τα ηλεκτρόδια καθαρίστηκαν προσεκτικά πριν τη μέτρηση του offset και του slope. Οι γραφικές παραστάσεις δείχνουν ότι υπάρχει μία συστηματική αλλαγή στο offset, η οποία όμως είναι πολύ μικρή, ενώ το slope διατηρείται κατ' ουσίαν αμετάβλητο στο χρόνο.

Οι ίδιες δοκιμές έγιναν και σε άλλα διαλύματα, όπως σε χυμό πορτοκαλιού, σε δύο διαλύματα με pH 1 και pH 13 και σε ένα διάλυμα με υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικό έλαιο.

Όλα τα τεστ είχαν παρόμοια αποτελέσματα. Αυτό δείχνει ότι η κανονική γήρανση του ηλεκτροδίου είναι μια αργή διαδικασία και ότι οι απότομες μεταβολές στην απόκριση του ηλεκτροδίου δεν οφείλονται στη γήρανση.

Το ηλεκτρόδιο 3-A στην **εικόνα 2** δείχνει μια αστοχία του διαφράγματος αναφοράς, η οποία οφείλεται στο γεγονός ότι το γάλα εισχώρησε στο ηλεκτρόδιο αναφοράς. Παρόλο που το ηλεκτρόδιο ήταν εμφανώς αχρησιμοποίητο, οι συντελεστές της ρύθμισης παρέμειναν εντός των ορίων της αποδεκτής κλίμακας. Τα συμβατικά πεχάμετρα έχουν ένα ευρύ φάσμα ρύθμισης και όσο το ηλεκτρόδιο βρίσκεται εντός του φάσματος θα υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης, καταλήγοντας όμως σε σφάλματα.

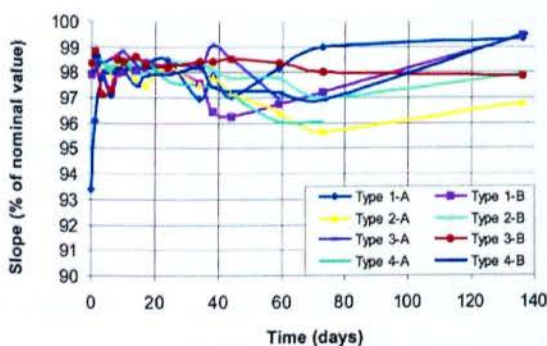
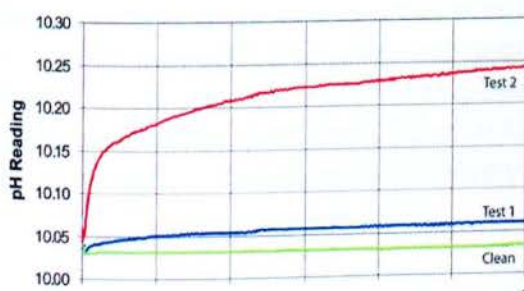


Figure 3 Long-term stability of slope in milk for typical pH electrodes.

ηλεκτρόδια (TEST 1 και TEST 2) βυθίστηκαν σε διάλυμα, το οποίο περιείχε λάδι, για λίγα λεπτά, σαν να κάναμε μια τέτοια μέτρηση. Μετά απομακρύνθηκαν από το διάλυμα και τοποθετήθηκαν σε ένα απλό γενικό καθαριστικό διάλυμα, αντί για ένα ειδικό καθαριστικό διάλυμα για λιπαρά διαλύματα, και ξαναβυθίστηκαν στο διάλυμα συντήρησης. Εν συνεχεία έγινε ρύθμιση και στα τρία ηλεκτρόδια χρησιμοποιώντας ρυθμιστικά διαλύματα 7.01 και 10.01. Για να εκτιμηθούν τα αποτελέσματα της χρήσης ακάθαρτων ηλεκτροδίων σε σχέση με το καθαρό, αφέθηκαν και τα τρία ηλεκτρόδια στο διάλυμα pH 10.01 και καταγράφηκαν οι ενδείξεις με άξονα το χρόνο (t). Οι κλίσεις (slopes) των ηλεκτροδίων στη ρύθμιση ήταν 96 % για το καθαρό ηλεκτρόδιο, 93 % για το ηλεκτρόδιο 1 (TEST 1) και 91 % για το ηλεκτρόδιο 2 (TEST 2) αντίστοιχα. Η **εικόνα 4** δείχνει τι συμβαίνει όταν ρυθμίζουμε ηλεκτρόδια, τα οποία είναι μεν καθαρά με γυμνό μάτι, αλλά στην



Ακόμη ένα σύνθηρες σφάλμα στη ρύθμιση σχετίζεται με το λάθος τρόπο καθαρισμού του ηλεκτροδίου. Για να τονίσουμε τη σημασία του σωστού καθαρισμού κάναμε άλλο ένα πείραμα. Το πείραμα ξεκίνησε με την κατάλληλη συντήρηση 3 καινούριων ηλεκτροδίων, βυθίζοντάς τα σε διάλυμα καθαρισμού και στη συνέχεια σε διάλυμα συντήρησης. Κατόπιν τα δύο από τα τρία

πραγματικότητα καλύπτονται από ένα λεπτό στρώμα υλικού. Μετά τη ρύθμιση οι ενδείξεις και των τριών ηλεκτροδίων ήταν αρχικά ίδιες. Παρ' όλα αυτά, όμως, οι ενδείξεις του

πραγματικότητα καλύπτονται από ένα λεπτό στρώμα υλικού. Μετά τη ρύθμιση οι ενδείξεις και των τριών ηλεκτροδίων ήταν αρχικά ίδιες. Παρ' όλα αυτά, όμως, οι ενδείξεις του

ηλεκτροδίου 1 (TEST 1) και του ηλεκτροδίου 2 (TEST 2) άρχισαν να απομακρύνονται από την αρχική τιμή. Οι ενδείξεις του καθαρού ηλεκτροδίου δεν μεταβλήθηκαν, ενώ τα ηλεκτρόδια 1 και 2 τελικά σταθεροποιήθηκαν στο 10.27 pH μετά από 12 ώρες. Αυτό το πείραμα αποδεικνύει ότι οι μετρήσεις μπορούν να διαφοροποιηθούν πολύ γρήγορα και να γίνουν αναξιόπιστες καθώς μεταβάλλεται η κατάσταση του ηλεκτροδίου, ενώ η ρύθμιση προσαρμόζεται λανθασμένα. Τα παραπάνω αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι ένα φαινομενικά καθαρό ηλεκτρόδιο μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητα αποτελέσματα και ότι ο σωστός καθαρισμός είναι απαραίτητος για ακριβείς μετρήσεις pH.

ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ

Τα προβλήματα κατά τη διάρκεια της ρύθμισης μπορούν να λυθούν με το σύστημα **Calibration Check™**, το οποίο προσφέρεται σε πολλά εργαστηριακά πεχάμετρα της **Hanna Instruments**. Σε συνδυασμό με μία ειδικά σχεδιασμένη σειρά ηλεκτροδίων, τα παραπάνω όργανα πραγματοποιούν διαδοχικά διαγνωστικούς ελέγχους κατά τη διάρκεια της ρύθμισης.

Τα πεχάμετρα αποθηκεύουν ένα ιστορικό των ρυθμίσεων και συγκρίνουν τα νέα δεδομένα με τα παλαιότερα. Εφόσον τα ηλεκτρόδια δεν μπορεί να φθαρούν ξαφνικά, ο χρήστης ενημερώνεται για συγκεκριμένες αλλαγές στο offset και στο slope του ηλεκτροδίου, ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα. Τα μηνύματα διαμορφώνονται ανάλογα με την κατάσταση του ηλεκτροδίου, π.χ. **“καθαρισμός ηλεκτροδίου”** ή **“έλεγχος ηλεκτροδίου”**, ή σχετίζονται με προβλήματα που αφορούν τα ρυθμιστικά διαλύματα, π.χ. **“λάθος buffer”** και **“μολυσμένο buffer”**. Στις περισσότερες περιπτώσεις το πρόβλημα του ηλεκτροδίου παρατηρείται και διορθώνεται κατά τη διάρκεια του calibration, ελαττώνοντας σημαντικά την πιθανότητα μιας λανθασμένης μέτρησης. Ο χρήστης ενημερώνεται, ώστε να σβήσει από τη μνήμη το αποθηκευμένο ιστορικό των ρυθμίσεων όταν αντικαθίσταται το ηλεκτρόδιο με καινούριο, με σκοπό να γίνεται επανεκκίνηση στους διαγνωστικούς ελέγχους.

ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟΥ

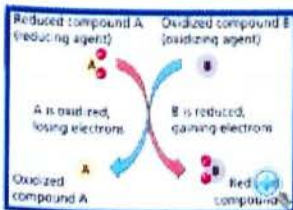
Εκτός από τα μηνύματα που αφορούν τη ρύθμιση, είναι επίσης χρήσιμη η ένδειξη για την κατάσταση, καθώς και για το χρόνο απόκρισης του ηλεκτροδίου. Αυτό συμβαίνει επειδή το ηλεκτρόδιο, ακόμη και όταν είναι καθαρό και συντηρείται σωστά, υφίσταται φυσιολογική φθορά με την πάροδο του χρόνου. Τα εργαστηριακά πεχάμετρα της **Hanna Instruments** παρέχουν δύο ψηφιακές ενδείξεις στην οθόνη τους. Η μία ένδειξη παρουσιάζει την τιμή της κατάστασης του ηλεκτροδίου, βασιζόμενη στο offset και στο slope του ηλεκτροδίου, η οποία εμφανίζεται σε μορφή ποσοστού. Τόσο το offset όσο και το slope είναι σημαντικά, όπως φαίνεται στις **εικόνες 2 και 3**, όπου το ηλεκτρόδιο 3-A ήταν μεταξύ των επιτρεπτών ορίων όσον αφορά το slope, ενώ το offset έδειχνε πρόβλημα στο ηλεκτρόδιο. Η άλλη ένδειξη αφορά το χρόνο απόκρισης, ο οποίος είναι εξίσου σημαντικός για την κατάσταση του ηλεκτροδίου. Ο χρόνος απόκρισης υπολογίζεται από το μεταβατικό στάδιο μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου ρυθμιστικού διαλύματος. Με τις ενδείξεις, λοιπόν, που μόλις περιγράψαμε, ο χρήστης έχει πλέον μια σαφή

ένδειξη της κατάστασης του ηλεκτροδίου. Το γεγονός αυτό εξασφαλίζει εμπιστοσύνη στις μετρήσεις και σαφή προειδοποίηση για την αναγκαιότητα αντικατάστασης του ηλεκτροδίου.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Για έναν ευσυνείδητο χρήστη η συντήρηση του ηλεκτροδίου είναι θέμα ρουτίνας. Ένα ηλεκτρόδιο που συντηρείται σωστά είναι αναμενόμενο να έχει αξιόπιστα αποτελέσματα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Πρόκληση αποτελεί η κατανόηση του πότε ακριβώς η χρήση σε ακραίες συνθήκες μέτρησης ή ο ανεπαρκής καθαρισμός μπορεί να επηρεάσει τις μετρήσεις του pH. Σε ένα συμβατικό σύστημα μέτρησης pH μπορεί να γίνει ρύθμιση χωρίς να παρουσιαστεί κάποιο μήνυμα λάθους, ακόμη και εάν υπάρχει μεγάλο σφάλμα. Να σημειωθεί, επίσης, ότι τα καθαριστικά διαλύματα δεν είναι κατάλληλα για τον καθαρισμό από οποιαδήποτε κατάλοιπα στο ηλεκτρόδιο, όπως περιγράψαμε στην **εικόνα 4**. Επιβάλλεται να χρησιμοποιείται το κατάλληλο καθαριστικό διάλυμα ανάλογα με το μετρούμενο δείγμα. Μετρήσεις με συμβιβασμό στην ποιότητα μπορεί να πλησιάζουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα και να δείχνουν αληθοφανή. Η ειδοποίηση για τη λειτουργική κατάσταση του ηλεκτροδίου παρέχει στο χρήστη εμπιστοσύνη στα αποτελέσματα των μετρήσεων. Το σύστημα **Calibration Check™** υποδεικνύει ότι το ηλεκτρόδιο χρειάζεται προσοχή πριν πάρουμε μετρήσεις αμφισβητούμενης πιστότητας. Η τεχνολογία αυτή οργανώνει αποδοτικά τη μεθοδική συντήρηση του συστήματος μέτρησης pH και συνδέεται αρμονικά με τις υπάρχουσες GLP διαδικασίες.

4.3 ORP (Redox potential)



ORP (oxidation reduction potential) σε ένα θαλασσινό

ενυδρείο, ονομάζουμε την οξειδοαναγωγική δυνατότητα του νερού. Στο χόμπι των ενυδρείων πολλοί την χαρακτηρίζουν κρίσιμη παράμετρο όσον αφορά στην βιολογική ισορροπία του υδάτινου συστήματος που διατηρούμε, με τις τιμές της να ορίζουν την καθαρότητα του νερού. Η ουσία είναι ότι πρόκειται για μια ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία, η οποία απαιτεί βαθιά γνώση της ηλεκτροχημείας του νερού, κάτι άγνωστο στην πλειονότητα όσων ασχολούνται με το χόμπι.

Εκτός από πολύπλοκη η όλη διαδικασία διαφέρει όσον αφορά και στην χημική σύσταση των παραγόντων που επηρεάζουν την οξειδοαναγωγική δυνατότητα του νερού σε κάθε ενυδρείο. Αυτό που θα προσπαθήσουμε να κάνουμε σε αυτό το άρθρο είναι να εξηγήσουμε όσο πιο απλά γίνεται, τι είναι η ORP και σε τι θα μπορούσε να μας είναι χρήσιμος ο έλεγχος της. Χημικά, μια ουσία «οξειδώνεται» όταν αφαιρούνται ηλεκτρόνια και «μειώνεται» όταν προστίθενται ηλεκτρόνια. Όλες οι χημικές αντιδράσεις περιλαμβάνουν τη μεταφορά ηλεκτρονίων.

Φανταστείτε τώρα το ενυδρείο σας, σαν μια μεγάλη σκακιέρα. Στη μία πλευρά βρίσκονται τα λευκά πιόνια, οι οξειδωτικοί παράγοντες, οι οποίοι είναι άτομα του Οξυγόνου (O₂) που "τρέφονται" με ηλεκτρόνια και προσπαθούν να τα αρπάξουν από τον εχθρό τους. Τα οξειδωτικά πιόνια είναι πολυάριθμα αλλά μέτριοι μαχητές. Το ιππικό της οξειδωτικής πλευράς είναι το όζον (O₃) που αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου, το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H₂O₂) που παράγεται στην φύση από τους οργανισμούς ως παραπροϊόν του μεταβολισμού τους, το χλώριο, οι χλωραμίνες, κλπ. Στην αντίπαλη πλευρά βρίσκονται τα μαύρα πιόνια της αναγωγής, τα οποία θέλουν να ξεφορτωθούν ηλεκτρόνια και παράγονται από την τροφή των ψαριών, τα απόβλητα του μεταβολισμού των ζωντανών οργανισμών, την αποσύνθεση νεκρών οργανισμών και διάφορα άλλα συστατικά ή ουσίες που προσθέτουμε στο ενυδρείο. Ορισμένοι αναγωγικοί παράγοντες είναι ανόργανα συστατικά όπως το ιωδίδιο, η αμμωνία και τα σουλφίδια (ανόργανες ενώσεις του θείου). Τα αναγωγικά πιόνια αν και λιγότερα σε αριθμό είναι πολύ πιο μεγάλα σε μέγεθος, κάποια μέχρι και δέκα χιλιάδες φορές μεγαλύτερα.

