

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ & ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ

ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΣΕ ΥΔΑΤΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ

GUIDELINES AND STANDARD PROCEDURES
FOR MONITORING OF WATER RESOURCES

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ : Π. ΣΕΦΕΡΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Π. ΣΟΥΠΙΟΣ

ΧΑΝΙΑ 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<i>Περίληψη</i>	3
<i>1. Εισαγωγή</i>	5
1.1 Σκοπός και αντικείμενο	5
<i>2. Ποιότητα νερού - παρακολούθηση θέσης</i>	7
2.1 Επιλογή θέσης παρακολούθησης	7
2.2 Τύποι συστημάτων παρακολούθησης & ελέγχου	7
2.3 Τύποι αισθητήρων	12
2.3.1 Θερμοκρασία	12
2.3.2 Αγωγιμότητα	13
2.3.3 Μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στις δύο διαστάσεις	14
2.3.3.1 Προγράμματα Επεξεργασίας Δεδομένων Υπαίθρου	15
2.3.3.2 Εξοπλισμός	15
2.3.3.3 Προγραμματισμός και λήψη μετρήσεων γεωφυσικής διασκόπησης	15
2.3.3.4 Αποτελέσματα	17
2.3.4 Διαλυμένο οξυγόνο	19
2.3.5 pH	20
2.3.6 Θολρότητα	21
2.4 Κριτήρια αποδοχής οργάνων	22
2.5 Επιλογή θέσης	23
2.6 Τοποθέτηση των αισθητήρων σε τομές ποταμών	26
<i>3. Βαθμονόμηση μετρήσεων</i>	29
3.1 Θερμοκρασία	29
3.2 Αγωγιμότητα	29
3.3 Διαλυμένο οξυγόνο	30
3.4 pH	31
3.5 Θολρότητα	32
<i>4. Διαδικασία παρακολούθησης των σταθμών</i>	33
4.1 Συντήρηση	33
4.2 Διερεύνηση- Έλεγχος αισθητήρων	34
4.3 Κριτήρια βαθμονόμησης οργάνων	35
4.4 Καθαρισμός αισθητήρων πεδίου	37
4.5 Βαθμονόμηση των αισθητήρων στον τόπο μέτρησης	39
4.5.1 Αισθητήρες θερμοκρασίας	39
4.5.2 Αισθητήρες ειδικής αγωγιμότητας	40
4.5.3 Αισθητήρες διαλυμένου οξυγόνου	41
4.5.4 Αισθητήρες pH	42
4.5.5 Αισθητήρες θολρότητας	44
4.6 Μετρήσεις σε κάθετη τομή	45
4.7 Διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων κατά την επίσκεψη στην ύπαιθρο	46
4.8 Φόρμα καταγραφής δεδομένων υπαίθρου και οργάνου	46
<i>5. Επεξεργασία μετρήσεων υπαίθρου</i>	49
5.1 Διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων	49
5.1.1 Αρχική αξιολόγηση των δεδομένων	50
5.1.2 Εφαρμογή των διορθώσεων και της μετάθεσης των δεδομένων	51
5.1.2.1 Διορθώσεις που έχουν σχέση με την ρύπανση	53
5.1.2.2 Μετάθεση των δεδομένων	55
5.1.3 Αξιολόγηση και εφαρμογή διορθώσεων σε κάθετες τομές	57

5.1.4 Τελική αξιολόγηση των δεδομένων των καταγραφών.....	58
5.1.4.1 Μέγιστο επιτρεπτό όριο για την καταγραφή και παρουσίαση δεδομένων συνεχούς καταγραφής	59
5.1.4.2 Κριτήρια επιλογής για την δημοσίευση των αποτελεσμάτων.....	60
5.2 Προετοιμασία για τη τελική παρουσίαση και δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων... ..	61
5.2.1 Έλεγχος των καταγραφών	62
5.2.2 Περιγραφή των σταθμών.....	62
5.2.3 Ανάλυση του σταθμού	62
5.2.4 Περιεχόμενα της τελικής τεχνικής έκθεσης παρουσίασης των αποτελεσμάτων ..	63
5.2.5 Τεχνική έκθεση	63
5.2.6 Επίπεδο ελέγχου των καταγραφών	64
6. Συμπεράσματα	65
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	67
<i>ABSTRACT</i>	71
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – Παράδειγμα ορθού υπολογισμού του μέσου pH</i>	73
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 – Περιγραφή Σταθμού Παρατήρησης</i>	74
Παράρτημα 2Α- Περιεχόμενα περιγραφής σταθμού	74
Παράρτημα 2Β - Παράρτημα περιγραφής σταθμού παρατήρησης του ποταμού Κολούμπια στο Oregon των Η.Π.Α.	75
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 – Ανάλυση των χαρακτηριστικών του σταθμού παρατήρησης</i>	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3Α – Περιεχόμενα της ανάλυσης του σταθμού παρατήρησης.....	79
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 – Ανάλυση των χαρακτηριστικών του σταθμού παρατήρησης</i>	80
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3Β – Παράδειγμα της περιγραφής των περιεχομένων ενός σταθμού μέτρησης της θερμοκρασίας στο ποταμό Κολούμπια στο Ορεγκον.....	80
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 – Πρότυπο φύλλο ελέγχου των ποιοτικών στοιχείων όπως προτάθηκε από το Ινστιτούτο γεωλογικών ερευνών των ΗΠΑ.</i>	82
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5- Επίδραση της θερμοκρασίας στις πρότυπες τιμές του pH</i>	85
(αναφέρεται σε βιομηχανικές προδιαγραφές).....	85
[°C, βαθμοί Κελσίου, όλες οι τιμές pH είναι στις πρότυπες μονάδες pH]	85
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6 – Επίλυση προβλημάτων που παρουσιάζονται κατά τη συνεχή παρακολούθηση φυσικοχημικών παραμέτρων στο νερό.</i>	87
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7- Παράδειγμα από ένα ADARS πίνακα δεδομένων</i>	89
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8 – Παράδειγμα εφαρμογής μεταβλητής διόρθωσης</i>	91
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 9 – Παράδειγμα ενός τυπικού δελτίου παρακολούθησης ενός σταθμού</i>	92
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 10 – Παράδειγμα ενός πρότυπου δελτίου παρουσίασης μετρήσεων σε ετήσια βάση</i>	93
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 11- Πίνακας διόρθωσης των μετρήσεων με την εφαρμογή της μεταβλητής μετάθεσης</i>	96
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 12 – Πίνακας διόρθωσης των μετρήσεων με την εφαρμογή επιπέδου μετάθεσης</i>	97
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 13Α – Παράδειγμα ημερήσιας καταγραφής της ειδικής αγωγιμότητας για ένα υδρολογικό έτος</i>	98
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 13Β – Παράδειγμα ημερήσιας καταγραφής της ειδικής αγωγιμότητας για ένα υδρολογικό έτος</i>	100
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 13Γ – Παράδειγμα ημερήσιας καταγραφής της ειδικής αγωγιμότητας για ένα υδρολογικό έτος</i>	102
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 14 – Απεικόνιση ενός υδρογραφήματος αποφόρτισης</i>	104
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 15 – Παράδειγμα απεικόνισης της χρονικής μεταβολής της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας</i>	105

Περίληψη

Το Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών των Η.Π.Α (U.S.G.S. – United States Geological Survey) χρησιμοποιεί ένα σύστημα συνεχούς παρακολούθησης των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού με σκοπό τον έλεγχο της μεταβλητότητας στην ποιότητα του νερού σε παγκόσμιο επίπεδο. Ένα κοινό μετρητικό σύστημα εγκατάστασης για λήψη δεδομένων είναι ένα τετραπαραμετρικό σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας του νερού, το οποίο συλλέγει θερμοκρασία, αγωγιμότητα, διαλυμένο οξυγόνο, pH, όπως επίσης τιμές για θολερότητα ή χλωροφύλλη. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις των παραμέτρων που προαναφέρθηκαν απαιτούν προσεχτική εργασία υπαίθρου, καθάρισμα, διαδικασίες βαθμονόμησης όπως και διαδικασίες που αφορούν τους υπολογισμούς και την δημοσιοποίηση των τελικών αποτελεσμάτων.

Δεδομένα από τους αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με δείγματα και χημικές αναλύσεις για να υπολογιστούν χημικά φορτία. Αυτή η εργασία παρέχει τις βασικές οδηγίες για, α) την κατάλληλη επιλογή θέσεων αξιολόγησης, β) την τελική επιλογή των μεθόδων ελέγχου και βαθμολόγησης των αισθητήρων μέτρησης, γ) τις συνήθειες εργασίες υπαίθρου, δ) την διόρθωση σφαλμάτων, ε) την αριθμητική ανάλυση των δεδομένων και τέλος στ) τη τελική παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Αυτοί οι τρόποι χρησιμοποιούνται πάνω από τρεις δεκαετίες και συνεχίζουν συμπεριλαμβάνοντας και νέες τεχνολογίες.

1. Εισαγωγή

Καθώς η ποιότητα του νερού αλλάζει με το χρόνο είναι αναγκαία η επαναλαμβανόμενη μέτρηση των παραμέτρων του νερού για τον χαρακτηρισμό της μεταβλητότητας της ποιότητας. Όταν το χρονικό διάστημα μεταξύ επαναλαμβανόμενων μετρήσεων είναι αρκετά μικρό, τα αποτελέσματα της ποιότητας νερού μπορούν να θεωρηθούν συνεχή. Το όργανο που εκτελεί τέτοιου είδους μετρήσεις ονομάζεται: συνεχής καταγραφέας ποιότητας νερού. Αυτοί οι καταγραφείς έχουν αισθητήρες και συστήματα καταγραφής για να μετράνε τις φυσικές και χημικές ιδιότητες της ποιότητας του νερού σε διακριτά χρονικά διαστήματα σε συγκεκριμένες θέσεις. Η παρακολούθηση της ποιότητας του νερού μέσω ενός μετρητικού συστήματος δίνει την δυνατότητα συνεχούς παρακολούθησης των ιδιοτήτων του νερού οι οποίες μέσω τηλεμετρίας μπορούν να συλλεχθούν στο εργαστήριο και κατόπιν να δημοσιοποιηθούν ακόμα και στο διαδίκτυο. Η μέτρηση της ποιότητας του νερού παρέχει μια πλήρη καταγραφή αλλαγών στην ποιότητα του νερού ενώ μας παρέχει τη δυνατότητα τα δεδομένα αυτά να χρησιμοποιηθούν και για τον υπολογισμό της μεταβολής των φορτίων (μικροβιακών κ.α). Επίσης, τα δεδομένα από τους αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την αντικατάσταση των παλαιότερων μετρήσεων οι οποίες διορθώνονται μέσω διαδικασιών παλινδρόμησης για τον υπολογισμό των νέων διορθωμένων διακριτών χημικών παραμέτρων. Η σύγχρονη τεχνολογία στους αισθητήρες οδήγησε στη λήψη περισσότερων παραμέτρων απ' αυτών που λαμβάνονταν στο παρελθόν και μάλιστα με εξαιρετικά αυξημένη ακρίβεια.

1.1 Σκοπός και αντικείμενο

Αυτή η εργασία παρουσιάζει τις βασικές οδηγίες και τις διαδικασίες για την επιλογή θέσης και τη συνεχή παρακολούθηση ποιότητα νερού, την επί τόπου διαδικασία αξιολόγησης των καταγραφών και την αριθμητική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η βασική οδηγία καθοδηγεί τον επιστήμονα να προχωρήσει την έρευνά του με τις μικρότερες δυνατές απαιτήσεις σε οργανολογία και σε εφαρμοζόμενες μεθοδολογίες, που φυσικά κάθε φορά αναπροσαρμόζονται ανάλογα με τις πραγματικές απαιτήσεις του περιβάλλοντος στην περιοχή ενδιαφέροντος. Επίσης, στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζονται παραδείγματα στα οποία κύριο ρόλο έπαιξε η κριτική ικανότητα του ερευνητή ως προς την επιτυχή αξιολόγηση των δεδομένων. Τέλος, από την εργασία αυτή παρέχεται, εκπαίδευση σε λήψη μετρήσεων σε συνθήκες υπαίθρου και παρουσίαση των ενδεδειγμένων δελτίων καταγραφής των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού που αναμφισβήτητα αποτελούν το πυρήνα της ανάλυσης των περιβαλλοντικών δεδομένων. Χρήση όλων των παραπάνω διαδικασιών και μεθοδολογιών που σχετίζονται με την διαχείριση των υδατικών πόρων εξασφαλίζουν την ορθότητα και την αξιοπιστία των τελικών δεδομένων και αποτελεσμάτων.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι κάθε τελική εκτίμηση της περιβαλλοντικής κατάστασης ενός χώρου έρευνας όπως αυτή προέκυψε από τις ενόργανες μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων, απαιτεί την προσεχτική ανάλυση, πιστοποίηση και επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων πριν αυτά διατεθούν στο ευρύ κοινό.

2. Ποιότητα νερού - παρακολούθηση θέσης

Φυσικοχημικές μετρήσεις σε υδατικά περιβάλλοντα μπορούν να πραγματοποιηθούν σε διακριτά μικρά χρονικά διαστήματα έτσι ώστε να παρουσιάζονται σαν μια συνεχή καταγραφή της ποιότητας του νερού στη περιοχή ενδιαφέροντος. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που λαμβάνουν χώρα στη διαδικασία της συνεχούς παρακολούθησης-μέτρησης της ποιότητας του νερού, περιλαμβάνουν την κατάλληλη επιλογή τόσο της θέσης όσο και των τύπων των αισθητήρων. Ο τύπος του αισθητήρα συχνά διαμορφώνει την τελική επιλογή της θέσης, την ακριβή τοποθεσία των αισθητήρων στο ρεύμα, την χρησιμότητα των επί τόπου μετρήσεων και τον ακριβή σκοπό της συνεχούς παρακολούθησης του νερού.

2.1 Επιλογή θέσης παρακολούθησης

Η παρακολούθηση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού ουσιαστικά περιλαμβάνει 4 κύρια και μεταξύ τους αλληλοσυσχετιζόμενα στοιχεία,

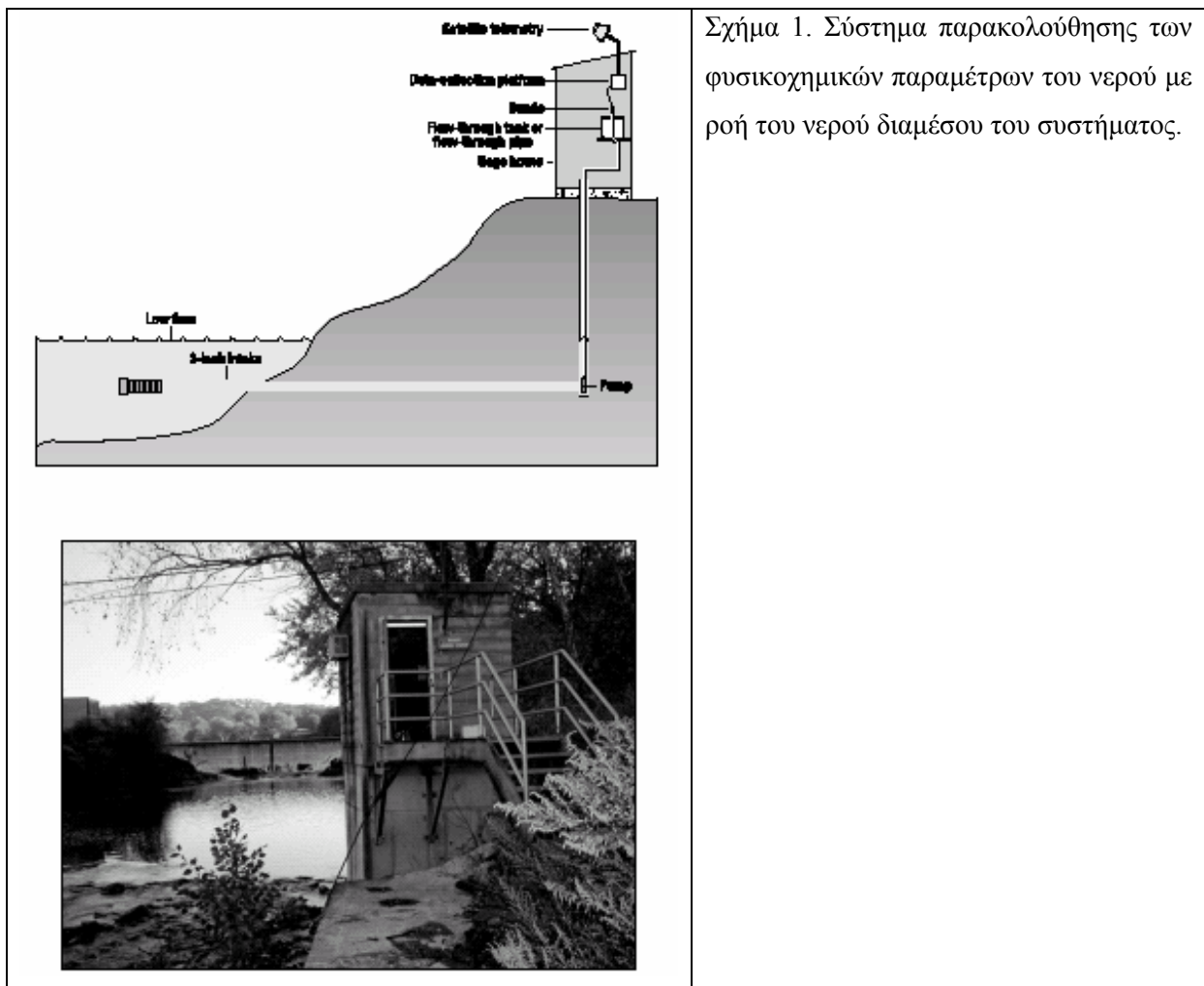
1. Το σκοπό της συλλογής των δεδομένων
2. Το τύπο της εγκατάστασης
3. Το τύπο των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των μετρήσεων και
4. Το τύπο των ειδικών αισθητήρων που απαιτούνται για την λεπτομερή και αξιόπιστη καταγραφή των μεταβολών των υπό μελέτη παραμέτρων.

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες για τη μελέτη των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού είναι, αισθητήρες θερμοκρασίας, αγωγιμότητας, διαλυμένου οξυγόνου, pH και θολερότητας. Οι αισθητήρες που πωλούνται στο εμπόριο μπορούν να μετρήσουν το δυναμικό οξειδοαναγωγής, τη στάθμη του υπεδάφειου νερού, την αλατότητα (υφαλμύριση υπόγειων υδάτων) και την παρουσία νιτρικών, αμμωνίας, χλωριόντων και χλωροφύλλης. Στην παρούσα εργασία θα επικεντρωθούμε περισσότερο στον εντοπισμό και προσδιορισμό (ποσοτικό) της θερμοκρασίας, της αγωγιμότητας, του διαλυμένου οξυγόνου (DO), του pH και της θολερότητας. Οι αισθητήρες που απαιτούνται για την μέτρηση των προαναφερθέντων ιδιοτήτων, είναι διαθέσιμοι είτε ως ανεξάρτητα όργανα είτε ως συνδυασμός διαφόρων φωρατών-αισθητήρων. Στα πλαίσια της εργασίας, με τον όρο **αισθητήρας**, θα εννοούμε τον ανεξάρτητο φωρατή ή κάθε συσκευή που είναι παρελκόμενο μιας συσκευής που μετρά τις παραμέτρους του νερού. Ως **σύστημα παρακολούθησης** (sonde) θα εννοούμε το σύνολο των αισθητήρων που βρίσκονται σε μια συσκευή η οποία έχει ένα καταγραφικό και συλλέγει τις παραμέτρους από τους διάφορους αισθητήρες.

2.2 Τύποι συστημάτων παρακολούθησης & ελέγχου

Γενικά, χρησιμοποιούνται τρεις τύποι εγκατάστασης οργάνων για την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού. Στον πρώτο τύπο στον οποίο γίνεται ροή του νερού διαμέσου του συστήματος παρακολούθησης, υπάρχει μια αντλία η οποία διοχετεύει νερό στους αισθητήρες οι οποίοι έχουν εγκατασταθεί σε σημείο που προφυλάσσεται από φυσικές καταστροφές. Ο δεύτερος τύπος συστημάτων παρακολούθησης αφορά τη τοποθέτηση των αισθητήρων για επιτόπου μετρήσεις (μετρήσεις που παίρνουν οι αισθητήρες απευθείας από το νερό). Ο τρίτος τύπος εγκατάστασης περιλαμβάνει ενσωματωμένο αισθητήρα και το ανάλογο σύστημα καταγραφής το οποίο δεν απαιτεί εξωτερική πηγή και τοποθετείται για επί τόπου μετρήσεις στο χώρο έρευνας. Κάθε τύπος παρακολούθησης έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που σχετίζονται τόσο με την επιλογή της θέσης όσο και με την ποιότητα των δεδομένων.

Για τη λειτουργία του πρώτου συστήματος παρακολούθησης, υπάρχει μια αντλία που μεταφέρει το νερό από το ποταμό σε μια θέση εκτός κοίτης του ποταμού σε χώρο στον οποίον έχει εγκατασταθεί τόσο το μετρητικό σύστημα όσο και οι αισθητήρες παρακολούθησης (σχήμα 1).



Τυπικά οι αντλίες απαιτούν 120V εναλλασσόμενο ρεύμα για να επιτύχουν μια παροχή της τάξης των 10 γαλονιών/λεπτό. Αν δεν υφίσταται πρόβλημα παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, τότε

δίνεται ιδιαίτερη σημασία σε άλλους παράγοντες που σχετίζονται με τη θέση της μέτρησης και που φυσικά σχετίζονται με την ποιότητα και τον σκοπό της δειγματοληψίας (πίνακας 1).

Πίνακας 1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ροής των συστημάτων παρακολούθησης

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> ✚ Το σύστημα παρακολούθησης μπορεί να καλυφθεί με χλωριόντα για να μειωθεί η επίστροψη ρύπων ✚ Τα ακριβά συστήματα παρακολούθησης μπορούν να προστατευθούν από εξωτερικά χτυπήματα ✚ Η βαθμονόμηση των μετρητικών συστημάτων και των αισθητήρων τους μπορούν να πραγματοποιηθούν εντός του χώρου λειτουργίας των. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Απαραίτητα τάση 120V εναλλασσόμενο ρεύμα ✚ Μεγάλο κόστος στην εγκατάσταση των συστημάτων ✚ Οι αντλίες φράζουν στα ρεύματα με την επικάλυψη ρίπων ή με την μεγάλη απόθεση ιζημάτων ✚ Προστασία από ηλεκτροπληξία είναι απαραίτητη ✚ Οι αντλίες μπορεί να φθαρούν από διαβρωτικά ρευστά (πλούσια σε οξέα). ✚ Απαιτείται η περιοδική συντήρηση όλων των συστημάτων (αντλιών, κ.α) ✚ Η άντληση μπορεί να προξενεί αλλαγές στην ποιότητα του νερού

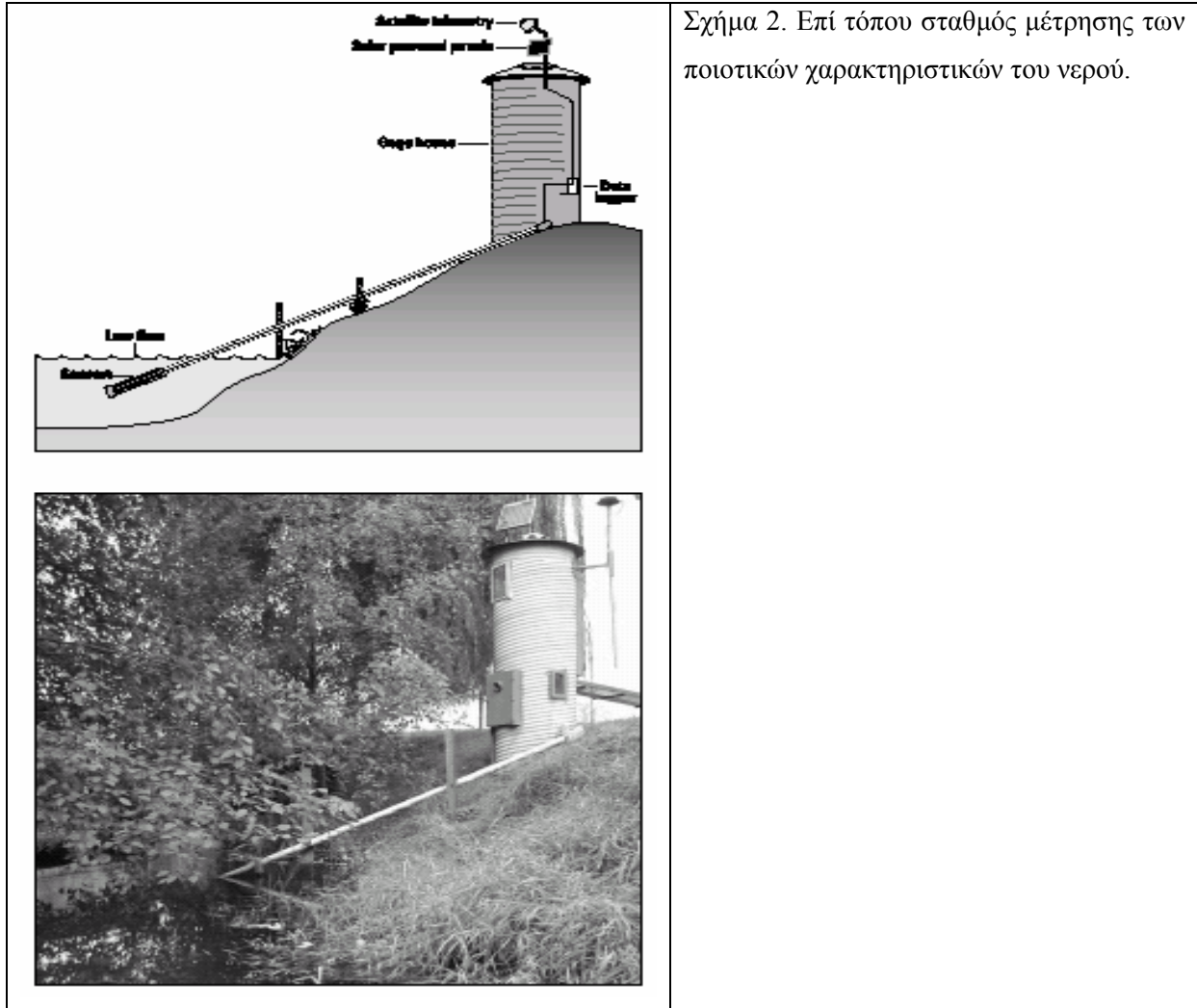
Οι αισθητήρες στις επιτόπου μετρήσεις τοποθετούνται μέσα στα ποτάμια όπως αυτό εικονίζεται στο σχήμα 2.

Τα καλώδια κατευθύνονται από τους αισθητήρες στο σύστημα καταγραφής όπου πραγματοποιείται και η αποθήκευση των δεδομένων. Το όλο σύστημα βρίσκεται σε κάποιο προστατευμένο χώρο. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της εγκατάστασης είναι ότι δεν απαιτείται ενέργεια για την άντληση νερού (πίνακας 2).

Πίνακας 2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συστημάτων της επιτόπου μέτρησης

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> ✚ Δεν χρειάζεται ρεύμα για την άντληση νερού ✚ Είναι δυνατή η εφαρμογή σε απομακρυσμένες περιοχές ✚ Μικρότερες θέσεις εγκατάστασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ✚ Η συντήρηση των αντλιών δεν είναι απαραίτητη. ✚ Παρέχεται προστασία από τον 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Οι ευαίσθητοι αισθητήρες μπορεί να καταστραφούν ✚ Δεν υπάρχει η δυνατότητα πλήρους ελέγχου της επίστροφης ανεπιθύμητων ουσιών στους αισθητήρες ✚ Είναι δύσκολη η σωστή εγκατάσταση των αισθητήρων σε πολύ ρηχά νερά ✚ Η συντήρηση των αισθητήρων κατά τη διάρκεια λειτουργίας είναι γενικά δύσκολη

<p>παγετό στους αισθητήρες</p> <p>✚ Μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης προβλημάτων</p>	<p>✚ Οι αισθητήρες είναι ευαίσθητοι σε μεγάλες μετακινούμενες μάζες (π.χ. κορμοί) ή στην υψηλή ροή</p> <p>✚ Ισχυρά ρεύματα μπορούν να προκαλέσουν μετατοπίσεις στον εξοπλισμό</p>
--	---

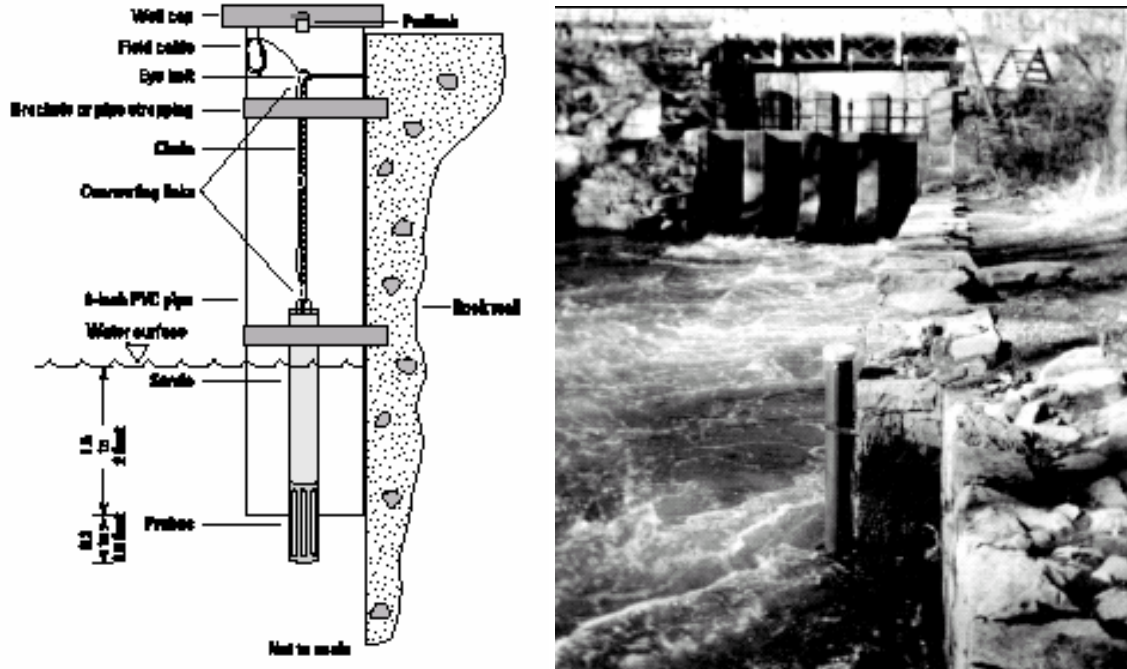


Σχήμα 2. Επί τόπου σταθμός μέτρησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού.

Συνεχές ρεύμα 12V μπαταρίας είναι αρκετό για τους αισθητήρες και το σύστημα καταγραφής. Τα συστήματα για τις επιτόπου μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού μπορούν να τοποθετηθούν σε απομακρυσμένες περιοχές όπου το εναλλασσόμενο ρεύμα δεν είναι διαθέσιμο αλλά πάντα πρέπει να συναξιολογούνται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της θέσης μελέτης και του συστήματος παρακολούθησης.

Το τρίτο σύστημα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού είναι ένα σύστημα το οποίο συνδυάζει τους αισθητήρες και το σύστημα καταγραφής εντός ενός εξωτερικού περιβλήματος το οποίο δεν απαιτεί εξωτερική πηγή και μειώνει τις πιθανότητες εξωτερικών χτυπημάτων. Η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς παρέχεται από συμβατικές μπαταρίες οι οποίες

τοποθετούνται εντός του χώρου στον οποίο βρίσκονται ο αισθητήρας και το καταγραφικό. Τα δεδομένα καταγράφονται και αποθηκεύονται σε μια σκληρή μονάδα αποθήκευσης (flash-memory) όπως αυτό φαίνεται και στο σχήμα 3.



Σχήμα 3. Αυτόνομο σύστημα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του αυτόνομου συστήματος με τον ενσωματωμένο αισθητήρα και το καταγραφικό παρουσιάζονται στον πίνακα 3,

Πίνακας 3. πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του αυτόνομου συστήματος παρακολούθησης.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> ✚ Είναι ευέλικτη η επιλογή θέσης ✚ Το σύστημα παρακολούθησης προστατεύεται από εξωτερικά χτυπήματα ✚ Δεν υπάρχουν ηλεκτρικά προβλήματα 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Τα δεδομένα είναι διαθέσιμα μόνο κατά την διάρκεια επίσκεψης του χώρου μελέτης ✚ Απαιτείται περιοδικός έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος ✚ Η συντήρηση των αισθητήρων και η συλλογή των δεδομένων είναι δύσκολη ✚ Οι αισθητήρες είναι ευαίσθητοι σε μεγάλες μετακινούμενες μάζες (π.χ. κορμοί) ή στην υψηλή ροή ✚ Ισχυρά ρεύματα μπορούν να προκαλέσουν μετατοπίσεις στον εξοπλισμό ✚ Η κατάσταση του συστήματος μπορεί να εξακριβωθεί μόνο

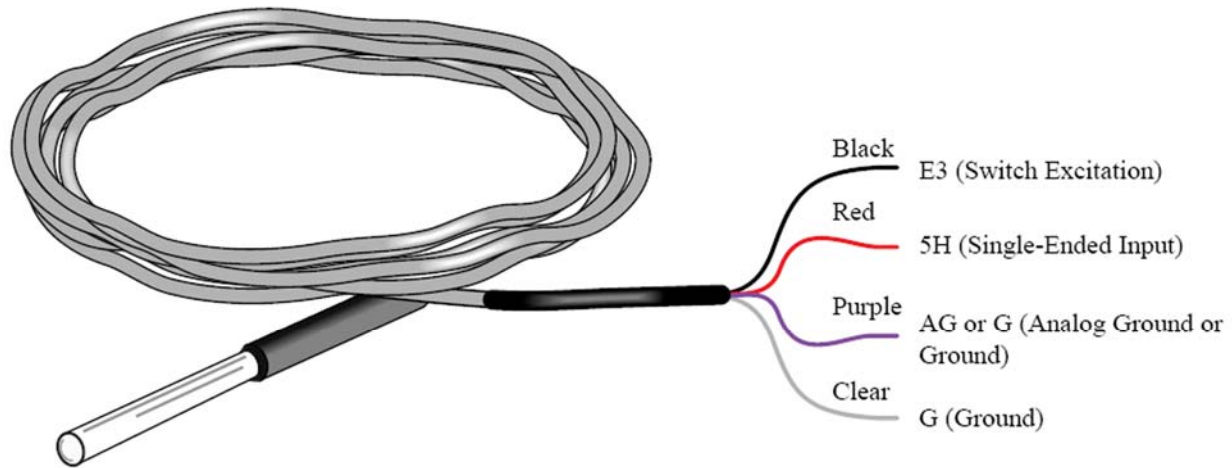
	κατά την επίσκεψη στο χώρο έρευνας ✚ Αν τελειώσουν οι μπαταρίες τα δεδομένα χάνονται
--	---

2.3 Τύποι αισθητήρων

Υπάρχουν πολλοί αισθητήρες στο εμπόριο οι οποίοι προορίζονται για συνεχείς μετρήσεις διαφόρων φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού, αλλά πέντε είναι οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες μέτρησης. Αυτοί είναι της θερμοκρασίας, της αγωγιμότητας, του διαλυμένου οξυγόνου, του pH και της θολερότητας.

2.3.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία έχει σημαντική επιρροή στην πυκνότητα του νερού, στην διαλυτότητα των συστατικών στο νερό, στο pH, στην αγωγιμότητα, στο ρυθμό των χημικών αντιδράσεων και στην βιολογική δράση που αναπτύσσεται στο νερό (Radtke, Kurklin, και Wilde, 1998). Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη και η πιο ακριβής κλίμακα για την μέτρηση της θερμοκρασίας νερού είναι η κλίμακα των βαθμών Κελσίου. Οι αισθητήρες για συνεχή μέτρηση ποιότητας νερού συνήθως μετρούν την θερμοκρασία με ένα θερμίστορ, το οποίο ουσιαστικά είναι ένα ημιαγώγιμο υλικό με αντιστάσεις οι οποίες αλλάζουν με την θερμοκρασία. Τα θερμίστορ είναι όργανα αξιόπιστα, ακριβή και ανθεκτικά και απαιτούν πολύ μικρή τεχνική υποστήριξη ενώ το κόστος τους είναι πολύ μικρό. Τα σύγχρονα θερμίστορ μπορούν εύκολα να μετρήσουν θερμοκρασία με ακρίβεια της τάξης του ± 0.1 βαθμών Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$), αλλά πρέπει πάντα ο εκάστοτε χρήστης ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή, να γνωρίζει τα εργοστασιακά τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου και τις βέλτιστες θερμοκρασίες λειτουργίας αυτού. Συνήθως, η ακρίβεια καταγραφής της θερμοκρασίας είναι της τάξης του 0.5°C και αυτό επειδή το θερμίστορ τοποθετείται σε ένα σημείο, το οποίο μπορεί να μην είναι αντιπροσωπευτικό του χώρου στον οποίο εκτελείται η μέτρηση.

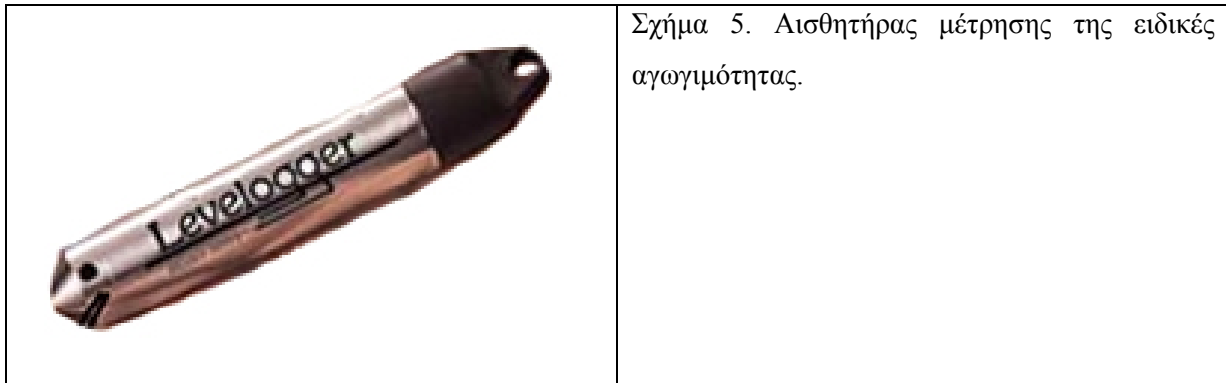


Σχήμα 4. Αισθητήρας μέτρησης θερμοκρασίας.

2.3.2 Αγωγιμότητα

Αγωγιμότητα είναι η μέτρηση της ικανότητας του νερού να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα και είναι συνάρτηση των ποσοτήτων των διαφόρων ουσιών που είναι διαλυμένες στο νερό (Radtken, Danis and Wilde 1998). Όσο η συγκέντρωση των διαλυμένων ιόντων αυξάνεται, τόσο και η αγωγιμότητα του νερού αυξάνει. Οι μετρήσεις αγωγιμότητας είναι μια καλή ένδειξη των διαλυμένων στερεών και ιόντων, αλλά παρόλα αυτά δεν υπάρχει μια γενική γραμμική σχέση που να συνδέει την ποσότητα των διαλυμένων στερεών με την αγωγιμότητα. Η συνεχής καταγραφή της αγωγιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με χημικές αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή έρευνας για τον συνολικό υπολογισμό των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής έρευνας (Clifton and Gillion, 1989; Hill and Gillion, 1993; Christensen et al., 2000). Η U.S.G.S πραγματοποιεί μετρήσεις αγωγιμότητας στους 25°C και οι μονάδες μέτρησης δίνονται σε microsiemens ανά εκατοστό στους 25°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$ στους 25°C).

Για τις μετρήσεις αγωγιμότητας υπάρχουν δύο τύποι αισθητήρων. Οι αισθητήρες με ηλεκτρόδια και αυτοί χωρίς ηλεκτρόδια. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για συνεχή μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού, έχουν ηλεκτρόδια έτσι ώστε να είναι δυνατόν η επιλογή καταγραφής αγωγιμοτήτων που βρίσκονται μέσα στο αναμενόμενο διάστημα που κυμαίνονται οι αγωγιμότητες στο χώρο έρευνας. Πολυπαραμετρικά συστήματα μετρήσεων συνήθως περιλαμβάνουν αυτόματα συστήματα / κυκλώματα μέτρησης της αγωγιμότητας και αναγωγής αυτής στους 25°C. Όλα τα νέα συστήματα παρακολούθησης είναι σχεδιασμένα για μετρήσεις αγωγιμότητας του νερού που κυμαίνεται από 100 έως 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στους 25 °C. Γενικά, τα όργανα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι αξιόπιστα, ακριβής και ανθεκτικά αλλά είναι ευαίσθητα στη διάβρωση από τη συνδυασμένη δράση των υδρόβιων οργανισμών και των ιζημάτων.



2.3.3 Μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στις δύο διαστάσεις.

Οι ενόργανες μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στις δύο διαστάσεις πραγματοποιούνται με την εφαρμογή της γεωηλεκτρικής τομογραφίας. Ο όρος ηλεκτρική τομογραφία (HT) περιγράφει γενικά έναν τύπο μετρήσεων της φαινόμενης ηλεκτρικής αντίστασης του υπεδάφους. Μπορεί να θεωρηθεί ως συνδυασμός δύο “παραδοσιακών” τεχνικών μέτρησης: της όδευσης και της βυθοσκοπησης. Ειδικότερα, η ηλεκτρική τομογραφία μπορεί να περιγραφεί ως μία σειρά από συνεχόμενες ηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις κατά μήκος της γραμμής έρευνας ή ως μία σειρά από οδεύσεις πάνω από την ίδια περιοχή με διαδοχικά αυξανόμενες αποστάσεις ηλεκτροδίων. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η λήψη πληροφορίας τόσο για την κατακόρυφη όσο και για την οριζόντια μεταβολή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στην περιοχή μελέτης και έτσι λαμβάνεται μία πληρέστερη “εικόνα” του υπεδάφους.

Πρόδρομος της HT είναι η μέθοδος της “ψευδοτομής” που έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα στην χαρτογράφηση μεταλλευμάτων (Edwards 1977) αλλά και σε διάφορες άλλες εφαρμογές (π.χ. υδρογεωλογικές, Griffiths et al. 1990). Στην διαδικασία της “ψευδοτομής” μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες διατάξεις ηλεκτροδίων (διπόλου-διπόλου, Wenner, πόλου-διπόλου). Η HT όμως είναι πιά γενικευμένος όρος που περιλαμβάνει και μετρήσεις με μη συμβατικές διατάξεις καθώς επίσης και μετρήσεις που λαμβάνονται με ηλεκτρόδια σε γεωτρήσεις (π.χ. Shima 1992).

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της HT είναι ότι σε σύγκριση με τις άλλες τεχνικές λαμβάνεται ένας αρκετά μεγάλος αριθμός μετρήσεων (άρα και χρήσιμης πληροφορίας). Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η διακριτική ικανότητα και ανάλυση της γεωηλεκτρικής μεθόδου. Παράλληλα όμως, λόγω του μεγάλου αριθμού τους, οι μετρήσεις είναι δύσκολο να ληφθούν με χειροκίνητη αλλαγή των ηλεκτροδίων, και γι’ αυτό χρησιμοποιούνται συστήματα αυτοματοποιημένων πολυπλεκτών. Πολλά τέτοια εμπορικά συστήματα (τουλάχιστον έξι) έχουν αναπτυχθεί και κυκλοφορούν στην αγορά από το 1990 και μετά, γεγονός ενδεικτικό της ανάπτυξης της HT. Βέβαια πρέπει να τονιστεί ότι χρήση αυτών των οργάνων αυξάνει αναπόφευκτα το κόστος εφαρμογής της μεθόδου.

2.3.3.1 Προγράμματα Επεξεργασίας Δεδομένων Υπαίθρου

Για την ερμηνεία των γεωηλεκτρικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα RES2DINV,

Πρόγραμμα RES2DINV: Η επίλυση του ευθέως προβλήματος έγινε με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών (Mufti 1976, Dey and Morrison 1979a,b). Ο Ιακωβιανός πίνακας υπολογίστηκε για τις πρώτες τέσσερις επαναλήψεις και στην συνέχεια έγινε ανανέωση των τιμών του με τη μέθοδο Quasi-Newton, (Loke and Barker 1996a), έως το τέλος της διαδικασίας της αντιστροφής. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της εξομαλυσμένης αντιστροφής (Occam) (DeGroot-Hedlin and Constable 1990, Sasaki 1992) αλλά και η μέθοδος της σταθερής αντιστροφής (Robust) (Claerbout and Muir 1973). Λόγω του ότι στην υπό μελέτη περιοχή οι τιμές των αντιστάσεων μεταβάλλονται απότομα, η μέθοδος της σταθερής αντιστροφής έδωσε καλύτερα αποτελέσματα.

2.3.3.2 Εξοπλισμός

Στη παρούσα εργασία για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν:

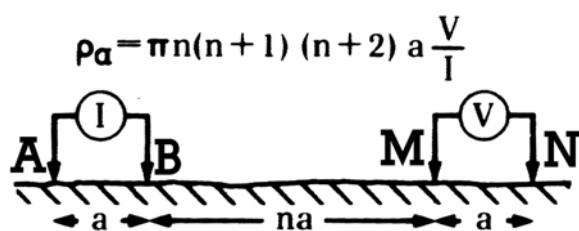
Όργανο μέτρησης ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης SYSCAL Jr. Switch 48 της εταιρείας IRIS.

- ✚ δύο καλώδια των 24 καναλιών.
- ✚ 48 μεταλλικά (ατσάλινα) ηλεκτρόδια.
- ✚ 48 καλώδια συνδεσμολογίας ηλεκτροδίων και εξόδων ρεύματος από τα καλώδια.
- ✚ Ψηφιακή φωτογραφική μηχανή για την αποτύπωση των θέσεων μέτρησης

2.3.3.3 Προγραμματισμός και λήψη μετρήσεων γεωφυσικής διασκόπησης

Ειδικότερα, για την εκτέλεση της γεωηλεκτρικής τομογραφίας επιλέχθηκε η εφαρμογή της διάταξης διπόλου-διπόλου (dipole-dipole). Κατά την λήψη των μετρήσεων η απόσταση, a , μεταξύ των ηλεκτροδίων των διπόλων (ρεύματος AB και δυναμικού MN) παραμένει σταθερή και η ίδια όδευση επαναλαμβάνεται αυξάνοντας κάθε φορά την απόσταση $n \cdot a$ μεταξύ B και M (ο n είναι ακέραιος). Η μέγιστη απόσταση $n_{\max} \cdot a$ εξαρτάται από τη μέγιστη ένταση που μπορεί να δώσει η πηγή μας και από τη γεωλογία (γεωηλεκτρικές αντιστάσεις) της περιοχής σε συνάρτηση με το επιθυμητό βάθος έρευνας.

Οι παράμετροι σχεδιασμού της γεωηλεκτρικής τομογραφίας καθορίστηκαν με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του στόχου και των αναμενόμενων άλλων δομών, όπως αυτά καθορίστηκαν από τις ανάγκες του ερευνητικού προγράμματος. Έτσι αποφασίστηκε: **Απόσταση ηλεκτροδίων (a) 5 μέτρα** που αντιστοιχούν περίπου και στην ελάχιστη διάσταση πλάτους του αναμενόμενου στόχου. **Απόσταση δίπολου ρεύματος – δίπολου μέτρησης δυναμικού ($n \cdot a$) με μέγιστο n ίσο με 8 έως 11** που αντιστοιχεί σε βάθος έρευνας περίπου 20 μέτρων.



Πραγματοποιήθηκε 1 τομογραφία η οποία εκτελέστηκε στη στέγη του φράγματος της Αγυιάς. Με σκοπό την βαθμονόμηση των μετρήσεων λήφθηκε δείγμα νερού από τη λίμνη στο οποίο και εκτελέστηκε μέτρηση αγωγιμότητας.



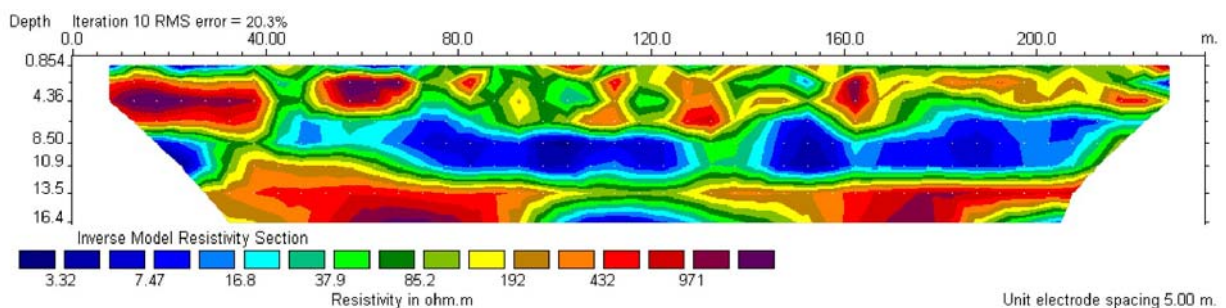
Σχήμα ???. Θέση εκτέλεσης της γεωηλεκτρικής διασκόπησης στη στέγη του φράγματος από τα 115.00 έως τα 235.00 μέτρα.



Σχήμα 3.19 Θέση εκτέλεσης της γεωηλεκτρικής διασκόπησης στη στέψη του φράγματος από τα 0.00 έως τα 115.00 μέτρα.

2.3.3.4 Αποτελέσματα

Η γραμμή έχει τα εξής χαρακτηριστικά. Απόσταση ηλεκτροδίων: 5.0 μέτρα. Μέγιστο βάθος διείσδυσης και διερεύνησης: 20.2 μέτρα. Μέγιστο μήκος διατομής: 235 μέτρα. Μέγιστο πλήθος επαναλήψεων για τη βελτιστοποίηση του μοντέλου: 10. Τελικό μέσο τετραγωνικό σφάλμα προσέγγισης: 20.3%.



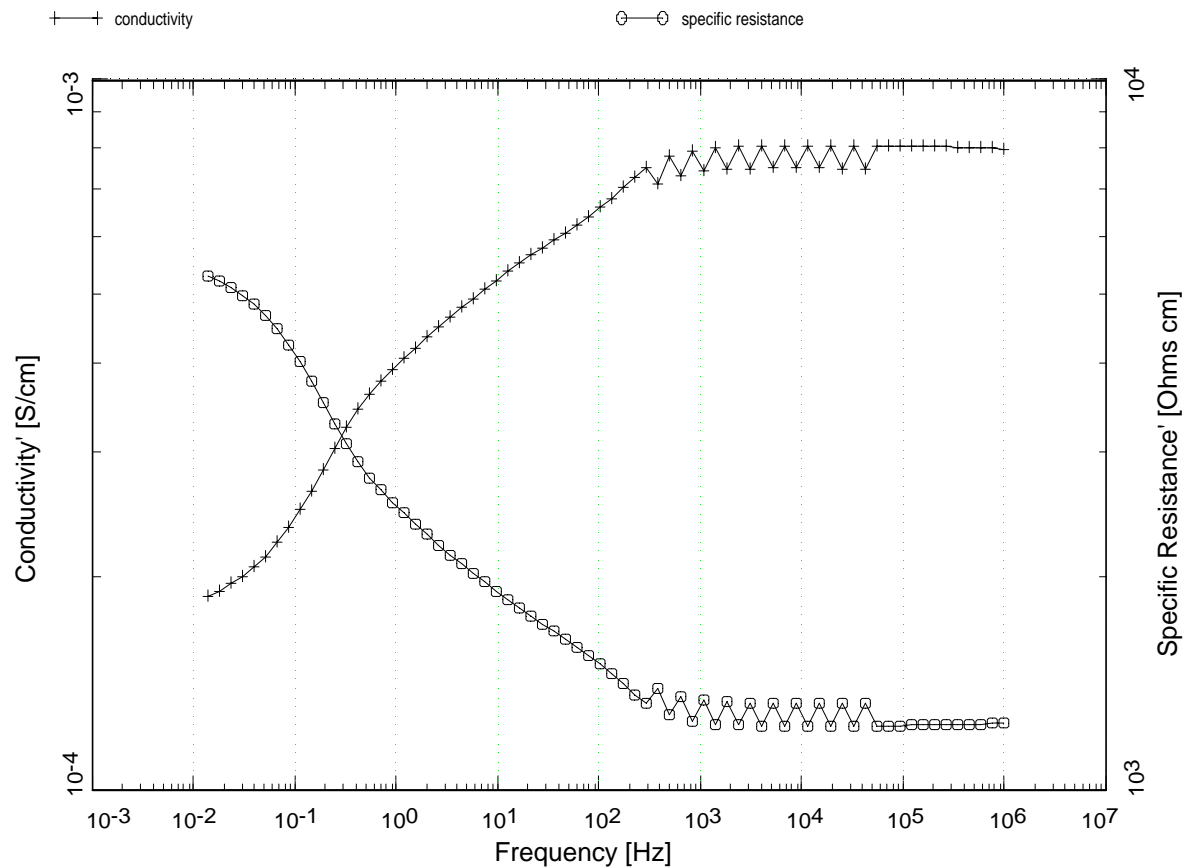
Σχήμα 3.20 Τελικό τομογραφικό μοντέλο ερμηνείας της γραμμής διασκόπησης.

Με βάση τη τελική τομογραφική εικόνα προκύπτει ότι, εντοπίζεται μια ζώνη χαμηλών αντιστάσεων (~3-10 Ωm) στα 5.0 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους η οποία εκτείνεται από τα 50.0 μέχρι τα 200.0 μέτρα. Επιφανειακά, εντοπίζεται μια δομή υψηλών αντιστάσεων (~400 Ωm) που

σχετίζεται με την παρουσία των ογκολίθων από τους οποίους είναι κατασκευασμένο το χωμάτινο φράγμα της Αγυιάς. Στην αρχή του μοντέλου, από τα 0.00 έως τα 40.00 μέτρα και στο βάθος των 8.00 έως 16.00 μέτρων εντοπίζεται μια περιοχή υψηλών αντιστάσεων της τάξης των 1000 Ωm η οποία συσχετίζεται με τον αργιλικό πυρήνα κατασκευής του χωμάτινου φράγματος. Στην υπόλοιπη τομή οι αντιστάσεις κυμαίνονται από 70 έως 1000 Ωm.

Για τη βαθμονόμηση των μετρήσεων λήφθηκε ένα δείγμα νερού από τη λίμνη της Αγυιάς στο οποίο έγινε μέτρηση pH και αγωγιμότητας. Οι αναλύσεις έδειξαν ότι το pH μετρήθηκε ίσο με 8.08 στους 9.5°C. Η αγωγιμότητα που μετρήθηκε ήταν 4900μS/cm στους 10.2°C η οποία αντιστοιχεί σε αντίσταση 2.04 Ωm. Η αντίσταση αυτή σχετίζεται άμεσα με τις αντιστάσεις των 3-5 Ωm που υπολογίστηκαν στο τελικό τομογραφικό μοντέλο και οι οποίες συσχετίστηκαν με τη κίνηση νερού διαμέσου του αργιλικού πυρήνα του φράγματος.

Τέλος, στο υδατικό δείγμα εκτελέστηκε και διηλεκτρική φασματοσκοπία με την οποία μετράται η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων. Από την μέτρηση του δείγματος παρατηρείται ότι το φάσμα σε συχνότητες από 1kHz έως και 1MHz, η ειδική αντίσταση είναι σταθερή και περίπου 12 Ωm. Σε χαμηλές συχνότητες βέβαια όπου είναι δυνατή και η σύγκριση με την DC τιμή, επειδή εμφανίζονται φαινόμενα πόλωσης των ηλεκτροδίων, οι μεταβολές που παρουσιάζονται δεν είναι πραγματικές, και το φάσμα θέλει διόρθωση. Τα αποτελέσματα από αυτή τη μεθοδολογία έρχονται σε συμφωνία με τα προηγούμενα αποτελέσματα.



Σχήμα ??? Μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο εύρος των συχνοτήτων από 10^{-3} έως 10^7 Hz με την εφαρμογή της μεθοδολογίας της διηλεκτρικής φασματοσκοπίας.

2.3.4 Διαλυμένο οξυγόνο

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στην επιφάνεια του νερού εξαρτάται αρχικά από τον ατμοσφαιρικό αερισμό και την φωτοσυνθετική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών (Radtke, White et al., 1998). Η διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου στην επιφάνεια του νερού τυπικά μεταβάλλεται από 2 έως 10 milligrams ανά λίτρο (mg/L) στους 20 °C. Η ποσότητα για 100% κορεσμό σε διαλυμένο οξυγόνο μειώνετε με την αύξηση της θερμοκρασίας και αυξάνετε με την αύξηση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Περιπτώσεις με ιδιαίτερα αυξημένο το ποσοστό του διαλυμένου οξυγόνου (υπέρκορο) συνήθως σχετίζονται με εξαιρετικά αυξημένη παραγωγή οξυγόνου από την φωτοσύνθεση των υδρόβιων οργανισμών σαν αποτέλεσμα των θρεπτικών συστατικών (άζωτο και φώσφορο) τις καταστάσεις εμπλουτισμού, φωτεινότητας και χαμηλής πίεσης. Περιπτώσεις κορεσμένου οξυγόνου συνήθως σχετίζονται με διαδοχικές συνθήκες ροής (φυσικές και τεχνικές). Το διαλυμένο οξυγόνο μπορεί να αφαιρεθεί με αντιδράσεις ανόργανης οξειδωσης ή από βιολογικές και χημικές μεθόδους οι οποίες καταναλώνουν διαλυμένες αποθέσεις ή αποθέσεις οργανικών υλικών (Hem, 1989). Το διαλυμένο οξυγόνο είναι ένας σημαντικός παράγοντας τόσο στις χημικές αντιδράσεις στο νερό όσο και στην επιβίωση των υδρόβιων οργανισμών.

Η πιο συνηθισμένη τεχνική που ακολουθείτε για την μέτρηση της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου με αισθητήρες συνεχούς παρακολούθησης της ποιότητας του νερού, είναι η αμπερομετρική μέθοδος, η οποία μετράει το διαλυμένο οξυγόνο με αισθητήρες μεμβράνης που μετράνε τη θερμοκρασία. Ενώ οι αισθητήρες αυτοί είναι γενικά ακριβής στις μετρήσεις και τα αποτελέσματά τους, παρόλα αυτά είναι ευαίσθητοι σε μεταβολές της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του νερού με αποτέλεσμα να είναι επιρρεπής σε σφάλματα. Επειδή η διαπερατότητα της μεμβράνης και η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό αλλάζει σε συνάρτηση με την θερμοκρασία, είναι σημαντικό οι αισθητήρες του διαλυμένου οξυγόνου να είναι βαθμονομημένοι με την θερμοκρασία. Κατά τη διαδικασία μέτρησης του διαλυμένου οξυγόνου, παρουσιάζεται απώλεια αυτού, άρα είναι ιδιαίτερα σημαντική η ταχύτητα εκτέλεσης της μεθοδολογίας.

Αν η ταχύτητα του νερού την στιγμή της μέτρησης είναι μικρότερη από 1 πόδι ανά δευτερόλεπτο (ft/s), ένα αυτόματο ή χειροκίνητο αναδευτήριο ενεργοποιείται, αλλιώς χρησιμοποιείται διαφορετικός τρόπος μέτρησης της παραμέτρου (DO). Οι αισθητήρες του διαλυμένου οξυγόνου είναι επιρρεπείς σε σφάλματα που μπορεί να προέρχονται από την ρύπανση, την απόθεση ιζημάτων και τις μικρές ή πολύ μεγάλες ταχύτητες. Μια πλήρης αναφορά για τον υπολογισμό, τη μέτρηση, τη βαθμονόμηση και τους περιορισμούς που υπάρχουν σε μεθοδολογίες μέτρησης του διαλυμένου οξυγόνου μπορεί να βρεθεί στο Radtke, White και συνεργάτες (1998).



2.3.5 pH

Το pH ενός υδατικού διαλύματος ελέγχεται από αλληλοεπιδρόμενες χημικές αντιδράσεις που παράγουν ή καταναλώνουν ιόντα (Hem 1989). Το pH ενός διαλύματος είναι η μέτρηση της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου (Radtke, Busenberg και άλλοι 1998). Πιο συγκεκριμένα, το pH είναι η μέτρηση του αρνητικού δεκαδικού λογαρίθμου των ιόντων υδρογόνου σε ένα διάλυμα σε moles (γραμμομόριο) ανά λίτρο. Διαλύματα που έχουν pH κάτω από 7 χαρακτηρίζονται ως όξινα, διαλύματα με pH πάνω από 7 χαρακτηρίζονται ως βασικά ή αλκαλικά. Διαλυμένα αέρια, όπως διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο και αμμωνία κατά γενική ομολογία επηρεάζουν το pH. Η αποβολή των αερίων (για παράδειγμα, απώλεια διοξειδίου του άνθρακα) ή υγροποίηση μιας στερεής φάσης (για παράδειγμα ανθρακική ρίζα) και άλλες χημικές, φυσικές και βιολογικές αντιδράσεις, μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στο pH ενός υδατικού δείγματος απευθείας μετά την δειγματοληψία (Radtke, Busenberg και συνεργάτες 1998).

Η ηλεκτρομετρική μέθοδος μέτρησης του pH χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρόδιο ιόντων υδρογόνου, που συνήθως χρησιμοποιείτε με αισθητήρες pH για συνεχή μέτρηση ποιότητας νερού. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση σε υδατικό περιβάλλον, είναι ηλεκτρόδια αδιάβροχα και πρωτονικά τα οποία είναι γεμάτα με υδατικό διάλυμα με ουδέτερο pH ($\text{pH}=7$). Ένα επιχαλωμένο καλώδιο βυθίζεται εντός του γυάλινου δοχείου με το ουδέτερο υδατικό διάλυμα και αποτελεί το ηλεκτρόδιο αναφοράς.

Τα πρωτόνια και στις δύο μεριές του γυάλινου ηλεκτροδίου του pH αλληλεπιδρούν επιλεκτικά με το γυαλί δημιουργώντας μια εξωτερική βαθμίδα δυναμικού εγκάρσια της εξωτερικής γυάλινης μεμβράνης. Επειδή η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου εντός του ηλεκτροδίου είναι

σταθερή ($\text{pH}=7$), η εξωτερική διαφορά δυναμικού η οποία δίνεται και ως συνάρτηση του εσωτερικού ηλεκτροδίου αναφοράς, είναι ανάλογη του pH του διαλύματος. Ένας σωστά βαθμονομημένος αισθητήρας υπολογισμού του pH , μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια της τάξης των ± 0.2 μονάδες pH . Ωστόσο, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι αισθητήρες παρουσιάζουν σχετικά μεγάλη επιδεκτικότητα στη φθορά και στη μόλυνση. Λεπτομερείς οδηγίες για τη βαθμονόμηση και την μέτρηση του pH περιγράφονται από τους Radtke, Busenberg και άλλοι (1998) ή από τα εγχειρίδια χρήσης των οργάνων.



Σχήμα 7. Αισθητήρας μέτρησης του pH .

2.3.6 Θολερότητα

Οι αισθητήρες της θολερότητας (σχήμα 8) λειτουργούν διαφορετικά από τους αισθητήρες για τη μέτρηση θερμοκρασίας, αγωγιμότητας, διαλυμένου οξυγόνου και pH οι οποίοι μετασχηματίζουν τη διαφορά δυναμικού σε μετρήσιμη ποσότητα της υπό μελέτη παραμέτρου. Κατά τη μέτρηση της θολερότητας, ο αισθητήρας εκπέμπει μια κατευθυνόμενη ακτίνα φωτός μέσα στο δείγμα του νερού και κατόπιν υπολογίζεται η σκέδαση που έχει υποστεί η ακτίνα από τα σωματίδια που βρίσκονται σε αιώρηση εντός του δοχείου. Η μέθοδος νεφελομετρικών μετρήσεων χρησιμοποιείται στους εμπορικούς αισθητήρες με εύρος μετρήσεων της τάξης των 0-1000 νεφελομετρικών μονάδων θολερότητας (NTU) και με ακρίβεια της τάξης του $\pm 5\%$ ή 2 NTU όπου αυτή είναι μεγαλύτερη. Ωστόσο κάποιοι αισθητήρες μπορούν να αποδώσουν αξιόπιστες μετρήσεις της τάξης των 1500 NTU.

Η θολερότητα επηρεάζεται από το μέγεθος των κόκκων, το μέγεθος των φυσαλίδων, την ροή την απορριμμάτων και άλλων σωματιδίων στο νερό τα οποία συλλέγονται πάνω ή κοντά στον οπτικό αισθητήρα κατά την διάρκεια της συλλογής των δεδομένων. Η επίδραση της θερμοκρασίας στους αισθητήρες της θολερότητας είναι μικρή ενώ το λογισμικό των νέων αισθητήρων εξασφαλίζει τη διόρθωση λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών. Στοιχεία για τη βαθμονόμηση και τη μέτρηση της

θολερότητας χρησιμοποιώντας έναν αδιάβροχο αισθητήρα αναφέρονται από τον Wilde και Gibs (1998), αλλά οι κατασκευαστικές οδηγίες και συστάσεις πρέπει γενικά να ακολουθούνται κατά γράμμα. Αισθητήρες οι οποίοι είναι βαθμονομημένοι, και κατασκευαστικά λειτουργικοί γενικότερα δεν παρουσιάζουν προβλήματα και μπορούν να χρησιμοποιούνται κατ' εξακολούθηση και χωρίς προβλήματα.



Σχήμα 8. Αισθητήρες μέτρησης της θολερότητας σε υδατικά περιβάλλοντα.

2.4 Κριτήρια αποδοχής οργάνων

Για τη σωστή και ολοκληρωμένη μελέτη των υδρολογικών και άλλων φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού σε συνθήκες περιβάλλοντος, απαιτείται η λεπτομερής αξιολόγηση των χρησιμοποιούμενων οργάνων. Ο έλεγχος αυτός περιλαμβάνει την αξιολόγηση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας των μετρήσεων. Το Ινστιτούτο των Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών των Ηνωμένων Πολιτειών (USGS), έχει θεσπίσει τη υπηρεσία Τεχνικού ελέγχου των υδρολογικών οργάνων παρατήρησης, που σκοπό έχει να ελέγχει την λειτουργικότητα των οργάνων παρατήρησης, την ακρίβεια μέτρησης αυτών και αφού εκτελέσει όλους τους απαιτούμενους ελέγχους να συγγράψει ένα εγχειρίδιο χρήσης.

2.5 Επιλογή θέσης

Η επιλογή της θέσης για την μέτρηση της ποιότητας του νερού σχετίζεται άμεσα τόσο με τον σκοπό της μέτρησης όσο και με τον αντικειμενικό στόχο των μετρήσεων και την επιθυμητή ποιότητα των δεδομένων. Τα χαρακτηριστικά του ποταμού, οι πιθανές θέσεις του χώρου μελέτης, και η επιθυμητή ακρίβεια καταγραφής των δεδομένων καθορίζουν που θα τοποθετηθεί το σύστημα παρακολούθησης των δεδομένων για επιτόπου μετρήσεις ή κατά πόσο πρέπει η ροή (μέτρηση) να πραγματοποιείται διαμέσου δοχείου με μια αντλία που φέρνει το νερό στο δοχείο μέτρησης. Μια λεπτομερέστερη μελέτη της επιλογής της θέσης παρακολούθησης περιλαμβάνει, την μελετημένη σχεδίαση της θέσης, την εγκατάσταση του αισθητήρα, τους φυσικούς περιορισμούς για την εγκατάσταση του μετρητικού συστήματος και τις απαιτούμενες επισκευές / επεμβάσεις (πίνακας 4)

Πίνακας 4. Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την εγκατάσταση και λειτουργία μετρητικών συστημάτων παρακολούθησης των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού.

Ορθολογική επιλογή θέσης μέτρησης
Αντιπροσωπευτική κάθετη τομή της μεταβλητότητας του χώρου μελέτης
Περιορισμοί στην εγκατάσταση των συστημάτων λόγω διαμόρφωσης των καναλιών
Μεταβολή της ροής του ρέματος (από ροή έως λασποροή)
Ταχύτητα ροής ύδατος
Θολρότητα
Αποφυγή της ζημιάς από επιπλέουσες μάζες
Διακύμανση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του νερού
Προστασία από βανδαλισμούς
Ασφάλεια εγκατάστασης – λειτουργίας (μεταβολές στάθμης)
Εγκατάσταση του μετρητικού συστήματος
Άδεια για την εγκατάσταση
Τύπος της εγκατάστασης
Δυσκολίες και κόστος της εγκατάστασης
Ικανότητα εγκατάστασης σε αντιπροσωπευτικές περιοχές / θέσεις
Τεχνικοί παράγοντες (απαιτούμενες επισκευές)
Πρόσβαση στο χώρο λήψης / αποθήκευσης των δεδομένων
Συχνότητα των επισκευών / συντηρήσεων ώστε να συλλεχθούν τα δεδομένα με την επιθυμητή ποιότητα
Ποσότητα και τύπος των ρύπων που επιδρούν τα συστήματα
Πρόσβαση στην περιοχή λειτουργίας των αισθητήρων

Σχετικά γεγονότα (π.χ. υπερχειλίση - πλημμύρες)

Παροχή ηλεκτρικής ισχύος και τηλεφωνικών συνδέσεων πλησίον του χώρου λήψης & αποθήκευσης των δεδομένων

Ανάγκη για παρουσίαση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο

Είναι πραγματικά δύσκολο να ορίσουμε θέσεις όπου θα εκτελεστούν οι βέλτιστες μετρήσεις για όλες τις υπό μελέτη παραμέτρους. Η βέλτιστη θέση για την εγκατάσταση ενός συστήματος παρακολούθησης είναι η αντιπροσωπευτικότερη θέση της υπό μελέτη τομής, όπου το δείγμα (νερό) έρχεται με αντλίες στο δοχείο συλλογής και μέτρησης και το όργανο μετράει με την επιθυμητή ακρίβεια. Επίσης, δεν υπάρχει βέλτιστη θέση εγκατάστασης κατά μήκος του ποταμού, δεδομένου ότι υπάρχουν ποτάμια όπου σε μήκος χιλιομέτρων δεν υπάρχει καμία αναμόχλευση του υλικού, πράγμα απαραίτητο για ορισμένες μετρήσεις όπως η θολερότητα. Επίσης, μπορεί να υπάρχει κατά μήκος ενός ποταμού αναμόχλευση υλικών που στη μία περίπτωση να είναι απαραίτητη για την εκτέλεση των μετρήσεων που προαναφέρθηκαν, ενώ σε άλλη να δημιουργούν σοβαρά προβλήματα στη περίπτωση μετρήσεων, π.χ. διαλυμένου οξυγόνου.