Στο σκάκι πολλές φορές θυσιάζουμε ένα πιόνι στο βωμό της στρατηγικής μας. Στη μάχη της οξειδοαναγωγής τα περισσότερα πιόνια και των δύο πλευρών είναι επί της ουσίας... καμικάζι. Το οξυγόνο και το όζον π.χ. καταστρέφονται όταν αντιδρούν με ένα αναγωγικό μέσο, ενώ τα πιόνια της αναγωγής παθαίνουν σημαντική ζημιά και σταδιακά μετατρέπονται σε διοξείδιο του άνθρακα αν οξειδωθούν αρκετά. Το πλεονέκτημα που έχουν στη μάχη είναι ότι συχνάζουν σε μέρη με χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου, τα οποία τα πιόνια της οξείδωσης απεχθάνονται.

Η τιμή του ORP μετρά επί της ουσίας την έκβαση της μάχης. Αν υπάρχουν πολλοί οξειδωτικοί παράγοντες η τιμή της ORP ανεβαίνει και το αντίθετο. Επίσης η τιμή του pH επηρεάζει την τιμή της οξειδοαναγωγικής δυνατότητας του νερού, καθώς το pH μετρά επί της ουσίας τη συγκέντρωση των ιόντων του υδρογόνου στο νερό, τα οποία βρίσκονται στην πλευρά των οξειδωτικών παραγόντων. Συνεπώς όσο ανεβαίνει το pH τόσο πέφτει η τιμή της ORP. Από τη στιγμή που κατά την διάρκεια του 24ωρου υπάρχουν διακυμάνσεις στο pH και στην συγκέντρωση του οξυγόνου, θα έχουμε και διαφορετικές τιμές ORP.

Η σημασία της οξειδοαναγωγής στη βιολογία

Ο ρόλος των οξειδοαναγωγικών φαινομένων στη ζωή είναι θεμελιώδης. Όλες οι βασικές βιολογικές αντιδράσεις, συμπεριλαμβανομένων των καύσεων που γίνονται μέσα στους ζωντανούς οργανισμούς, είναι οξειδοαναγωγικές.

Ο μεταβολισμός είναι μια σύνθετη λειτουργία κάθε ζωντανού οργανισμού με την οποία ανταλλάσσει ύλη και ενέργεια με το περιβάλλον του. Περιλαμβάνει αντιδράσεις καταβολικές - κατά τις οποίες γίνεται διάσπαση ουσιών και απελευθέρωση ενέργειας - και αντιδράσεις αναβολικές κατά τις οποίες γίνεται σύνθεση ενώσεων από άλλες με κατανάλωση ενέργειας. Η απαραίτητη ενέργεια προέρχεται από την αναπνοή των κυττάρων και στη συνέχεια με την καύση, παρουσία βιολογικών καταλυτών (ένζυμα), ουσιών όπως η γλυκόζη.

Αυτό που είναι ενδιαφέρον για τον κάτοχο ενός ενυδρείου είναι ότι αν οι οξειδωτικοί παράγοντες κερδίσουν την παρτίδα, τα άτομα που αποτελούν το σώματα των οργανισμών θα καταστραφούν. Στην αντίθετη περίπτωση η τιμή του ORP θα πέσει υπό το μηδέν, το οξυγόνο θα είναι ελάχιστο και τα καταστροφικά σουλφίδια θα κυριαρχήσουν στο ενυδρείο καθιστώντας το ακατάλληλο για να φιλοξενήσει ζωή. Και στις δύο περιπτώσεις το αποτέλεσμα θα ήταν καταστροφικό. Το όλο θέμα λοιπόν είναι να διατηρήσουμε τη μάχη σε μια ισορροπία, η οποία υποδηλώνεται από μια τιμή ORP μεταξύ 200 και 500 mv. Οι αλλαγές στην τιμή της οξειδοαναγωγικής διαδικασίας είναι μια ένδειξη ότι κάτι δεν πάει καλά με το ενυδρείο, αλλά το να καταλάβουμε από την ένδειξη αυτή την αιτία είναι σχεδόν αδύνατο λόγω της πολυπλοκότητας της διαδικασίας. Στην ουσία υπάρχουν άλλα πολύ πιο βασικά πράγματα που πρέπει να κάνουμε για να διατηρήσουμε με επιτυχία ένα reef ενυδρείο, χωρίς να εξαρτόμαστε από την παρακολούθηση της οξειδοαναγωγικής διαδικασίας.

Ξενοβιοτικών ουσιών και Redox Μεταβολισμός

Όλοι οι οργανισμοί συνεχώς εκτεθειμένοι σε ενώσεις που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα τρόφιμα και θα είναι επιβλαβής σε περίπτωση που έχουν συγκεντρωθεί από τα κύτταρα, καθώς δεν έχουν μεταβολική λειτουργία. Αυτές οι δυνητικά βλαβερές ουσίες που ονομάζονται ξενοβιοτικών ουσιών. Οι ξενοβιοτικών ουσιών όπως τα συνθετικά ναρκωτικά, τα δηλητήρια και τα φυσικά αντιβιοτικά αποτοξινωθεί από ένα σύνολο ξενοβιοτικών-τα ένζυμα μεταβολισμού. Στους ανθρώπους, αυτές περιλαμβάνουν το κυτόχρωμα P450 οξειδάσες, UDP-γλυκουρονοσυλομεταγραφάσες, και γλουταθειόνης "S"-τρανσφεράσες. Αυτό το σύστημα των ενζύμων πράξεις σε τρία στάδια για την οξείδωση των κατ'αρχάς την ξενοβιοτικών (φάση I) και στη συνέχεια συζευγμένο υδατοδιαλυτό ομάδες πάνω στο μόριο (φάση II). Το τροποποιημένο υδατοδιαλυτό ξενοβιοτικών μπορούν στη συνέχεια να αντληθεί από τα κύτταρα και σε πολυκύτταρους οργανισμούς, μπορεί να μεταβολίζεται περαιτέρω προτού αποβάλλεται (φάση III). Στην οικολογία, οι αντιδράσεις αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές σε μικροβιακή βιοαποδόμηση των ρύπων και η βιολογική αποκατάσταση του μολυσμένου εδάφους και οι πετρελαιοκηλίδες. Πολλές από αυτές τις μικροβιακές αντιδράσεις είναι κοινές με πολυκύτταρους οργανισμούς, αλλά οφείλεται στην απίστευτη ποικιλία των τύπων μικροβίων που αυτοί οι οργανισμοί είναι σε θέση να αντιμετωπίσει ένα πολύ ευρύτερο φάσμα των ξενοβιοτικών ουσιών από πολυκύτταρους οργανισμούς, και μπορεί να υποβαθμίσει ακόμη και τους έμμονους οργανικούς ρύπους, όπως organochloride ενώσεις.

Ένα συναφές πρόβλημα για αερόβιοι οργανισμοί είναι το οξειδωτικό στρες. Εδώ, συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών οξειδωτική φωσφορλίωση και το σχηματισμό των δεσμών δισουλφιδίου κατά τη διάρκεια της αναδίπλωσης των πρωτεϊνών παράγει αντιδραστικά είδη οξυγόνου, όπως υπεροξειδίου του υδρογόνου. Αυτές οι καταστροφικές οξειδωτικά αφαιρεθεί από μεταβολίτες αντιοξειδωτικών, όπως η γλουταθειόνη και ένζυμα όπως η καταλάση και υπεροξειδάσες.

4.4 ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Αλατότητα και θαλασσινό νερό

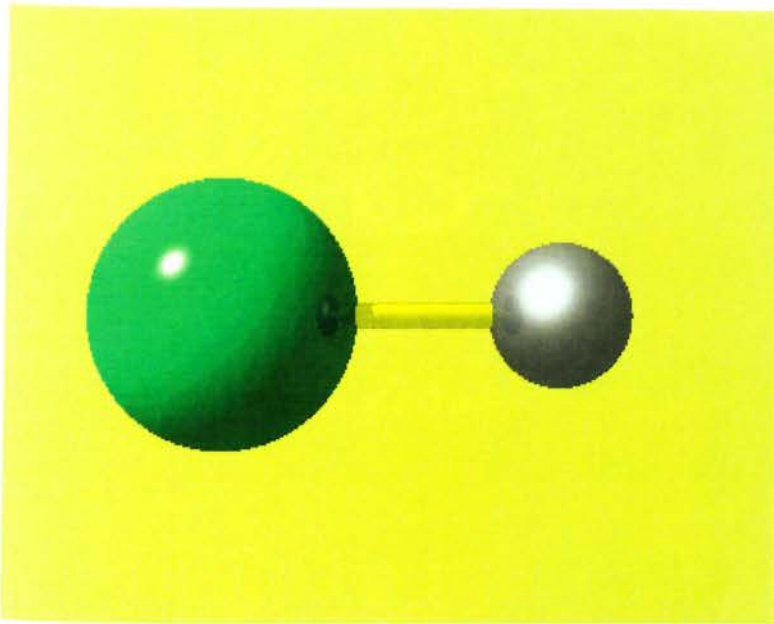
Σε αυτό το κείμενο θα γίνει σύνδεση μεταξύ θαλασσινού νερού και αλατότητας...



Το αλάτι της θάλασσας χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο στις τροφές διότι τους προσδίδει μία ιδιαίτερη νοστίμια!

Το νερό της θάλασσας είναι νερό στο οποίο βρίσκεται διαλυμένη μία ποικιλία στερεών και αερίων. Εδώ θα γίνει αναφορά στα στερεά.

Πολλοί λέμε ότι η θάλασσα έχει αλάτι και εννοούμε το γνωστό σε μας χλωριούχο νάτριο (κοινή ονομασία: άλας). Πόσο κοντά στην πραγματικότητα είναι αυτό; Πάρα πολύ κοντά. Το αλάτι αποτελείται από ιόντα χλωρίου και νατρίου και επειδή αυτά βρίσκονται σε υψηλές ποσότητες στο θαλασσινό νερό έτσι και το αλάτι υφίσταται σε υψηλές συγκεντρώσεις. Υπάρχουν όμως συγκεντρώσεις και άλλων ιόντων σε μικρότερο βαθμό από τη συγκέντρωση του άλατος οι οποίες αν δεν υπήρχαν δε θα είχαν επιβιώσει οι οργανισμοί. Επομένως όταν λέμε το αλάτι της θάλασσας εννοούμε το χλωριούχο νάτριο καθώς και όλα τα υπόλοιπα ιόντα.



Το χλωριούχο νάτριο ή αλλιώς άλας

Επομένως, το αλάτι (ιόντα χλωρίου και νατρίου) καθώς και άλλα ιόντα (π.χ. θεικών, μαγνησίου, ασβεστίου, καλίου, βρωμίου, στρουντίου κ.α) αποτελούν την αλατότητα της θάλασσας, δηλαδή τη συνολική ποσότητα διαλυμένου στερεού υλικού.

Τα κύρια συστατικά που απαρτίζουν το 99,28% του βάρους του στερεού υλικού (άλατος) είναι τα:

ιόντα χλωρίου (55,04 %)

ιόντα νατρίου (30,61 %)

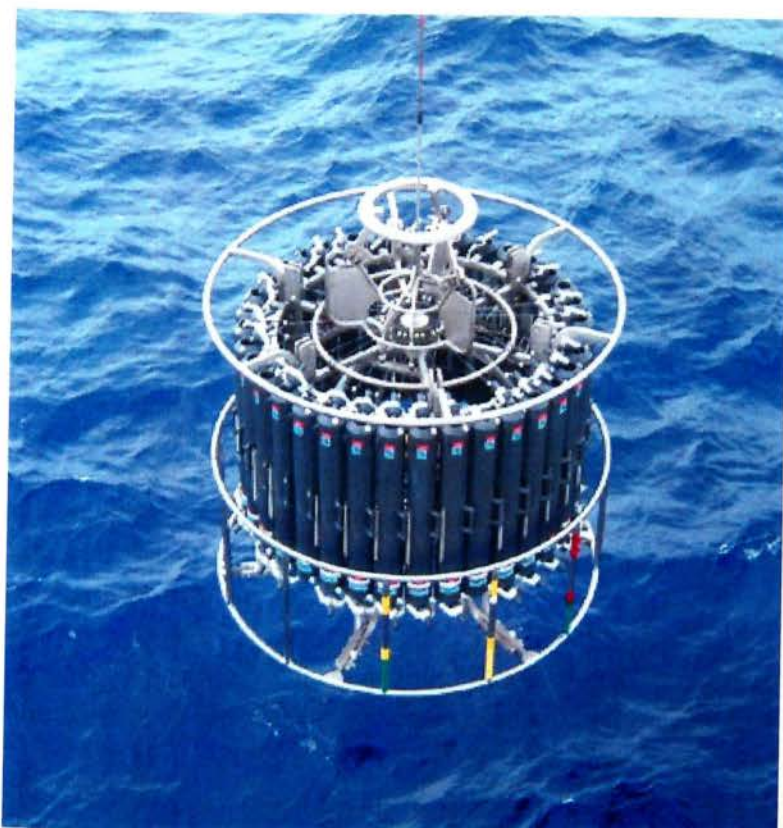
θεικές ρίζες (7,68 %)

ιόντα μαγνησίου (3,69%)

ιόντα καλίου (1,16%)

ιόντα ασβεστίου (1,10%)

Να ένας ορισμός που δόθηκε για την αλατότητα: “Το συνολικό ποσό των διαλυμένων υλικών που βρίσκονται σε 1 κιλό θαλασσινού νερού”. Αυτός ο ορισμός όμως δεν είναι ακριβής υπάρχει και άλλος ένας ορισμός ο οποίος είναι πιο επιστημονικός και είναι ο εξής: “Αλατότητα είναι το συνολικό ποσό στερεών υλικών του θαλασσινού νερού όταν όλες οι ανθρακικές ρίζες έχουν μετατραπεί σε οξείδια, το βρώμιο και το ιώδιο έχουν αντικατασταθεί από χλώριο και όλα τα οργανικά υλικά έχουν πλήρως οξειδωθεί”



Το CTD καθώς βυθίζεται στη θάλασσα.

Σε 1 κιλό θαλάσσινου νερού περιέχονται 35 γραμμάρια διαλυμένων στερεών (άλατος δηλαδή).

Αρχικά ήταν πολύ δύσκολο να μετρηθεί η συγκέντρωση της αλατότητας. Οι ωκεανογράφοι χρησιμοποίησαν πολλούς τρόπους για να την προσδιορίσουν, όμως δεν ήταν και πολύ ακριβείς. Σήμερα όμως η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η μέθοδος μέτρησης της αλατότητας διαμέσου της αγωγιμότητας (conductivity). Χρησιμοποιείται ένα ειδικό όργανο το οποίο ονομάζεται CTD (Conductivity Temperature Depth), το οποίο μετρά την αγωγιμότητα και μετά υπολογίζει την αλατότητα.



Πυκνότητα (Density)

Το θαλασσινό νερό είναι βαρύτερο από το γλυκό, λόγω του αλατιού που περιέχει, το οποίο αυξάνει το ειδικό βάρος του νερού. Για την μέτρηση της πυκνότητας χρησιμοποιούμε συνήθως πυκνόμετρο ή ρεφρακτόμετρο. Η πυκνότητα του νερού σε άλατα επηρεάζεται από την θερμοκρασία του. Στους 25° C η πυκνότητα ενός θαλασσινού ενυδρείου κυμαίνεται από 1.022 έως 1.025.