Επαρκείς μετρήσεις πρέπει να λαμβάνονται με σκοπό τον έλεγχο της σωστής κυκλοφορίας των υλικών αλλά και της μη σημαντικής μεταβλητότητας των παραμέτρων κατά μήκος της τομής στην περιοχή ενδιαφέροντος. Αν γνωρίζουμε ότι θα υπάρξουν σημαντικές οριζόντιες ή κατακόρυφες μεταβολές, πρέπει να γίνει μελέτη ώστε να διαλέξουμε ένα άλλο σημείο ή να χρησιμοποιήσουμε ένα διαφορετικό τρόπο προσέγγισης ώστε να συλλέξουμε δεδομένα με την επιθυμητή ποιότητα (βλέπε την παράγραφο, τοποθέτηση των αισθητήρων κατά μήκος τομής).

Μεγάλα ρεύματα και ποτάμια μπορούν να μετρηθούν καλύτερα, τοποθετώντας τους αισθητήρες στη θεμελίωση της γέφυρας όπου η ασφάλεια όπως και άλλοι περιορισμοί μπορούν να ελαττωθούν ή και να ξεπεραστούν τελείως. Το σημείο των μετρήσεων κατά την κατακόρυφη διάσταση για συστήματα μεγάλης ροής πρέπει να είναι κατάλληλο και να εξυπηρετεί τους σκοπούς της εγκατάστασης. Έτσι, για κατακόρυφες μετρήσεις μπορούν να ληφθούν σημεία για χαμηλές, μεσαίες και υψηλές ροές.

Η σωστότερη επιλογή της θέσης ενός συστήματος παρακολούθησης ορίζεται από την επιθυμητή ποιότητα λήψης των δεδομένων, ενώ ο καλύτερος τόπος για την επιλογή θέσης είναι συχνά οι θέσεις στις οποίες γίνεται εκφόρτιση των επιφανειακών υδάτων. Παρόλη τη σημαντικότητα των υδραυλικών χαρακτηριστικών του τόπου μέτρησης, πιο σημαντικό κρίνεται η μελέτη των παραμέτρων που επηρεάζουν την ποιότητα του νερού. Είναι σημαντικό να γίνει η επιλογή μιας θέσης η οποία να είναι αντιπροσωπευτική της υπό μελέτης περιοχής, αλλά επίσης καθοριστικό ρόλο σε αυτήν την επιλογή παίζουν στοιχεία όπως η αγωγιμότητα, η θολερότητα ή το pH. Ο καθορισμός της θέσης μπορεί επίσης να εξαρτάται από τους ρύπους που υπάρχουν στη περιοχή έρευνας, την ύπαρξη ή όχι των γραμμών ισχύος, ραδιοφωνικοί πύργοι οι οποίοι μπορεί να αλληλεπιδρούν με την συλλογή και μετάδοση των δεδομένων μέσω τηλεμετρίας. Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την επιλογή

της θέσης παρακολούθησης και μέτρηση των υδραυλικών χαρακτηριστικών ενός χώρου έρευνας, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και για την επιλογή της κατάλληλης θέσης παρακολούθησης των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού. Για τον υπολογισμό τόσο των ποιοτικών – ποσοτικών όσο και των φυσικοχημικών παραμέτρων απαιτείται η επιλογή ενός αντιπροσωπευτικού σημείου το οποίο να παρουσιάζει ομοιόμορφες συνθήκες καθ' όλο το πλάτος του ρεύματος. Ο Rantz και οι συνεργάτες του (1982) προσδιόρισαν δέκα ιδανικές συνθήκες για τον προσδιορισμό των υδραυλικών ιδιοτήτων του νερού, συνθήκες οι οποίες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και για την επιλογή της κατάλληλης θέσης παρακολούθησης της ποιότητας του νερού (πίνακας 5).

Πίνακας 5. Ιδανικές συνθήκες για την επιλογή βέλτιστης θέσης υπολογισμού υδραυλικών παραμέτρων (Rantz και άλλοι, 1982)

1. Η πορεία ροής ενός ποταμού πρέπει να είναι ευθεία για περίπου 300 πόδια πριν και μετά τη θέση του κλωβού μέτρησης.
2. Το σύνολο της ροής πρέπει να πραγματοποιείται σε ένα κανάλι (σε αυτό που εκτελείται η μέτρηση) και να μην υπάρχουν υπόγειες ροές που να παρακάμπτουν το σημείο μέτρησης.
3. Η κοίτη του χειμάρρου - ποταμού δεν πρέπει να υπόκειται σε έκπλυση ή γέμισμα αυτής από φερτά υλικά.
4. Οι όχθες πρέπει να είναι μόνιμες ενώ η κοίτη πρέπει να παρουσιάζει αρκετά υψηλή ροή χωρίς θολερότητα.
5. Φυσικοί παράγοντες όπως η εμφάνιση του υποβάθρου ή ο εγκιβωτισμός ενός ποταμού ορίζουν την εμφάνιση μικρών ροών (μικρές παροχές)
6. Πολλές φορές το όργανο καταγραφής τοποθετείται σε μια μικρή λίμνη ανάντη και πλησίον του υπό μελέτη ποταμού (υδραυλική επικοινωνία μεταξύ τους) με σκοπό να αποφύγουμε όποιες ζημιές στο όργανο μπορούν να προκληθούν από μεγάλες ταχύτητες ροής κυρίως κατά τη χειμερινή περίοδο.
7. Ο σταθμός του κλωβού είναι σχετικά μακριά από περιοχές όπου συναντάται συμβολή άλλων ρεμάτων ή μεταβολές της στάθμης (πλημμύρες) λόγω αύξησης της παροχής ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε καταστροφή στο όργανο καταγραφής και τον αισθητήρα.
8. Για την ορθή μέτρηση της αποφόρτισης σε ένα χείμαρρο δεν είναι απαραίτητο αισθητήρας και καταγραφικό να είναι σε κοντινή μεταξύ τους απόσταση. Επίσης δεν είναι απαραίτητο η μέτρηση χαμηλών και υψηλών ροών να γίνεται στο ίδιο ρεύμα.
9. Η θέση πρέπει να είναι προσβάσιμη για εύκολη εγκατάσταση και τεχνική υποστήριξη στο σταθμό.
10. Η θέση λειτουργίας πρέπει να είναι ανεξάρτητη και μακριά από όποιες ανθρώπινες ενέργειες.

Η τοποθεσία για τους αισθητήρες παρακολούθησης της ποιότητας του νερού σε παγωμένες περιοχές απαιτεί επιπλέον μελέτη έτσι ώστε να παίρνουμε τα δεδομένα ακόμα και σε περιόδους με πάγο. Ο White (1999), αναφέρθηκε στις περιβαλλοντικές παραμέτρους που εμπλέκονται στην επιλογή θέσης ενός αυτόματου σταθμού ποιότητας νερού στην περιοχή της British Columbia, Καναδά αλλά ακόμα γενίκευσε τους μορφολογικούς παράγοντες των ρευμάτων και την σημαντικότητα του να επιλέξεις μια θέση με μειωμένες πιθανότητες καταστροφής από διάφορα φυσικά αίτια. Ο White ακόμα επισήμανε ότι μια θέση μέτρησης πρέπει,

α) να έχει το μικρότερο βάθος ρέματος που απαιτείται για τη σωστή λειτουργία των οργάνων καταγραφής,

β) να είναι ασφαλής και προσιτή κάτω από κάθε συνθήκη και

γ) να βρίσκεται σε θέση τέτοια ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα βανδαλισμού.

2.6 Τοποθέτηση των αισθητήρων σε τομές ποταμών

Η τοποθεσία εγκατάστασης για τα όργανα παρακολούθησης της ποιότητας του νερού εξαρτάται από τον σκοπό της έρευνας καθώς και την απαιτούμενη ποιότητα των δεδομένων. Θα παρατηρήσουμε ότι ανάλογα με το περιβάλλον εφαρμογής είναι διαφορετικές και οι απαιτήσεις. Έτσι, σε περιπτώσεις κατά τις οποίες το σύστημα παρακολούθησης εγκαθίσταται σε μία λίμνη, σε έναν κόλπο ή στην εκβολή ενός ποταμού απαιτείται η συλλογή σημειακών δεδομένων, ενώ στη περίπτωση εκτέλεσης μετρήσεων σε μεγάλα ποτάμια με αυξημένες ροές απαιτείται η τοποθέτηση του συστήματος παρακολούθησης των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού, να γίνεται στο πιο αντιπροσωπευτικό σημείο μέτρησης στο ποτάμι.

Για τη σωστή εγκατάσταση του οργάνου παρακολούθησης απαιτείται η μελέτη της μεταβλητότητας της κατακόρυφης τομής του ποταμού, με σκοπό να βρεθεί, α) αν ο αισθητήρας τοποθετήθηκε στην αντιπροσωπευτικότερη θέση στο ποταμό και β) αν πρέπει να εφαρμοστούν διαδικασίες διόρθωσης της τομής με σκοπό την αναγωγή των μετρήσεων. Απαιτούνται το ελάχιστο δύο μετρήσεις στις κατακόρυφες τομές ανά έτος με σκοπό να επιβεβαιωθεί ότι δεν συνέβησαν σημαντικές αλλαγές στην κατανομή των συστατικών στο ποταμό.

Επειδή απαιτούνται στοιχεία για την ανάμιξη των υπό μελέτη στοιχείων κατά μήκος και βάθος στην κατακόρυφη τομή του ποταμού μελέτης, εκτελούνται κατ' ελάχιστο δυο μετρήσεις σε διαφορετικά βάθη σε όλες τις κατακόρυφες τομές. Για συστήματα παρακολούθησης που λειτουργούν πάνω από ένα χρόνο, απαιτούνται τουλάχιστον έξι μετρήσεις σε κατακόρυφες τομές με σκοπό να εντοπίσουμε μεταβολές σε συνθήκες ροής που επιδρούν εποχιακά και μη, στη μεταβολή των παραμέτρων παρακολούθησης.

Οι συνήθειες διαδικασίες που εφαρμόζει η USGS για την επιλογή θέσης εγκατάστασης συστημάτων παρακολούθησης σε κατακόρυφες τομές χειμάρρων και ποταμών, είναι η χρήση είτε

μεθόδων αποφόρτισης είτε μεθόδων επιλογής με σύστημα κριτηρίων βάρους και σκοπό έχουν να βεβαιωθούν ότι οι υπό μελέτη φυσικοχημικές παράμετροι μελετώνται με τον καλύτερο τρόπο (Wilde και Radtke, 1998). Το σημείο μέτρησης σε κάθε κατακόρυφη τομή επιλέγεται συνήθως με τη χρήση βαθμονομημένων οργάνων. Γενικά, πέντε διαδοχικά αυξανόμενες μετρήσεις σε τομή εγκάρσια στο ποταμό είναι αρκετές έτσι ώστε να υπολογίσουμε το μέσο μοντέλο ροής και αποφόρτισης και μέσω αυτού να εκτιμήσουμε την οριζόντια μεταβλητότητα των φυσικοχημικών παραμέτρων στη τομή μέτρησης. Εναλλακτικά, ο υπολογισμός της θέσης για τον αισθητήρα μέσα στην κατακόρυφη τομή μπορεί να γίνει με την διαίρεση της τομής σε ίσα τμήματα και υπολογίζοντας για καθένα από αυτά το βαρύκεντρο. Έχει υπολογιστεί ότι γενικά, 10 στο ελάχιστο και 20 στο μέγιστο μετρήσεις είναι ικανές να μας δώσουν μια σαφή εικόνα της μεταβολής των φυσικοχημικών παραμέτρων κατά την εγκάρσια τομή της περιοχής μελέτης.

Για τη μοντελοποίηση και τον υπολογισμό της μέσης τιμής των φυσικοχημικών παραμέτρων κατά μήκος της εγκάρσιας κατακόρυφης τομής, η περιοχή διακριτοποιείται με τη χρήση καννάβου και κατόπιν αρχίζουν οι υπολογισμοί που οδηγούν στην τελική διορθωμένη τομή των φυσικοχημικών παραμέτρων. Στη περίπτωση κατά την οποία οι κυψελίδες υπερβαίνουν τις 40 τότε τίθεται θέμα υπολογιστικής ισχύος, όπως αναφέρεται από τους Wilde και Radtke (1998).

Ο αριθμός των κατακόρυφων μετρήσεων που απαιτούνται για βαθύτερα και μεγαλύτερης ροής συστήματα (ποτάμια-ρυάκια), εξαρτάται πάντα από τον βαθμό της κατακόρυφης αναταραχής. Αν είναι εμφανής κάποια φυσικοχημική διαστρωμάτωση των ιδιοτήτων, τότε το πλήθος των κατακόρυφων μετρήσεων πρέπει να αυξηθεί στη ζώνη ενδιαφέροντος. Επειδή η εμφάνιση αυτής της διαστρωμάτωσης μπορεί να είναι ιδιαίτερα απότομη και περιορισμένη, πολλές φορές απαιτείται σε αυτή τη ζώνη μετάβασης οι μετρήσεις να λαμβάνονται και ανά 5 ή 10 εκατοστά.

Ο καλύτερος τρόπος για να εκτελέσουμε πολυπαραμετρικές μετρήσεις φυσικών ιδιοτήτων, είναι με τη χρήση ενός πολυαισθητήρα παρακολούθησης, ο οποίος μπορεί να μετρήσει περισσότερες από μια φυσικές ιδιότητες σε κάθε σημείο μέτρησης. Για μετρήσεις σε θέσεις με μεγαλύτερη ταχύτητα ροής, απαιτείται η χρήση βαρέως τύπου αισθητήρων. Σε τέτοια ευμετάβλητα περιβάλλοντα, όλες οι διακριτές μετρήσεις που πρέπει να ληφθούν στην κατακόρυφη τομή πρέπει να εκτελούνται γρήγορα πριν επέλθουν αλλαγές στα χαρακτηριστικά των φυσικών παραμέτρων.

Στις περιπτώσεις μετρήσεων του pH, η ενδιάμεση τιμή των μετρήσεων λαμβάνεται ως η κατάλληλη για την διόρθωση της χρονοσειράς. Εναλλακτικά, και καθαρά για υπολογιστικούς λόγους, υπολογίζουμε τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου όπως αυτό παρουσιάζεται στο παράρτημα 1. Συνήθως, η υπολογιζόμενη μέση τιμή του pH τείνει να είναι πιο όξινη από την ενδιάμεση. Σε θέσεις στις οποίες λαμβάνονται 40 ή περισσότερες μετρήσεις, η μέση και η ενδιάμεση τιμή του pH συγκλίνουν.

Υπάρχουν συγκεκριμένες πληροφορίες που αφορούν τα στοιχεία κάθε θέσης παρακολούθησης και η συμπλήρωση αυτών ακολουθεί τα πρότυπα που παρουσιάζονται στο παράρτημα 2. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν την τοποθεσία, την ιστορία και τα στοιχεία λειτουργίας

του συστήματος και αυτά πρέπει να ενημερώνονται κάθε φορά που γίνεται επί τόπου επίσκεψη στο χώρο παρακολούθησης. Οι τιμές που λαμβάνονται καθώς και όποιες ακραίες τιμές παρουσιάζονται πρέπει να καταγράφονται στο δελτίο του σταθμού παρακολούθησης και να επεξεργάζονται σε μηνιαία ή τριμηνιαία βάση. Σε ειδικές περιπτώσεις σταθμών που υπάρχει έντονο ενδιαφέρον ως προς τα αποτελέσματα των μετρήσεων, η αποθήκευση και η αξιολόγηση των δεδομένων γίνεται σε εβδομαδιαία έως και ημερήσια βάση. Κάθε πληροφορία που αφορά τη δειγματοληψία, αποθήκευση και επεξεργασία – αξιολόγηση των δεδομένων καταγράφεται στο αρχείο του σταθμού παρακολούθησης και αναγράφεται επίσης στη μηνιαία αναφορά όπως προτείνεται από τον Novak (1985).

3. Βαθμονόμηση μετρήσεων

Σε κάθε θέση – σταθμό παρακολούθησης πρέπει να εκτελούνται μετρήσεις που συγκρίνουν τις μεταβολές των φυσικών ιδιοτήτων με τις μετρήσεις που λαμβάνουν τα συστήματα συνεχούς παρακολούθησης. Η σύγκριση των πραγματικών τιμών με αυτών που καταγράφονται ονομάζεται βαθμονόμηση. Οι μετρήσεις βαθμονόμησης θα πρέπει να γίνονται πριν, κατά την διάρκεια και μετά την επιθεώρηση του συστήματος παρακολούθησης για να επιβεβαιωθεί οποιαδήποτε αλλαγή των παραμέτρων παρακολούθησης κατά το διάστημα της επιθεώρησης. Οι μετρήσεις ελέγχου γίνονται στο σύστημα παρακολούθησης χρησιμοποιώντας βαθμονομημένο όργανο το οποίο τοποθετείτε όσο πιο κοντά γίνεται στον αισθητήρα και για διάστημα πλέον των 5 λεπτών. Πριν την επίσκεψη στο σημείο παρακολούθησης, πρέπει να ελέγχεται οποιοδήποτε συνοδευτικό όργανο που υποστηρίζει την σωστή λειτουργία των οργάνων υπαίθρου. Η μικρότερη συχνότητα βαθμονόμησης δίνετε λεπτομερώς από τον Wilde και Radtke (1998) για κάθε τύπο μέτρησης και όλες οι βαθμονομήσεις καταγράφονται στο βιβλίο συμβάντων.

3.1 Θερμοκρασία

Η βαθμονόμηση και όλη η βιβλιογραφία για τα θερμόμετρα και για τον διακόπτη μέτρησης θέρμανσης περιγράφονται λεπτομερώς από τον Radtke, Kurklin και Wilde (1998). Τα γραφεία ελέγχου του εξοπλισμού της USGS ελέγχουν και βαθμονομούν τα θερμόμετρα με τα βαθμονομημένα θερμόμετρα του Εθνικού Ινστιτούτου Βαθμονόμησης και Τεχνολογίας (National Institute of Standards and Technology -NIST) και επιδιώκουν να έχουν ακρίβεια ± 0.2 °C. Για τα θερμίστορ και για το θερμόμετρο με υγρό απαιτείται μια ετήσια θερμοκρασιακή βαθμονόμηση σε 5 θερμοκρασίες από 0-40 °C. Για τον ετήσιο έλεγχο των 5 σημείων απαιτείται ο ανάλογος εργαστηριακός εξοπλισμός. Επιπλέον, ο έλεγχος δυο βαθμονομημένων σημείων για όργανα που έχουν ξεπεράσει τα αποδεκτά όρια θερμοκρασίας πρέπει να γίνονται τρεις ή περισσότερες φορές για τα θερμίστορ και δυο ή περισσότερες φορές για το υγρό θερμόμετρο. Στα βαθμονομημένα θερμόμετρα και θερμίστορ πρέπει να σημειώνετε η ημερομηνία που έγινε η βαθμονόμηση.

3.2 Αγωγιμότητα

Πληροφορίες για τη βαθμονόμηση καθώς και όλη η βιβλιογραφία για την μέτρηση της αγωγιμότητας δίνονται λεπτομερώς από τους Radtke, Davis και Wild (1998). Ο ορισμός των ορίων

μέσα στα οποία θα πρέπει βρίσκονται οι τιμές μέτρησης της αγωγιμότητας χρησιμοποιείται ως τρόπος βαθμονόμησης των συσκευών μέτρησης της αγωγιμότητας στις συνθήκες υπαίθρου.

Η βαθμονόμηση εκτελείται επιτόπου στη θέση μέτρησης και τα όρια αυτής σχετίζονται και με την θερμοκρασία του νερού στο οποίο θα εκτελεστεί η μέτρηση. Η ακρίβεια της μέτρησης, για αγωγιμότητες μικρότερες ή ίσες των 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, πρέπει να είναι στο 5%, ενώ για αγωγιμότητες πάνω από 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ η ακρίβεια πρέπει να βρίσκεται στο 3%. Δεδομένα σχετικά με τις πρότυπες και αναμενόμενες τιμές αγωγιμότητας είναι διαθέσιμα από την υπηρεσία Ποιοτικού Ελέγχου του Νερού της Αμερικάνικης Υπηρεσίας Γεωλογικών Ερευνών (USGS - Ocola Quality Water Service Unit).

3.3 Διαλυμένο οξυγόνο

Η σωστή βαθμονόμηση και συγγραφή όλων των αποτελεσμάτων πάνω στο διαλυμένο οξυγόνο περιγράφεται λεπτομερώς από τους Radtke και Wild και τους άλλους (1998). Οι αισθητήρες διαλυμένου οξυγόνου μετράνε την μερική πίεση του διαλυμένου οξυγόνου με την ροή οξυγόνου διαμέσου μιας πορώδους μεμβράνης και την κατακράτηση οξυγόνου σε μια κάθοδο. Η ακρίβεια βαθμονόμησης των αισθητήρων διαλυμένου οξυγόνου πρέπει να είναι σε ποσοστό μικρότερο του 5% ή αλλιώς $\pm 0.3 \text{ mg}/\text{L}$. Η ακρίβεια του αισθητήρα διαλυμένου οξυγόνου σε ποσότητα ακριβώς 0.0 mg/L μπορεί να πιστοποιηθεί μόνο μετρώντας το διαλυμένο οξυγόνο που βρίσκεται μέσα σε ένα διάλυμα θειικού νατρίου όπως περιγράφεται από τους Radtke και Wild και τους άλλους (1998). Η βαθμονόμηση του αισθητήρα διαλυμένου οξυγόνου σε 100% κορεσμό σε οξυγόνο μπορεί να γίνει, χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις σε αέρα που είναι πλήρως κορεσμένος σε υδρατμούς σε μια τιμή η οποία προέρχεται από τους πίνακες διαλυτότητας, όπως αυτοί παράγονται από τις εξισώσεις του Weiss(1970) και περιγράφονται από τους Radtke και Wild και τους άλλους (1998). Η 100% τιμή εξάτμισης βασίζεται στην θερμοκρασία του νερού και στις μη διορθωμένες βαρομετρικές πιέσεις. Ένα καλό όργανο μέτρησης υψομέτρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε να μετρήσουμε την μη διορθωμένη αλλά πραγματική ατμοσφαιρική πίεση με ακρίβεια 1 mg/Hg . Επίσης συμπληρωματικές διορθώσεις για την αλατότητα οι οποίες βασίζονται στην θερμοκρασία και στην ειδική αγωγιμότητα πρέπει να υπολογίζονται για νερά τα οποία έχουν ειδική αγωγιμότητα μεγαλύτερη από 200 mS/cm . Ανάλογα με τα όργανα τους τύπους των οργάνων οι διαδικασίες βαθμονόμησης και όποιες άλλες διαδικασίες αφορούν τις βαθμονομήσεις και τον τρόπο λειτουργίας αναφέρονται πάρα πολύ καλά στα εγχειρίδια χρήσης από τον κατασκευαστή. Όλες οι πληροφορίες που αφορούν την βαθμονόμηση των οργάνων πρέπει να καταγράφονται στο βιβλίο καταγραφής και περιγραφής του συγκεκριμένου οργάνου.

3.4 pH

Μια λεπτομερής διαδικασία 10 βημάτων περιγράφει την διαδικασία βαθμονόμησης των αισθητήρων pH που καλύπτουν μια ευρύ φάσμα οργάνων όπως περιγράφονται από τους Radtke και Busenberg και τους άλλους (1998). Η διαδικασία της βαθμονόμησης και ρύθμισης για συστήματα αισθητήρων που μετράνε πολλές παραμέτρους (πολυπαραμερτικών αισθητήρων), μπορεί να βρεθεί μέσα στα εργοστασιακά εγχειρίδια χρήσης των οργάνων. Η ακρίβεια των αισθητήρων pH πρέπει να είναι μικρότερη από $\pm 0,1$ μονάδες pH. Για την βαθμονόμηση και ρύθμιση των αισθητήρων χρησιμοποιούνται δυο τυπικές τιμές οι οποίες ορίζουν την αναμενόμενη μεταβολή του pH στο περιβάλλον και χρησιμοποιούνται για να βαθμονομήσουν το ηλεκτρόδιο του pH και η τρίτη χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί η γραμμικότητα. Έτσι η τιμή 7 στο pH χρησιμοποιείται για να ορίσουμε το ουδέτερο σημείο οι τιμές 4 και 10 χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουμε την κλίση της γραμμής βαθμονόμησης στην θερμοκρασία του διαλύματος. Η κλίση της γραμμής βαθμονόμησης του ηλεκτροδίου pH είναι ευαίσθητη, εξαρτάται ιδιαίτερα από την θερμοκρασία αλλά σε καινούργιους αισθητήρες μπορεί να ρυθμιστεί η κλίση του pH με βάση τις παρατηρούμενες θερμοκρασίες με διαδικασίες τόσο χειροκίνητες όσο και αυτόματες. Είναι σημαντικό παρ' όλα αυτά να πούμε ότι η θερμοκρασία στα διαλύματα ρύθμισης είναι επιθυμητό να είναι τόσο κοντά όσο είναι η θερμοκρασία του δείγματος που θα μετρήσουμε. Γι' αυτό τον λόγο βυθίζουμε το μπουκάλι που περιέχει τα διαλύματα ρύθμισης για pH 4 και pH 10 μέσα στο επιφανειακό νερό για περίπου 15 λεπτά, επιτρέποντας στο διάλυμα να πάρει την θερμοκρασία του ποταμιού που εμείς θα μετρήσουμε μέχρι να γίνει η εξισορρόπηση των θερμοκρασιών. Τυπικές τιμές για pH 4, 7 και 10 ήδη βρίσκονται διαθέσιμες από τον QWSU οργανισμό. Όλες οι πληροφορίες βαθμονόμησης πρέπει πάλι να καταγράφονται στο βιβλίο του οργάνου και στις σημειώσεις υπαίθρου. Ειδικότερες διαδικασίες βαθμονόμησης των αισθητήρων pH για νερά με μικρές ειδικές αγωγιμότητες μικρότερες από 100 mS/cm περιγράφεται από τους Busenberg και Plymmer και συνεργάτες (1998).



Σχήμα ???? Πρότυπα διαλύματα για τη βαθμονόμηση των μετρήσεων pH.

3.5 Θολερότητα

Η απαιτούμενη βαθμονόμηση και όλα τα κείμενα που αφορούν την βαθμονόμηση αισθητήρων θολερότητας περιγράφεται από τους Wild και Gibs (1998). Η βαθμονόμηση των οργάνων θολερότητας με την χρήση φορμαζίνης ή άλλων πρότυπων διαλυμάτων, συνήθως γίνεται στα εργαστήρια έτσι ώστε τα όργανα να ελεγχθούν πριν βγουν στο ύπαιθρο για μετρήσεις. Τα περισσότερα εργοστάσια αισθητήρων προτείνουν είτε την φορμαζίνη είτε αποδεκτά πρότυπα διαλύματα όπως είναι τα πολυμερή στερίνης διβιλιβενζενίου (SDVB) για βαθμονόμηση αισθητήρων θολερότητας. Το πρότυπο φορμαζίνης μπορεί να αραιωθεί, αλλά κατά την διαδικασία αραιώσης του διαλύματος σφάλματα μπορούν να εισαχθούν τα οποία μπορούν να μειώσουν την ακρίβεια του πρότυπου διαλύματος. Τα διαλύματα τα οποία βασίζονται σε φορμαζίνη εξαρτώνται από την θερμοκρασία, οπότε ακριβείς μετρήσεις είναι πολύ δύσκολο να λάβουμε στην περίπτωση που γίνει η βαθμονόμηση σε συνθήκες υπαίθρου. Οι Wild και Gibs (1998) πρότειναν τρόπους έτσι ώστε να απομακρυνθεί η επίδραση της θερμικής διακύμανσης βαθμονομώντας τα όργανα σε θερμοκρασία δωματίου σε ένα γραφείο χρησιμοποιώντας τόσο το διάλυμα φορμαζίνης όσο και ένα δεύτερο διάλυμα. Στην συνέχεια η βαθμονόμηση του οργάνου γίνεται, στο ύπαιθρο στην θέση στην οποία θα γίνει η μέτρηση χρησιμοποιώντας το δεύτερο διάλυμα. Γενικότερα στο εμπόριο υπάρχουν διάφορα πρότυπα διαλύματα για την βαθμονόμηση συστημάτων θολερότητας και σε κάθε περίπτωση προτείνεται πριν τοποθετήσουμε τον αισθητήρα μέσα σε ένα πρότυπο διάλυμα, ο αισθητήρας να καθαρίζεται να ξεβγάζεται τρεις φορές με τρεχούμενο νερό και πολύ προσεχτικά να ξηραίνεται. Το τρεχούμενο νερό το οποίο αναφέρει δεν είναι νερό βρύσης αλλά περιγράφεται πάρα πολύ καλά από τους Wild και Gibs (1998).

4. Διαδικασία παρακολούθησης των σταθμών

Η διαδικασία παρακολούθησης των σταθμών ελέγχου των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού σκοπό έχει την παραγωγή της μέγιστης ποσότητας καταγραφών οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω επεξεργασία. Οι κύριες κατηγορίες λειτουργίας, περιλαμβάνουν την συντήρηση του σταθμού και του εξοπλισμού, την αξιολόγηση των συστημάτων καταγραφής και του αισθητήρα, τον καθαρισμό αυτών, την βαθμονόμηση και την επίλυση όποιων τεχνικών προβλημάτων παρουσιάζεται, στους αισθητήρες και συστήματα καταγραφής, τις μετρήσεις στην κατακόρυφη τομή στην οποία θα εκτελεστούνε κάθετα στην θέση παρακολούθησης, όπως επίσης και την ακρίβεια με την οποία κατακρατείται το αρχείο παρακολούθησης.

4.1 Συντήρηση

Η συχνότητα με την οποία εκτελείται μια συντήρηση καθορίζεται κυρίως από τον ρυθμό με τον οποίο ρυπαίνονται οι αισθητήρες και η συχνότητα ρύπανσης εξαρτάται τόσο από τον τύπο των αισθητήρων όσο από την εποχή και το υδρογεωλογικό και υδρολογικό περιβάλλον στο οποίο έχει εγκατασταθεί ο αισθητήρας. Η απόδοση των αισθητήρων θερμοκρασίας και ειδικής αγωγιμότητας επηρεάζονται λιγότερο από την ρύπανση απ' ό τι οι αισθητήρες μέτρησης διαλυμένου οξυγόνου, pH και θολερότητα οι οποίοι είναι πιο επιρρεπείς στην ρύπανση. Η εφαρμογή και η χρήση διαφόρων μηχανισμών απορρύπανσης κυρίως σε μοντέρνα όργανα θολερότητας έχουν μειώσει το πρόβλημα της ρύπανσης γενικά. Για σταθμούς με πολύ σημαντικά δεδομένα, η συντήρηση πρέπει να γίνεται σε εβδομαδιαία βάση ίσως και συχνότερα, ενώ σε περιοχές όπου γίνεται παρακολούθηση νερού πλούσια σε οργανικά και ο αισθητήρας λειτουργεί σε περιβάλλον με υψηλές θερμοκρασίες απαιτείται συντήρηση του εξοπλισμού τουλάχιστον κάθε τρεις μέρες. Σε περιοχές με αυξημένη την περιβαλλοντική ρύπανση, προτείνεται ακόμα και η χρήση ενός παρατηρητή που σκοπό έχει μόνο την παρακολούθηση και συντήρηση των οργάνων. Πέρα των προβλημάτων που αφορούν την ρύπανση, υπάρχουν και διάφορα άλλα φυσικά προβλήματα όπως είναι η φθορά στην αντλία ή η δυσλειτουργία του συστήματος καταγραφής ιζηματογένεσης στον χώρο που έχει εγκατασταθεί ο αισθητήρας υπερτροφοδοσίας ρεύματος και κάψιμο ασφαλειών στα όργανα καταγραφής, μπάζα στον χώρο που έχει εγκατασταθεί ο αισθητήρας λόγω αυξημένης ροής του ποταμού, πιθανός πάγος κατά την χειμερινή περίοδο, ακόμα και βανδαλισμοί μπορεί να προκαλούν προβλήματα τα οποία να χρειάζονται συχνότερη επίσκεψη για συντήρηση. Τώρα πια συνήθως προτείνουν οι εταιρίες την σύνδεση των σταθμών με τηλεμετρία ή ακόμα και με δορυφορική ζεύξη έτσι ώστε ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας του καταγραφικού, να γίνεται από το εργαστήριο. Τα κύρια πράγματα που

εκτελούνται όταν γίνεται επίσκεψη συντήρησης σε ένα σταθμό παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού περιλαμβάνουν μια καταγραφή της

- ✚ ημερήσιας λειτουργίας του αισθητήρα για τις θέσεις οι οποίες λειτουργούν με τηλεμετρία
- ✚ παρακολούθηση του χώρου για τυχόν σημάδια από φυσικές διαβρώσεις ή φυσικές καταστροφές,
- ✚ παρακολούθηση του χώρου και του αισθητήρα για τυχόν ρύπανση, διάβρωση ή καταστροφή,
- ✚ έλεγχο των μπαταριών,
- ✚ έλεγχο του χρόνου καταγραφής που συνήθως ρυθμίζεται με GPS,
- ✚ τον καθαρισμό των αισθητήρων που είναι η συντήρηση και καθαρισμός ρουτίνας,
- ✚ η βαθμονόμηση αν χρειάζεται, και
- ✚ η αποθήκευση των δεδομένων από το καταγραφικό συστήματα αποθήκευσης.

Οι ειδικές απαιτήσεις για την συντήρηση εξαρτάται κάθε φορά από τον χώρο και από τα όργανα που χρησιμοποιήσαμε για την καταγραφή. Μια πολύ σημαντική και καλή αναφορά σε απαιτήσεις συντήρησης γίνεται από την USGS και λεπτομέρειες μπορούν να βρεθούν στο εγχειρίδιο του Gordon και Katzenbach (1983) τα οποία αφορούν τις απαιτήσεις λειτουργίας ενός σταθμού όπως αυτό φαίνεται στο παράρτημα 4. Γενικότερα πρέπει να γνωρίζουμε ότι πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες εφαρμογής, από τους κατασκευαστές κάθε τύπου οργάνου.

4.2 Διερεύνηση- Έλεγχος αισθητήρων

Κατά τον έλεγχο κάθε αισθητήρα, «κλείνει» το παρόν αρχείο καταγραφής και με το πέρας του ελέγχου δίνεται ο χρόνος στον οποίο γίνεται η έναρξη καταγραφής και αποθήκευσης του νέου αρχείου συλλογής των δεδομένων. Πριν αρχίσει η καταγραφή πρέπει να πιστοποιηθεί ότι το όλο σύστημα λειτουργεί καλά. Αυτό επιτυγχάνεται παίρνοντας τα δεδομένα από τον αισθητήρα, κατόπιν ακολουθεί συντήρηση του αισθητήρα και παίρνουμε καταγραφές από τον αισθητήρα ο οποίος έχει υποστεί τη συντήρηση και βαθμονομούμε τους αισθητήρες με κατάλληλα πρότυπα διαλύματα. Αν οι καταγραφές πριν και μετά τη βαθμονόμηση έχουν διαφορά μη αποδεκτή - όπως αυτό αναφέρεται στην παράγραφο που αφορά τα κριτήρια βαθμονόμησης οργάνων - τότε ξαναγίνεται βαθμονόμηση του αισθητήρα.

Ένας τελικός έλεγχος του αισθητήρα σε συνθήκες περιβάλλοντος απαιτείται προκειμένου να ξέρουμε ότι ολοκληρώθηκε η διαδικασία βαθμονόμησης ή ότι απαιτείται επιπλέον βαθμονόμηση του οργάνου. Η διαφορά μεταξύ των καταγραφών του αισθητήρα πριν και μετά τον καθαρισμό και τη συντήρηση ονομάζεται λάθος του αισθητήρα και είναι αποτέλεσμα των όποιων διαδικασιών ρύπανσης έχει υποστεί αυτός. Η διαφορά των δύο τιμών μεταξύ τους είναι ουσιαστικά ένδειξη εκτός της ρύπανσης και της μετάθεσης που έχουν υποστεί τα δεδομένα από την πραγματική τιμή στις τιμές που καταγράφει λόγω της επίδρασης όλων αυτών των εξωτερικών παραγόντων.