Το θαλασσινό νερό έχει συνήθως πυκνότητα μεταξύ 1.023-1.027 ανάλογα με την γεωγραφική προέλευση του. Σε περιοχές στις οποίες κατά περιόδους η εξάτμιση του νερού είναι έντονη και ο όγκος νερού σχετικά περιορισμένος η πυκνότητα μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο και να αγγίξει τιμές της τάξης του 1.035. Η πυκνότητα του νερού συνεπώς επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την εξάτμιση, καθώς μόνο καθαρό νερό εξατμίζεται και τα άλατα παραμένουν στο ενυδρείο, αυξάνοντας έτσι την πυκνότητα.

Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να προσθέτουμε συχνά γλυκό νερό για να διατηρήσουμε την πυκνότητα σε σταθερό επίπεδο. Μην περιμένετε μέχρι να πέσει πολύ η στάθμη. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του νερού, τόσο πιο έντονο είναι το φαινόμενο της εξάτμισης. Φυσικά στη φύση η πυκνότητα πέφτει κοντά στις εκβολές ποταμών όπου γλυκό νερό χύνεται στη θάλασσα. Είναι πολύ σημαντικό να διατηρούμε την πυκνότητα του νερού όσο πιο σταθερή γίνεται (με απόκλιση μία μονάδας π.χ. 1.022-1.023).

Αλατότητα (Salinity)

Αλατότητα ονομάζεται η συγκέντρωση αλατιού σε μια συγκεκριμένη ποσότητα νερού. Ένα λίτρο θαλασσινού νερού περιέχει 35 γραμμάρια διαλυμένων αλάτων. Η αλατότητα διαφέρει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή, για τους ίδιους λόγους που αναφέραμε παραπάνω.

4.5 ΟΞΥΓΟΝΟ

Συγκέντρωση οξυγόνου στο νερό



Ο εμπλουτισμός των υδάτινων μαζών της γης σε οξυγόνο γίνεται με δύο τρόπους. Με την διάχυση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στο νερό ή με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης από τα ανώτερα υδρόβια φυτά και το φυτοπλαγκτόν. Το νερό όπως όλοι οι διαλύτες έχει την ιδιότητα να διαλύει τα ατμοσφαιρικά αέρια και μάλιστα το πράττει πολύ αποτελεσματικά.

Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό εξαρτάται κυρίως από την θερμοκρασία, την αλατότητα και την ατμοσφαιρική πίεση. Ωστόσο υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που την επηρεάζουν όπως το κλίμα, τα ρεύματα αέρα, η αφθονία οργανισμών (φωτοσυνθετικών-αερόβιων) καθώς και η αφθονία ανόργανου και οργανικού υλικού.

Στον πίνακα παρουσιάζεται η διαλυτότητα του οξυγόνου σε γλυκό και θαλασσινό νερό σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες και πίεση ενός bar.

Διαλυτότητα οξυγόνου στο νερό

Θερμοκρασία C	Γλυκό νερό: (Αλατότητα μηδενική) mg/l	Θαλασσινό νερό: (Αλατότητα 35 mg/l) mg/l
0	14,6	11,2
5	12,8	9,9
10	11,3	8,8
15	10,1	7,9
20	9,1	7,2
25	8,3	6,6
30	7,6	6,1

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό αποτελεί αναμφισβήτητο δείκτη της κατάστασης και της βιωσιμότητας του υδάτινου οικοσυστήματος. Η ανάπτυξη των περισσότερων μορφών ζωής (ζωικών, φυτικών, μυκήτων και βακτηρίων) προϋποθέτει την παρουσία οξυγόνου. Οι καύσεις των οργανικών ουσιών (κυρίως σακχάρων και λιπαρών οξέων), εξασφαλίζουν την απαραίτητη για την επιβίωση, ανάπτυξη και αναπαραγωγή ενέργεια στην πλειονότητα του έμβιου κόσμου και απαιτούν οξυγόνο. Οι υδρόβιοι οργανισμοί χρειάζονται διαφορετικά ποσά διαλυμένου οξυγόνου. Όταν τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου βρίσκονται κάτω από 3 ppm, προκαλούν στρες στους περισσότερους υδρόβιους οργανισμούς, ενώ επίπεδα κάτω από 2 ή 1 ppm δεν ευνοούν τη ζωή των ψαριών. Επίπεδα 5 ή 6 mg/l είναι συνήθως τα χαμηλότερα όρια για την ανάπτυξη και τις δραστηριότητες των υδρόβιων οργανισμών.

Αύξηση της θερμοκρασίας του νερού συνεπάγεται μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου. Καθώς η θερμοκρασία ενός διαλύματος αυξάνεται, το περιεχόμενο αέριο εκδιώκεται μέχρι να συμβεί πλήρης εξαέρωση του διαλύτη στο σημείο βρασμού. Σε σταθερή θερμοκρασία, η πίεση που ασκεί το ατμοσφαιρικό οξυγόνο στην επιφάνεια του νερού ενός υδάτινου οικοσυστήματος είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο νερό. Συνεπώς, αύξηση της ατμοσφαιρικής πίεσης αυξάνει τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντίστροφα.

4.6 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Πως διατηρούμε σταθερή την επιθυμητή θερμοκρασία στο ενυδρείο μας;



Θερμοστάτης τοποθετημένος στο εσωτερικό φίλτρο.

Κάθε ενυδρείο που φιλοξενεί τροπικά ψάρια χρειάζεται σταθερή θερμοκρασία όλο το εικοσιτετράωρο. Τα περισσότερα ψάρια απαιτούν θερμοκρασίες από 24 μέχρι 29 βαθμούς, αλλά κάθε είδος έχει τις δικές του ανάγκες σε θερμοκρασία.

Ο πιο απλός και διαδεδομένος τρόπος θέρμανσης του ενυδρείου μας είναι ο θερμοστάτης τον οποίο μπορούμε να προμηθευτούμε από οποιοδήποτε κατάστημα που πουλά ενυδρειακά είδη. Για να έχετε καλά αποτελέσματα τοποθετήστε τον θερμοστάτη (ο οποίος κολλάει στην μέσα επιφάνεια του τζαμιού με δύο βεντούζες) μέσα στο εσωτερικό φίλτρο του ενυδρείου, ώστε να βρίσκεται εκεί που υπάρχει έντονη ροή νερού και να μοιράζεται το ζεστό νερό σε όλο το ενυδρείο. Με αυτόν τον τρόπο θα κρύψετε και τον θερμοστάτη που σε αντίθετη περίπτωση θα είναι εμφανής μέσα στο ενυδρείο.

Αν δεν έχετε εσωτερικό φίλτρο, τοποθετήστε τον θερμοστάτη στο σημείο που το εξωτερικό φίλτρο επαναφέρει το νερό μέσα στο ενυδρείο. Σε αυτή την περίπτωση καλό θα ήταν να τον καλύψετε ώστε να αποφύγετε την πιθανότητα κάποια από τα ψάρια που έχουν την τάση να κολλάνε στα τζάμια (όπως οι pleco) να πάθουν εγκαύματα. Την ισχύ του την μετράμε με τα Watt. Σε γενικές γραμμές υπολογίζουμε 0.5 μέχρι 1 Watt ανά λίτρο νερού. Δεν βάζουμε πολύ ισχυρές θερμαντικές ράβδους σε μικρά ενυδρεία, γιατί σε περίπτωση βλάβης τους, δεν θέλουμε να ανέβει η θερμοκρασία σε πολύ υψηλά επίπεδα. Σε πολύ μεγάλα ενυδρεία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δύο θερμοστάτες, τοποθετώντας τον ένα στην μια άκρη και τον άλλο στην άλλη.