Όσες πληροφορίες σχετίζονται με την αξιολόγηση και τη συντήρηση του αισθητήρα καταγράφονται στο βιβλίο υπαίθρου στο οποίο υπάρχουν πληροφορίες τόσο για τα όργανα όσο και για τη συντήρηση. Οι καταγραφές αυτές των αισθητήρων στο πεδίο είναι η βάση για οποιεσδήποτε διορθώσεις ή όπως ονομάζονται μεταθέσεις-διορθώσεις κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καταγραφής. Έτσι είναι απαραίτητο κάθε φορά για τη σωστή οργάνωση ενός σταθμού να υπάρχει ένα πλήρες αρχείο της συντήρησης των σταθμών όπως και όποιων διαδικασιών έχουν εφαρμοστεί για να γίνουν οι διορθώσεις των μετρήσεων. Οι αρχικές μετρήσεις των αισθητήρων, πριν τη συντήρηση του εξοπλισμού συγκρίνονται με τις βαθμονομημένες μετρήσεις πριν απομακρυνθεί ο αισθητήρας από την περιοχή καταγραφής. Η ιδεατή σύγκριση γίνεται μόνο στην περίπτωση που η βαθμονόμηση του αισθητήρα γίνει στη θέση ακριβώς που μέχρι τώρα εκτελούνταν οι μετρήσεις. Οι μετρήσεις-καταγραφές του αισθητήρα πριν τον καθαρισμό είναι ουσιαστικά το τελικό σημείο πριν την τελευταία συντήρηση του εξοπλισμού και η διαφορά των μετρήσεων μας δίνει ένα μέτρο της αξιοπιστίας των μετρήσεων παρακολούθησης όπως επίσης και μια ένδειξη της δυναμικής μετάθεσης των μετρήσεων ή της ρύπανσης του εξοπλισμού. Παρόλα αυτά, πέρα από τους αισθητήρες θερμοκρασίας οι άλλες μετρήσεις υπαίθρου δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατευθείαν για κάποιους υπολογισμούς όπως και για τον έλεγχο αυτής της μετάθεσης των δεδομένων. Γενικότερα οι μετρήσεις υπαίθρου είναι ένα εργαλείο με το οποίο μπορούμε να παρατηρούμε την μεταβλητότητα σε κάθετη τομή των περιβαλλοντικών παραμέτρων που κάθε φορά μετράμε και γι' αυτό φυσικά απαιτείται η συνεχής συντήρηση του εξοπλισμού. Επίσης κατά τη διάρκεια απομάκρυνσης του αισθητήρα από το νερό πρέπει να ελέγχονται στοιχεία που έχουν να κάνουν με χημικές αντιδράσεις, με υφαλμύρυνση του χώρου ή με οσμωτικές διαδικασίες. Αυτές οι παρατηρήσεις καταγράφονται στις σημειώσεις υπαίθρου πριν τον καθαρισμό και όλοι οι αισθητήρες πρέπει να καθαρίζονται ανεξάρτητα σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έχει ορίσει ο κατασκευαστής.

Μετά το πέρας της συντήρησης οι βαθμονομημένοι αισθητήρες πρέπει να επιστρέφονται στον χώρο που ήταν τοποθετημένοι και να ελέγχονται για τον τρόπο καταγραφής. Τόσο οι μετρήσεις του καταγραφικού όσο και οι αλλαγές οι οποίες έγιναν πρέπει να καταγράφονται στο βιβλίο του σταθμού.

Και όλα αυτά επαναλαμβάνονται στην τελευταία παράγραφο οι όποιες παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ των αρχικών καταγραφών και των καταγραφών που έχει πάρει ο αισθητήρας μετά τον καθαρισμό είναι αποτέλεσμα της ρύπανσης είτε αυτή είναι χημική είτε είναι ιζηματογένεση, είτε είναι αποτέλεσμα οσμωτικών ή όποιων άλλων χημικών διαδικασιών.

4.3 Κριτήρια βαθμονόμησης οργάνων

Προτάθηκε από τους Gordon και Katzenbach (1983) να μην εκτελείται βαθμονόμηση των αισθητήρων όταν παρουσιάζουν μικρές αλλαγές σε σχέση με τις πρότυπες τιμές όπως αυτές αναφέρονται στην δημοσίευσή τους. Αυτή η ιδέα αναγνωρίζει όρια στην ηλεκτρονική καταγραφή

δεδομένων σε συνθήκες υπαίθρου τα οποία είναι κοντά στην ακρίβεια των οργάνων. Ρυθμίσεις μέσα σε αυτά τα αποδεκτά όρια προτείνεται ότι δεν επηρεάζουν ενώ βελτιώνουν την συνολική ακρίβεια των δεδομένων. Ο έλεγχος και η βαθμονόμηση των αισθητήρων γίνεται με γνωστά πρότυπα διαλύματα και εκτελείται σε καθαρούς αισθητήρες παρακολούθησης. Αν οι μετρήσεις από τους αισθητήρες είναι αρκετά έξω από τα προαναφερόμενα αποδεκτά όρια τότε οι αισθητήρες πρέπει να ξαναβαθμονομηθούν. Σε αντίθετη περίπτωση, ο αισθητήρας θεωρείται ότι είναι ελεγμένος, δεν προχωράμε σε καμία περαιτέρω ρύθμιση και τοποθετείται πίσω στην περιοχή μέτρησης. Όλες οι μετρήσεις από τους αισθητήρες καθώς και όλες οι αλλαγές που κάνουμε καταγράφονται στο βιβλίο υπαίθρου καθώς και στο βιβλίο του συγκεκριμένου μηχανήματος. Μετά το πέρας της βαθμονόμησης και της συντήρησης επιστρέφεται στο χώρο που γίνεται η μέτρηση έτσι ώστε να υπάρχει μία εξισορρόπηση των χαρακτηριστικών και κυρίως της θερμοκρασίας του αισθητήρα με αυτές της περιοχής μέτρησης. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το βαθμονομημένο όργανο- αισθητήρας, παύει να λειτουργεί ή αποτυγχάνει να λειτουργήσει και να αποδώσει τις αναμενόμενες τιμές οπότε σε αυτήν την περίπτωση ο αισθητήρας απομακρύνεται ή αντικαθίσταται από έναν άλλον αισθητήρα ο οποίος είναι ο αντικαταστάτης του οργάνου μέτρησης. Ο αισθητήρας ο οποίος έχει πάθει τη ζημιά επισκευάζεται στο εργαστήριο ή επιστρέφεται ξανά πίσω στο εργοστάσιο για περαιτέρω διορθώσεις.

Πίνακας 6. Κριτήρια βαθμονόμησης συνεχούς παρακολούθησης των Φυσικοχημικών Παραμέτρων του νερού.

Μετρούμενη Φυσική Ιδιότητα	Κριτήρια Βαθμονόμησης
Θερμοκρασία	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$
Ειδική Αγωγιμότητα	Το περισσότερο $\pm 5 \mu\text{S}/\text{cm}$ ή $\pm 3\%$ της μετρούμενης ποσότητας
Διαλυμένο Οξυγόνο	$\pm 0.3 \text{ mg}/\text{L}$
pH	± 0.2 μονάδες pH
Θολρότητα	Το περισσότερο ± 2 μονάδες θολρότητας ή $\pm 5 \%$ της μετρούμενης ποσότητας

\pm της τιμής που μετράται, $^{\circ}\text{C}$ - βαθμοί Κελσίου, $\mu\text{S}/\text{cm}$ στους 25°C , mg/L , NTU

Όλες οι καταγραφές των αισθητήρων εισάγονται μέσα στις σημειώσεις πεδίου όπως επίσης και όλες οι παράμετροι και οι πληροφορίες βαθμονόμησης των οργάνων. Τα βαθμονομημένα όργανα και οι αισθητήρες επιστρέφουν ξανά στο χώρο μέτρησης που είναι τα ποτάμια και αφήνονται να αποκτήσουν και να δουλέψουν στις συνθήκες περιβάλλοντος και κυρίως στην θερμοκρασία του ποταμού. Οι παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ καθαρών και βαθμονομημένων αισθητήρων και των καταγραφών μεταξύ των βαθμονομημένων αισθητήρων είναι το αποτέλεσμα της εφαρμογής της μετάθεσης. Ο αισθητήρας ο οποίος μπήκε στο ποτάμι ουσιαστικά ξεκίνησε μια νέα σειρά μετρήσεων των φυσικο-χημικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού. Αν ο βαθμονομημένος αισθητήρας καταγραφής αποτύχει να συμφωνήσει με τις βαθμονομημένες μετρήσεις υπαίθρου και αυτό αποτύχει

μέσα στα κριτήρια σφάλματος που έχουμε εμείς θέσει για την βαθμονόμηση τότε ο εσφαλμένος αισθητήρας πρέπει να αντικατασταθεί και να επισκευαστεί αφού επιβεβαιωθεί ότι υπάρχει πρόβλημα στις μετρήσεις.

4.4 Καθαρισμός αισθητήρων πεδίου

Οι πιο γνωστοί αισθητήρες πεδίου για τις μετρήσεις θερμοκρασιών μπορεί να καθαριστούν με την χρήση καθαριστικών υγρών και μιας μαλακής βούρτσας. Οι στρώσεις ρύπων οι οποίες επικάθονται πάνω στον αισθητήρα από την πολύχρονη σε ποτάμια ή σε λίμνες ή σε άλλα υδατικά περιβάλλοντα παραμονή τους, και τα οποία αντιστέκονται στην απομάκρυνση, συνήθως απομακρύνονται βουτώντας τον αισθητήρα σε ένα απολυμαντικό καθαριστικό διάλυμα αραιωμένο με νερό όπως προτείνετε από τους (Ficken και Scott 1989). Γενικά πρέπει να ακολουθούνται επ' ακριβώς οι οδηγίες που δίνονται από τον κατασκευαστή σε ότι αφορά τους αισθητήρες μέτρησης πολλών παραμέτρων.

Οι Radtke, Davis και Wild (1998) προτείνουν τον καθαρισμό των αισθητήρων ειδικής αγωγιμότητας χρησιμοποιώντας απιονισμένο νερό πριν και μετά τις μετρήσεις. Ελαιώδη ή άλλα χημικά υπολείμματα όπως άλατα, μπορούν να απομακρυνθούν χρησιμοποιώντας ένα καθαριστικό απολυμαντικό διάλυμα. Οι αισθητήρες ειδικής αγωγιμότητας καθαρίζονται βυθίζοντάς τους σε ένα απολυμαντικό ή καθαριστικό υδατικό διάλυμα για πολλές ώρες χωρίς να πάθουν καμία ζημιά. Ελαιώδη ή άλλα υπολείμματα μπορούν να απομακρυνθούν βυθίζοντας τους αισθητήρες σε ένα διάλυμα αραιού 5% υδροχλωρικού οξέως, αν και γενικά πρέπει πριν χρησιμοποιήσουμε οξέα στους αισθητήρες να ελέγχουμε τις οδηγίες των κατασκευαστών. Οι αισθητήρες δεν πρέπει να είναι ποτέ σε επαφή με οξέα για περισσότερο από μερικά λεπτά. Τα πλαστικά και ατσάλινα τμήματα των αισθητήρων πρέπει να καθαρίζονται με μία μαλακή βούρτσα ενώ το κομμάτι του αισθητήρα το οποίο είναι φτιαγμένο από πλατίνα ποτέ δεν πρέπει να καθαρίζεται με μια βούρτσα.

Η διαδικασία καθαρισμού των αισθητήρων διαλυμένου οξυγόνου περιλαμβάνει την χρήση πολύ μαλακής τρίχας βούρτσα έτσι ώστε να απομακρύνει την άργιλο από την εξωτερική επιφάνεια των αισθητήρων όπως επίσης και τον καθαρισμό την μεμβράνης με πολύ μαλακό βαμβακερό πανί και μετά το ξέπλυμα της με απιονισμένο νερό. Οι αισθητήρες συνήθως καλύπτονται με μια διαπερατή μεμβράνη η οποία γεμίζει εσωτερικά τον αισθητήρα με διάλυμα χλωριούχου νατρίου. Η μεμβράνη γενικότερα φράζει εύκολα και έτσι πολλές φορές είναι αναγκαίο να αντικατασταθεί σε 30 μέρες ή και νωρίτερα όποτε αυτό απαιτείτε. Όταν η μεμβράνη αντικαθίσταται, το διάλυμα χλωριούχου νατρίου πρέπει να απομακρύνεται από τον αισθητήρα και να ξεβγάξετε με απιονισμένο νερό ακολουθώντας επαναληπτικά την ίδια διαδικασία. Τέλος πρέπει αρκετές φορές να ξεπλένουμε όλον τον αισθητήρα με διάλυμα χλωριούχου νατρίου πριν ο αισθητήρας ξαναγεμιστεί με το ίδιο διάλυμα πριν την αντικατάσταση της μεμβράνης. Η μεμβράνη πρέπει να αντικαθίσταται με μεγάλη προσοχή έτσι ώστε

η επιφάνειά της να μην πάθει ζημιά ή να μην «μολυνθεί» με πολύ λεπτόκοκκα υλικά όπως επίσης δεν πρέπει φυσαλίδες να παγιδευτούν εσωτερικά της μεμβράνης. Η επιφάνεια της μεμβράνης πρέπει να είναι εξομαλυσμένη και η μεμβράνη πρέπει με μεγάλη ασφάλεια να τοποθετείτε χρησιμοποιώντας τους δακτυλίους πρόσφυσης στο αισθητήρα. Οι αισθητήρες πρέπει να μπαίνουν σε νερό για μια νύχτα έτσι ώστε η μεμβράνη να χαλαρώσει – να εκτονωθεί πριν την εγκατάσταση και την βαθμονόμηση του αισθητήρα. Αυτή η διαδικασία όπως περιγράφηκε, λογικά απαιτεί είτε την άμεση αντικατάσταση του αισθητήρα διαλυμένου οξυγόνου ή την επίσκεψη του χώρου σε άλλη χρονική στιγμή με σκοπό τη βαθμονόμηση και την εγκατάσταση του οργάνου.

Όλες οι διαδικασίες που αφορούν την βαθμονόμηση και αντικατάσταση των αισθητήρων διαλυμένου οξυγόνου πρέπει να γράφονται με λεπτομέρεια στα βιβλία υπαίθρου. Κάθε αισθητήρας διαλυμένου οξυγόνου έχει μια άνοδο και μια κάθοδο, η κάθοδος είναι χρυσή και συνήθως επαργυρώνεται και μάλιστα μετά από μεγάλη περίοδο χρόνου συνήθως στιλβώνεται έτσι ώστε να βρίσκεται σε καλή κατάσταση ο αισθητήρας. Η άνοδος είναι και αυτή επάργυρη και με την χρήση, συνήθως, παίρνει ένα γκρι μαύρο χρώμα και αυτό ουσιαστικά αποτελεί ένδειξη καλής λειτουργίας και καλής βαθμονόμησης του οργάνου. Γενικότερα πρέπει οι αισθητήρες να βαθμονομούνται και να καθαρίζονται όπως ορίζει ο κατασκευαστής. Τέλος για την πλήρη και σωστή λειτουργία του αισθητήρα πρέπει πέρα από όλα αυτά που αναφέραμε ο αισθητήρας να ξαναγεμίζεται με διάλυμα χλωριούχου νατρίου και μια νέα μεμβράνη να τοποθετείται όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο.

Τα ηλεκτρόδια για τις μετρήσεις pH πρέπει να κρατούνται καθαρά με σκοπό να μπορέσουμε να μετρήσουμε και να βαθμονομήσουμε σωστά και με ακρίβεια τις τιμές του pH όπως προτείνετε από τους Radtke, Busenberg και άλλοι (1998). Το σώμα του ηλεκτροδίου πρέπει να ξεπλένεται πολύ καλά με απιονισμένο νερό πριν και μετά την χρήση. Γενικά αυτή είναι η μόνη οδηγία καθαρισμού η οποία απαιτείται στα ηλεκτρόδια για μετρήσεις pH αν και γενικότερα σε συγκεκριμένες και ειδικές περιπτώσεις μόλυνσης ή γενικά ρύπανσης του ηλεκτροδίου οι κατασκευαστές προτείνουν κάποιους ειδικότερους τρόπους καθαρισμού. Όλες οι διαδικασίες και επισκευές των αισθητήρων pH πρέπει να καταγράφονται στο βιβλίο ελέγχου του οργάνου.

Οι οπτικοί αισθητήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται κυρίως για την μέτρηση της περιδίνησης είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στην ρύπανση. Έτσι απαιτούνται πολλές συχνές επιτόπου επισκέψεις στον χώρο μέτρησης έτσι ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε ρύπανση κυρίως σε υδατικά περιβάλλοντα τα οποία είναι πλούσια σε ιζήματα και σε συγκέντρωση φυκιών ή άλλων βιολογικών ή χημικών στοιχείων. Γενικότερα υπάρχουν διάφορες συσκευές οι οποίες είναι εξωτερικές και βοηθάνε στο μηχανικό καθαρισμό των αισθητήρων ή άλλα όργανα τα οποία απομακρύνουν ή προστατεύουν γενικά τους μοντέρνους αισθητήρες από την ρύπανση. Αν οι αισθητήρες θολερότητας δεν λειτουργούν μαζί με τέτοιου είδους εξωτερικά όργανα καθαρισμού τα οποία απομακρύνουν τέτοιες επικολλήσεις ή παρουσίες στερεών κυρίως στην επιφάνεια που είναι ο φακός και που εκτελούνται οι μετρήσεις τότε το πιο πιθανό είναι να μην μπορούμε να συλλέξουμε αξιόπιστα δεδομένα.

4.5 Βαθμονόμηση των αισθητήρων στον τόπο μέτρησης

Οι αισθητήρες παρακολούθησης της ποιότητας του νερού πρέπει να βαθμονομούνται στο εργαστήριο πριν την εγκατάσταση των οργάνων στην θέση μέτρησης. Αυτή η βαθμονόμηση στο εργαστήριο ή στο χώρο γίνεται χρησιμοποιώντας υδατικά διαλύματα γνωστών ιδιοτήτων. Η βαθμονόμηση στο ύπαιθρο πραγματοποιείται εάν και μόνο οι μετρήσεις που λαμβάνονται από τον καθαρισμένο αισθητήρα κατά την διάρκεια του ελέγχου της βαθμονόμησης διαφέρουν περισσότερο από τα κριτήρια βαθμονόμησης τα οποία ορίσαμε στον πίνακα 6. Πρέπει επίσης να έχουμε συμπληρωματικούς αισθητήρες παρακολούθησης οι οποίοι να χρησιμοποιούνται για την αντικατάσταση των αισθητήρων παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού οι οποίοι αποτυγχάνουν να βαθμονομηθούν σωστά. Όλα τα βαθμονομημένα όργανα πρέπει να κρατούνται καθαρά, να αποθηκεύονται σε θήκες οι οποίες είναι ασφαλείς για την μετακίνηση όπως επίσης να προστατεύονται από πολύ ακραίες θερμοκρασίες.

4.5.1 Αισθητήρες θερμοκρασίας

Οι καινούργιοι αισθητήρες θερμοκρασίας του νερού είναι αρκετά ανθεκτικοί και ακριβείς και συνήθως οι κατασκευαστές δεν προτείνουν βαθμονόμηση στο πεδίο ή ακόμα και στο εργαστήριο. Οι αισθητήρες παρακολούθησης θερμοκρασίας συνήθως δεν βαθμονομούνται απλά γίνονται συσχετισμοί των μετρήσεων θερμοκρασίας μεταξύ του χρησιμοποιούμενου οργάνου και των βαθμονομημένων θερμομέτρων ή θερμίστορ όπως αυτό περιγράφεται από τους Radtke, Kyrklin και Wild (1998). Η ακρίβεια του προσδιορισμού της θερμοκρασίας είναι πολύ σημαντική δεδομένου ότι η θερμοκρασία επηρεάζει την σωστή παρακολούθηση και λειτουργία άλλων αισθητήρων και οργάνων. Πριν την επίσκεψη του συνεργείου για την εγκατάσταση των οργάνων στο ύπαιθρο πρέπει στα θερμόμετρα να υπάρχουν οι ετικέτες που να αναφέρουν ότι είναι βαθμονομημένα ή ελεγμένα καθώς επίσης να αναφέρεται και η τελευταία μέρα στην οποία έγινε η βαθμονόμηση όπως επίσης και αν τα όργανα ελέγχθηκαν για χρήση σε ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος.

Στην περίπτωση που θέλουμε να βαθμονομήσουμε ένα θερμόμετρο πρέπει να το βάλουμε μαζί με το θερμόμετρο το βαθμονομημένο θερμόμετρο ή το θερμίστορ σε ένα χώρο στον οποίο ρέει νερό το ένα δίπλα στο άλλο. Πρέπει να αφήσουμε τους αισθητήρες αρκετή ώρα έτσι ώστε να επέλθει θερμοκρασιακή ισορροπία πριν γίνει η μέτρηση, κατόπιν μετράμε τις θερμοκρασίες και από τους δυο αισθητήρες για διάρκεια δυο λεπτών. Αν τώρα η θερμοκρασία μεταξύ του αισθητήρα και του πρότυπου οργάνου μέτρησης θερμοκρασίας διαφέρουν κατά $\pm 0,2$ °C τότε έχει αποτύχει η

βαθμονόμηση και ο αισθητήρας πρέπει να αντικατασταθεί. Οι χαλασμένοι αισθητήρες ή οι αισθητήρες που δεν μπορούν να βαθμονομηθούν πρέπει να επιστρέφονται τόσο στο εργαστήριο ή και στον κατασκευαστή για να γίνει η απαραίτητη επισκευή και βαθμονόμηση στο εργοστάσιο.

4.5.2 Αισθητήρες ειδικής αγωγιμότητας

Αν αποτύχουμε να βαθμονομήσουμε σωστά τους αισθητήρες ειδικής αγωγιμότητας χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που αναφέρονται στον πίνακα 6 τότε πρέπει ο αισθητήρας να αντικατασταθεί ή να βαθμονομηθεί. Οι βαθμονομήσεις στο ύπαιθρο διαφέρουν γενικά ανάλογα με τα διαθέσιμα όργανα που χρησιμοποιούνται, αλλά ουσιαστικά μπορούν να διακριτοποιηθούν σε δυο τρόπους βαθμονόμησης με τη χρήση πρότυπων διαλυμάτων. Γενικά, χρησιμοποιούνται δυο διαλύματα τα οποία ορίζουν την χαμηλότερη και μέγιστη τιμή ειδικής αγωγιμότητας στο περιβάλλον το οποίο θα μετρήσουμε, και χρησιμοποιούμε και ένα τρίτο πρότυπο υδατικό διάλυμα το οποίο βρίσκεται κοντά στην μέση τιμή ειδικής αγωγιμότητας του χώρου στον οποίου γίνονται οι μετρήσεις. Όλες οι πληροφορίες βαθμονόμησης καταγράφονται στο βιβλίο υπαίθρου και σταθμού όπως επίσης και στο βιβλίο στο οποίο αναφέρεται στο όργανο.

Οι διαδικασίες που αφορούν τον καθαρισμό και τον έλεγχο του αισθητήρα πρέπει να ακολουθούνται με σκοπό να επιβεβαιώνουμε ότι το πρότυπο θερμίστορ ή θερμόμετρο όπως επίσης και ο αισθητήρας που έχουμε στο ύπαιθρο συμφωνούν με την θερμοκρασιακή κλίμακα μέσα στα όρια των $\pm 0,2$ °C όπως ορίζεται και στον πίνακα 6. Επίσης πρέπει να ελέγχονται οι ημερομηνίες λήξης των προτύπων διαλυμάτων και επίσης το μπουκάλι το οποίο περιέχει το πρότυπο διάλυμα πρέπει να βυθίζεται μέσα στο νερό έτσι ώστε να υπάρχει εξισορρόπηση θερμοκρασίας και η βύθιση αυτή να διαρκεί περίπου από 15 μέχρι 30 λεπτά. Τέλος, πρέπει ο αισθητήρας και το θερμόμετρο ή το θερμίστορ το οποίο χρησιμοποιούμε ως πρότυπο όργανο όπως και ο χώρος στον οποίο θα γίνει η βαθμονόμηση των θερμομέτρων πρέπει να εμβαπτιστούν 3 φορές με το πρότυπο διάλυμα το οποίο έχει την αναμενόμενη μέση τιμή του χώρου έρευνας. Πρέπει να χρησιμοποιούμε πάντα φρέσκα πρότυπα υδατικά διαλύματα όπως επίσης και η θερμοκρασία να ορίζεται αν αυτό είναι απαραίτητο. Η ειδική αγωγιμότητα η οποία μετράτε, οι πρότυπες τιμές καθώς και η θερμοκρασία καταγράφονται όλα στο βιβλίο υπαίθρου όπως επίσης και στο βιβλίο οργάνου και γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις. Αν το όργανο δεν έχει αυτόματη διόρθωση θερμοκρασίας τότε την κάνουμε εμείς όπως αναφέρεται από τους Radtke, Davis και Wild (1998).

Το χρησιμοποιούμενο πρότυπο διάλυμα το οποίο βρίσκεται μέσα στο χώρο στον οποίο γίνεται η δοκιμή πετιέται μαζί με το δοχείο στο οποίο υπήρχε το διάλυμα και η διαδικασία επαναλαμβάνεται χρησιμοποιώντας και δεύτερο και τρίτο πρότυπο υδατικό διάλυμα. Αν οι τιμές των μετρήσεων του οργάνου παρακολούθησης και του πρότυπου οργάνου παρακολούθησης διαφέρουν κατά 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ή

3% τότε η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Αν στη δεύτερη ή τρίτη επανάληψη πάλι οι τιμές διαφέρουν πέρα από αυτές που ορίζουν τα κριτήρια βαθμονόμησης του πίνακα 6 τότε το όργανο αντικαθίσταται και στέλνεται στη εταιρεία ή στο εργαστήριο για περαιτέρω βαθμονόμηση και διόρθωση.

4.5.3 Αισθητήρες διαλυμένου οξυγόνου

Το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό συνδέεται και σχετίζεται άμεσα με την θερμοκρασία του νερού, την ατμοσφαιρική πίεση και την αλατότητα. Οι Radtke White και άλλοι το (1998) παρουσιάζουν 4 διαφορετικές διαδικασίες για την βαθμονόμηση των οργάνων οι οποίες είναι: 1) εναέρια βαθμονόμηση του αισθητήρα στο νερό, 2) βαθμονόμηση σε πλήρη κορεσμένο νερό με αέρα, 3) εναέρια βαθμονόμηση του αισθητήρα στον αέρα, 4) ιοδομετρική στοιχειομετρική ανάλυση και γνωστή ως (Winkler). Οι τρεις πρώτες διαδικασίες ουσιαστικά ερμηνεύουν την παρουσία του διαλυμένου οξυγόνου χρησιμοποιώντας μια αμπερομετρική μέθοδο η οποία εξαρτάται από την διάχυση του οξυγόνου διαμέσου μιας μεμβράνης τεφλόν. Η ιοδομετρική στοιχειομετρική ανάλυση μετράει το διαλυμένο οξυγόνο άμεσα μελετώντας τις αλλαγές στο χρώμα που οφείλεται σε μειώσεις του διαθέσιμου οξυγόνου. Η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για την βαθμονόμησης εξαρτάται πάντα από τους τύπους των οργάνων που έχουμε διαθέσιμους. Γενικά πρέπει να ακολουθείτε ακριβώς η διαδικασία βαθμονόμησης όπως ορίζεται από τον κατασκευαστή έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μια ακριβής βαθμονόμηση της τάξης του $\pm 0,3$ mg/L διαλυμένο οξυγόνο. Γενικά η βαθμονόμηση των αισθητήρων διαλυμένου οξυγόνου περιλαμβάνει μετρήσεις διαλυμένου οξυγόνου σε 100% κορεσμένο διάλυμα και μετρήσεις σε 0% διάλυμα διαλυμένου οξυγόνου. Αν έχουμε μετρημένη την θερμοκρασία και την ατμοσφαιρική πίεση το κορεσμένο διαλυμένο οξυγόνο μπορεί να βρεθεί από τους πίνακες που έχουν δοθεί από τον Weiss (1970) και τους πίνακες που έχουν επαναπαρουσιαστεί από τους Radtke White και άλλοι (1998). Μια μέση τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης μπορεί επίσης να καθοριστεί με ένα μικρό βαρόμετρο τσέπης για την βαθμονόμηση η οποία μας δίνει ακρίβεια περίπου 1mm Hg της στήλης υδραργύρου.

Στην περίπτωση υδατικών διαλυμάτων θαλάσσιας προέλευσης ή προέλευση νερού από πηγές πρέπει να εφαρμοστεί ένας παράγοντας διόρθωσης αλατότητας στις μετρήσεις διαλυμένου οξυγόνου. Γενικά οι οδηγίες των κατασκευαστών αναφέρουν ότι διορθώσεις πρέπει να γίνουν στις περιπτώσεις νερών πλούσια σε αλατότητα αν η αγωγιμότητα είναι μεγαλύτερη από 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ή η συγκέντρωση χλωριόντων είναι μεγαλύτερη από 1000mg/L. Γενικότερα όμως αγωγιμότητες οι οποίες είναι μικρότερες από 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έχουν συντελεστή διόρθωσης μικρότερο από το κριτήριο βαθμονόμησης το οποίο ισχύει για τους αισθητήρες παρακολούθησης διαλυμένου οξυγόνου, άρα και δεν είναι απαραίτητη η διόρθωση. Αν το υγρό έχει αγωγιμότητα πάνω από 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ τότε οι παράγοντες διόρθωσης για την αλατότητα δίνονται από τους πίνακες όπως αυτοί έχουν βρεθεί από τον Weiss (1970) και από τους Radtke White και άλλοι (1998).

Επίσης πρέπει να αναφερθεί πως ένα φρέσκο πρότυπο διάλυμα με 0% διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να υπάρχει πάντα πριν ένα ταξίδι υπαίθρου όπως αυτό περιγράφεται από τους Radtke White και άλλοι (1998). Η βαθμονόμηση με τη χρήση ενός πρότυπου υπέρκορου (100%) σε διαλυμένο οξυγόνο διαλύματος, σε συνθήκες υπαίθρου είναι γενικά δύσκολη γιατί απαιτεί την αντικατάσταση της μεμβράνης μέσα από την οποία γίνεται η ανίχνευση του διαλυμένου οξυγόνου και πρέπει να αντικατασταθεί από μία μεμβράνη η οποία θα έχει για 24 ώρες τοποθετηθεί πριν την βαθμονόμηση σε νερό έτσι ώστε να χαλαρώσει. Μια λύση σε τέτοιου είδους προβλήματα είναι να μεταφέρουμε πάντα μαζί μας έναν βαθμονομημένο αναπληρωματικό αισθητήρα διαλυμένου οξυγόνου το οποίο θα είναι μέσα σε νερό συνέχεια και θα το πηγαίνουμε στο ύπαιθρο. Έτσι αντικαθίσταται ο έως τώρα χρησιμοποιούμενος αισθητήρας διαλυμένου οξυγόνου από τον καινούργιο που είναι βαθμονομημένος και δεν απαιτείται έτσι μια επιπλέον επίσκεψη την επόμενη μέρα είτε διακοπή των μετρήσεων.

Επίσης μπορεί να γίνει μια απευθείας μέτρηση της μέσης μέτρησης του διαλυμένου οξυγόνου χρησιμοποιώντας την μεθοδολογία της ιοδομετρικής στοιχειομετρικής ανάλυσης η οποία παρουσιάζει την εξής δυσκολία ότι πρέπει το δείγμα να μην επηρεαστεί από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο πράγμα που γενικά είναι δύσκολο έτσι ώστε να πετύχουμε ακριβείς μετρήσεις και προσδιορισμούς στο περιβάλλον. Επίσης η όλη ακρίβεια όλων των διαδικασιών εξαρτάται από την εμπειρία των ανθρώπων που εκτελούν τις μεθοδολογίες όπως και από την ποιότητα και αξιοπιστία των αισθητήρων όπως αυτά ορίζονται από τους Radtke White και άλλοι (1998).

4.5.4 Αισθητήρες pH

Οι διαδικασίες βαθμονόμησης των αισθητήρων pH είναι μια χρονοβόρος διαδικασία η οποία απαιτεί υπομονή. Πριν την επίσκεψη του συνεργείου μελέτης στον ύπαιθρο πρέπει το όργανο μέτρησης την απόκρισης του pH και το θερμίστορ να έχουν ελεγχθεί όπως αυτό περιγράφεται από τους Radtke και Busenberg και άλλοι (1998). Επίσης πρέπει να ελέγχεται η ημερομηνία λήξης των πρότυπων διαλυμάτων με pH 4, 7 και 10 όπως επίσης θα πρέπει να υπάρχει επιπλέον όργανο παρακολούθησης pH ή λοιπών αισθητήρων στην περίπτωση που απαιτηθεί αντικατάσταση του προϋπάρχοντος οργάνου μέτρησης στο ύπαιθρο.

Με την άφιξη του συνεργείου στον χώρο μελέτης πρέπει τα πρότυπα διαλύματα να τοποθετηθούν στο ποτάμι έτσι ώστε να επιτευχθεί η θερμοκρασιακή εξισορρόπηση για χρόνο από 15-30 λεπτά. Ο αισθητήρας του pH ελέγχεται για φυσικές φθορές και αντικαθίσταται αν αυτό κριθεί απαραίτητο. Ο έλεγχος των αισθητήρων και όλη η διαδικασία καθαρισμού των αισθητήρων περιγράφεται τόσο από τους Radtke και Busenberg και άλλοι (1998) όσο και από τον κατασκευαστή. Αν οι μετρήσεις του αισθητήρα καταγραφής παρακολούθησης του pH υπερβαίνουν τα κριτήρια βαθμονόμησης τότε πρέπει ο αισθητήρας να βαθμονομηθεί όπως περιγράφεται στις οδηγίες του κατασκευαστή.

Η επίδραση της θερμοκρασίας στα πρότυπα διαλύματα του pH γενικά παρουσιάζει μεγάλη αυξομείωση και έτσι υπάρχουν συνήθως κάποιοι παράγοντες διόρθωσης της θερμοκρασίας οι οποίοι πρέπει να ελέγχονται περιοδικά με βάση αυτά τα οποία προτείνει ο κατασκευαστής. Στο παράρτημα 5, για παράδειγμα, δίνονται διάφορα πρότυπα διαλύματα pH και η διακύμανση τους με την θερμοκρασία. Έτσι κάθε αισθητήρας παρακολούθησης του pH πρέπει να βαθμονομείται με βάση τις διορθωμένες τιμές του pH λόγω της μεταβλητότητας της θερμοκρασίας. Ο αισθητήρας του pH το θερμίστορ ή το θερμόμετρο και ο χώρος στον οποίο γίνεται όλη η βαθμονόμηση εμβαπτίζεται με πρότυπο διάλυμα pH 7 το οποίο κατόπιν απομακρύνετε από τον χώρο έρευνας. Το φρέσκο πρότυπο διάλυμα με pH 7 ξαναρίχνεται στον ογκομετρικό κύλινδρο που θα γίνει η βαθμονόμηση και τα όργανα τα αφήνουμε για 1 λεπτό μέσα στο πρότυπο διάλυμα έτσι ώστε να επέλθει μια εξισορρόπηση κατόπιν και αυτό το διάλυμα με pH 7 απομακρύνεται. Η θερμοκρασία το pH και οι σχετιζόμενες μετρήσεις mV καταγράφονται έτσι ώστε να μπορούμε με επαναλαμβανόμενες διαδικασίες να πετύχουμε μια σωστή βαθμονόμηση του pH σε σχέση με την θερμοκρασία.

Ο αισθητήρας παρακολούθησης του pH το θερμίστορ και το θερμόμετρο όπως και ο ογκομετρικός κύλινδρος μέσα στον οποίο πραγματοποιούνται οι βαθμονομήσεις εμβαπτίζονται με απιονισμένο νερό και η διαδικασία βαθμονόμησης επαναλαμβάνεται όπως περιγράφηκε και με τα διαλύματα με pH 4 και pH 10. Σκοπός της διαδικασίας είναι να παραχθεί η καμπύλη απόκρισης του αισθητήρα του pH με την επιλογή κατάλληλων πρότυπων διαλυμάτων pH τα οποία ουσιαστικά εγκλωβίζουν τις αναμενόμενες τιμές μεταβλητότητας του pH στον χώρο έρευνας. Η δεύτερη διορθωμένη μέτρηση του pH με βάση την θερμοκρασία, η θερμοκρασία καθώς και οι μετρήσεις mV καταγράφονται και ο αισθητήρας του pH το θερμόμετρο ή το θερμίστορ ξαναβρέχεται με απιονισμένο νερό. Τέλος διάλυμα με pH 7 ξαναχρησιμοποιείται και ξαναεισάγεται ουσιαστικά μέσα στο όλο σύστημα προκειμένου να ελέγξουμε αν το όργανο μας δίνει μετρήσεις οι οποίες είναι της τάξης των 7 μονάδων $\text{pH} \pm 0.1$ που είναι ουσιαστικά το κριτήριο επιλογής για την βαθμονόμηση ξανά του οργάνου.

Αν η επιθυμητή ακρίβεια δεν είναι η προβλεπόμενη τότε πρέπει η διαδικασία της βαθμονόμησης και της επιλογής της κλίσης απόκρισης θερμοκρασίας να επαναληφθεί. Αν και η επαναλαμβανόμενη διαδικασία βαθμονόμησης αποτύχει τότε πρέπει ο αισθητήρας του pH ή ο αισθητήρας της παρακολούθησης να αντικατασταθούνε.

Στην περίπτωση που η βαθμονόμηση των συσκευών παρακολούθησης του pH είναι επιτυχείς και οι μετρήσεις γενικότερα παρουσιάζουν μεταβλητότητα της τάξης του ± 0.1 μονάδων pH τότε ουσιαστικά μπορούμε να γνωρίζουμε ότι το όργανο με επιτυχία μπορεί να καταγράψει τις μεταβολές του pH οι οποίες κυμαίνονται από pH 4 έως pH 10 που ήταν πρότυπα υδατικά διαλύματα γνωστού pH.

Υδατικά διαλύματα με τιμές ειδικών αγωγιμοτήτων μικρότερες από $100\mu\text{S}/\text{cm}$ απαιτούν ειδικά πολύ χαμηλής ιονικής δύναμης πρότυπα διαλύματα και αισθητήρες παρακολούθησης του pH. Η επιπλέον διαδικασία προετοιμασίας προσοχής και προβλημάτων που παρουσιάζονται σε μετρήσεις

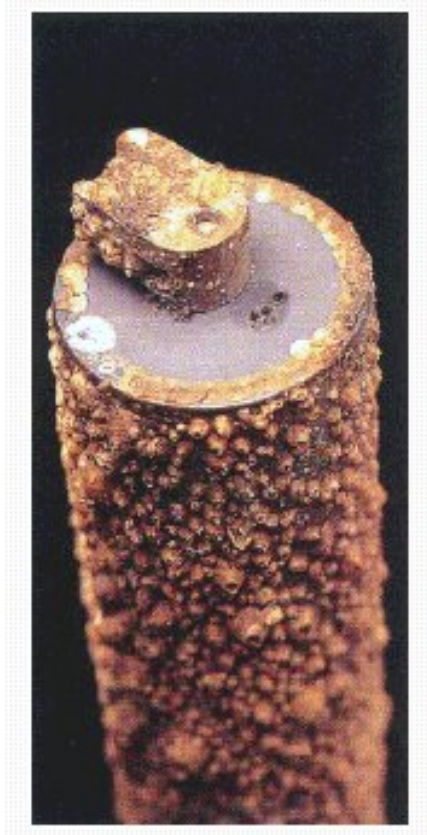
τέτοιας χαμηλής ιονικής δράσης υδατικών διαλυμάτων περιγράφεται από τους Buzenberg και Plummer (1987).

4.5.5 Αισθητήρες θολερότητας

Ο έλεγχος στο πεδίο ή η βαθμονόμηση των αισθητήρων θολερότητας πραγματοποιείται με την χρήση φορμαζίνης ή άλλων αποδεκτών πρότυπων διαλυμάτων ακολουθώντας τις οδηγίες βαθμονόμησης όπως αυτές δίνονται από τον κατασκευαστή ή όπως περιγράφονται από τους Wilde και Gibs (1998). Τα πρότυπα διαλύματα για την θολερότητα με μεγάλα όρια μεταβλητότητας είναι ευρέως διαθέσιμα στο εμπόριο και οι περισσότεροι κατασκευαστές αισθητήρων προτείνουν είτε την χρήση φορμαζίνης ή την χρήση του πολυμερούς SDVB για την βαθμονόμηση αισθητήρων θολερότητας. Το πρότυπο διάλυμα το οποίο βασίζεται στην φορμαζίνη μπορεί να διαλυθεί χρησιμοποιώντας μια διαδικασία αραίωσης, παρ' όλα αυτά πολλές φορές εισέρχονται λάθη κατά τη διαδικασία αυτή τα οποία μειώνουν την ακρίβεια του πρότυπου διαλύματος. Για την αραίωση του πρότυπου διαλύματος χρησιμοποιείται νερό το οποίο είναι ελεύθερο από θολερότητα και η διαδικασία αραίωσης και βάπτισης του διαλύματος γίνεται με τον τρόπο που περιγράφεται από τους Wilde και Gibs (1998).

Οι αισθητήρες πρέπει να ελέγχονται για τυχόν φθορές επιβεβαιώνοντας ή ελέγχοντας την οπτική επιφάνεια του αισθητήρα να είναι σε καλή κατάσταση. Πριν την εγκατάσταση του αισθητήρα, το όργανο τοποθετείται στα πρότυπα διαλύματα για την βαθμονόμηση. Ο αισθητήρας πρέπει να καθαρίζεται και να πλένεται 3 φορές με νερό το οποίο να είναι καθαρό και ελεύθερο από θολερότητα και πολύ προσεκτικά να ξηραίνεται. Αν οι μετρήσεις είναι αφύσικα μεγάλες ή παρουσιάζουν σφάλματα κατά την διάρκεια ελέγχου του αισθητήρα τότε είναι πολύ πιθανό εισαγόμενες φυσαλίδες αέρος να βρίσκονται έμπροσθεν του οπτικού αισθητήρα και να πρέπει να απομακρυνθούν. Αν οι μετρήσεις του αισθητήρα υπερβαίνουν τα όρια βαθμονόμησης τα οποία είναι $\pm 5\%$ ή 2 μονάδες θολερότητας (NTU) τότε ο αισθητήρας πρέπει να βαθμονομηθεί ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή. Συνήθως προτείνεται μια διαδικασία βαθμονόμησης τριών σημείων τα οποία ουσιαστικά τα τρία σημεία είναι τρία πρότυπα διαλύματα και τα οποία καλύπτουν την μέγιστη και ελάχιστη μεταβλητότητα των τιμών στην θολερότητα αν και γενικότερα υπάρχουν μηχανήματα τα οποία συνήθως περιορίζουν την διαδικασία βαθμονόμησης χρησιμοποιώντας ένα ή δυο πρότυπα διαλύματα. Αν το όργανο είναι τέτοιο το οποίο επιτρέπει την χρήση ενός ή δυο πρότυπων διαλυμάτων τότε χρησιμοποιούνται τα δυο πρότυπα διαλύματα με την μέγιστη και ελάχιστη τιμή αναμενόμενης θολερότητας και χρησιμοποιούμε και ένα τρίτο πρότυπο διάλυμα το οποίο ουσιαστικά είναι στην μέση τιμή των δυο ακραίων τιμών μόνο και μόνο για έλεγχο της γραμμικότητας. Ομοίως αν το όργανο απαιτεί βαθμονόμηση χρησιμοποιώντας μόνο νερό απαλλαγμένο από θολερότητα και ένα πρότυπο

διάλυμα, τότε ακόμα ένα μέσο σημείο του πρότυπου διαλύματος πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο πάλι της γραμμικότητας.



Σχήμα ??????. Εξωτερική ρύπανση ενός αισθητήρα μέτρησης της θολερότητας.

4.6 Μετρήσεις σε κάθετη τομή

Ο αντικειμενικός σκοπός για την συνεχή παρακολούθηση δεδομένων ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού απαιτεί η τοποθέτηση των αισθητήρων να γίνεται σε θέσεις οι οποίες είναι πιο αντιπροσωπευτικές των κάθετων τομών του υπό μελέτη ποταμού. Ένα ελάχιστο πλήθος δυο κάθετων τομών που ουσιαστικά είναι οι μετρήσεις ανά χρόνο απαιτούνται έτσι ώστε να πιστοποιηθεί και να επιβεβαιωθεί η σημαντική ή όχι αλλαγή της κατανομής των φυσικών ιδιοτήτων στον υπό μελέτη ποταμό. Η μεταβλητότητα η οποία παρουσιάζεται σε διάφορα ποτάμια απαιτεί πολλές φορές πιο συχνές παρατηρήσεις και μετρήσεις. Έτσι για θέσεις οι οποίες λειτουργούν για περισσότερο από ένα χρόνο, ένα ελάχιστο πλήθος 6 κάθετων τομών οι οποίες αντιπροσωπεύουν διαφορετικές εποχές και συνθήκες ροής, απαιτούνται για να ερμηνεύσουν αν η απορροή ή οι εποχιακές μεταβολές έχουν σημαντική επίδραση στην κατανομή των τιμών των ιδιοτήτων που μελετάμε σε μια κάθετη τομή.

4.7 Διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων κατά την επίσκεψη στην ύπαιθρο

Όταν μια παράμετρος δεν μπορεί να βαθμονομηθεί χρησιμοποιώντας τα πρότυπα διαλύματα όπως περιγράφηκε παραπάνω, ο υδρογράφος πρέπει να ερμηνεύσει αν το πρόβλημα παρουσιάζεται στον αισθητήρα παρακολούθησης ή στο καταγραφικό μηχάνημα και πρέπει να κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις έτσι ώστε να ελέγξει αν το καταγραφικό λειτουργεί. Ο υδρογράφος πρέπει να μεταφέρει πάντα επιπλέον αισθητήρες έτσι ώστε να επιλύσει το πρόβλημα κατά την επίσκεψή του στο ύπαιθρο. Η επίλυση προβλημάτων στο ύπαιθρο είναι σημαντική γιατί αποφεύγονται επιπλέον ταξίδια και επισκέψεις υπαίθρου, ενώ ελαττώνονται κατά πολύ τόσο οι χαμένες εγγραφές όσο και ο χρόνος ο οποίος απαιτείται να αφιερώσει ο υδρογράφος στην επεξεργασία των καταγραφών. Ένα επιτυχές ταξίδι ελέγχου καλής λειτουργίας του οργάνου έχει σαν αποτέλεσμα μια καλή βαθμονόμηση του αισθητήρα και έλεγχο λειτουργικότητας του καταγραφικού. Μερικά από τα πιο συχνά προβλήματα τα οποία αντιμετωπίζονται στο ύπαιθρο εμφανίζονται στο παράρτημα 6 και στο οποίο αναφέρεται ο τρόπος επίλυσης κάθε προβλήματος.

4.8 Φόρμα καταγραφής δεδομένων υπαίθρου και οργάνου

Η ορθή καταγραφή των χαρακτηριστικών των οργάνων είναι η βάση για μια ακριβείς και επιβεβαιωμένη καταγραφή των φυσικοχημικών παραμέτρων παρακολούθησης των υδάτων. Τα ελάχιστα των στοιχείων που πρέπει να καταγράφονται για την σωστή παρακολούθηση και λειτουργία των αισθητήρων και καταγραφικών, είναι:

- Ο κωδικός του σταθμού και το όνομα.
- Τα ονόματα των ανθρώπων που βγαίνουν στο ύπαιθρο για την καταγραφή των δεδομένων.
- Η μέρα και η ώρα εκτέλεσης κάθε μέτρησης.
- Ο αριθμός του καταγραφικού όπως και ο σειριακός αριθμός του αισθητήρα..
- Ο σκοπός κάθε επίσκεψης στο ύπαιθρο.
- Η οριζόντια και κατακόρυφη θέση του αισθητήρα στην κάθετη τομή αν αυτό φυσικά είναι διαθέσιμο.
- Οι καταγεγραμμένες τιμές βαθμονόμησης και οι αντίστοιχες τιμές υπαίθρου (αρχική τιμή, τιμή μετά την κάθαρση του αισθητήρα και οι τελικές τιμές εντός του χώρου μέτρησης).
- Μετρήσεις όπου αφορούν την κάθετη τομή όπως οι θέσεις των διαφόρων επιμέρους σημείων που θα γίνουν οι μετρήσεις και ο χρόνος.
- Διορθώσεις και αθροιστικά στοιχεία για τις τιμές στην κατακόρυφη τομή.
- Το ύψος της θέσης του αισθητήρα.

- Στοιχεία τα οποία περιγράφουν τις συνθήκες του χώρου του οποίου γίνονται οι μετρήσεις, τις συνθήκες του αισθητήρα και όποια άλλα χαρακτηριστικά υπάρχουν.
- Στοιχεία τα οποία αφορούν την τάση της μπαταρίας στο καταγραφικό κατά την άφιξη και κατά την αποχώρηση από το χώρο και αν έγινε αντικατάσταση της μπαταρίας.
- Στοιχεία που αφορούν τους αισθητήρες αν ο αισθητήρας αντικαταστάθηκε, ελέγχθηκε, βαθμονομήθηκε, καθαρίστηκε και όποια άλλα στοιχεία απαιτούνται.

Οι πίνακες υπαίθρου οι οποίοι καταγράφουν τα παραπάνω στοιχεία έχουν φτιαχτεί μετά από αρκετά χρόνια μελετών και μετρήσεων στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού. Αυτό σημαίνει ότι τα παραπάνω στοιχεία κρίνονται κατά βάση απαραίτητα προκειμένου να πραγματοποιηθούν ακριβείς και ολοκληρωμένες μετρήσεις.

Ουσιαστικά κάθε υπαίθριο όργανο καταγραφής και αισθητήρας τα οποία παρακολουθούν τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού έχουν ένα βιβλίο οργάνου στο οποίο περνιούνται όλες οι πληροφορίες τις οποίες αναφέραμε παραπάνω. Ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια των καταγραφών είναι και το κομμάτι του βιβλίου το οποίο αναφέρεται στην βαθμονόμηση του αισθητήρα τόσο στο ύπαιθρο όσο και στο εργαστήριο. Επίσης το βιβλίο του οργάνου πρέπει να περιέχει στοιχεία τα οποία αφορούν ακόμα και τυχόν επισκευές που έχουν γίνει στο ύπαιθρο, στο εργαστήριο ακόμα και στον κατασκευαστή αν το όργανο επιστραφεί. Οι πληροφορίες που αφορούν την βαθμονόμηση των οργάνων περιέχουν στοιχεία όπως:

- Η μέρα που έγινε η βαθμονόμηση, η ώρα καθώς και η θερμοκρασία
- Οι τιμές βαθμονόμησης και όλα τα νούμερα που χρησιμοποιούνται ως στοιχεία σταθερά
- Στοιχεία των αρχικών και τελικών τιμών βαθμονόμησης
- Στοιχεία των τιμών βαθμονόμησης στο ύπαιθρο.

Πρέπει όλα τα στοιχεία που αφορούν το όργανο και τα προηγούμενα στοιχεία και τα στοιχεία βαθμονόμησης, να καταγράφονται στο βιβλίο του οργάνου με καθαρό τρόπο έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από οποιοδήποτε άλλον επισκεφτεί το χώρο.

5. Επεξεργασία μετρήσεων υπαίθρου

Η διαδικασία επεξεργασίας και υπολογισμού των καταγραφών ουσιαστικά περιλαμβάνει επιβεβαίωση της ποιότητας και της αξιοπιστίας των δεδομένων που έχουμε κρατήσει από το βιβλίο υπαίθρου. Οι ακριβείς σημειώσεις υπαίθρου και οι καταγραφές βαθμονόμησης είναι πολύ σημαντικές για το κομμάτι της επεξεργασίας των καταγραφών. Αυτό που κάθε φορά γίνεται είναι μια ανανέωση των χαρακτηριστικών του σταθμού και της ανάλυσης του επιτυγχάνοντας ουσιαστικά μια διαδικασία προεπιλογής των χαρακτηριστικών πριν την επεξεργασία τους.

Το πρώτο βήμα το οποίο γίνεται κατά την επεξεργασία των καταγραφών είναι ουσιαστικά η αρχική αξιολόγηση των δεδομένων, εφαρμογή των διορθώσεων και της μετάθεσης των στοιχείων, εφαρμογή της διόρθωσης στην κάθετη τομή και η τελική αξιολόγηση των δεδομένων. Η πρώτη αξιολόγηση των δεδομένων ξεκινά άμεσα μετά την ολοκλήρωση του ταξιδιού υπαίθρου έτσι ώστε να ελεγχθεί αν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες είναι διαθέσιμες και επίσης να ελεγχθούν τα όργανα για τυχόν δυσλειτουργίες οι οποίες έχουν εμφανιστεί στο ύπαιθρο. Κατόπιν οι μετρήσεις ελέγχονται για να δούμε κατά πόσο είναι συνεχείς, ακριβείς και έτοιμες για περαιτέρω αξιολόγηση.

5.1 Διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων

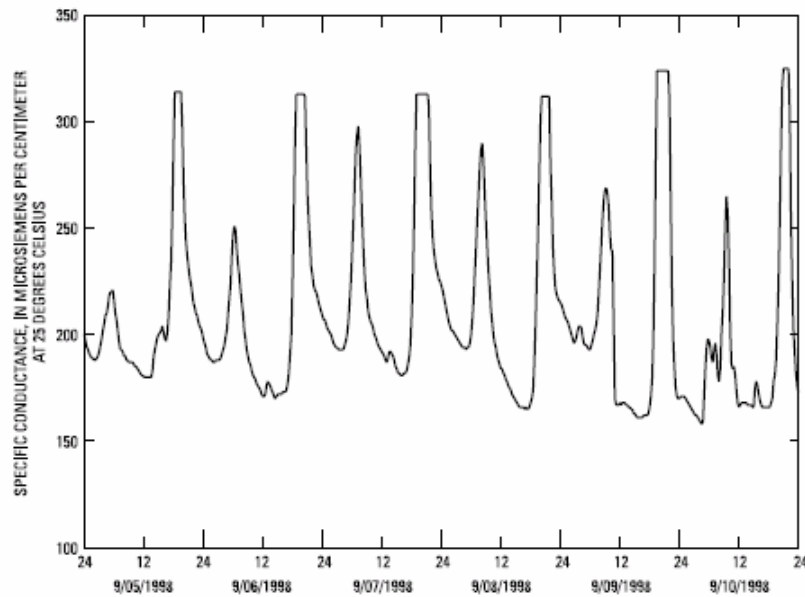
Η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν από την παρακολούθηση των ποιοτικών και φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού πρέπει να ολοκληρωθεί σε εύλογο χρόνο έτσι ώστε να είναι δυνατόν αν ελεγχθεί η σωστή λειτουργία του οργάνου παρακολούθησης. Το ολοκληρωμένο και ακριβές αρχείο που αφορά τις μετρήσεις για κάθε χώρο έρευνας, είναι ένα σημαντικό τμήμα της επεξεργασίας των δεδομένων το οποίο βοηθάει στο να μειωθεί ο χρόνος που απαιτείται για την επεξεργασία των στοιχείων. Η διόρθωση στα δεδομένα δεν πρέπει να γίνεται παρά μόνο στη περίπτωση που έχουν γίνει λάθη κατά την διαδικασία λήψης των δεδομένων τα οποία επικυρώνονται ή εξηγούνται από πληροφορίες και άλλα στοιχεία που έχουν γραφτεί πάνω στο βιβλίο υπαίθρου ή ακόμα με συσχέτιση των πληροφοριών που έχουν ληφθεί από σταθμούς πλησίον του χώρου έρευνας. Όλα αυτά προτείνονται από τους (Ritz και συνεργάτες, USGS προσωπική επικοινωνία, 1998).

Οι Ritz και συνεργάτες συνολικά αναφέρουν ότι η διαδικασία της επεξεργασίας περιλαμβάνει 6 κύριες κατηγορίες: (1) αρχική αξιολόγηση των δεδομένων, (2) εφαρμογή της διόρθωσης και της μετάθεσης των στοιχείων, (3) εφαρμογή και αξιολόγηση των διορθώσεων σε κάθε τομή, (4) η τελική αξιολόγηση των δεδομένων, (5) έλεγχος των καταγραφών και (6) προεπισκόπηση των καταγραφών. Οι πρώτες 4 κατηγορίες συζητούνται σε αυτό το κεφάλαιο ενώ οι επόμενες 2 κατηγορίες ουσιαστικά εμπλέκονται και αναφέρονται στην διαδικασία προετοιμασίας προεπισκόπησης των δεδομένων.

5.1.1 Αρχική αξιολόγηση των δεδομένων

Κατά την αξιολόγηση των αρχικών δεδομένων ουσιαστικά ελέγχεται η επιτυχής μεταφορά των δεδομένων υπαίθρου δηλαδή των καταγραφών του οργάνου στο σταθμό βάσης του γραφείου και μας παρέχεται ακόμα η δυνατότητα για ένα αρχικό έλεγχο και αξιολόγηση καθώς και διόρθωση τυχόν εσφαλμένων δεδομένων τα οποία μπορεί να προέρχονται για παράδειγμα στην περίπτωση της κακής μετάδοσης μέσω της τηλεμετρίας. Τα αρχικά δεδομένα υπαίθρου μπορούν να αποθηκεύονται σε διάφορες τυποποιήσεις (data format) το οποίο πάντα εξαρτάται από το τύπο του οργάνου το οποίο χρησιμοποιείται για τη καταγραφή και την αποθήκευση των δεδομένων στον σταθμό βάσης. Η μετατροπή των αρχικών δεδομένων στους διάφορους τύπους αποθήκευσης ονομάζεται αυτοματοποιημένο σύστημα επεξεργασίας δεδομένων. Το επόμενο στάδιο της αποθήκευσης είναι η αποθήκευση των στοιχείων και η παρουσίασή τους σε μορφή πινάκων καθώς και η χαρτογράφησή τους με σκοπό την προεπισκόπηση των τιμών. Παραδείγματα μπορούμε να δούμε στο παράρτημα 7.

Οι αισθητήρες, οι καταγραφείς, οι πομποί και οι δέκτες, καθώς και όλο το άλλο σύστημα μετάδοσης πολλές φορές δημιουργούν δεδομένα τα οποία είναι λανθασμένα. Τα δεδομένα γενικότερα πρέπει να ελέγχονται καθημερινά και αν είναι δυνατόν να επεμβαίνει στο αρχείο ο χειριστής και να διορθώνει δεδομένα τα οποία είναι λανθασμένα και τα οποία οφείλονται σε κακή μετάδοση και λήψη των δεδομένων. Τα δεδομένα πρέπει να επεξεργάζονται απευθείας μετά την επίσκεψη του συνεργείου στο ύπαιθρο και να γίνεται μια γραφική προεπισκόπηση των στοιχείων. Η καλή μεταφορά των δεδομένων επιβεβαιώνει την σωστή λειτουργία του οργάνου και του αισθητήρα. Δεδομένα τα οποία λείπουν και οποία προήλθαν από κακή μετάδοση ή από σφάλμα λειτουργίας του οργάνου ή του αισθητήρα δεν πρέπει να υπολογίζονται και επίσης σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να λαμβάνουν μέρος σε στατιστικά που αφορούν τη ποιοτική ανάλυση όλων των στοιχείων. Για παράδειγμα στο σχήμα 4 τα δεδομένα αφορούν μια συνεχή καταγραφή της ειδικής αγωγιμότητας σε ένα ποτάμι και βλέπουμε ότι το πάνω όριο της καταγραφής είναι κομμένο γιατί υπερέβαιναν οι τιμές την προδιαγεγραμμένη μέγιστη τιμή στο καταγραφικό.



Σχήμα 4. Μέτρηση ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τη περίοδο 5-10 Σεπτεμβρίου 1998 στη περιοχή του ποταμού Duwamish στη Tukwila στην Ουάσιγκτον.

Στο συγκεκριμένο πρόβλημα φαίνεται ότι ο χειριστής του οργάνου δεν είχε κατά νου τις μέγιστες τιμές που μπορούν να εμφανιστούν οι οποίες τελικά ήταν μεγαλύτερες από τις προγραμματιζόμενες μέγιστες τιμές οι οποίες είχαν εγκατασταθεί μέσα στο καταγραφικό. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να υπάρχουν και να έχουν καταγραφεί με ακρίβεια μόνο οι ελάχιστες τιμές ενώ οι μέγιστες να λείπουν. Οι ελάχιστες τιμές των καταγραφών οι οποίες παρουσιάζουν καλή πληρότητα δεδομένων και για μεγάλη περίοδο του χρόνου χρησιμοποιούνται για βγουν τα στατιστικά στοιχεία των καταγραφών ενώ όλα τα άλλα αγνοούνται. Μεγάλη έμφαση δίνεται γενικότερα στην συσχέτιση μεταξύ των μεταβολών των πέντε ιδιοτήτων των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού όπως είναι η θερμοκρασία, ειδική αγωγιμότητα, διαλυμένο οξυγόνο, pH και θολρότητα και οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλη αλληλεπίδραση. Η κατανόηση της σχέσης μεταξύ αυτών των παραμέτρων είναι πάρα πολύ σημαντική έτσι ώστε να μπορέσουμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και τις φυσικοχημικές παραμέτρους στο νερό. Πρέπει περιοδικά να επισκεπτόμαστε τις πηγές του ποταμού, δηλαδή να ανεβαίνουμε ανάντη του ποταμού, στον χώρο τον οποίο μελετάμε και να κρατάμε σημειώσεις υπαίθρου κυρίως ότι αφορά τις μεταβολές στις χρήσεις γης και τα οποία θα είναι σαν παρατηρήσεις πάρα πολύ σημαντικά για να εξηγήσουμε τυχόν μεταβολές που έχουν εμφανιστεί στα φυσικοχημικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού.

5.1.2 Εφαρμογή των διορθώσεων και της μετάθεσης των δεδομένων

Η εφαρμογή των διορθώσεων και της μετάθεσης των δεδομένων επιτρέπουν στα δεδομένα να βαθμονομηθούν και να αντισταθμιστούν για σφάλματα τα οποία πραγματοποιούνται στα διαστήματα

μεταξύ των επισκέψεων των υδρογράφων στις θέσεις όπου γίνονται οι μετρήσεις και φυσικά όλα αυτά είναι αποτελέσματα περιβαλλοντικών ή άλλων επιδράσεων στα όργανα. Τρεις είναι οι τύποι των διορθώσεων σφαλμάτων στις μετρήσεις οι οποίες περιγράφονται στην παρούσα εργασία και είναι: 1) τα σφάλματα από ρύπανση, 2) τα σφάλματα από μετάθεση και 3) οι διορθώσεις που συμβαίνουν στην κάθετη τομή. Οι διορθώσεις πρέπει να πραγματοποιούνται στις μετρήσεις μόνο όταν τόσο ο τύπος όσο και ο βαθμός της διόρθωσης που πρέπει να εφαρμοστεί είναι γνωστός. Επειδή είναι πολύ σύνθετη η σχέση που ισχύει μεταξύ της θερμοκρασίας και των άλλων φυσικών παραμέτρων, για παράδειγμα μπορεί μια δυσλειτουργία του θερμίστορ να επηρεάσει κατά πολύ όλες τις υπόλοιπες μετρούμενες φυσικές ποσότητες. Χαρακτηριστικά μπορούμε να πούμε ότι η διαπερατότητα της μεμβράνης για το όργανο διαλυμένου οξυγόνου δημιουργεί μεταβολές στην θερμοκρασία και πιο συγκεκριμένα 3% μεταβολή στην συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου προέρχεται από την μεταβολή της θερμοκρασίας κατά 1 °C όπως αυτό προτάθηκε και μελετήθηκε από τους Wild και Radtke (1998). Επίσης, η ειδική αγωγιμότητα μεταβάλλεται κατά 3% σε μεταβολές της θερμοκρασίας κατά 1 °C.

Η ακολουθία η οποία συνήθως χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του τύπου και του βαθμού διόρθωσης στα δεδομένα και η εφαρμογή του στις διορθώσεις στις μετρήσεις υπαίθρου, είναι οι διορθώσεις σε μόλυνση, σε μετάθεση και οι διορθώσεις σε κατακόρυφη τομή. Αν τώρα οι αποκλίσεις μεταξύ της πραγματικής τιμής και των μετρήσεων του αισθητήρα ξεπερνούν το όριο το οποίο είναι αποδεκτό με βάση τον πίνακα 7, για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού τότε προφανώς απαιτείται η εφαρμογή μιας διόρθωσης. Η διόρθωση είναι ουσιαστικά μια γραμμική παρεμβολή στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων μετρήσεων του αισθητήρα.

Πίνακας 7. Κριτήρια για τη μετάθεση των δεδομένων

Μετρούμενη φυσική ποσότητα	Κριτήρια μετάθεσης (η μετάθεση εφαρμόζεται όταν η μεταβλητότητα των τιμών ξεπερνά τις παρακάτω τιμές)
Θερμοκρασία (επηρεάζει τις άλλες φυσικές ποσότητες)	± 0.2 οC
Ειδική αγωγιμότητα	Μέγιστη απόκλιση ± 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ή $\pm 3\%$ της μετρούμενης τιμής
Διαλυμένο οξυγόνο	± 0.3 mg/L
pH	± 0.2 μονάδες pH
Θολρότητα	Μέγιστη απόκλιση ± 2 NTU ή $\pm 5\%$ της μετρούμενης τιμής

Τα ίδια κριτήρια μετρήσεων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για να ερμηνεύσουν ουσιαστικά την ανάγκη για βαθμονόμηση όπως αυτό φαίνεται στον πίνακα 6 χρησιμοποιούνται αντίστοιχα κριτήρια για να ερμηνεύσουν τη ανάγκη εφαρμογής στα ποιοτικά, φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού, της μετάθεσης. Γενικά ισχύει ότι η μετάθεση των δεδομένων απαιτείται μόνο στην περίπτωση όπου η απόκλιση μεταξύ των πραγματικών και των καταγεγραμμένων τιμών ξεπερνούν τα κριτήρια τα οποία εμφανίζονται στον πίνακα 7.

Τα κριτήρια τα οποία εμφανίζονται στον πίνακα 7 είναι ουσιαστικά το ελάχιστο των απαιτήσεων που σημαίνει ότι οπωσδήποτε μεγαλύτερες αποκλίσεις απαιτούν την άμεση μετάθεση των δεδομένων και διόρθωσή τους. Μπορεί να απαιτηθούν πιο στενά κριτήρια με μικρότερες τιμές και αυτό πάντα εξαρτάται από την ποιότητα των δεδομένων που απαιτούνται. Έτσι στην περίπτωση που χρειάζεται η μελέτη διαφόρων μετεωρολογικών ή χημικών παραμέτρων πιθανόν ο εκάστοτε επιστημονικός υπεύθυνος να επιλέξει το κάτω όριο το οποίο αποτελεί κριτήριο εφαρμογής των διορθωτικών παραγόντων στα δεδομένα.

Το παράδειγμα της γραφικής διόρθωσης το οποίο εμφανίζεται στο παράρτημα 8 δείχνει ότι δυο πρότυπα διαλύματα ξεπερνούν τα κριτήρια για την μετάθεση. Η απόκλιση της τιμής του τρίτου διαλύματος δεν ξεπερνάει το κριτήριο της μετάθεσης. Παρατηρούμε ότι οι τιμές οι οποίες έχουν προκύψει από την μετάθεση πάλι έχουν διαφορά σε σχέση με τις τιμές του πρότυπου διαλύματος. Αυτό σημαίνει ότι η ποιότητα των δεδομένων δεν έχει βελτιωθεί αισθητά με την εφαρμογή της μετάθεσης. Αποφάσεις για την εφαρμογή της μετάθεσης στα δεδομένα και της διόρθωσής τους πρέπει να λαμβάνονται από τους υδρογράφους και όλα τα μέλη της ομάδας ερμηνείας των αποτελεσμάτων.

Οι αποφάσεις οι οποίες αφορούν το κόστος που απαιτείτε για πιο συχνές επισκέψεις στο χώρο των μετρήσεων συγκρινόμενες με την μείωση της ακρίβειας και της ποιότητας των δεδομένων πρέπει να ληφθούν με μεγάλη προσοχή και αυτό πάντα θα εξαρτηθεί τόσο από την ποιότητα των δεδομένων που ζητάμε σε κάθε περιοχή παρακολούθησης όσο και από τις διάφορες εποχιακές μεταβολές και ροές. Είναι γενικά παραδεκτό ότι όσο περισσότερα δεδομένα έχεις από ένα χώρο τόσο καλύτερα είναι τελικά η ακρίβεια και η ποιότητα των αποτελεσμάτων. Με βάση τον συλλογισμό αν απαιτείτε πιο συχνή επίσκεψη ή πιο καλής ποιότητας δεδομένα με όλα αυτά που αναλύσαμε παραπάνω ίσως πρέπει πάντα να ελέγχουμε και να ορίζουμε νέα διαστήματα μεταξύ των επισκέψεων υπαίθρου κατά την διενέργεια νέων μετρήσεων στην περιοχή έρευνας.

5.1.2.1 Διορθώσεις που έχουν σχέση με την ρύπανση

Η ρύπανση είναι ουσιαστικά αποτέλεσμα διαφόρων πηγών και πολλές φορές σχετίζεται με διάφορες καταστάσεις ή γεγονότα που συμβαίνουν στην περιοχή έρευνας. Ο προσδιορισμός της ηλεκτρονικής μετάθεσης των δεδομένων ή της έλλειψης ευαισθησίας στον αισθητήρα πρέπει να ξεχωρίζονται αν προέρχονται από ρύπανση ή από μετάθεση ή αν και τα δυο είναι πιθανά. Ο βαθμός της ρύπανσης ερμηνεύεται ουσιαστικά από την διαφορά των μετρήσεων στον αισθητήρα πριν και μετά τον καθαρισμό του.

Οι μοντέρνοι αισθητήρες θερμοκρασίας είναι πάρα πολύ ανθεκτικοί και δεν είναι επιδεκτικοί στην ρύπανση με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν το ελάχιστο της επίδρασης στα αποτελέσματα στους αισθητήρες θερμοκρασίας, οι οποίες συνοδεύουν κάθε σύγχρονο αισθητήρα του παρέχουν δεδομένα

αγωγιμότητας, διαλυμένου οξυγόνου, pH και θολερότητας δεδομένου ότι όλοι αυτοί οι παράμετροι είναι εξαρτώμενοι της θερμοκρασίας.