Πάνω στους θερμοστάτες αυτούς υπάρχει διακόπτης για να ρυθμίζουμε την θερμοκρασία, αλλά θα πρέπει να ελέγχετε οπωσδήποτε το θερμόμετρο που έχετε βάλει μέσα στο ενυδρείο (κολλάει επίσης στο τζάμι με βεντούζα, ενώ υπάρχουν και αυτοκόλλητα θερμόμετρα που κολλάνε στην εξωτερική επιφάνεια του τζαμιού) για να διαπιστώσετε αν έχετε την επιθυμητή θερμοκρασία. Προσοχή: το θερμόμετρο τοποθετήστε το μακριά από τον θερμοστάτη για να ελέγχετε την θερμοκρασία του νερού. Όταν κάνουμε αλλαγή νερού στο ενυδρείο καλό θα ήταν να αποσυνδέσουμε τον θερμοστάτη από το ρεύμα γιατί οι πιο πολλοί, αν βρεθούν έξω από το νερό, θα σπάσουν αφού το περίβλημα είναι από γυαλί.

Ψύξη

Η αύξηση της θερμοκρασίας την περίοδο που επικρατεί ζέστη, συνεπάγεται και ταυτόχρονη μεταβολή των χημικών παραμέτρων του νερού και μείωση της περιεκτικότητάς του σε οξυγόνο.

Μια ασφαλής ένδειξη ότι το νερό του ενυδρείου μας έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο είναι όταν τα ψάρια ανεβαίνουν στην επιφάνεια του νερού και ασθμαίνουν προσπαθώντας να ανασάνουν. Αν η αλλαγή της θερμοκρασίας του νερού δεν είναι μεγάλη και διαρκεί για μικρό χρονικό διάστημα (λίγες ώρες δηλαδή), τα ψάρια μας δεν θα αντιμετωπίσουν ιδιαίτερα προβλήματα, αλλά αν οι υψηλές θερμοκρασίες (κοντά ή πάνω από 30 βαθμούς Κελσίου) διατηρηθούν για μέρες, η κατάσταση γίνεται πλέον πολύ σοβαρή και τα ψάρια μας κινδυνεύουν να πεθάνουν από ασφυξία.



Ο πιο οικονομικός και σχετικά απλός τρόπος, είναι η χρήση ανεμιστήρων ψύξης ηλεκτρονικών υπολογιστών. Υπάρχουν σε πληθώρα διαστάσεων και είναι πλαστικοί οπότε δεν σκουριάζουν, ενώ λειτουργούν με χαμηλή τάση (12 volt) η οποία είναι ακίνδυνη τόσο για μας όσο και για τα ψάρια. Η πατέντα αυτή στηρίζεται συνήθως σε δύο ανεμιστήρες (και ένας κάνει δουλειά αρκεί να υπάρχει στο καπάκι του ενυδρείου έξοδος για το αέρα που βάζει ο ανεμιστήρας), οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί σε άνοιγμα του ενυδρείου (το οποίο αν δεν υπάρχει το δημιουργούμε, κόβοντας δηλαδή το καπάκι και βιδώνοντας τους εκεί). Φροντίζουμε ο ένας να βάζει αέρα στο σύστημα κι ο άλλος να βγάζει, ώστε το ρεύμα αέρα που δημιουργείται, δια του φαινομένου της εξάτμισης που παράγει, να έχει σαν αποτέλεσμα την αποβολή θερμότητας από το ενυδρείο. Με την μέθοδο του ανεμιστήρα επιτυγχάνουμε τη μείωση της θερμοκρασίας του νερού μέχρι και 4 βαθμούς Κελσίου, αλλά η θερμοκρασία που θα έχει το νερό του ενυδρείου είναι πάντα σε άμεση συνάρτηση με την θερμοκρασία του δωματίου στο οποίο βρίσκεται το ενυδρείο. Συνεπώς αν η θερμοκρασία του χώρου ανέβει πολύ ψηλά δεν θα καταφέρουμε να την ρίξουμε σε ανεκτά επίπεδα με τον ανεμιστήρα. Το πιο άμεσο μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η εξάτμιση νερού που είναι αρκετά μεγάλη (εξαρτάται από το εμβαδόν της επιφάνειας του νερού), συνεπώς θα χρειαστεί καθημερινά να συμπληρώνουμε νερό για να διατηρούμε την στάθμη στο επίπεδο που πρέπει.

Φυσικά στο εμπόριο κυκλοφορούν και επαγγελματικά συστήματα (ψύκτες νερού) ειδικά για ενυδρεία, τα οποία κάνουν εξαιρετική δουλειά (ανάλογα το μοντέλο



πάντα), χωρίς να δημιουργούν μεγάλη εξάτμιση νερού και κρατούν την θερμοκρασία σταθερή. Το μειονέκτημα τους είναι το κόστος τους, καθώς ξεκινούν (ανάλογα με τα λίτρα του ενυδρείου) από περίπου 300 € .

*Προσοχή: Τα ψυκτικά μηχανήματα έχουν από κατασκευής τους ειδικό ελεγκτή θερμοκρασίας, που ενεργοποιεί και κλείνει το μηχάνημα ανάλογα με την θερμοκρασία του νερού. Αν δεν μπορείτε να αγοράσετε ένα ψυκτικό μηχάνημα, καλό θα ήταν να προμηθευτείτε από εξειδικευμένα καταστήματα που εμπορεύονται ηλεκτρονικά είδη, έναν ελεγκτή θερμοκρασίας, ο οποίος συνδέεται με τον ανεμιστήρα και τον θερμοστάτη και βοηθά στο να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία μέσα στο ενυδρείο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Γενικές πληροφορίες σωστής λειτουργίας ενυδρείου

Ο σημαντικότερος παράγοντας για την σωστή λειτουργία ενός ενυδρείου είναι η κίνηση του νερού. Μ' αυτόν τον τρόπο έχουμε σαν αποτέλεσμα την σωστή και άμεση λειτουργία των αισθητήρων. Επίσης στο ενυδρείο η κίνηση του νερού βοηθά στη διατήρηση του βράχου και του βυθού καθαρού, στην οξυγόνωση του νερού και την διατήρηση του Ph σε σωστά επίπεδα. Ο σχεδιασμός λοιπόν της κυκλοφορίας στο ενυδρείο είναι ζωτικής σημασίας και θα πρέπει να γίνει προσεκτικά, με έμφαση στο να μην υπάρχουν «νεκρές» περιοχές

5.2 Modules (Ηλεκτρόδια - Αισθητήρες)



Ηλεκτρόδιο PH + Module

Ηλεκτρόδιο PH, με ενσωματωμένο module σύνδεσης με την κεντρική μονάδα Aquastar Basicsystem έτσι ώστε να έχουμε απεικόνιση και έλεγχο των τιμών του PH στο ενυδρείο μας.

Πέραν από τη μέτρηση του PH σημαντική παράμετρος είναι και η μετέπειτα ρύθμιση του. Για ενυδρεία γλυκού νερού, μπορούμε να συνδέσουμε μια συσκευή CO2 πάνω στο ηλεκτρονικό πολύμπριζο και ταυτόχρονα έχοντας πάρει την ένδειξη PH από το ηλεκτρόδιο, δίνουμε την εντολή μέσω της κεντρικής μονάδας έτσι ώστε η συσκευή CO2 να δουλεύει τόσο όσο χρειάζεται για να φτάσουμε το επιθυμητό επίπεδο PH. Αντίστοιχα συμβαίνει με ένα calcium reactor σε ένα θαλασσινό ενυδρείο

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ηλεκτροδίου PH :

Εύρος μέτρησης από PH 3 έως PH 13.

Ανάλυση PH σε κλίμακα του 0,01.

Τυπική απόκλιση 0,05.

Δυνατότητα ρύθμισης μέχρι και 8 διεργασιών που αφορούν το PH.

Ηχητική ειδοποίηση στο ανώτερο ή στο κατώτερο επίπεδο που έχουμε ορίσει.

Αυτόματο καλιμπράρισμα με ειδικά tests.

Στο πακέτο του ηλεκτροδίου περιλαμβάνονται τα υγρά καλιμπραρίσματα και η βάση στήριξης για το ενυδρείο.



Ηλεκτρόδιο Redox + Module

Ηλεκτρόδιο redox για έλεγχο και μέτρηση των επιπέδων redox του ενυδρείου μας, με ενσωματωμένο module σύνδεσης με την κεντρική μονάδα Aquastar Basicsystem. Απεικόνιση σε μονάδα μέτρησης mV ή rH.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ηλεκτροδίου Redox :

Εύρος μέτρησης από -300 mV έως +600 mV

Ανάλυση σε κλίμακα του 1 mV.

Τυπική απόκλιση 5 mV.

Δυνατότητα ρύθμισης μέχρι και 8 διεργασιών που αφορούν το redox.

Ηχητική ειδοποίηση στο ανώτερο ή στο κατώτερο επίπεδο που έχουμε ορίσει.

Αυτόματο καλιμπράρισμα με ειδικά τέστ.

Στο πακέτο του ηλεκτροδίου περιλαμβάνονται το υγρό καλιμπραρίσματος 230 mV καθώς επίσης και η βάση στήριξης για το ενυδρείο.



Αισθητήρας Αλατότητας + Module



Αισθητήρας μέτρησης αλατότητας του νερού, με ενσωματωμένο module σύνδεσης με την κεντρική μονάδα Aquastar Basicsystem. Απαραίτητο εργαλείο για ενυδρεία θαλασσινού νερού, αλλά και χρήσιμο εργαλείο για ενυδρεία γλυκού νερού εάν θέλουμε να ελέγχουμε την σκληρότητα του νερού. Στα ενυδρεία γλυκού νερού η απεικόνιση σε μονάδα μέτρησης είναι σε $\mu\text{S}/\text{cm}$, ενώ σε ενυδρεία θαλασσινού νερού υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης σε mS/cm .

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Αισθητήρα Αλατότητας :

Εύρος μέτρησης από $10 \mu\text{S}$ έως 1mS με ανάλυση σε κλίμακα του $1 \mu\text{S}$ και τυπική απόκλιση $10 \mu\text{S}$.

Εύρος μέτρησης από 1mS έως 100mS , ανάλυση σε κλίμακα του 0.1mS και τυπική απόκλιση 0.2mS .

Αυτόματο καλιμπράρισμα με ειδικό τεστ.

Ηχητική ειδοποίηση αν η αλατότητα ξεπεράσει το ανώτατο ή το κατώτατο επίπεδο.

Υψηλής ποιότητας κατασκευής αισθητήρας με 4 μεταλλικά ηλεκτρόδια.

Στο πακέτο του αισθητήρα περιλαμβάνονται τα υγρά καλιμπραρίσματα καθώς επίσης και η βάση στήριξης του αισθητήρα για το ενυδρείο.

Αισθητήρας Θερμοκρασίας + Module



Αισθητήρας θερμοκρασίας υψηλής ακρίβειας και υψηλής ποιότητας κατασκευής, με ενσωματωμένο module σύνδεσης με την κεντρική μονάδα Aquastar Basicsystem. Ένας αισθητήρας απαραίτητος για όλα τα ενυδρεία.

Σε συνδυασμό με τη χρήση του αισθητήρα θερμοκρασίας μπορείτε να συνδέσετε έναν ή περισσότερους θερμοστάτες ή και κλιματιστικά (chiller) και ανεμιστήρες πάνω στο ηλεκτρονικό πολύμπριζο Aquastar και να ρυθμίσετε, μέσω της κεντρικής μονάδας, την περίοδο λειτουργίας όλων αυτών των συσκευών έτσι ώστε να έχετε πλήρη έλεγχο της θερμοκρασίας χειμώνα καλοκαίρι.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Αισθητήρα Θερμοκρασίας :

Εύρος μέτρησης από 0 °C έως 50 °C .

Ανάλυση θερμοκρασίας σε κλίμακα του 0,05 °C .

Τυπική απόκλιση 0,15 °C .

Χητική ειδοποίηση αν η θερμοκρασία ξεπεράσει το ανώτατο ή το κατώτατο επίπεδο.

Υψηλής ποιότητας κατασκευής αισθητήρας.



Αισθητήρας Στάθμης Νερού + Module



Ηλεκτρονικός αισθητήρας στάθμης νερού για αυτόματη αναπλήρωση νερού στο ενυδρείο μας, με ενσωματωμένο module σύνδεσης με την κεντρική μονάδα Aquastar Basicsystem. Διαθέτει οπτικό αισθητήρα με μικροεπεξεργαστή καθώς επίσης παρέχει ηχητική ειδοποίηση αν ο χρόνος αναπλήρωσης ξεπεράσει το φυσιολογικό.

Συνδέοντας μια αντλία Aquastar ή μια οποιαδήποτε αντλία της επιλογής σας πάνω στο ηλεκτρονικό πολυμπριζο Aquastar, μπορείτε με τη χρήση αυτού του αισθητήρα και με τις κατάλληλες ρυθμίσεις στη κεντρική μονάδα να απαλλαγείτε από τις χρονοβόρες αλλαγές νερού ή από την συμπλήρωση νερού κάθε φορά που το νερό εξατμίζεται.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Αισθητήρα Στάθμης Νερού :

Έλεγχος μέχρι και 8 διεργασιών που αφορούν την στάθμη νερού του ενυδρείου.

Ηχητική ειδοποίηση αν ο χρόνος αναπλήρωσης ξεπεράσει το φυσιολογικό επίπεδο που θεωρείτε εσείς. Οπτικός αισθητήρας υψηλής κατασκευής, με τεράστια αντοχή στην πίεση του νερού και στις άλγες που αναπτύσσονται μέσα στο ενυδρείο.



Ηλεκτρόδιο Οξυγόνου + Module



Ηλεκτρόδιο μέτρησης του επιπέδου οξυγόνου στο ενυδρείο μας, με ενσωματωμένο module σύνδεσης με την κεντρική μονάδα Aquastar Basicsystem. Χρήσιμος τόσο για ενυδρεία γλυκού νερού όσο και για ενυδρεία θαλασσινού νερού. Δυνατότητα απεικόνισης σε mg/l ή σε ποσοστό % .

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ηλεκτροδίου Οξυγόνου :

Εύρος μέτρησης από 0 έως 150%, 0 έως 20 mg/l .

Τυπική απόκλιση 2 %.

Ηχητική ειδοποίηση στο ανώτερο ή στο κατώτερο επίπεδο που έχουμε ορίσει.

Υψηλή ποιότητα κατασκευής με μέσο χρόνο ζωής τα δύο χρόνια.



Αισθητήρας Ατμοσφαιρικής Πίεσης + Module



Αισθητήρας μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης του αέρα, με ενσωματωμένο module σύνδεσης με την κεντρική μονάδα Aquastar Basicsystem. Απευθύνεται κυρίως σε κατόχους θαλασσινών ενυδρείων. Εξασφαλίζει την σωστή μέτρηση του επιπέδου οξυγόνου καθώς αν στις μετρήσεις επιπέδου οξυγόνου δεν λάβουμε υπόψη την ατμοσφαιρική πίεση, μπορεί να έχουμε σημαντικές αποκλίσεις απο την φυσιολογική τιμή.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Αισθητήρα Ατμοσφαιρικής Πίεσης :

Αυτόματη συμπίεση αέρα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή μέτρηση οξυγόνου.

Εύρος μέτρησης από 200 mbar έως 1050 mbar.

Οθόνη Απεικόνισης LCD



Η οθόνη αυτή αποτελεί την απεικόνιση όλων των στοιχείων που συλλέγονται και επεξεργάζονται από τη κεντρική μονάδα και τα περιφερειακά. Με καθαρή παρουσίαση, σας ενημερώνει όλο το 24ωρο για την κατάσταση του ενυδρείου σας. Μπορεί να ενσωματωθεί σε οποιαδήποτε κατασκευή (π.χ βάση του ενυδρείου) ή ακόμα και στον τοίχο. Συνδέεται με την κεντρική μονάδα Aquastar Basicsystem.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά :

Περιλαμβάνει εύχρηστη βάση στήριξης & μπορεί να ενσωματωθεί οπουδήποτε.

Εξωτερικές διαστάσεις (μαζί με το πλαίσιο) : 74 mm (Υ) x 111 mm (Μ) x 39 mm (Π).

Καθαρή απεικόνιση των στοιχείων, με ενσωματωμένο φωτισμό.

Εναλλαγή των στοιχείων που συλλέγονται απο το ενυδρείο και την κεντρική μονάδα.

Ηχητική ειδοποίηση αν κάποια παράμετρος του ενυδρείου παρεκκλίνει.

Μεγάλη γωνία θέασης.

Μπλέ panel.



Κεντρική Μονάδα Aquastar Basicsystem

Aquastar Basicsystem



Η κεντρική μονάδα Aquastar Basicsystem είναι η "καρδια" του συστήματος. Πρόκειται για το κέντρο ελέγχου, αφού πάνω της μπορούμε να συνδέσουμε ηλεκτρόδια, αισθητήρες αλλά και όποια περιφερειακή συσκευή (αντλίες, φωτιστικά συστήματα κτλ) επιθυμούμε, έτσι ώστε να αυτοματοποιήσουμε τις λειτουργίες ελέγχου & μέτρησης των παραμέτρων του νερού αλλά και να απλοποιήσουμε τις διαδικασίες συντήρησης ενός ενυδρείου. Ενδείξεις όπως **θερμοκρασία, pH, redox, αγωγιμότητα, οξυγόνο, ατμοσφαιρική πίεση, στάθμη νερού** και πολλά άλλα, ελέγχονται μόνιμα και ρυθμίζονται από την κεντρική αυτή μονάδα.

Το Aquastar Basicsystem, μεταξύ άλλων, προσφέρει :

- Σύνδεση μέχρι και οχτώ (8) αισθητήρων, ανεξαρτήτου συνδυασμού.
- Σύνδεση μέχρι και δεκαέξι (16) ηλεκτρονικών συσκευών ρεύματος.
- Δυνατότητα χρήσης dimmable ηλεκτρονικών συσκευών.
- Αποθήκευση των δεδομένων που έχετε εισάγει σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, χάρην στη μπαταρία που διαθέτει.
- Σύνδεση με υπολογιστή, για ανάλυση και προβολή των ενδείξεων του ενυδρείου σας.
- Δυνατότητα αναβάθμισης λογισμικού μέσω flash μνήμης.
- Αυτόματη αναγνώριση των αισθητήρων που συνδεόνται πάνω του.
- Προσομοίωση ανατολής - δύσης.

Προσομοίωση κύκλου φεγγαριού.
Προσομοίωση κυμάτων επιφάνειας
Ειδική οθόνη απεικόνισης και εύχρηστο μενού.
Αλάρμ ήχου για ειδοποίηση.
Απεικόνιση ώρας και ημερομηνίας.
Λειτουργίες χρονοδιακόπτη.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Διαστάσεις : 24 cm x 13.5 cm x 3.5 cm

Κατανάλωση ενέργειας : 5W max.

Επεξεργαστής : INTEL 80C535

Μνήμη RAM : 128 kbyte

Αποθηκευτική μνήμη : 64 kbyte flash

Είσοδοι : 8 είσοδοι για οποιονδήποτε από τους αισθητήρες
Aquastar

1 είσοδος τροφοδοσίας ρευματος της κεντρικής μονάδας

Απεικόνιση : LC-Display 2 x 16 χαρακτήρων, φωτιζόμενη



5.3 Κόστος και παρελκόμενα

Για την κατασκευή ενός ενυδρείου εκτός από τα ηλεκτρόδια και τον ελεγχό τους (κόστος γύρω στα 2000 ευρώ) χρειαζόμαστε και τον φωτισμό ο οποίος θα είναι φθορίου ή ακόμη καλύτερα led (κόστος από 500 ευρώ) και ο οποίος είναι dimmable για την εξομίωση πραγματικών συνθηκών φωτισμού. Τέλος τα υλικά για την κατασκευή του ενυδρείου εξαρτώνται από το μέγεθος και από την χρήση όπου προορίζονται.







ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Οι πηγές των πληροφοριών που αφορούν οδηγίες, τεχνικές προδιαγραφές, χρήσιμες συμβουλές, άρθρα, γραφικά, εικόνες και σχεδιαγράμματα που παραθέτω στις σελίδες:

- Εργαλεία - Τι πρέπει να γνωρίζετε
- Κατασκευές
- Μαστορέματα
- Φτιάξτο μόνος σου
- Φτιάξτο μόνος σου Κατασκευές

οι εταιρίες:

Macon, Makita, Bosch, Dewalt, Black & Decker, ,Varo, Elto, Kende, Solter, Maschinen, Hilti, Am-Tech, Snap-on, Facom, Stayer, Unior, Stanley, Irwin, Ius, Sintra, Vechro, Benjamin Moore, Crown, Cosmos Lac, Er-Lac, Isomat, Sika, Knauf, 3M, Den Braven, Henkel, Durostick

Σύνδεσμοι (Links) για τους ιστοχώρους των παραπάνω εταιριών:

[macon](#), [makita](#), [Bosch](#), [Dewalt](#), [Black & Decker](#), [Varo](#), [Elto](#), [Kende](#), [Solter](#), [Elektro Maschinen](#), [Hilti](#), [Am-Tech](#), [Snap-on](#), [Facom](#), [Stayer](#), [Unior](#), [Stanley](#), [Irwin](#), [Ius](#), [Sintra](#), [Vechro](#), [Benjamin Moore](#), [Crown](#), [Cosmos Lac](#), [Er-Lac](#), [Isomat](#), [Sika](#), [Knauf](#), [3M](#), [Den Braven](#), [Henkel](#), [Durostick](#)

οι ιστοσελίδες:

<http://www.monosimacon.blogspot.com>

<http://mastoremata-online.blogspot.com>

<http://www.panpsix.com>

<http://www.panpsix.gr>

<http://www.youtube.com>

<http://www.google.com>

<http://www.yahoo.gr>

<http://www.iks-aqua.gr>

<http://www.hannagreece.gr>

<http://www.hannainst.com>

<http://www.hanna-france.com>

<http://www.abyssos.gr>

<http://www.amazonios.gr>

<http://www.enydreio.com>

<http://www.tsamisaquarium.gr>

<http://www.aquatek.gr>

<http://www.hydrocosmos.gr>

Οι πηγές:

Glencoe high school books, Biology , Chemistry, Earth science

The complete aquarium Guide, Original title: Le Grand Guide de l'Aquarium, 1995,
ATP - Chamalieres - France

Fenner, Robert M. The conscientious marine aquarist, T.F.H. Publications 1998

Αριανούτσου, Οικονόμου, Κουμπλή, Ρουσομουστακάκη., Γενική Οικολογία, Εθνικό
και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 2003

Καραγκούνη-Κύρτσου, Αμαλία. Μικροβιολογία. Εκδόσεις Σταμούλης Αθήνα 1999

Madigan, Martinko, Parker., Βιολογία των μικροοργανισμών τόμος Ι και ΙΙ,
Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Nybakken James W. Θαλασσια Βιολογία. Εκδόσεις Ίων, 2005

Αλέπορου-Μαρίνου β., Αργυροκαστρίτης α., Κομητοπούλου α., Πιαλόγλου π.,
Σγουρίτσα β. Βιολογία θετικής κατεύθυνσης Γ' τάξης Ενιαίου Λυκείου, Έκδοση Ζ',
ΟΕΔΒ, 2006

Βιολογία Γενικής Παιδείας Γ' τάξης Ενιαίου Λυκείου, Έκδοση Ζ', ΟΕΔΒ, 2006

Cleveland P. *Hickman*, Larry S. Roberts, Allan Larson *Ζωολογία*. Ολοκληρωμένες
αρχές, Εκδόσεις Ίων 2005

Αισθητήρες μετρησης και ελεγχου , Elgar P., Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ (Μεταφρασμένο)
Μικροαισθητήρες, αρχές και εφαρμογές , Gardner J., Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ
(Μεταφρασμένο)