Ο αισθητήρας ειδικής αγωγιμότητας μπορεί να επηρεαστεί από προϊόντα ρύπανσης όταν υπάρχουν νερά πλούσια σε μέταλλα και όταν υπάρχει ιζηματογένεση το οποίο συμβαίνει σε περιόδους ξηρές ή υγρές. Γενικότερα μπορούμε να πούμε ότι οι αισθητήρες είναι πολύ ισχυροί και είναι εύκολα να καθαριστούν όπως επίσης και να βαθμονομηθούν στο ύπαιθρο. Η δράση της ρύπανσης στους αισθητήρες ειδικής αγωγιμότητας είναι η διόρθωση με επίπεδο αναφοράς, δηλαδή μετράει με συγκεκριμένο επίπεδο αναφοράς και μετά την ρύπανση του αισθητήρα αλλάζει το επίπεδο των μετρήσεων το οποίο και διορθώνεται.

Οι αισθητήρες διαλυμένου οξυγόνου είναι γενικά πιο επιδεκτικοί στην ρύπανση και συγκεκριμένα το τμήμα που αφορά την μεμβράνη τεφλόν που υπάρχει το οποίο μπορεί να μολυνθεί ή να χάσει την ελαστικότητά του ή γενικότερα στον αισθητήρα να αποτεθούν χημικά τόσο στην άνοδο όσο και στην κάθοδο. Η ρύπανση της μεμβράνης ουσιαστικά περιλαμβάνει την απόθεση πάνω σ' αυτήν οργανικών ή ελωδών συστατικών ή ακόμα και απόθεση οργανικών ουσιών ή φυκιών ή οποιαδήποτε απόθεση άλλων στοιχείων. Η αντικατάσταση της μεμβράνης του αισθητήρα γενικά είναι απλή απαιτεί όμως μετά τη βαθμονόμηση του οργάνου έτσι ώστε να μπορούμε να εξετάσουμε αν τα δεδομένα χρειάζονται μετάθεση μετά την αντικατάσταση της μεμβράνης. Οι διορθώσεις των δεδομένων στους αισθητήρες διαλυμένου οξυγόνου είναι κάτι το σύνθητες λόγω της ευαισθησίας των αισθητήρων. Η επίδραση των χημικών στοιχείων στα ηλεκτρόδια του διαλυμένου οξυγόνου μπορεί να οφείλεται είτε σε ισχυρή οξειδωση των ηλεκτροδίων είτε σε επίδραση των χημικών συστατικών που είναι πλούσια σε μέταλλα ή σε νερά πλούσια σε οργανικές ουσίες. Η πιο σύνθητες χημική επίδραση στα ηλεκτρόδια είναι η δράση των σουλφιδίων για μεγάλη χρονική περίοδο. Αυτή η δράση ουσιαστικά οδηγεί σε μικρές μετρήσεις διαλυμένου οξυγόνου ακόμα και στην περίπτωση που έχει αντικατασταθεί η μεμβράνη. Ο εντοπισμός της δράσης των σουλφιδίων πάνω στους αισθητήρες διαλυμένου οξυγόνου γίνεται με την παρουσία ενός γκρι ή ενός μαύρου χρώματος πάνω στην άνοδο του ηλεκτροδίου.

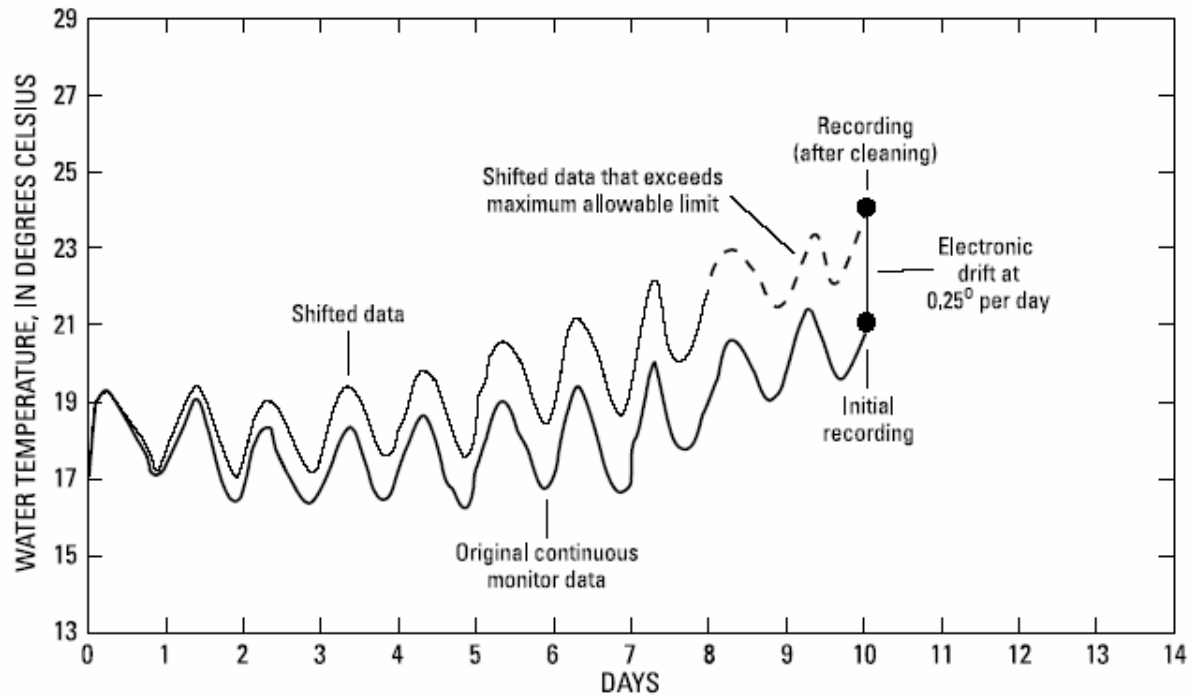
Οι συνεχείς καταγραφές του διαλυμένου οξυγόνου και της θολερότητας είναι γενικά πολύ δύσκολες να πραγματοποιηθούν σε αποδεκτά όρια ακρίβειας των μετρήσεων. Αυτό οφείλετε στο γεγονός ότι προκειμένου να έχουμε καλής ποιότητας μετρήσεις διαλυμένου οξυγόνου και στις καταγραφές θολερότητας θα πρέπει ο χρόνος μεταξύ των επισκέψεων των αναλυτών στο χώρο έρευνας να είναι πολύ συχνές. Η μόλυνση των αισθητήρων σαν αποτέλεσμα βιολογικών και χημικών σωματιδίων δρα αθροιστικά πάνω στους αισθητήρες και συμβαίνει σε οποιοδήποτε όργανο παρακολούθησης το οποίο παραμένει μέσα σε ποταμούς ή ρυάκια προς διερεύνηση για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Η μόλυνση στους αισθητήρες η οποία καθίσταται σε θέση μέτρησης των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού ξεκινάει αμέσως μόλις γίνει εγκατάσταση του αισθητήρα στο χώρο όπου γίνεται η μέτρηση και η παρακολούθηση. Αν ένας αισθητήρας θολερότητας έχει εγκατασταθεί με σύστημα καθαρισμού ή αισθητήρα νερού τότε οι διορθώσεις που απαιτούνται για

μόλυνση του αισθητήρα μειώνονται κατά πολύ. Ο οπτικός μηχανισμός του αισθητήρα θολερότητας είναι πάρα πολύ ευαίσθητος στο να τοποθετηθεί και να εγκατασταθεί και ακόμα πιο δύσκολα είναι τα πράγματα στην περίπτωση που ο αισθητήρας δεν είναι συνδεδεμένος με ένα σύστημα καθαρισμού του φακού με ψεκασμό νερού ή με καθαριστήρα το οποίο σημαίνει ότι δυσχεραίνει κατά πολύ τα πράγματα. Η μετάδοση των δεδομένων λόγω ρύπανσης συνήθως εφαρμόζετε με την χρήση ενός επιπέδου διόρθωσης, από τα τελευταία δεδομένα τα οποία λήφθηκαν όταν ο αισθητήρας καθαρίστηκε.

Η μόλυνση των αισθητήρων pH είναι παρόμοια με αυτή της ρύπανσης της μεμβράνης του διαλυμένου οξυγόνου. Ο αισθητήρας pH πρέπει να καθαρίζεται με μεγάλη προσοχή προκειμένου να αποφεύγουμε τυχόν χαρακιές στην γυάλινη επιφάνεια η οποία θα κάνει άχρηστο το όργανο για περαιτέρω μετρήσεις. Επίσης οι πριν και μετά τον καθαρισμό μετρήσεις του pH είναι κρίσιμες γιατί μας δίνει την ευκαιρία να ελέγχουμε την μετάθεση των μετρήσεων στον αισθητήρα. Η διάκριση μεταξύ της μετάθεσης και της ρύπανσης στην θέση όπου γίνονται οι μετρήσεις γενικά είναι δύσκολη. Γενικά όταν υπάρχει αντικατάσταση του αισθητήρα του pH η οποία μπορεί να οφείλετε σε κάποια δυσλειτουργία του και σε αυτή την περίπτωση είναι φοβερά δύσκολο να καταλάβουμε αν αυτό προκλήθηκε από ρύπανση του αισθητήρα ή κάποια μετάθεση των μετρήσεων. Η ακριβής καταγραφή των πληροφοριών που αφορούν το όργανο καταγραφής του pH παρουσιάζει μεγάλη σημασία για να γνωρίζουμε αν η δυσλειτουργία του συστήματος οφείλεται στο καταγραφικό ή στον αισθητήρα. Η πιο συχνά εφαρμοζόμενη μέθοδος διόρθωσης στο αυτόματο σύστημα επεξεργασίας δεδομένων είναι η εφαρμογή ενός μεταβλητούς προγράμματος μετάθεσης των δεδομένων.

5.1.2.2 Μετάθεση των δεδομένων

Η μετάθεση βαθμονόμησης είναι μια ηλεκτρονική μετάθεση των μετρήσεων του οργάνου από την τελευταία φορά που πραγματοποιήθηκε η βαθμονόμηση και ερμηνεύετε ως η διαφορά των καταγραφών στον καθαρό αισθητήρα χρησιμοποιώντας πρότυπα διαλύματα ελέγχου του pH. Αν κατόπιν του ελέγχου η διακύμανση από την βαθμονόμηση είναι εντός των κριτηρίων βαθμονόμησης για τον αισθητήρα τότε δεν χρειάζεται να εφαρμοστεί διόρθωση μετάθεσης στον αισθητήρα. Ο έλεγχος για την μετάθεση των δεδομένων πρέπει να εφαρμόζετε σε σταθερά χρονικά διαστήματα κατά την διάρκεια λειτουργίας του οργάνου. Αν οι καταγραφές του αισθητήρα υπερβαίνουν τα κριτήρια μετάθεσης όπως αυτά εμφανίζονται στον πίνακα 7 τότε η διόρθωση γίνεται με την εφαρμογή μια γραμμικής παρεμβολής στο χρόνο μεταξύ των ελέγχων βαθμονόμησης που έχουν γίνει. Αυτό γενικότερα καλείται ως μετάθεση με τον αυτόματο τρόπο επεξεργασίας των δεδομένων όπως προτάθηκε από τους (Bartholoma, 1997) και εμφανίζετε στο σχήμα 5 σε δεδομένη θερμοκρασία.



Σχήμα ??? Διάγραμμα διόρθωσης με μετάθεση, συνεχών μετρήσεων θερμοκρασίας.

Το σύστημα αυτόματης επεξεργασίας δεδομένων δεν έχει την δυνατότητα καταγραφής των ποσοστών μετάθεσης ανά καταγεγραμμένη τιμή αλλά σου δίνει την δυνατότητα χρήσης τριών προτύπων διαλυμάτων των οποίων οι τιμές εισάγονται έτσι ώστε να μπορούν να υπάρχουν σταθερές τιμές για διόρθωση όλων των υπολοίπων μετρήσεων.

Οι διορθώσεις στην καταγραφή μπορούν να εφαρμοστούν χρησιμοποιώντας το μεταβλητό πρόγραμμα μετάθεσης τριών σημείων στο σύστημα αυτόματης επεξεργασίας δεδομένων. Αυτός ο τρόπος διόρθωσης δεδομένων ο οποίος είναι εξαρτημένος από τις τρεις τιμές καλείται ως μεταβλητό πρόγραμμα μετάθεσης και εφαρμόζετε σε περιπτώσεις κατά τις οποίες τα πρότυπα διαλύματα, οι τιμές στην αρχή και στο τέλος του διαστήματος το οποίο μεσολαβεί μεταξύ των ελέγχων έχουν διαφορετικές τιμές διακύμανσης. Παρόμοιες περιπτώσεις για διορθώσεις μετρήσεων από υπολογισμούς σε ροές ποταμών χρησιμοποιώντας το αυτόματο σύστημα επεξεργασίας μετρήσεων καλείτε από τον Bartholoma (1997) ως μετάθεση V. Η γραφική αναπαράσταση της μεταβλητής μετάθεσης των δεδομένων, για δεδομένα ειδικής αγωγιμότητας παρουσιάζετε στο παράρτημα 8. Η μέθοδος της μεταβλητής μετάθεσης μπορεί να εφαρμοστεί για κάθε παράμετρο και γενικότερα προτείνεται ως τεχνική για την διόρθωση η οποία σχετίζεται και με τις μεταθέσεις του οργάνου. Δεδομένου ότι πολύ συχνά χρησιμοποιούνται τρία πρότυπα διαλύματα έτσι ώστε να γίνει η βαθμονόμηση του συστήματος παρακολούθησης, η μέθοδος αυτή της μεταβλητής μετάθεσης είναι η πλέον συνιστώμενη για διορθώσεις μεταθέσεων σε μετρήσεις με σφάλματα όπως αυτό φαίνεται από το παράρτημα 8.

Γενικότερα οι αισθητήρες pH είναι πολύ επιδεκτικοί σε προβλήματα ευαισθησίας λόγω μόλυνσης όπως αυτό προτείνεται από τους (Busenberg και Plummer 1987). Η ευαισθησία σε αισθητήρες pH μπορεί να οφείλετε σε κακή χρήση ή κακή κατάσταση του ηλεκτροδίου αναφοράς ή ακόμα και σε αλλαγές της συγκέντρωσης χλωριούχου καλίου μέσα στο οποίο ουσιαστικά βρίσκεται το ηλεκτρόδιο μέτρησης, δηλαδή ο αισθητήρας. Η διαφοροποίηση ή ο τρόπος να ξεχωρίσουμε την μετάθεση στον αισθητήρα του pH από την μετάθεση η οποία οφείλετε λόγω των ηλεκτρονικών του συστήματος καταγραφής μπορεί να γίνει με την εφαρμογή και την ερμηνεία της κλίσης της καμπύλης του αισθητήρα. Παρόλα αυτά ο τρόπος με τον οποίο διορθώνετε το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι ο ίδιος και για τις δύο περιπτώσεις. Βελτιώσεις στα ηλεκτρονικά όλων των καταγραφικών τις τελευταίες δυο δεκαετίες έχει ουσιαστικά μειώσει κατά πολύ το ποσό της πραγματικής ηλεκτρονικής μετάθεσης στα καταγραφικά των οργάνων.

5.1.3 Αξιολόγηση και εφαρμογή διορθώσεων σε κάθετες τομές

Η εφαρμογή των διορθώσεων σε κατακόρυφες τομές έχει σαν σκοπό τον έλεγχο των μετρήσεων, με κύριο σκοπό τον πιο ακριβή χαρακτηρισμό των συνθηκών που συμβαίνουν εντός της κοίτης ενός ποταμού από όχθη σε όχθη και από την επιφάνεια μέχρι τον πυθμένα της κοίτης. Πριν γίνει οποιαδήποτε διόρθωση των μετρήσεων στην κατακόρυφη τομή πρέπει να φτιαχτούν όλα τα γραφήματα και οι πίνακες που ορίζουν τις διορθώσεις που πρέπει να εφαρμοστούν λόγω μετάθεσης και ρύπων. Η εφαρμογή των διορθώσεων στην κάθετη τομή σκοπό έχει την αύξηση της ακρίβειας των μετρήσεων καθώς και της αναπαράσταση των τιμών παρακολούθησης. Παρόλα αυτά πρέπει να αναφέρουμε ότι οι διορθώσεις σε κάθετες τομές πρέπει να γίνονται μόνο στην περίπτωση που η μεταβλητότητα στην τομή αυτή των παραμέτρων που μετράμε υπερβαίνει τα κριτήρια μετάθεσης που υπάρχουνε.

Οι διορθώσεις σε κάθετες τομές βασίζονται στις μετρήσεις υπαίθρου οι οποίες λαμβάνονται τόσο κατά την οριζόντια όσο και κατά την κατακόρυφη διεύθυνση της τομής μιας κοίτης. Κοινά χαρακτηριστικά των ειδικών διορθώσεων οι οποίες εκτελούνται σε μετρήσεις θερμοκρασίας, ειδικής αγωγιμότητας, διαλυμένου οξυγόνου, pH και θολρότητας μπορεί να διαφέρουν τόσο από την μια θέση στην άλλη που σημαίνει ότι οι μετρήσεις είναι εξαρτημένες των θέσεων των μετρήσεων όπως επίσης εξαρτημένες των εποχιακών μεταβολών του ποταμού που έχει σχέση με την εκφόρτιση του νερού. Υπάρχουν διάφορες θεωρίες που ουσιαστικά ελέγχουν τον τρόπο εφαρμογής των διορθώσεων. Οι μετρήσεις σε κατακόρυφη τομή πρέπει να λαμβάνονται κάτω από διάφορες συνθήκες ροής (το ελάχιστο 6) και ουσιαστικά περιλαμβάνουν όλες τις εποχιακές συνθήκες. Δηλαδή γίνονται δυο μετρήσεις ανά έτος για να επιβεβαιωθούν τυχόν διορθώσεις που έχουν εφαρμοστεί σε ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού και τα οποία θέλουν να αναπαριστούν με ακρίβεια την μεσαία τιμή που αφορά την κάθετη τομή για κάθε παράμετρο. Οι διορθώσεις δεν πρέπει να εφαρμόζονται σε μετρήσεις

που αφορούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού σε θέσεις όπου υπάρχει έντονη εκφόρτιση, καθώς και σε περιόδους που παρουσιάζεται ασταθής ροή. Στην περίπτωση που οι διορθώσεις στις μετρήσεις μιας φυσικής παραμέτρου παρουσιάζεται κατά μήκος όλης της ροής και για όλες τις εποχιακές μεταβολές, τότε πρέπει οπωσδήποτε να εφαρμοστεί η διόρθωση γιατί είναι δεδομένο ότι υπάρχει σφάλμα των αποτελεσμάτων. Οι εποχιακές μεταβολές των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού μπορεί να είναι αντιπροσωπευτικές του υδρολογικού συστήματος αλλά μπορεί ακόμα να είναι το αποτέλεσμα τοπικών συνθηκών.

Ειδικότερα πολύ συχνά μια αύξηση των τιμών ειδικής αγωγιμότητας μπορεί να συνδέεται με συνθήκες χαμηλής ροής σε μια λεκάνη όπου γενικότερα το υπεδάφειο νερό παρουσιάζει υψηλότερη ειδική αγωγιμότητα από ότι το επιφανειακό νερό. Επίσης είναι σημαντικό να καταλάβουμε και να έχουμε δεδομένο ότι κατά την διάρκεια του καλοκαιριού που υπάρχουν χαμηλές συνθήκες ροής, παρατηρούμενες υψηλές συνθήκες θερμοκρασίας, pH, και διαλυμένου οξυγόνου μπορεί να είναι αντιπροσωπευτικές τιμές διαφόρων τοπικών δραστηριοτήτων βιολογικών παραμέτρων παρά να οφείλονται σε εποχιακές μεταβολές οι οποίες σχετίζονται με την μεταβολή της ροής στην τομή μας. Έτσι σε αυτή την περίπτωση η γνώση και η εμπειρία των ανθρώπων που θα κρίνουν τις μετρήσεις και τις παρατηρήσεις υπαίθρου είναι ουσιαστικά ένα πολύ καλό εργαλείο ώστε να αξιολογήσουμε την ανάγκη για εφαρμογή ή όχι διορθώσεων στις κάθετες τομές. Η συνεχής καταγραφή και παρακολούθηση των ποιοτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού είναι πάρα πολύ σημαντική στην αναγνώριση της ανεξαρτησίας των διαφόρων φυσικών ποιοτικών παραμέτρων του νερού κάτω από διαφορετικές συνθήκες ροής. Αν καταφέρουμε να καταλάβουμε και μπορέσουμε να κατανοήσουμε αυτές τις συσχετίσεις που υπάρχουν μεταξύ των παραμέτρων τότε θα μπορούμε να δώσουμε λύσεις σε διάφορα μοντέλα αποφόρτισης και διορθώσεων που αφορούν τα δεδομένα μας.

5.1.4 Τελική αξιολόγηση των δεδομένων των καταγραφών

Η τελική αξιολόγηση των δεδομένων περιλαμβάνει τον έλεγχο των καταγραφών των δεδομένων, ένα έλεγχο της μετάθεσης και οποιεσδήποτε άλλες απαραίτητες τελικές διορθώσεις. Όταν αυτό ολοκληρωθεί τα δεδομένα έχουν πιστοποιηθεί και είναι έτοιμα για δημοσίευση και για έναν έλεγχο ποιότητας. Δεδομένα τα οποία δεν έχουν πιστοποιηθεί ή ποιοτικά είναι μη αποδεκτά παραμένουν στο τμήμα ελέγχου των καταγραφών και επανελέγχου όλου του πειράματος, δεν δημοσιεύονται ούτε όμως μένουν και αποθηκεύονται στο αυτόματο σύστημα επεξεργασίας των δεδομένων. Παρόλα αυτά τα μη αποδεκτά και τα μη πιστοποιημένα δεδομένα αρχειοθετούνται ακολουθώντας όλες τις οδηγίες του αφορούν τα κατά τόπους γραφεία της USGS.

5.1.4.1 Μέγιστο επιτρεπτό όριο για την καταγραφή και παρουσίαση δεδομένων συνεχούς καταγραφής

Στην Αμερική έχει υιοθετηθεί ένα σύστημα τυποποίησης για τον τελικό έλεγχο και αξιολόγηση των δεδομένων που περιλαμβάνει ως κύριο κριτήριο το μέγιστο επιτρεπτό όριο για την δημοσίευση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων. Πολλά γραφεία της USGS έχουν ορίσει κάποια ποιοτικά όρια ελέγχου των δεδομένων για την μετάθεση των καταγραφών. Τέτοιου είδους κριτήρια πολύ συχνά αναφέρονται ως μέγιστα επιτρεπόμενα όρια. Ο λόγος για τον οποίο γίνεται αυτό είναι απλός, αν η καταγραφή διαφέρει από την μέτρηση στο ύπαιθρο περισσότερο από το μέγιστο επιτρεπτό όριο τότε τα δεδομένα δεν μπορούν να δημοσιευτούν. Έτσι για λόγους συνοχής όλων των αποτελεσμάτων στην USGS και με σκοπό να ενημερώσει τους χρήστες των αποτελεσμάτων, έχει ορίσει ότι το μέγιστο επιτρεπτό όριο των καταγραφών είναι περίπου δέκα φορές το όριο το οποίο έχει οριστεί για την βαθμονόμηση εκτός από περιπτώσεις που ουσιαστικά γίνονται μετρήσεις διαλυμένου οξυγόνου και θολερότητας όπου τα όρια είναι ακόμα πιο στενά.

Πίνακας 8. Μέγιστα όρια αποδοχής για τη δημοσιοποίηση δεδομένων συνεχούς καταγραφής

Μετρούμενη φυσική ποσότητα	Μέγιστα όρια αποδοχής για τη δημοσιοποίηση δεδομένων συνεχούς καταγραφής
Θερμοκρασία (επηρεάζει τις άλλες φυσικές ποσότητες)	± 2.0 °C
Ειδική αγωγιμότητα	$\pm 30\%$ της μετρούμενης τιμής
Διαλυμένο οξυγόνο	Μέγιστη απόκλιση ± 2.0 mg/L ή 20% της μετρούμενης τιμής
pH	± 2 μονάδες pH
Θολερότητα	$\pm 30\%$ της μετρούμενης τιμής

Το μέγιστο επιτρεπτό όριο που ορίστηκε για τη δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων όπως αυτό παρουσιάζεται στον πίνακα 8, αποτελούν ουσιαστικά τα ελάχιστα όρια για ελέγχους ποιότητας. Γενικά, τα γραφεία της USGS παροτρύνουν όλους τους μελετητές να χρησιμοποιήσουν ακόμα πιο στενά όρια για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Ακόμα και στην εφαρμογή τέτοιου είδους κριτηρίων μέγιστων επιτρεπτών ορίων στις καταγραφές πάντα απαιτείται ο έλεγχος από έναν έμπειρο γεωλόγο ή υδρογεωλόγο, των καταγραφών. Για παράδειγμα πρέπει αρχικά να ληφθεί μια απόφαση η οποία έχει να κάνει με ποια δεδομένα τα οποία λαμβάνονται συνεχώς σε ένα χώρο έρευνας ξεπερνούν το μέγιστο επιτρεπτό όριο και το οποίο μπορεί να οφείλετε σε μια τυχόν μετατόπιση όλων των δεδομένων λόγω σφάλματος του οργάνου ή σε μια βαθμιαία ρύπανση του αισθητήρα από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκετε. Σε κάθε περίπτωση ο γεωλόγος ή υδρογεωλόγος θα πάρει την απόφαση πότε τα δεδομένα αυτά πρέπει να πάνε να λαμβάνονται γιατί περιλαμβάνουν

μεταβλητότητα μεγαλύτερη της επιτρεπόμενης. Γενικότερα η εκτίμηση του υδρογεωλόγου όσο και ο έλεγχος των καταγραφών πρέπει να συμφωνούν σε ότι αφορά την τελική ανάλυση των δεδομένων και των στοιχείων τα οποία αναγράφονται στα δελτία ανάλυσης για τον συγκεκριμένο σταθμό έρευνας.

5.1.4.2 Κριτήρια επιλογής για την δημοσίευση των αποτελεσμάτων

Εφαρμογή των κριτηρίων ακρίβειας των δεδομένων καταγραφής απαιτείται για την παρουσίαση όλων των συνεχών δεδομένων των ποιοτικών και φυσικοχημικών παραμέτρων στο νερό. Όλες οι καταγραφές πρέπει να αξιολογηθούν για το μέγιστο αποδεκτό σφάλμα και να γίνει μια κατηγοριοποίηση ακρίβειας για κάθε μια από τις χρησιμοποιούμενες φυσικές ιδιότητες σε μια κλίμακα η οποία μεταβάλετε από την φτωχή μέχρι την πάρα πολύ καλή ποιότητα. Η ποιότητα των δεδομένων ουσιαστικά βασίζεται στις τιμές των δεδομένων που καταγράφηκαν πριν εφαρμοστεί οποιαδήποτε μετάθεση των δεδομένων ή οποιαδήποτε διόρθωση όπως αυτό φαίνεται στον πίνακα 9.

Πίνακας 9. Βαθμολογία μετρήσεων συνεχούς καταγραφής

Μετρούμενη φυσική ποσότητα	Βαθμολογία			
	Εξαιρετική	Καλή	Επαρκής	Κακή
Θερμοκρασία	$\leq \pm 0.2 \text{ } ^\circ\text{C}$	$> \pm 0.2 - 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$	$> \pm 0.5 - 0.8 \text{ } ^\circ\text{C}$	$> \pm 0.8 \text{ } ^\circ\text{C}$
Ειδική αγωγιμότητα	$\leq \pm 3\%$	$> \pm 3 - 10\%$	$> \pm 10 - 15\%$	$> \pm 15\%$
Διαλυμένο οξυγόνο	$\leq \pm 0.3 \text{ mg/L}$	$> \pm 0.3 - 0.5 \text{ mg/L}$	$> \pm 0.5 - 0.8 \text{ mg/L}$	$> \pm 0.8 \text{ mg/L}$
pH	$\leq \pm 0.2 \text{ unit}$	$> \pm 0.2 - 0.5 \text{ unit}$	$> \pm 0.5 - 0.8 \text{ unit}$	$> \pm 0.8 \text{ unit}$
Θολερότητα	$\leq \pm 5\%$	$> \pm 5 - 10 \%$	$> \pm 10 - 15 \%$	$> \pm 15 \%$

Επιπλέον προσοχή πρέπει να δίνετε στο πλήθος των δημοσιευμένων καταγραφών και επίσης στο πλήθος των δεδομένων τα οποία διορθώθηκαν ή μετατέθηκαν. Δεδομένα τα οποία δεν υπάρχουν ή δεν συμφωνούν με τα κριτήρια για το μέγιστο αποδεκτό όριο πρέπει να το γνωρίζουμε προκειμένου να κάνουμε διορθώσεις στην ακρίβεια των δεδομένων που θα παρουσιάσουμε στο τέλος και αυτό εξαρτάται από κάθε περίπτωση ξεχωριστά. Τέλος η απόφαση για το αν θα δημοσιευτούν ή όχι κάποια δεδομένα αφήνεται στην κρίση του έμπειρου υδρογεωλόγου. Στην περίπτωση που θέλουμε να παρουσιάσουμε μια ημερήσια τιμή μιας φυσικής ιδιότητας πρέπει να πληρούνται τουλάχιστον τα κάτωθι:

1. τις μέρες κατά τις οποίες λιγότερο από το 100% των δεδομένων τα οποία έχουν συλλεχθεί σε διακριτές χρονικές στιγμές ή σε μεταβαλλόμενα χρονικά διαστήματα είναι διαθέσιμα, προκειμένου να μπορέσουμε να δημοσιεύσουμε τις ημερήσιες μέσες τιμές πρέπει να υπάρχουν ημερήσιες μέγιστες και ελάχιστες τιμές.

2. οι ημερήσιες ελάχιστες και μέγιστες τιμές μπορούν να παρουσιάζονται και ανεξάρτητα αν αυτά συμβαίνουν κατά τη διάρκεια δεδομένων στιγμών και όταν ακολουθούνται κάποια κριτήρια το οποία αφορούν,

- ❖ πρώτα από όλα την θερμοκρασία του νερού
- ❖ την ειδική αγωγιμότητα και την σχέση μεταξύ αγωγιμότητας και ροής νερού,
- ❖ το διαλυμένο οξυγόνο και την σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και pH,
- ❖ το pH και
- ❖ την θολερότητα

και σε όλα αυτά λαμβάνει χώρα και η εφαρμογή των όλων κριτηρίων που εισάγει ο έμπειρος υδρογεωλόγος - γεωλόγος προκειμένου να κρίνει αν τα δεδομένα είναι αξιόπιστα ή όχι.

Γενικότερα επειδή αναφέραμε το θέμα ποιότητας των δεδομένων πρέπει να αναφέρουμε ότι η γενική οδηγία της USGS είναι όλα τα γραφεία και για όλες τις παραμέτρους ο οποίες μετρούνται να αρχίσει να εφαρμόζεται αυτή η διαβάθμιση ποιότητας των δεδομένων. Η ποιότητα των δεδομένων να αναφέρετε γενικά σε κάθε χαρτί το οποίο αφορά μετρήσεις από σταθμούς με τις παραμέτρους και για κάθε μέρα ξεχωριστά. Περισσότερες λεπτομέρειες ουσιαστικά παρουσιάζονται σε επόμενη παράγραφο όσο αφορά την προετοιμασία και το πακέτο ελέγχου των μετρήσεων. Ο υπολογισμός της μέσης ημερήσιας τιμής του pH στο αυτόματο σύστημα επεξεργασίας μετρήσεων γίνεται με διάφορους αναλυτικούς και προσεγγιστικούς τρόπους προκειμένου να μπορέσουμε να υπολογίσουμε την καλύτερη τιμή. Ο σωστός τρόπος υπολογισμού της μέσης τιμής του pH γίνεται με μετατροπή των μονάδων pH σε συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου έναν υπολογισμό για την μέση τιμή συγκέντρωσης και επανασηματισμού της μέσης τιμής συγκέντρωσης ανιόντων υδρογόνου σε τιμή pH όπως αυτό φαίνεται στο παράρτημα 1. Αυτός ο τρόπος μετασηματισμού του pH σε συγκέντρωση και της συγκέντρωσης ξανά σε pH για να υπολογίσουμε την μέση τιμή είναι ένας μαθηματικός τρόπος έτσι ώστε να αποφύγουμε τιμές οι οποίες ουσιαστικά δημιουργούν μια τάση προς χαμηλότερες τιμές pH.

5.2 Προετοιμασία για τη τελική παρουσίαση και δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων

Πρέπει γενικά να αναφερθεί ότι το ίδιο άτομο είναι υπεύθυνο για,

1. την ομαλή λειτουργία καταγραφής και παρακολούθησης των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού,
2. τον υπολογισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καταγραφών,
3. την καταγραφή της ανάλυσης των χαρακτηριστικών του σταθμού μέτρησης το οποίο φυσικά είναι μια ετήσια περιγραφή λειτουργίας του σταθμού,
4. τις απαραίτητες αλλαγές στα χαρακτηριστικά του σταθμού,
5. τις αντικαταστάσεις και τις επισκευές οποιοδήποτε χαρακτηριστικών αφορά το σταθμό κ.τ.λ.

5.2.1 Έλεγχος των καταγραφών

Όλα τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται για να παραχθεί η τελική τεχνική έκθεση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού πρέπει να ελεγχθεί πέρα των άλλων και για την πληρότητα και την ακρίβεια των δεδομένων πριν από την τελική παρουσίαση των στοιχείων. Ο υδρογεωλόγος είναι υπεύθυνος για τους υπολογισμούς των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού, επίσης είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο των καταγραφών και οποιεσδήποτε άλλες διορθώσεις ή μεταθέσεις δεδομένων πρέπει να γίνονται. Όλα τα δεδομένα πεδίου πρέπει να έχουν πιστοποιηθεί για την ακρίβειά τους και την περιγραφή τους στα φύλα εργασίας. Επίσης όλες οι διορθώσεις, μεταθέσεις των δεδομένων πρέπει να ελεγχθούν ότι έγιναν με τις σωστές τιμές και επίσης να γίνει αναφορά της ημέρας και τον αριθμό των σταθμό στα οποία έχει πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε διαδικασία ελέγχου.

5.2.2 Περιγραφή των σταθμών

Όλοι οι σταθμοί απαιτείται να έχουν ένα ιστορικό λειτουργίας σταθμού το οποίο να περιέχει την περιγραφή της θέσης του και το ιστορικό λειτουργίας τους. Μια πλήρης περιγραφή πρέπει να υπάρχει σε κάθε νέο σταθμό και πρέπει να αναβαθμίζεται σε κάθε αλλαγή που συμβαίνει σε αυτό. Το περιεχόμενο αυτής της περιγραφής ενός σταθμού συνεχούς καταγραφής φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού ποικίλει, αλλά γενικότερα στο ελάχιστο πρέπει να περιέχει στοιχεία όπως η θέση, το ιστορικό, η λειτουργία των σταθμών, η περιγραφή πληροφοριών του οργάνου, οι θέσεις των οργάνων, οι θέσεις όπου εγκαταστάθηκε ο αισθητήρας, τύπος αισθητήρα και όλων των άλλων στοιχείων τα οποία εμφανίζονται στο παράρτημα 2.

5.2.3 Ανάλυση του σταθμού

Κάθε ανεξάρτητη ανάλυση του σταθμού είναι ετήσια και περιλαμβάνει μια ανάλυση των χαρακτηριστικών του σταθμού καταγραφής. Ο σκοπός της ανάλυσης του σταθμού είναι η συλλογή όλων των πληροφοριών που προέρχονται κυρίως από τις σημειώσεις υπαίθρου, τις σημειώσεις του οργάνου και την περιγραφή του σταθμού η οποία ουσιαστικά σχετίζεται άμεσα με την ακρίβεια και την πληρότητα των καταγραφών. Γενικότερα στο ελάχιστο πρέπει η ανάλυση του σταθμού να περιέχει στοιχεία όπως το είδος του καταγραφικού, την περίοδο της καταγραφής, την περίοδο και την διαδικασία δειγματοληψίας, κάποιες ειδικές συνθήκες που υπάρχουν και οποιεσδήποτε μεταβολές οι οποίες υπάρχουν σε σχέση με τις φυσικές διαδικασίες οι οποίες περιγράφονται στο παράρτημα 3. Επιπλέον η ανάλυση του σταθμού περιλαμβάνει πληροφορίες οι οποίες σχετίζονται με την ακρίβεια του οργάνου, με τα χαρακτηριστικά του καταγραφικού κατά την διάρκεια του έτους, οι ημερομηνίες

κατά τις οποίες οι αισθητήρες αλλάχθηκαν ή καθαρίστηκαν, οι διαδικασίες και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την βαθμονόμηση, χαρακτηριστικά που αφορούν τον τρόπο με τον οποίο έγιναν οι διορθώσεις ή μεταθέσεις των δεδομένων και οποιοδήποτε άλλο μη σύνηθες γεγονός το οποίο μπορεί να επηρέασε την καταγραφή. Επίσης αναφέρονται όλοι οι λόγοι οι οποίοι μας λένε πως τα δεδομένα έχουν αξιολογηθεί ή για πιο λόγο κάποιες περιέργες ή λανθασμένες περιγραφές έχουν απομακρυνθεί ή έχουν μείνει μέσα στον κατάλογο των δεδομένων. Επίσης λεπτομέρειες σχετίζονται με το πώς και πότε έγιναν οι μετρήσεις σε μια κάθετη τομή που έγινε και τι μεταβολές παρουσιάζει αυτή εδώ.

5.2.4 Περιεχόμενα της τελικής τεχνικής έκθεσης παρουσίασης των αποτελεσμάτων

Όλο αυτό τα πακέτο των καταγραφών περιλαμβάνει εικόνες, φόρμες, πίνακες, όπως τα παραδείγματα των σχημάτων, εντύπων και πινάκων τα οποία βρίσκονται μέσα στα παραρτήματα αυτής της τεχνικής έκθεσης. Έτσι κάθε τέτοιο πακέτο ελέγχου πρέπει να περιλαμβάνει:

1. το έντυπο περιγραφής του σταθμού (παράρτημα 2)
2. το έντυπο ανάλυσης του σταθμού (παράρτημα 3)
3. το έντυπο της USGS για τον έλεγχο της παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού (παράρτημα 4)
4. τον πίνακα από το αυτοματοποιημένο σύστημα επεξεργασίας των μετρήσεων (παράρτημα 7)
5. μια πρόχειρη τεχνική έκθεση η οποία είναι ετήσια και περιγράφει τα δεδομένα (παράρτημα 9)
6. το έντυπο το οποίο αφορά τον ετήσιο έλεγχο μετρήσεων υπαίθρου (παράρτημα 10)
7. τους πίνακες οι οποίοι προκύπτουν από το αυτοματοποιημένο σύστημα επεξεργασίας των μετρήσεων και αφορά την μεταβλητή διόρθωση μετάθεση στα δεδομένα του νερού (παράρτημα 11)
8. τον πίνακα ο οποίος προκύπτει από το αυτοματοποιημένο σύστημα επεξεργασίας μετρήσεων και ουσιαστικά μας δείχνει κάποιες διορθωμένες τιμές με την χρήση κάποιου επιπέδου μετρήσεων (παράρτημα 12)
9. τις ημερήσιες υπολογιζόμενες τιμές (παράρτημα 13)
10. τα υδρογραφήματα αποφόρτισης (παράρτημα 14)
11. το γράφημα των ανεξάρτητων φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (παράρτημα 15)

5.2.5 Τεχνική έκθεση

Στις προηγούμενες παραγράφους πραγματοποιήθηκε μια πλήρης ανάλυση τόσο των μεθοδολογιών που εφαρμόζονται για την συλλογή, διόρθωση και την επεξεργασία δεδομένων που αφορούν την συνεχή καταγραφή ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού, όσο και των προτύπων τα οποία εφαρμόζονται προκειμένου όλα τα παραπάνω να δημοσιοποιηθούν. Επίσης έγινε περιγραφή και αναφορά των διαδικασιών που αφορούν την λειτουργία σε διάφορες θέσεις παρακολούθησης των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού, τον έλεγχο της ποιότητας των δεδομένων, τον πρότυπο έλεγχο των καταγραφών και την διαδικασία ελέγχου αυτών με όλα τα άλλα επιμέρους κομμάτια τα οποία είναι απαραίτητα προκειμένου να ελέγξουμε την σωστή ποιότητα και την πληρότητα αυτών. Η χρήση του προγράμματος DECODES για την μετατροπή των δεδομένων όπως και του ADARS ουσιαστικά μας δίνει την σιγουριά ότι σε παγκόσμιο επίπεδο υπάρχει μια ταυτόχρονη παρουσίαση όλων αυτών των δεδομένων ενώ παρουσιάζουν και τον ίδιο τρόπο τυποποίησης (format). Επιπλέον η συμμετοχή στο παγκόσμιο πρόγραμμα ελέγχου ποιότητας μετρήσεων υπαίθρου (Stanley και συνεργάτες 1998), επιβεβαιώνουν τον επαγγελματισμό τόσο των αναλυτών όσο και των οργάνων τα οποία χρησιμοποιούνται για αυτές τις μετρήσεις.

5.2.6 Επίπεδο ελέγχου των καταγραφών

Πολλές φορές απαιτείται για τον έλεγχο των καταγραφών που έχουν πραγματοποιηθεί κατά την διάρκεια ενός πειράματος ένας ανεξάρτητος κριτής για έλεγχο της πληρότητας και της ακρίβειας. Αν υπάρχει στην συγκεκριμένη περιοχή ερμηνείας τότε πρέπει να πραγματοποιηθεί μια συζήτηση μεταξύ των δυο κριτών έτσι ώστε να σχολιαστούν τυχόν αποτελέσματα. Όταν επιλυθούν τα προβλήματα και παρθούν οι τελικές αποφάσεις και όλα καταγραφούν συντάσσεται η τελική τεχνική έκθεση όλων των αποτελεσμάτων. Αυτή η συνολική περιγραφή των αποτελεσμάτων όπως έχουν κριθεί και από τους δυο ανεξάρτητους κριτές πηγαίνει μετά κατευθείαν στους ειδικούς των τμημάτων των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού για περαιτέρω έλεγχο πληρότητας και ακρίβειας.

6. Συμπεράσματα

Τα συστήματα καταγραφής των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του νερού σε διακριτές χρονικές στιγμές παρέχουν μια συνεχή καταγραφή των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία είναι η χρήση τεσσάρων αισθητήρων που μετράνε τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού όπως θερμοκρασία, ειδική αγωγιμότητα, pH και διαλυμένο οξυγόνο παρόλο που τα συστήματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και να εγκατασταθούν για να μετρήσουν άλλες ιδιότητες όπως θολρότητα και χλωροφύλλη. Οι αισθητήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την μέτρηση αυτών των ιδιοτήτων απαιτούν προσεχτική τοποθέτηση στο χώρο έρευνας, καθαρισμό και βαθμονόμηση. Η εξαγωγή ενός τελικού, ακριβούς μοντέλου καταγραφής είναι στις διαδικασίες των υπολογισμών, της διόρθωσης και της δημοσιοποίησης των δεδομένων. Αυτές οι τεχνικές εκθέσεις ουσιαστικά δίνουν κάποιες οδηγίες τις οποίες όρισε η αμερικάνικη εταιρία γεωλογικών ερευνών και αφορούν την θεώρηση που πρέπει να γίνεται για την επιλογή των θέσεων εκτέλεσης προσδιορισμού φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού, μεθόδους ελέγχου των αισθητήρων, διαδικασιών στο ύπαιθρο, διορθώσεις σφαλμάτων, υπολογισμό των δεδομένων και διαδικασίες ελέγχου και δημοσιοποίησης των αποτελεσμάτων. Όσο η τεχνολογία των αισθητήρων αλλάζει μας δίνετε η δυνατότητα να μετράμε ένα μεγαλύτερο εύρος φυσικοχημικών παραμέτρων και μάλιστα έχουμε την δυνατότητα να τα ανιχνεύσουμε χρησιμοποιώντας μικρότερα επίπεδα σφαλμάτων. Μας δίνετε επίσης η δυνατότητα να πραγματοποιήσουμε παρακολούθηση καταγραφής φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού σε πραγματικό χρόνο και μάλιστα μέσω διαδικτύου. Όλες αυτές οι διαδικασίες θα βοηθήσουν και θα βελτιώσουν κάθε εφαρμογή και διαδικασίες οι οποίες αφορούν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alt, D.F., and Iseri, K.T., 1986, Water Resources Division publications guide, v. 1, Publications policy and text preparation: U.S. Geological Survey, Water Resources Division, 1986 ed., 429 p.
- Bartholoma, S.D., comp., 1997, User's manual for the National Water Information System of the U.S. Geological Survey, chap. 3., Automated data processing system: U.S. Geological Survey Open-File Report 97-635, 219 p.
- Busenberg, Eurybiades, and Plummer, L.N., 1987, Ph measurement of low-conductivity waters: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 87-4060, 22 p.
- Christensen, V.G., Jian, X., and Ziegler, A.C., 2000, Regression analysis and real-time water-quality monitoring to estimate constituent concentrations, loads, and yields in the Little Arkansas River, South-Central Kansas, 1995–99: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 00-4126, 36 p.
- Clifton, D.G., and Gilliom, R.J., 1989, Sources and concentrations of dissolved solids and selenium in the San Joaquin River and its tributaries, California, October 1985 to March 1987: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 88-4217, 33 p.
- Ficken, J.H., and Scott, C.T., 1989, Operating manual for the U.S. Geological Survey minimonitor—Analogvoltage model: U.S. Geological Survey Open-File Report 89-403, 55 p.
- Gordon, A.B., and Katzenbach, Max, 1983, Guidelines for use of water-quality monitors: U.S. Geological Survey Open-File Report 83-681, 94 p.
- Hem, J.D., 1989, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 264 p.
- Hill, B.R., and Gilliom, R.J., 1993, Streamflow, dissolved solids, suspended sediment, and trace elements, San Joaquin River, California, June 1985–September 1988: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 93-4085, 21 p.
- Hubbard, E.F., 1992, Policy recommendations for management and retention of hydrologic data of the U.S. Geological Survey: U.S. Geological Survey Open-File Report 92-56, 32 p.
- Novak, C.E., 1985, WRD data reports preparation guide: U.S. Geological Survey, Water Resources Division, 1985 ed., 289 p.
- Radtke, D.B., Busenberg, Eurybiades, Wilde, F.D., and Kurklin, J.K., 1998, pH, *in* Wilde, F.D., and Radtke, D.B., eds., 1998, Field measurements, *in* National field manual for the collection of water-quality data: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A6.4, 27 p.
- Radtke, D.B., Davis, J.V., and Wilde, F.D., 1998, Specific electrical conductance, *in* Wilde, F.D., and Radtke, D.B., eds., 1998, Field measurements, *in* National field manual for the collection of

- water-quality data: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A6.3, 22 p.
- Radtke, D.B., Kurklin, J.K., and Wilde, F.D., 1998, Temperature, *in* Wilde, F.D., and Radtke, D.B., eds., 1998, Field measurements, *in* National field manual for the collection of water-quality data: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A6.1, 15 p.
- Radtke, D.B., White, A.F., Davis, J.V., and Wilde, F.D., 1998, Dissolved oxygen, *in* Wilde, F.D., and Radtke, D.B., eds., 1998, Field measurements, *in* National field manual for the collection of water-quality data: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A6.2, 38 p.
- Rantz, S.E., and others, 1982, Measurement and computation of streamflow: Volume 1. Measurement of stage and discharge: U.S. Geological Survey Water- Supply Paper 2175, 284 p.
- Stanley, D.L., Boozer, T.M., and Schroder, L.J., 1998, Summary of the U.S. Geological Survey National Field Quality-Assurance Program from 1979 through 1997: U.S. Geological Survey Open-File Report 98-392, 11 p.
- U.S. Department of the Interior, 1992, Department of the Interior Geological Survey Manual, v. 3, 500.14.1, 3 p.
- 1993, Department of the Interior Geological Survey Manual, v. 3, 500.24.1, 4 p. U.S. Geological Survey, 1990, Policy for release of digital data: Water Resources Division Memorandum No. 90.30 [deleted], accessed August 14, 2000, at URL <http://wwwoper.er.usgs.gov/memos/delete/wrd90.030Delete.txt>.
- 1992, Policy for management and retention of hydrologic data of the U.S. Geological Survey: Water Resources Division Memorandum No. 92.59, accessed August 11, 2000, at URL <http://water.usgs.gov/admin/memo/WRD/wrd92.059.html>.
- 1995, Transmittal of an instrumentation plan for the Water Resources Division and the Water Resources Division hydrologic field instrumentation and equipment policy and guidelines: Water Resources Division Memorandum No. 95-35, accessed August 8, 2000, at URL <http://water.usgs.gov/public/admin/memo/WRD/wrdpolicy95.035.html>
- 1999, Preservation of original digital field-recorded time-series data: Water Resources Division Memorandum No. 99.33, accessed August 11, 2000, at URL <http://water.usgs.gov/admin/memo/WRD/wrd99.33.html>
- Weiss, R.F., 1970, The solubility of nitrogen, oxygen, and argon in water and seawater: Deep Sea Research, v. 17, no. 4, p. 721–735.
- White, E.T., comp., 1999, Automated water quality monitoring field manual: British Columbia, Canada, Ministry of the Environment Lands and Parks, Water Management Branch for the Aquatic Inventory Task Force Resources Inventory Committee, Version 1.0 [June 8, 1999], 61 p.

- Wilde, F.D., and Radtke, D.B., eds., 1998, Field measurements, *in* National field manual for the collection of water-quality data: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A6 [variously paged].
- Wilde, R.F., and Gibs, Jacob, 1998, Turbidity, *in* Wilde, F.D., and Radtke, D.B., eds., 1998, Field measurements, *in* National field manual for the collection of water-quality data: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A6.7, 30 p.

ABSTRACT

The U.S. Geological Survey uses continuous water-quality monitors to assess variations in the quality of the Nation's surface water. A common system configuration for data collection is the four-parameter water-quality monitoring system, which collects temperature, specific conductance, dissolved oxygen, and pH data, although systems can be configured to measure other properties such as turbidity or chlorophyll. The sensors that are used to measure these water properties require careful field observation, cleaning, and calibration procedures, as well as thorough procedures for the computation and publication of final records. Data from sensors can be used in conjunction with collected samples and chemical analyses to estimate chemical loads. This report provides guidelines for site-selection considerations, sensor test methods, field procedures, error correction, data computation, and review and publication processes. These procedures have evolved over the past three decades, and the process continues to evolve with newer technologies.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – Παράδειγμα ορθού υπολογισμού του μέσου pH.

Μετατροπή του pH σε ιόντα υδρογόνου [H⁺]	
Μέγιστο ημερήσιο pH = 8.0	pH 8.0 = 0.00000001 [H ⁺]
Ελάχιστο ημερήσιο pH = 6.0	pH 6.0 = 0.00000100 [H ⁺]
Μέσος όρος pH (ανακριβής) = 7.0	Μέσος όρος = 0.000000505 [H ⁺]
	Μέσος όρος (ορθός) = αντιλογάριθμος = pH = 6.32

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 – Περιγραφή Σταθμού Παρατήρησης***Παράρτημα 2Α- Περιεχόμενα περιγραφής σταθμού***

Συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με τον σταθμό συνοψίζονται στην περιγραφή του σταθμού. Η περιγραφή πρέπει να περιλαμβάνει:

1. τοποθεσία του σταθμού
2. ιστορία του σταθμού
3. περιοχή αποστράγγισης (περιέχει χαρακτηριστικά την λεκάνης)
4. περιγραφή του σταθμού, εξοπλισμός και δοκιμή
5. αποφόρτιση περιοχής έρευνας, μέθοδοι παρακολούθησης φυσικοχημικών παραμέτρων και αναφορά ιστορικών ακραίων τιμών
6. μέτρηση διατομής της κοίτης του ποταμού που σχετίζεται με τον υπολογισμό της αποφόρτισης και της ποιότητας του νερού
7. σκοπός έρευνας και συνεργαζόμενοι φορείς
8. χαρτογραφικό υλικό, φωτογραφικό υλικό και άδειες εφαρμογής του πειράματος (νομαρχίες, δήμους, ΤΥΔΚ, ΤΟΕΒ, ΔΕΥΑ, κτλ)
9. συστήματα ασφαλείας, λεπτομερή περιγραφή του δρόμου προσπέλασης και περιγραφή στοιχείων που βοηθούν στην πρόσβαση του παρατηρητή στο σημείο μέτρησης.

Παράρτημα 2B - Παράρτημα περιγραφής σταθμού παρατήρησης του ποταμού Κολούμπια στο Oregon των Η.Π.Α.

Τμήμα Εσωτερικού της Γης
Ινστιτούτου Γεωλογικών Ερευνών των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής
Παράρτημα των Υδατικών Πόρων

Αρχική εγκατάσταση 23 Δεκεμβρίου 1991 από τον K.K.Lee
Επανατοποθέτηση 17 Φεβρουαρίου 2000 από τον R.L.Kittelson

Περιγραφή του σταθμού παρακολούθησης

14-2469.00 ποταμού Κολούμπια στο Beaver Army Terminal κοντά στο Quincy στο Oregon

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ: γεωγραφικό μήκος $46^{\circ} 10' 55''$, γεωγραφικό πλάτος $123^{\circ} 10' 50''$ στην Κολούμπια σε μια εγκαταλελειμμένη αποθήκη που βρίσκεται 150 μέτρα από την είσοδο της αποβάθρας ιδιοκτησίας της Portland General Electric.

ΙΣΤΟΡΙΑ: η συλλογή των δεδομένων αφορά το διάστημα: Μάιος του 1968 έως τον Ιούνιο του 1970 και από τον Φεβρουάριο του 1991 έως σήμερα. Ένας μηλίσκος (Stork Servex Surflood Mark 4 UVM – Ultrasonic Velocity Meter) εγκαταστάθηκε τον Ιούνιο του 1991 και αντικαταστάθηκε λόγω φθοράς τον Απρίλιο του 1997 από το μοντέλο ORE Accusonic Model 7300 UVM.

ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ: 256.900 Km²

ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΒΑΘΡΑ (αριστερή όχθη): οι αισθητήρες των υπό μελέτη παραμέτρων στεγάζονται στην προαναφερόμενη αποθήκη. Τα δεδομένα καταγράφονται από το καταγραφικό της Campbell Scientific CR10X. Το καταγραφικό συνδέεται με ένα μόντεμ μεταφοράς δεδομένων το οποίο απαντάει στο τηλεφωνικό νούμερο 503-728-2376. Η USGS «κατεβάζει» τα δεδομένα από το καταγραφικό σε ημερήσια βάση.

- A. Θέση Οργάνου: Ένας διάτρητος αυλακωτός γαλβανιζέ σωλήνας υδρογεωτρήσεων, εγκαταστάθηκε σε ένα ξύλινο πάσαλο που αποτελεί θεμέλιο της αποβάθρας. Το πάνω μέρος του σωλήνα βρίσκεται 2 μέτρα πάνω από την επιφάνεια του νερού. Το κάτω μέρος του σωλήνα βρίσκεται στα 5 μέτρα βάθος από την επιφάνεια του νερού ενώ έχει τοποθετηθεί τάπα υψηλής στεγανότητας. Διάφορες τρύπες κατά μήκος του γαλβανιζέ σωλήνα διασφαλίζουν την κίνηση του νερού εντός της θέσης στην οποία εισάγουμε τον αισθητήρα μέτρησης. Χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας SDI-12 ο οποίος έχει σύστημα παρακολούθησης της στάθμης και τα δεδομένα του οποίου καταγράφονται.
- B. Μέτρηση Ταχύτητας (Stork Servex SurfFlow Mark 4 UVM) : Τέσσερις αισθητήρες που λειτουργούν στη συχνότητα των 100 KHz, καταγράφουν τη μεταβολή της στάθμης και μεταβολές ταχύτητας. Οι αισθητήρες στην αριστερή όχθη, εγκαταστάθηκαν εκατέρωθεν της προβλήτας και εντός ενός θύλακα από αλουμίνιο με σκοπό την αποφυγή συγκρούσεων επιπλέοντων σωμάτων με τον αισθητήρα. Ο αισθητήρας βυθίζεται στο νερό και απέχει από το πυθμένα περί τα 50 εκατοστά. Αντίστοιχα, οι αισθητήρες στη δεξιά όχθη εγκαταστάθηκαν σε πασσάλους εντός της κοίτης και όλα τα δεδομένα και από τις δύο όχθες συλλέγονται στην προαναφερόμενη αποθήκη από το καταγραφικό.
- Γ. Μέτρηση Ταχύτητας (ORE Accusonic Model 7300 UVM): Τέσσερις αισθητήρες που λειτουργούν στη συχνότητα των 200 KHz, καταγράφουν τη μεταβολή της στάθμης και μεταβολές ταχύτητας. Ομοίως, περιγράφονται χαρακτηριστικά της θέσης των αισθητήρων και στις δύο όχθες.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΤΗΝ ΑΠΟΒΑΘΡΑ (Δεξιά Όχθη): Εγκαταστάθηκαν αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας και της αγωγιμότητας του νερού. Τα δεδομένα καταγράφονται από το καταγραφικό της Campbell Scientific CR10X. Το καταγραφικό συνδέεται με ένα μόντεμ μεταφοράς δεδομένων το οποίο απαντάει στο τηλεφωνικό νούμερο 503-784-0136. Η USGS «κατεβάζει» τα δεδομένα από το καταγραφικό σε ημερήσια βάση.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ ΠΟΤΑΜΟΥ : Η μέτρηση έγινε με ακουστικό Doppler (Acoustic Doppler Current Profiler – ADCP) με τη χρήση μικρού πλοιαρίου σε 3 θέσεις. Μια τομή στα 1500 μέτρα κατάντη της αποβάθρας, στα 1000 μέτρα κατάντη της αποβάθρας και κάτω από την αποβάθρα. Μικροπροβλήματα προκλήθηκαν από τη σύγκρουση των οργάνων με επιπλέοντα αντικείμενα. Σε περιόδους περιορισμένης ροής δεν λαμβάνονταν μετρήσεις.

ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗ : Η παρατηρούμενη στερεοπαροχή είναι πολύ περιορισμένη.

ΘΕΣΕΙΣ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΡΟΗΣ : υπάρχουν θέσεις που εποχιακά παρουσιάζουν μηδενική ροή

ΡΟΗ ΚΑΤΑ ΤΟ ΧΕΙΜΩΝΑ : δεν παρουσιάστηκαν προβλήματα λόγω πάγου

ΡΥΘΜΙΣΗ ΡΟΗΣ : Η ροή ρυθμίζεται από τις αποστραγγίσεις των υπολεκάνων απορροής των οποίων τα νερά ο εν λόγω ποταμός μεταφέρει.

ΑΚΡΙΒΕΙΑ : Η ακρίβεια των μετρήσεων είναι πολύ ικανοποιητική εκτός των περιπτώσεων κατά τις οποίες η ροή είναι μειωμένη και η ταχύτητα ροής είναι μικρότερη από τα επίπεδα αναγνωρισιμότητας.

ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ ΦΟΡΕΙΣ : xxxxxxxx

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ : Χρησιμοποιήθηκαν οι τοπογραφικοί χάρτες της περιοχής έρευνας κλίμακας 1/5.000

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ : XXXXXXXXXXXX

ΑΔΕΙΕΣ : Ελήφθησαν άδειες εκτέλεσης του έργου από τους παρακάτω φορείς, ΤΥΔΚ, ΔΕΥΑ, ΥΠΕΧΩΔΕ και ΔΕΗ.

ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ : Σκοπός του λεπτομερής οδηγού που παρουσιάζεται στη συνέχεια είναι, να μπορεί οποιοσδήποτε να προσεγγίσει το χώρο για αντικατάσταση ή έλεγχο των μηχανημάτων χωρίς να είναι απαραίτητη προηγούμενη επίσκεψη στο χώρο από κάποιον που γνωρίζει με ακρίβεια τη θέση.

Απόσταση (χλμ)	Χιλιομετρική θέση	Περιγραφή θέσης
0	0,0	Εθνική Οδός του Ορεγκον στη γέφυρα Longview
3,7	3,7	Στο δρόμο Alston Mayger στρίβουμε δεξιά
0,2	3,9	Συναντάμε ένα σταυροδρόμι και στρίβουμε δεξιά περνώντας μπροστά από ένα κατάστημα
6,7	10,6	Φτάνουμε στη διασταύρωση Fish Station και συνεχίζουμε τη πορεία μας στο κύριο δρόμο
2,3	12,9	Συναντάμε μια διασταύρωση χωρίς σήμανση. Στρίβουμε δεξιά.

1,2	14,1	Φτάνουμε στο φυλάκιο εισόδου. Μας γίνεται έλεγχος από το φρουρό και προχωράμε ευθεία.
0,5	14,6	Φτάνουμε στην αποβάθρα
0,3	14,9	Φτάνουμε στην αποθήκη στην οποία έχουμε τα καταγραφικά και γίνεται έλεγχος.

Πολλές φορές απαιτείται η περιγραφή και ενός άλλου εναλλακτικού δρόμου προσπέλασης στο χώρο μέτρησης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 – Ανάλυση των χαρακτηριστικών του σταθμού παρατήρησης**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3Α – Περιεχόμενα της ανάλυσης του σταθμού παρατήρησης**

1. θέση δειγματοληψίας - σταθμός, όνομα, αριθμός, χρονιά και μέτρηση
2. εξοπλισμός και όργανα δειγματοληψίας - τύπος του αισθητήρα και του καταγραφικού, τοποθεσία εγκατάστασης των αισθητήρων, άλλα ειδικά όργανα ή αισθητήρες δεδομένων αλλάχτηκαν ή αντικαταστάθηκαν.
3. δημοσιευμένες καταγραφές μετρήσεων - περιγραφή των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα και δημοσιεύθηκαν αλλά και των παραμέτρων που συλλέχτηκαν αλλά δεν δημοσιεύτηκαν.
4. χαρακτηριστικά του χώρου μέτρησης - σύντομη περιγραφή της θέσης της υπό μελέτη περιοχής και όποιου ασυνήθιστου στοιχείου της έρευνας έχει χρησιμοποιηθεί.
5. εκτίμηση δεδομένων - παρουσίαση του πως ερμηνεύεται η ψηφιακή καταγραφή διασφαλίζοντας την σωστή δημοσίευση / κοινοποίηση των μετρήσεων για τις αρχικές και τελικές καταγραφές.
6. καταγραφή - αναφορά για την πληρότητα της καταγραφής. Σημείωσε όλα τα δεδομένα που λείπουν και κάνε αναφορά για την πληρότητα / αξιοπιστία των τελικών εκτιμήσεων των δεδομένων κατά την περίοδο της καταγραφής (χρονικό διάστημα μεταξύ των μηχανικών ελέγχων) με χρονολογική σειρά.
7. βαθμονόμηση - επισήμανε πως και πότε το όργανο βαθμονομήθηκε ή ελέγχθηκε και σημείωσε την διαδικασία που ακολουθήθηκε για να γίνει η βαθμονόμηση. Να γίνει αναφορά στις πιθανές διορθώσεις που χρειάστηκαν να γίνουν για τα δεδομένα.
8. υπολογισμοί - παρουσίασε πως οι διορθώσεις εφαρμόστηκαν στα δεδομένα, μια λίστα ακραίων διορθώσεων οι οποίες εφαρμόστηκαν σε καταγραφές κατά την διάρκεια του χρόνου και ποιοι είναι οι πιθανοί λόγοι που ανάγκασαν τη εφαρμογή διορθώσεων των δεδομένων.
9. επεξεργασία «εσφαλμένων» δεδομένων – να γίνει λεπτομερής αναφορά όποιας επεξεργασίας χρειάστηκε για την επιτυχής απομάκρυνση ακραίων ή εσφαλμένων δεδομένων.
10. μετρήσεις σε διατομές - σημείωσε πως και πότε έγινε η μέτρηση, ο αριθμός των κάθετων μετρήσεων και η απόκλιση των τιμών κατά μήκος της διατομής. Επίσης να γίνει αναφορά για το αν η θέση των μετρήσεων όπως και η παροχή του ρέματος στις θέσεις ελέγχου είναι αντιπροσωπευτική του χώρου έρευνας.
11. Λοιπές παρατηρήσεις - στις παρατηρήσεις προσθέτεις επιπλέον πληροφορίες σχετικά με την θέση, την συλλογή των δεδομένων ή γενικά στοιχεία τα οποία δεν αναφέρθηκαν σε καμιά από τις προηγούμενες παραγράφους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 – Ανάλυση των χαρακτηριστικών του σταθμού παρατήρησης***ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3B – Παράδειγμα της περιγραφής των περιεχομένων ενός σταθμού μέτρησης της θερμοκρασίας στο ποταμό Κολούμπια στο Ορεγκον.*****ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ**

Εξοπλισμός - Το καταγραφικό Campbell CR10X και ο αισθητήρας μέτρησης θερμοκρασίας/αγωγιμότητας της HIF, εγκαταστάθηκαν σε ένα τμήμα του ποταμού με καλές ταχύτητες ροής. Στις 3 Μαρτίου 1996 ένα σύστημα κινητής τηλεφωνίας εγκαταστάθηκε, επιτρέποντας την μεταφορά των δεδομένων από το πεδίο στο γραφείο, καθημερινά από τις 14:00 μέχρι τις 14:30. Το νούμερο του τηλεφώνου είναι 503-784-0136.

Δημοσιεύσεις δεδομένων – Ημερήσιες μετρήσεις της μέγιστης, ελάχιστης και μέσης τιμής της θερμοκρασίας.

Αρχικές καταγραφές - Πλήρης για ετήσια βάση

Χαρακτηριστικά των καναλιών - το κανάλι προσεγγιστικά έχει 1800ft πλάτος με βάθος 100 ft και ο πυθμένας του είναι βραχώδης. Υπάρχει ένας βάλτος 0.3 μίλια κατάντη του ποταμού.

Εκτίμηση δεδομένων - εκτίμηση δεδομένων 1 χρησιμοποιήθηκε για όλο τον χρόνο. Οι τιμές της θερμοκρασίας κυμαίνονται από 5.4 °C έως 18.9 °C. Οι καταγεγραμμένες τιμές θερμοκρασίας κυμαίνονται από 4.3 °C έως 21.9 °C.

Βαθμονόμηση – Ο αισθητήρας καταγραφής θερμοκρασίας / αγωγιμότητας της HIF βαθμονομήθηκε με την χρήση του πρότυπου αισθητήρα της Hydrolab. Η βαθμονόμηση του Hydrolab οργάνου έγινε με την χρήση NBS θερμόμετρο υδραργύρου. Οι έλεγχοι βαθμονόμησης εκτελέστηκαν στις 19 Φεβρουαρίου 1997, στις 19 Μαρτίου 1998 και στις 9 Ιουλίου 1999 για το Hydrolab W489763 και έδειξαν ότι δεν χρειαζόταν καμία διόρθωση. Καμία διόρθωση στα δεδομένα δεν χρειάστηκε με αυτό το όργανο. Δυο βαθμονομήσεις εκτελέστηκαν στο Hydrolab 499764 (21 Οκτώβριος 1997 και 2 Δεκεμβρίου 1998), και έδειξαν ότι δεν χρειαζόταν καμία διόρθωση. Καμία διόρθωση στα δεδομένα δεν χρειάστηκε με αυτό το όργανο. Το 2000 WY

όλα τα όργανα θα ελεγχθούν και θα βαθμονομηθούν για το HIF ηλεκτρόδιο το οποίο μετράει θερμοκρασία και αγωγιμότητα δεν μπορεί να γίνει βαθμονόμηση.

Μετρήσεις διατομής - το βάθος και το μήκος της κατακόρυφης τομής στις 24 Αυγούστου 1998 παρουσίαζε διακύμανση της τάξης των 0.3°C . Το βάθος και το μήκος της κατακόρυφης τομής στις 14 Σεπτεμβρίου 1999 παρουσίαζε διακύμανση της τάξης των 0.2°C .

Υπολογισμοί – Για τον υπολογισμό της διόρθωσης των τιμών που καταγράφηκαν από το CR10X, αφαιρούμε τις τιμές αυτές από τις μέσες τιμές στις θέσεις μετρήσεων κατά μήκος της κατακόρυφης τομής (μέσες τιμές – μετρήσεις CR10X = διόρθωση). Αυτός ο τρόπος λαμβάνει υπόψη τη μεταβλητότητα μεταξύ των τιμών του καταγραφικού συγκρινόμενες με τις μέσες τιμές κατά μήκος της τομής. Επίσης, λαμβάνει υπόψη τη διαφορά στις τιμές μεταξύ των τιμών του καταγραφικού και των τιμών του οργάνου Hydrolab. Οι διορθώσεις κυμαίνονται από 0.2°C μέχρι -0.2°C και εφαρμόστηκαν στα δεδομένα όπως φαίνεται παρακάτω,

Date/ time	Shift
1998 Τελευταίος σταθμός	08 24 1230
11 23 1210	0.10
01 05 1130	0.10
02 25 1140	0.00
02 23 1120	-0.20
03 08 1200	-0.20
03 29 1140	0.10
04 20 1150	0.10
05 11 1120	-0.10
05 25 1110	-0.10
06 08 1120	0.10
06 22 1100	0.10
09 14 1120	0.20

Παρατηρήσεις - τα δεδομένα της θερμοκρασίας και της αγωγιμότητας παρέχονται μηνιαίως στην USGS στο Restor για δημοσίευση στο Εθνικό Κέντρο Ελέγχου Υδάτων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 – Πρότυπο φύλλο ελέγχου των ποιοτικών στοιχείων όπως προτάθηκε από το Ινστιτούτο γεωλογικών ερευνών των ΗΠΑ.

Σχόλια συντήρησης αισθητήρα:								
Καιρός	καθαρός	συννεφιασμένος	φωτεινός	μέτριος	βαρύς	χιόνι	βροχή	αεράκι
	Θύελλα	πολύ κρύο	ζέστη	καύσωνας	χιόνι	ΟΧΙ	ΝΑΙ	πόσα εκατοστά χιόνι;
Αισθητήρας		μοντελοποίηση		Σειριακός Αριθμός Οργάνου			Διόρθωση παραγόντων	
Θερμοκρασία							Ναι	Όχι
Αγωγιμότητα							Ναι	Όχι
PH							Ναι	Όχι
Διαλυμένο οξυγόνο							Ναι	Όχι
							Ναι	Όχι
							ναι	Όχι
Έλεγχος:								
Ροή:								
Μέθοδος: EDI, EWI, Άλλη : _____								
Μετρήσεις κάθετης τομής: Θέση Παρατήρησης: _____ m ανάντι, κατόντη του οργάνου								
Αναμόγλευση ποταμού: Εξαιρετική, Καλή, Αποδεκτή, Φτωχή								
Σταθ.	Απόσταση από Δεξιά / Αριστερή Όχθη	ώρα	Βάθος	T ^o C	pH	Ειδική αγωγιμ.	Διαλυμ. οξυγόνο	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
Med								
Coef.								
Παρατηρήσεις:								

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5- Επίδραση της θερμοκρασίας στις πρότυπες τιμές του pH

(αναφέρεται σε βιομηχανικές προδιαγραφές)

[°C, βαθμοί Κελσίου, όλες οι τιμές pH είναι στις πρότυπες μονάδες pH]

Θερμοκρασία	Τιμές Προτύπων Διαλυμάτων		
	4.01	7.00	10.00
0	4.00	7.14	10.30
5	4.00	7.10	10.23
10	4.00	7.07	10.17
15	4.00	7.04	10.11
20	4.00	7.02	10.05
25	4.01	7.00	10.00
30	4.01	6.99	9.96
35	4.02	6.98	9.92
40	4.03	6.98	9.88
45	4.05	6.98	9.85
50	4.06	6.98	9.82
55	4.07	6.98	9.79
60	4.09	6.99	9.76

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6 – Επίλυση προβλημάτων που παρουσιάζονται κατά τη συνεχή παρακολούθηση φυσικοχημικών παραμέτρων στο νερό.

Συμπτώματα	Πιθανά Προβλήματα	Πιθανή Λύση
Θερμοκρασία Νερού		
Ο αισθητήρας δεν μετράει με ακρίβεια	Βρόμικος αισθητήρας	Καθαρισμός αισθητήρα
Ακανόνιστες μετρήσεις του αισθητήρα	Ανεπαρκής σύνδεση μόνιτορ ή αισθητήρα	Ισχυρότερη σύνδεση
Ο αισθητήρας αργεί να σταθεροποιηθεί	Βρόμικος αισθητήρας	Καθαρισμός αισθητήρα
Δεν γίνεται η καταγραφή	Πρόβλημα στα ηλεκτρονικά	Αντικατάσταση αισθητήρα ή παρακολούθηση
Μετρήσεις Ειδικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας		
Δεν βαθμονομείται	Τα πρότυπα διαλύματα μπορεί να είναι παλιά ή μολυσμένα	Χρήση καινούριων πρότυπων διαλυμάτων
	Βρόμικα ηλεκτρόδια	Πλύση με διάλυμα
	Παγιδευμένος αέρας γύρω από τον αισθητήρα	Κινώ τον αισθητήρα πάνω κάτω έτσι ώστε να απομακρύνω τον αέρα
	Αδύναμες μπαταρίες	Αντικατάσταση μπαταριών
Ακανόνιστες μετρήσεις του αισθητήρα	Χαμένη ή ατελής σύνδεση	Επανέλεγχος ή αντικατάσταση
	Κομμένα καλώδια	Αντικατάσταση καλωδίων
Ο αισθητήρας απαιτεί συχνή βαθμονόμηση		Αντικατάσταση αισθητήρα
Μετρήσεις Διαλυμένου Οξυγόνου		
Μετάθεση των μετρήσεων ή υπερβολικός χρόνος για την σταθεροποίηση του αισθητήρα	Δεν υπάρχει εξισορρόπηση θερμοκρασιών	Αναμονή μέχρι να γίνει η εξισορρόπηση
	Μολυσμένος αισθητήρας	Καθαρισμός ή επιδιόρθωση αισθητήρα
	Το μηχάνημα ταλαντώνεται και δεν λειτουργεί σωστά	Αντικατάσταση
Ακανόνιστες μετρήσεις του αισθητήρα	Κακή σύνδεση του καταγραφικού ή του αισθητήρα	Επανέλεγχος της σύνδεσης

	Μολυσμένος αισθητήρας	Καθαρισμός ή επιδιόρθωση αισθητήρα
Το καταγραφικό αργεί να σταθεροποιηθεί	Η χρυσή κάθοδος έχει λερωθεί	Λεπτομερής καθαρισμός της καθόδου
	Μολυσμένη μεμβράνη	Επανελέγχος του αισθητήρα και αντικατάσταση της μεμβράνης
	Η άνοδος (από άργυρο) έχει μαυρίσει	Αντικατάσταση του αισθητήρα και πλύσιμο της ανόδου με 3% διάλυμα αμμωνίας για 24 ώρες
Το καταγραφικό δεν μηδενίζεται	Το πρότυπο διάλυμα διαλυμένου οξυγόνου με τιμή 0, περιέχει οξυγόνο	Προσθήκη επιπλέον sodium sulfite για να μηδενιστεί το διάλυμα
Το καταγραφικό δε βαθμονομείται	Κατεστραμμένη μεμβράνη	Αντικατάσταση μεμβράνης
	Αραιωμένος ηλεκτρολύτης	Αντικατάσταση μεμβράνης και ηλεκτρολύτη
Μετρήσεις pH		
Δεν γίνεται βαθμονόμηση	Το πρότυπο διάλυμα έχει μολυνθεί	Αντικατάσταση των προτύπων διαλυμάτων
	Βλάβη στον αισθητήρα	Αντικατάσταση αισθητήρα
Μεγάλος χρόνος απόκρισης του οργάνου	Βρώμικη αντλία αισθητήρα	Καθαρισμός αισθητήρα
	Το νερό είναι παγωμένο ή έχει λίγα ιόντα	Περιμένουμε
Εσφαλμένες μετρήσεις	Ατελής ή διακοπή σύνδεσης	Επανελέγχος συνδέσεων
	Προβληματικός αισθητήρας	Αντικατάσταση αισθητήρα
Μετρήσεις Θολερότητας		
Ασυνήθιστα υψηλές ή λανθασμένες μετρήσεις	Παρουσία φυσαλίδων αέρα εντός του οπτικού αισθητήρα	Συμβουλέψου το βιβλίο οδηγιών
	Ζημιά στον αισθητήρα	Αντικατάσταση αισθητήρα
	Βρώμικος αισθητήρας	Καθαρισμός ακολουθώντας το βιβλίο οδηγιών
	Νερό στις επαφές (connectors)	Στέγνωμα των επαφών και επαναεγκατάσταση

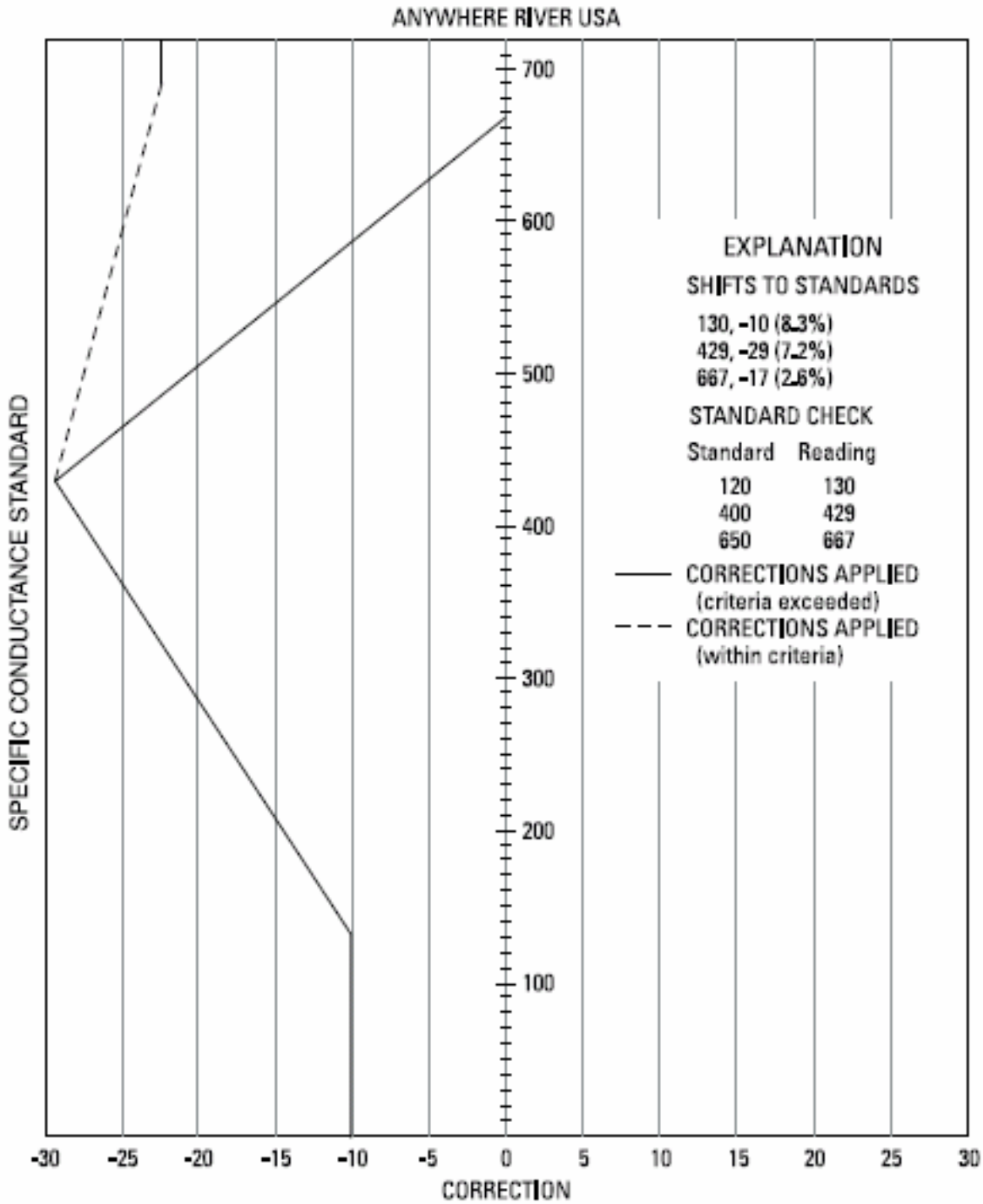
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7- Παράδειγμα από ένα ADARS πίνακα δεδομένων

UNITED STATES DEPARTMENT OF INTERIOR - GEOLOGICAL SURVEY - WATER RESOURCES DIVISION STATE 53 DIST 53 PRIMARY COMPUTATIONS OF QUALITY OF WATER DIGITAL MONITOR RECORDS - 12471400 DATE PROCESSED: 08-24-2000 @ 11:23 BY kagreene LIND COULEE WASTEWAY AT SR17 NR WARDEN, WA (00010) WATER TEMPERATURE STORE STATISTIC(S) 00001, 00002, 00003 PROVISIONAL DATA FOR WATER YEAR ENDING SEPT. 30, 2000

Data	Max	Min	M.O		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10-01	14.3	12.4	13.5	AM	14.0	13.7	13.4	13.1	12.9	12.6	12.4	12.4	12.4	10.7	13.1	13.4
				PM	13.7	14.0	14.3	14.3	14.3	14.1	14.1	14.0	13.8	13.7	13.4	13.2
10-02	13.5	11.5	12.6	AM	13.1	12.7	12.6	12.3	12.1	11.8	11.7	11.5	11.7	11.8	12.1	12.6
				PM	12.9	13.2	13.4	13.5	13.4	13.4	13.2	13.1	12.9	12.7	12.4	12.3
10-03	13.2	10.9	12.2	AM	12.1	11.8	11.7	11.5	11.2	11.0	10.9	10.9	10.9	11.2	11.7	12.1
				PM	12.6	12.9	13.1	13.2	13.2	13.2	13.1	12.9	12.9	12.7	12.6	12.4
10-04	13.4	10.9	12.3	AM	12.1	12.0	11.8	11.5	11.3	11.2	11.0	10.9	11.0	11.3	11.8	12.1
				PM	12.6	12.9	13.2	13.4	13.4	13.2	13.2	13.1	13.1	12.9	12.9	12.7
10-05	14.0	12.0	13.0	AM	12.6	12.6	12.4	12.3	12.1	12.1	12.0	12.0	12.1	12.4	12.7	13.2
				PM	13.5	13.7	14.8	14.0	14.0	13.8	13.8	13.8	13.8	13.7	13.5	13.5
10-06	14.6	12.7	13.7	AM	13.4	13.4	13.2	13.1	12.9	12.7	12.7	12.7	12.7	13.1	13.4	13.8
				PM	14.1	14.3	14.6	14.6	14.6	14.4	14.4	14.3	14.1	14.0	13.8	13.7
10-07	14.0	12.7	13.5	AM	13.5	13.4	13.2	13.1	12.9	12.7	12.7	12.7	12.7	12.9	13.1	13.5
				PM	13.7	13.8	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	13.8	13.7	13.7
10-08	14.0	13.2	13.6	AM	13.7	13.7	13.5	13.5	13.4	13.4	13.2	13.2	13.4	13.4	13.7	13.8
				PM	14.0	14.0	14.0	14.0	13.8	13.8	13.7	13.7	13.5	13.5	13.4	13.2
10-09	13.5	12.1	12.8	AM	13.1	12.9	12.7	12.6	12.4	12.3	12.1	12.1	12.1	12.3	12.6	12.9
				PM	13.2	13.5	13.5	13.5	13.5	13.4	13.2	13.1	12.9	12.6	12.4	12.1
10-10	12.4	10.7	11.8	AM	12.0	11.8	11.7	11.3	11.2	10.9	10.7	10.7	10.7	10.9	11.3	11.7
				PM	12.0	12.3	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4
10-11	12.4	11.7	12.1	AM	12.1	12.1	12.0	12.0	11.8	11.8	11.7	11.7	11.7	11.8	12.1	12.1
				PM	12.3	12.3	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.3	12.3
10-12	13.7	11.8	12.7	AM	12.1	12.1	12.0	12.0	12.0	11.8	11.8	11.8	11.8	12.1	12.4	12.9
				PM	13.2	13.5	13.7	13.7	13.7	13.7	13.5	13.5	13.4	13.4	13.2	13.1
10-13	14.4	12.3	13.3	AM	12.9	12.9	12.7	12.6	12.4	12.3	12.3	12.3	12.4	12.7	13.2	13.7
				PM	13.8	14.1	14.4	14.4	14.3	14.3	14.0	13.8	13.5	13.4	13.2	13.1

10-14	13.1	11.3	12.1	AM	12.9	12.6	12.4	12.1	12.0	11.7	11.5	11.3	11.5	11.5	11.8	12.1
				PM	12.4	12.6	12.7	12.7	12.6	12.4	12.3	12.0	11.8	11.7	11.5	11.3
10-15	11.3	9.8	10.6	AM	11.2	11.0	10.7	10.6	10.4	10.1	9.9	9.8	9.9	10.1	10.4	10.7
				PM	11.0	11.2	11.2	11.0	11.0	10.9	10.9	10.7	10.6	10.4	10.3	10.1
10-16	10.6	8.7	9.8	AM	9.9	9.8	9.6	9.3	9.2	9.0	8.7	8.7	8.7	9.0	9.3	9.6
				PM	10.1	10.3	10.6	10.6	10.6	10.6	10.4	10.3	10.3	10.1	10.1	9.9
10-17	10.9	9.0	10.0	AM	9.8	9.6	9.5	9.3	9.2	9.0	9.0	9.0	9.0	9.2	9.6	9.9
				PM	10.3	10.6	10.7	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.7
10-18	11.3	9.5	10.5	AM	10.6	10.3	10.1	9.9	9.8	9.6	9.5	9.5	9.5	9.8	10.1	10.6
				PM	10.9	11.2	11.3	11.3	11.3	11.3	11.2	11.0	11.0	10.9	10.7	10.6
10-19	11.2	9.3	10.4	AM	10.6	10.3	10.1	9.9	9.6	9.5	9.3	9.3	9.3	9.6	9.9	10.4
				PM	10.7	10.9	11.2	11.2	11.2	11.0	11.0	10.9	10.7	10.7	10.7	10.6
10-20	11.2	9.3	10.4	AM	10.4	10.3	10.1	9.9	9.8	9.6	9.6	9.5	9.3	9.3	9.6	9.9
				PM	10.7	11.0	11.2	11.2	11.0	11.0	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.7
10-21	11.2	9.3	10.4	AM	13.5	13.7	14.8	14.0	14.0	13.8	13.8	13.8	13.8	13.7	13.5	13.5
				PM	13.4	13.4	13.2	13.1	12.9	12.7	12.7	12.7	12.7	13.1	13.4	13.8
10-22	11.3	9.5	10.5	AM	14.1	14.3	14.6	14.6	14.6	14.4	14.4	14.3	14.1	14.0	13.8	13.7
				PM	13.5	13.4	13.2	13.1	12.9	12.7	12.7	12.7	12.7	12.9	13.1	13.5
10-23	11.2	9.6	10.6	AM	12.1	11.8	11.7	11.5	11.2	11.0	10.9	10.9	10.9	11.2	11.7	12.1
				PM	12.6	12.9	13.1	13.2	13.2	13.2	13.1	12.9	12.9	12.7	12.6	12.4

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8 – Παράδειγμα εφαρμογής μεταβλητής διόρθωσης



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 9 – Παράδειγμα ενός τυπικού δελτίου παρακολούθησης ενός σταθμού

Τοποθεσία - γεωγραφικό πλάτος 48⁰55'36'', γεωγραφικό μήκος 122⁰ 29'42'', στο NW ¼ SE ¼ sec 25, T.40N., R.2E., πόλη Whatcom, υδρολογικές μονάδες 17110004, στην αριστερή όχθη 1.7 μίλια.

Περιοχή αποστράγγισης - 38.1 mi²

Περίοδος καταγραφής - Μάρτιος 1996 μέχρι Απρίλιο 1998 (διακοπτόμενα)

Περίοδος καθημερινής καταγραφής - Ειδική αγωγιμότητα- Μάρτη μέχρι το τέλος του έτους
Θερμοκρασία νερού- Μάρτη μέχρι το τέλος του έτους
Διαλυμένο οξυγόνο- Μάρτιο με Σεπτέμβριο 1996

Οργανολογία - αισθητήρας για την μέτρηση της ποιότητας του νερού μέχρι τον Μάρτη του 1996.
Ηλεκτρονικός καταγραφέας δεδομένων με παύση καταγραφής 15 λεπτά.

Παρατηρήσεις - οι καταγραφές ειδικής αγωγιμότητας ήταν πολύ καλές την περίοδο μεταξύ: 13 Δεκεμβρίου- 15 Ιανουαρίου, 5 - 31 Αυγούστου, 15 Φεβρουαρίου- 10 Μαρτίου και 11 - 15 Οκτωβρίου. Οι καταγραφές των μετρήσεων την θερμοκρασίας ήταν πολύ καλές.

Καταγραφή ακραίων τιμών - **Ειδική αγωγιμότητα**: μέγιστη καταγραφή 337 μS , 19-20 Νοεμβρίου 1996 αλλά μπορεί και να υπήρχε και μεγαλύτερη η οποία δεν καταγράφηκε. Χαμηλότερη καταγραφή 108 μS , 30 Ιανουαρίου 1997 αλλά μπορεί να υπήρχε και χαμηλότερη η οποία δεν καταγράφηκε. **Θερμοκρασία νερού**: μέγιστη καταγραφή 20.5⁰C, 14-26-27-29 Ιουλίου 1996, χαμηλότερη καταγραφή 0.0⁰C 26-31 Δεκεμβρίου 1996. **Διαλυμένο οξυγόνο**: μέγιστη καταγραφή 12.1 mg/L, 24 Μαρτίου 1996 αλλά μπορεί να υπήρχε και μεγαλύτερη η οποία δεν καταγράφηκε. Χαμηλότερη καταγραφή 7.1 mg/L, 27 Ιουλίου, 26 Αυγούστου 1996, αλλά μπορεί να υπήρχε και χαμηλότερη η οποία δεν καταγράφηκε.

Καταγραφή ακραίων τιμών για το τρέχον έτος - **Ειδική αγωγιμότητα**: μέγιστη καταγραφή 337 μS , 19-20 Νοεμβρίου 1996 αλλά μπορεί και να υπήρχε και μεγαλύτερη η οποία δεν καταγράφηκε. Χαμηλότερη καταγραφή 108 μS , 30 Ιανουαρίου 1997 αλλά μπορεί να υπήρχε και χαμηλότερη η οποία δεν καταγράφηκε. **Θερμοκρασία νερού**: : μέγιστη καταγραφή 19.0⁰C 13-14 Αυγούστου αλλά μπορεί να υπήρχε και μεγαλύτερη η οποία δεν καταγράφηκε, χαμηλότερη καταγραφή 0.0⁰C 26-31 Δεκεμβρίου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 10 – Παράδειγμα ενός πρότυπου δελτίου παρουσίασης μετρήσεων σε ετήσια βάση

Ημέρα.	Ωρα	Μετρήσεις χειμάρρου		Έλεγχος καθαριότητας και βαθμονόμησης			Διορθώσεις στάθμης	Μεταβλητή μετάθεση	Παρατηρήσεις
		Όργανο καταγραφής	Μονάδες πεδίου	74	147	220	Μετάθεση στη κατακόρυφη τομή	ΣΤΔΣ	
Αυγ.27	10:34	155.7 154/10:00 156/10:30	139					91,-17; 161,-14; 231,-11	Πριν καθαριστεί(156)-αφού καθαρίστηκε(137)= -19=σωστός καθαρισμός
	11:01	137 137/11:00 136/11:30	139	72	142	212		72,+2; 142,+5; 212,+8	
	12:30		(138*/11:26)				DC= -2		Διατομή (136)-χρήση RB επιφάνεια?????
1997 Υδρολογικό έτος									
Οκτ.23	10:20	130 130/10:00 NA/10:30						76,-2 146,+1; 215,+5	Πριν καθαριστεί(130)-αφού καθαρίστηκε(126)= -4=σωστός καθαρισμός
	10:55	126 126/11:00 125/11:30	131	72	141 +14 3=1 42= avg	211		72,+2; 142,+5; 211,+9	Δυο διαφορετικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν και τα αποτελέσματα υπολογίστηκαν
	12:10	125/12:00 126/12:30 126/13:00	(130.5*/11:22)				DC=0		

Τα δεδομένα καταγράφηκαν από τον/την :

Τα δεδομένα ελέχθησαν από τον/την :

Ημερομηνία : 06 / 11 / 1998

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 11- Πίνακας διόρθωσης των μετρήσεων με την εφαρμογή της μεταβλητής μετάθεσης

Υπηρεσία Διόρθωσης : USGS

Υδρολογικό Έτος : 1999

Κωδικός σταθμού : 12113390

Όνομα σταθμού : Υδρομετρικός Σταθμός XXXXXX

Περιγραφή δεδομένων: ειδική αγωγιμότητα (μS/cm στους 25°C)

1998 τελευταία μέτρηση διόρθωσης Variable Shift :

2000 πρώτη μέτρηση διόρθωσης Variable Shift : 12/10 13:45 -20.0

Ημερ. / Ώρα	εισαγωγή	εξαγωγή	Εισαγωγή	εξαγωγή	εισαγωγή	Εξαγωγή
15/10 13:00	52.00	-3.00	255.00	0.00	498.00	0.00
15/12 11:35	52.00	-3.00	255.00	0.00	498.00	0.00
13/01 11:16	51.00	-2.00	255.00	0.00	498.00	0.00
13/01 11:27	52.00	-3.00	255.00	0.00	498.00	0.00
12/02 11:16	49.00	0.00	255.00	0.00	498.00	0.00
15/03 12:05	49.00	0.00	255.00	0.00	498.00	0.00
13/04 11:14	53.00	-4.00	255.00	0.00	498.00	0.00
13/04 11:22	55.00	-6.00	255.00	0.00	498.00	0.00
12/05 13:05	44.00	5.00	255.00	0.00	498.00	0.00
12/05 13:13	49.00	0.00	255.00	0.00	498.00	0.00

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 12 – Πίνακας διόρθωσης των μετρήσεων με την εφαρμογή επιπέδου μετάθεσης

Υπηρεσία Διόρθωσης : USGS

Υδρολογικό Έτος : 1999

Κωδικός σταθμού : 12113390

Όνομα σταθμού : Υδρομετρικός Σταθμός XXXXXXXX

Περιγραφή δεδομένων: ειδική αγωγιμότητα (μS/cm στους 25°C)

1998 τελευταία μέτρηση Datum Correction :

2000 πρώτη μέτρηση Datum Correction : 12/10 13:45 -20.0

Ημ./ώρα	τιμή	Ημ./ώρα	τιμή	Ημ./ώρα	τιμή	Ημ./ώρα	Τιμή
12/10 13:00	.0						
15/12 11:35	.0						
13/01 11:05	-20.0						
13/01 11:30	.0						
12/02 11:12	-15.0						
12/02 11:15	.0						
15/03 12:00	-13.0						
15/03 12:15	.0						
13/04 11:35	.0						
12/05 13:00	-12.0						
12/05 13:15	.0						
08/09 13:45	.0						

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 13Α – Παράδειγμα ημερήσιας καταγραφής της ειδικής αγωγιμότητας για ένα υδρολογικό έτος

Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (U.S.G.S. – United States Geological Survey)
Νούμερο Σταθμού 12113390 Γεωγραφικό Μήκος : 1221527 Γεωγραφικό Πλάτος : 472845 Περιοχή Αποστράγγισης : 461 Σταθμός Βάσης : 53
Ειδική Αγωγιμότητα (μS/cm στους 25°C) Υδρολογικό Έτος : 10/1998 – 09/1999

DAY	max	min	mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min	mean
	Οκτώβριος			Νοέμβριος			Δεκέμβριος			Ιανουάριος		
1	236	180	196	259	141	158	78	63	73	49	41	43
2	289	181	199	244	140	152	78	74	76	44	37	40
3		162		278	141	160	78	75	76	42	38	39
4	325	156	182	280	135	173	75	70	72	49	40	44
5	316	157	184	135	112	124	76	70	74	57	49	53
6		184		248	126	147	76	73	75	63	56	59
7		189		237	142	166	77	74	76	71	58	64
8		192		301	145	173	77	74	75	70	66	68
9	241	171	187		143		84	77	80	74	69	72
10	230	165	178		136		90	81	87	75	72	74
11	286	170	200		131		89	79	85	76	73	74
12	325	184	212	201	125	142	82	75	78	74	63	67
13	189	147	165	143	82	108	75	60	65	64	55	61
14	157	142	149	94	59	79	64	60	62	71	62	64
15	227	149	160	59	56	57	69	59	62	73	65	70
16	223	151	165	58	55	57	64	60	62	84	73	80
17	227	151	172	66	57	62	71	64	68	94	84	90
18	175	147	161	73	64	68	67	61	64	97	94	95
19	177	147	158	77	71	74	72	62	68	103	97	99
20	175	139	158	78	76	77	73	66	69	105	103	104
21	158	126	135	78	76	77	76	66	70	112	105	108
22	156	134	140	76	63	68	93	68	82	113	110	111
23	189	149	167	63	60	61	94	81	86	110	109	110

24	228	150	167	60	58	59	100	79	88	111	110	110
25	228	148	167	59	56	58	91	74	81	113	111	112
26	193	149	162	63	58	61	80	74	76	119	113	115
27	285	150	177	61	59	60	79	64	72	124	119	121
28	163	130	144	60	56	57	64	55	60	126	120	124
29	227	147	167	59	57	58	55	45	47	120	114	117
30	266	145	165	64	58	60	48	44	47	115	114	115
31	328	143	171				45	43	44	118	115	117
Μήνας		126			55		100	43	71	126	37	85

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 13B – Παράδειγμα ημερήσιας καταγραφής της ειδικής αγωγιμότητας για ένα υδρολογικό έτος

Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (U.S.G.S. – United States Geological Survey)
Νούμερο Σταθμού 12113390 Γεωγραφικό Μήκος : 1221527 Γεωγραφικό Πλάτος : 472845 Περιοχή Αποστράγγισης : 461 Σταθμός Βάσης : 53
Ειδική Αγωγιμότητα ($\mu\text{S}/\text{cm}$ στους 25°C) Υδρολογικό Έτος : 10/1998 – 09/1999

DAY	max	min	mean	max	min	mean	max	min	mean	max	Min	mean
	Φεβρουάριος			Μάρτιος			Απρίλιος			Μάιος		
1	118	117	118	77	73	75	125	107	116	115	90	101
2	118	116	117	85	75	80	137	114	125	97	88	92
3	116	112	113	85	83	84	132	110	119	93	79	85
4	112	104	107	84	82	82	123	110	116	80	74	76
5	104	103	104	88	82	85	123	111	116	85	75	79
6	109	104	107	99	87	94	133	111	120	96	80	86
7	111	109	111	104	99	101	135	115	125	96	85	91
8	112	111	111	108	103	106	132	115	122	88	75	80
9	113	112	113	109	105	107	129	113	119	87	74	78
10	117	113	115	118	107	113	131	112	121	93	81	87
11	118	116	117	124	117	121	131	111	120	90	81	85
12	121	112	118	128	121	125	133	111	119	99	77	85
13	122	112	116	124	112	115	130	106	112	99	74	80
14	118	108	113	113	105	108	130	104	112	95	73	81
15	131	109	120	112	105	107	133	105	113	102	76	83
16	132	116	123	112	91	102	132	92	106	103	77	86
17	123	112	117	106	94	101	116	81	92	102	78	91
18	120	111	116	110	97	104	103	80	87	90	81	84
19	113	110	105	129	100	115	87	65	75	90	71	78
20	113	104	109	131	112	121	82	63	72	79	63	69
21	116	106	112	123	102	113	80	71	75	77	63	69
22	118	105	113	112	93	101	83	71	75	75	61	66
23	110	102	104	102	64	75	90	75	81	73	60	63
24	103	76	83	76	64	70	93	81	85	74	61	64

25	96	81	90	77	69	73	95	82	88	75	62	65
26	101	95	98	77	69	74	90	70	77	72	62	65
27	101	77	85	84	69	77	75	69	71	73	60	63
28	80	74	77	89	76	85	74	68	71	69	58	61
29				93	83	88	86	68	76	74	58	62
30				107	93	99	110	80	96	74	61	64
31				114	99	107				76	61	65
Μήνας	132	74	108	131	64	97	137	63	100	115	58	77

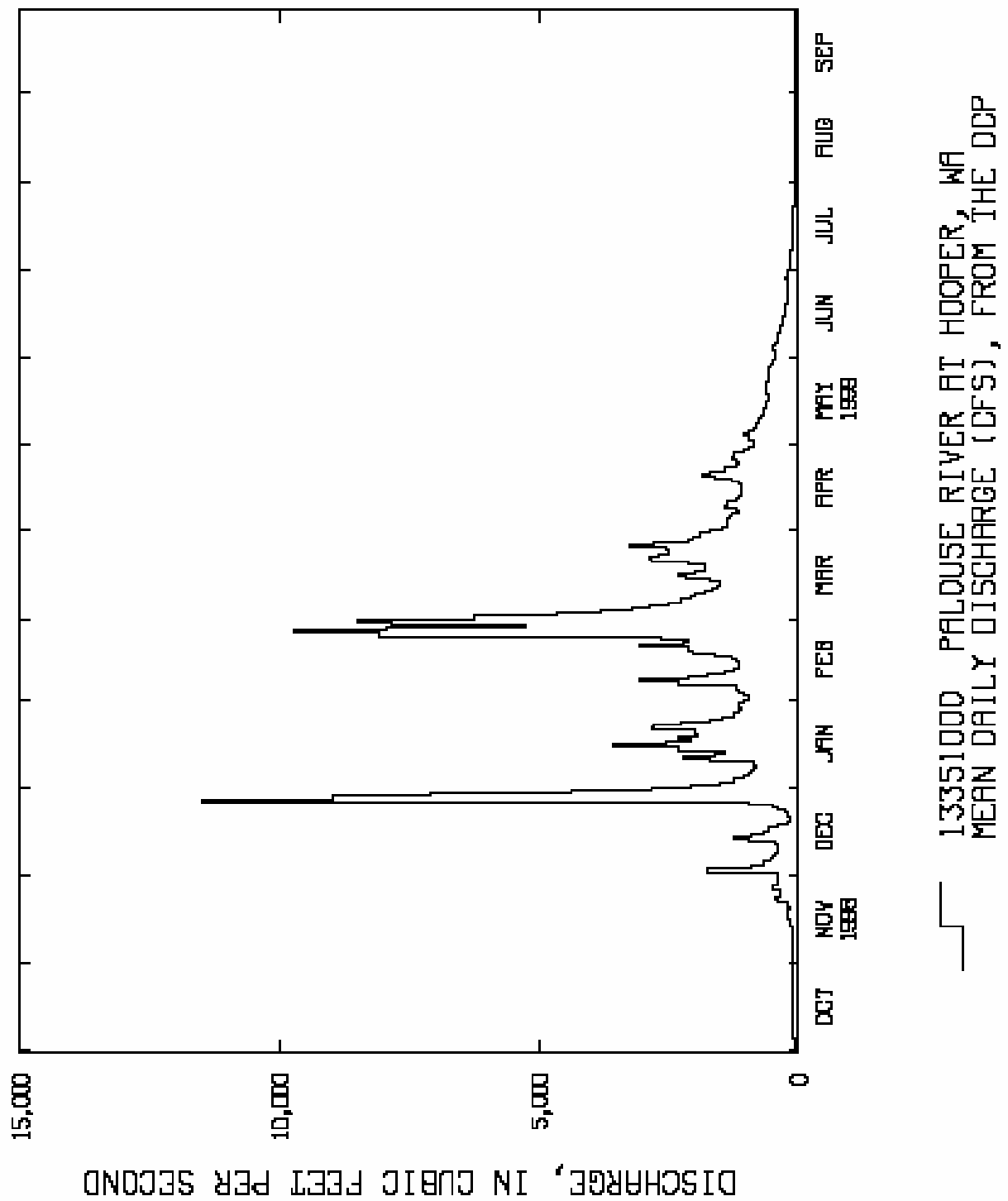
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 13Γ – Παράδειγμα ημερήσιας καταγραφής της ειδικής αγωγιμότητας για ένα υδρολογικό έτος

Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (U.S.G.S. – United States Geological Survey)
Νούμερο Σταθμού 12113390 Γεωγραφικό Μήκος : 1221527 Γεωγραφικό Πλάτος : 472845
Περιοχή Αποστράγγισης : 461 Σταθμός Βάσης : 53
Ειδική Αγωγιμότητα (μS/cm στους 25°C) Υδρολογικό Έτος : 10/1998 – 09/1999

DAY	max	min	mean	max	min	mean	max	min	mean	max	Min	mean
	Ιούνιος			Ιούλιος			Αύγουστος			Σεπτέμβριος		
1	76	62	66	135	86	104	230	156	174	254	151	174
2	75	61	64	139	101	112	239	150	168	264	154	178
3	82	62	68	124	94	102	263	149	203	264	161	180
4	103	67	83	106	79	89	263	151	172	272	163	193
5	101	80	87	98	77	82	193	144	170	276	162	187
6	99	77	82	98	76	81	193	133	155	268	160	189
7	102	75	80	111	77	86	167	127	142	248	160	180
8	95	60	70	113	80	87	159	119	132	386	159	199
9	79	60	64	146	80	104	190	125	149	306	161	193
10	92	61	73	151	107	123	192	130	145	260	161	189
11	103	71	79	147	105	113	233	140	171	256	160	190
12	100	67	75	156	105	111	248	151	175	240	161	182
13	89	66	70	143	102	111	241	151	168	222	160	176
14	91	66	71	147	99	111	232	149	174	171	157	162
15	94	66	71	148	95	105	199	145	164	167	157	162
16	93	55	64	144	95	114	202	148	175	170	154	160
17	81	55	59	112	81	91	215	148	168	178	146	163
18	88	58	65	113	83	92	220	144	161	171	144	159
19	116	61	82	129	91	101	250	150	170	162	143	152
20	116	86	91	146	93	105	244	151	169	157	133	146
21	114	82	94	147	97	107	263	156	193	159	131	145
22	114	87	98	138	91	102	253	160	181	131	105	122
23	123	91	103	145	91	105	273	162	195	108	103	105
24	112	72	85	153	97	110	260	162	182	363	99	133

25	81	66	72	150	96	110	251	162	178	163	107	123
26	93	67	77	169	96	124	268	160	184	191	106	129
27	99	76	82	219	122	160	235	158	176	175	110	118
28	103	77	85	238	168	188	250	158	177	172	110	125
29	103	77	83	249	165	192	258	161	183	207	112	135
30	117	79	92	244	167	193	266	159	186	163	116	134
31				254	159	184	230	153	170			
Μήνας	123	55	78	254	76	116	273	119	171	386	99	159

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 14 – Απεικόνιση ενός υδρογραφήματος αποφόρτισης



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 15 – Παράδειγμα απεικόνισης της χρονικής μεταβολής της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας