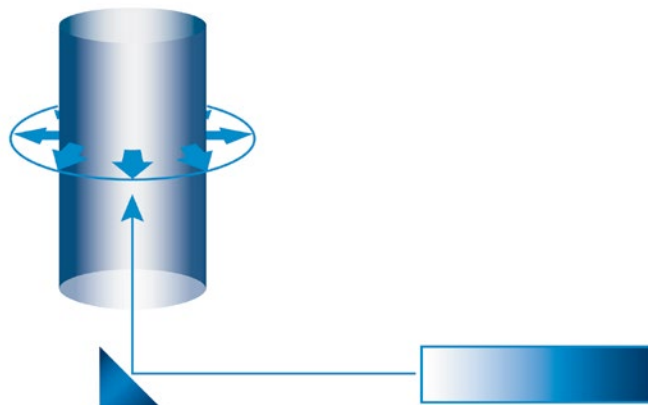


Νέα τεχνολογία μέτρησης θολότητας νερού – η εμπειρία της ΕΕ

Εισαγωγή

Η ποσότητα της αδιάλυτης ύλης που υπάρχει στο πόσιμο νερό είναι ένας βασικός δείκτης ποιότητας του. Η λάσπη, η άμμος, τα βακτήρια, τα σπόρια και τα ιζήματα συντελούν στη θολότητα του νερού. Το πόσιμο νερό το οποίο είναι εξαιρετικά θολό, μπορεί να έχει δυσάρεστη γεύση και να μην είναι ασφαλές. Η κατανάλωση ακόμη και χαμηλών συγκεντρώσεων ορισμένων βακτηρίων και άλλων μικροοργανισμών μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία. Συνεπώς, η ακριβής και με υψηλή ευαισθησία μέτρηση της θολότητας είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση πόσιμου νερού χωρίς αυτούς τους ρύπους.



Εικόνα 1: Σύστημα μέτρησης 360° x 90°

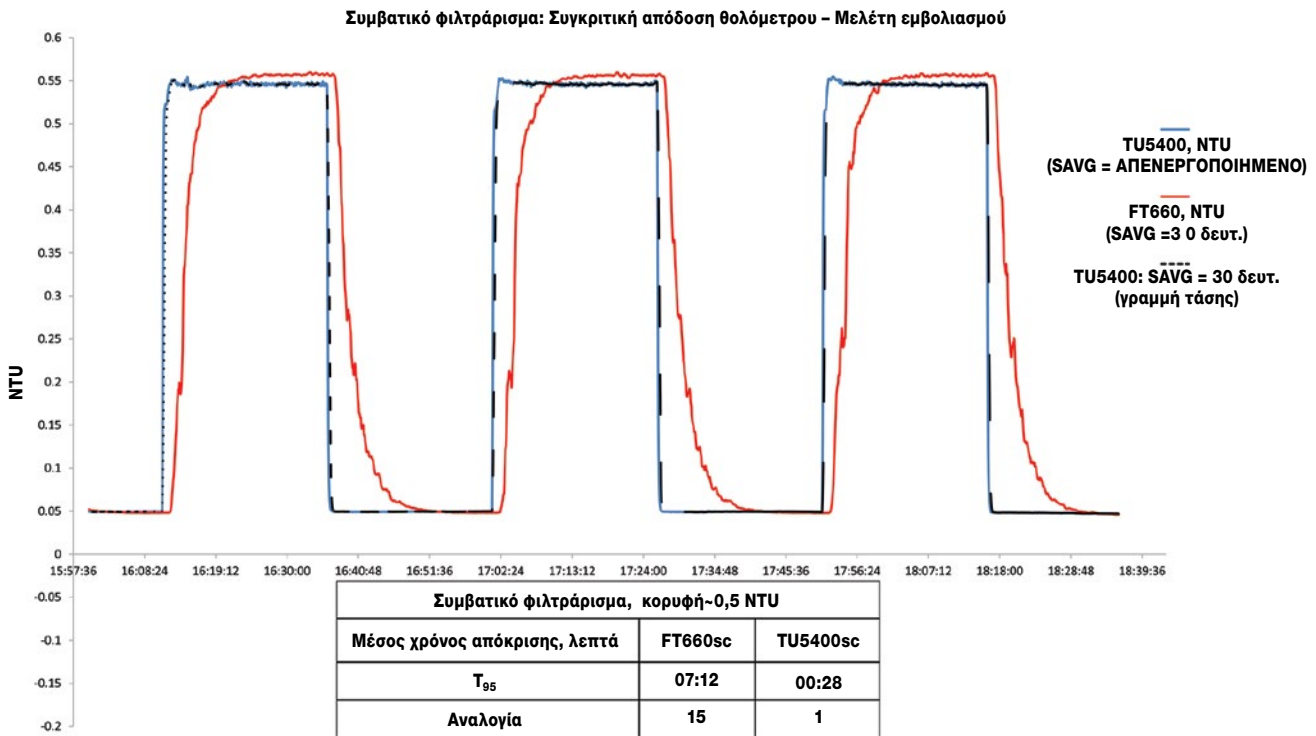
Οι οργανισμοί δημόσιας υγείας και ασφάλειας σε όλο τον κόσμο έχουν αναγνωρίσει τη σημασία της μέτρησης της ποιότητας του πόσιμου νερού μέσω της θολότητας. Η οδηγία της ΕΕ για το πόσιμο νερό προσδιορίζει τη θολότητα ως μία από τις εννέα παραμέτρους σταθερής παρακολούθησης που πρέπει να μετρώνται στο νερό το οποίο προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση.¹ Η Υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος (EPA) στις Η.Π.Α. απαιτεί την παρακολούθηση της θολότητας για όλο το παραγόμενο πόσιμο νερό.² Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας συνιστά την παρακολούθηση της θολότητας συχνά και σε πολλά σημεία καθόλη τη διάρκεια της διαδικασίας επεξεργασίας.³ Ενώ τα ρυθμιστικά όρια ποικίλλουν ανάλογα με τα εθνικά σύνορα, υπάρχει κοινή παραδοχή ότι η αξιόπιστη παρακολούθηση της θολότητας αποτελεί βασικό στοιχείο της παραγωγής πόσιμου νερού.

Η θολότητα μπορεί να μετρηθεί με online, εργαστηριακά ή φορητά όργανα. Η on line μέτρηση επιτρέπει στους παραγωγούς πόσιμου νερού την συνεχή παρακολούθηση της διαδικασίας, διασφαλίζοντας την ομαλή λειτουργία της παραγωγής. Τα εργαστηριακά όργανα χρησιμοποιούνται συχνά για υποβολή εκθέσεων αναφοράς και για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων των on line οργάνων. Και οι δύο πλατφόρμες οργάνων θα πρέπει να παράγουν τα ίδια ακριβή αποτελέσματα. Επιπλέον, η on line μέτρηση της θολότητας θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό γρήγορη. Η γρήγορη απόκριση εξασφαλίζει άμεση απόκριση σε πιθανή αστοχία του φίλτρου διήθησης και σε απότομες μεταβολές της θολότητας.

¹ Οδηγία της ΕΕ περί πόσιμου νερού – Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της 3ης Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης [1998] OJ L330.

² Υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος (EPA) (2009) – Εθνικοί κύριοι κανονισμοί περί πόσιμου νερού (Αρ. δημοσ. EPA 816-F-09-004) Rockville, MD: Υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος των Η.Π.Α (U.S EPA).

³ Παγκόσμιος οργανισμός υγείας (2011) – Κατευθυντήριες γραμμές για την ποιότητα του πόσιμου νερού, 4η έκδ. Γενεύη, Ελβετία.



Εικόνα 2: Σύγκριση απόκρισης TU5400 και FT660 σε κορυφή φορμαζίνης 0,5FNU

Νέα τεχνολογία

Η Hach® έχει αναπτύξει μια νέα τεχνολογία μέτρησης θολότητας, για να ανταποκριθεί σε αυτές τις απαιτήσεις. Η σειρά θολομέτρων TU5000 χρησιμοποιεί ένα σύστημα μέτρησης 360° x 90° (βλ. Εικόνα 1), ώστε να παρέχει ταχύτερες και ακριβέστερες μετρήσεις θολότητας. Αντί να μετρούν μία μόνο αντανάκλαση δέσμης φωτός στις 90°, τα νέα θολόμετρα συλλέγουν μια σειρά μετρήσεων στις 90° από 360° γύρω από την κυψελίδα δείγματος. Η συλλογή του ανακλώμενου φωτός στον πλήρη κύκλο επιτρέπει τη σημαντική αύξηση της αναλογίας σήματος προς θόρυβο που θέτει τα θεμέλια για μεγαλύτερη ακρίβεια της μέτρησης θολότητας, ειδικά στο χαμηλό όριο του εύρους μέτρησης.

Παράλληλα, η σειρά θολομέτρων TU5 χρησιμοποιεί μια μικρή κυψελίδα μέτρησης 10 mL. Αυτή η μικρή κυψελίδα μειώνει το χρόνο παραμονής του δείγματος στα θολόμετρα συνεχούς μέτρησης. Ο μικρότερος χρόνος παραμονής οδηγεί σε σημαντική μείωση του χρόνου ανίχνευσης μεταβολών και τον χρόνο απόκρισης. Τα συστήματα μέτρησης είναι τα ίδια τόσο για τα όργανα συνεχούς μέτρησης όσο και για τα εργαστηριακά όργανα. Αυτή η σχεδίαση μεγιστοποιεί την αντιστοίχιση των μετρήσεων μεταξύ των δύο οργάνων. Τόσο τα θολόμετρα συνεχούς μέτρησης όσο και τα εργαστηριακά θολόμετρα ενσωματώνουν επίσης ένα προαιρετικό σύστημα RFID, για να διευκολύνεται η ιχνηλασιμότητα δείγματος και η σύγκριση δεδομένων.

Δοκιμή απόκρισης

Το θολόμετρο συνεχούς μέτρησης TU5400 δοκιμάστηκε σε σχέση με το εξαιρετικά ευαίσθητο νεφελόμετρο FT660 για τη μέτρηση του χρόνου απόκρισης και των δύο οργάνων σε μια απότομη μεταβολή θολότητας, όπως ενδέχεται να παρατηρηθεί κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος αστοχίας του φίλτρου διήθησης. Το γράφημα στην Εικόνα 2 απεικονίζει την απόδοση των δύο θολομέτρων συνεχούς μέτρησης σε αυτήν την εφαρμογή.

Μια εξαιρετικά ακριβής ποσότητα προτύπου φορμαζίνης εγχύθηκε στην εκροή του φίλτρου, η οποία τροφοδοτήθηκε και στα δύο όργανα. Η παροχή προς τα δύο όργανα ελέγχθηκε αυστηρά. Τα διαστήματα καταγραφής δεδομένων ορίστηκαν σε 5 δευτερόλεπτα.

Το TU5400 πέτυχε το μέγιστο ύψος κορυφής μέσα σε 28 δευτερόλεπτα, ενώ το FT660 πέτυχε σταδιακά το μέγιστο ύψος κορυφής μετά από 7:12 λεπτά. Μετά από κάθε έγχυση, το TU5400 επέστρεψε στην τιμή αναφοράς πολύ πιο γρήγορα. Ο σημαντικά μειωμένος χρόνος απόκρισης (κατά 15 φορές ταχύτερος), επιτρέπει στους χειριστές να ανταποκρίνονται σε απότομες μεταβολές θολότητας, όπως η αστοχία του φίλτρου, πολύ νωρίτερα.



Εικόνα 3: TU5400 με εγκατάσταση SC1000 σε μια μονάδα επεξεργασίας πόσιμου νερού στη Γερμανία



Εικόνα 4: Εγκατάσταση TU5200 σε μια μονάδα επεξεργασίας πόσιμου νερού στη Γαλλία

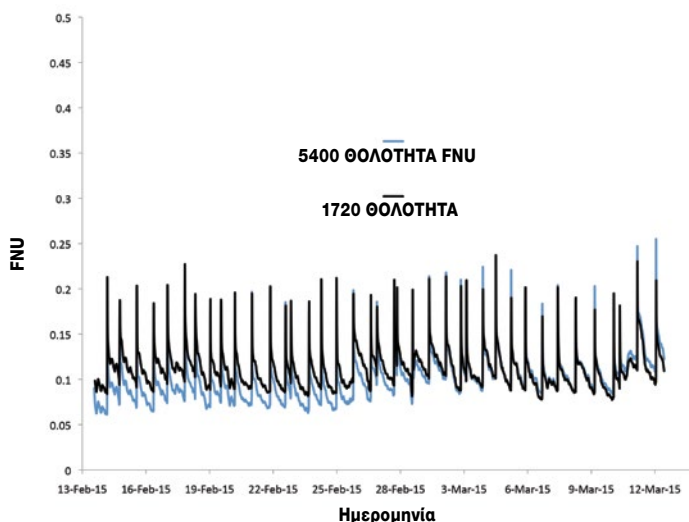
Επιτόπου δοκιμή

Θολόμετρα συνεχούς μέτρησης TU5400 και TU5300 και εργαστηριακά θολόμετρα TU5200 εγκαταστάθηκαν και ελέγχθηκαν σε πέντε μονάδες παραγωγής πόσιμου νερού στη Γαλλία, τη Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Κάθε μονάδα χρησιμοποίησε τα νέα όργανα για την παρακολούθηση της θολότητας πόσιμου νερού μετά την ολοκλήρωση της τελικής διήθησης. Οι on line μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν ταυτόχρονα με το TU5400 ή TU5300 και το υφιστάμενο όργανο μέτρησης θολότητας στην κάθε μονάδα. Τα στιγμιαία δείγματα μετρήθηκαν με το TU5200. Οι βαθμονομήσεις διεξήχθησαν με πρότυπα 20 και 600 NTU. Οι κυψελίδες καθαρίστηκαν με μια ειδική βούρτσα καθαρισμού.

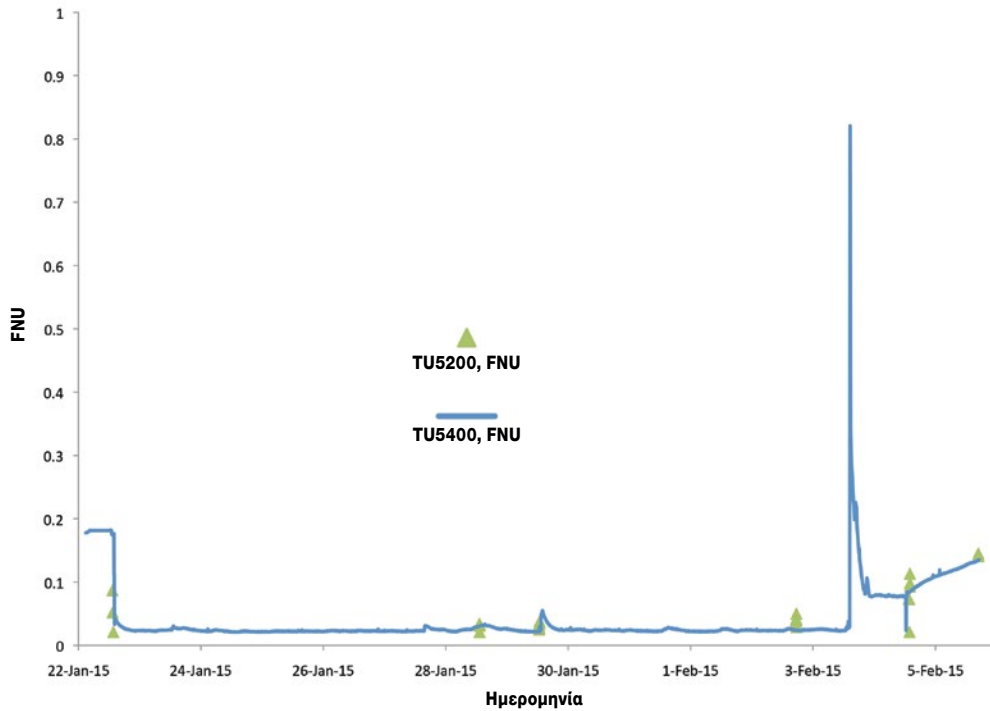
Η δοκιμή διεξήχθη για την αξιολόγηση των επιδόσεων των νέων οργάνων σε διαφορετικούς τομείς. Συγκεκριμένα, οι δοκιμές σχεδιάστηκαν για την αξιολόγηση της αντιστοιχίας μεταξύ των on line και των εργαστηριακών μετρήσεων, της ταχύτητας απόκρισης και του χρόνου συντήρησης. Τα όργανα συνεχούς μέτρησης και τα εργαστηριακά όργανα χρησιμοποιούν επίσης ένα σύστημα αναγνώρισης δειγμάτων RFID. Τέλος αξιολογήθηκε επίσης το συγκεκριμένο σύστημα καθώς και το σχετικό λογισμικό σύγκρισης δεδομένων.

Στην Εικόνα 3 εμφανίζεται μια τυπική εγκατάσταση του TU5400. Ο αναλυτής TU5400 εγκαταστάθηκε σε σειρά με ένα υπάρχον Hach Ultraturb plus sc. Ο έλεγχος της ροής προς το TU5400 επιτυγχάνεται με το ρυθμιστή ροής του οργάνου, και η παρακολούθησή της με έναν ενσωματωμένο αισθητήρα ροής. Το θολόμετρο τοποθετήθηκε στον πίνακα οργάνων. Παρόμοιες εγκαταστάσεις πραγματοποιήθηκαν σε κάθε μονάδα. Το θολόμετρο TU5400 συνδέθηκε με ελεγκτή SC200 ή SC1000. Το TU5200 τέθηκε σε λειτουργία στο εργαστήριο. Στην Εικόνα 4 εμφανίζεται το αντιπροσωπευτικό αποτύπωμα του εργαστηριακού οργάνου.

Η σύγκριση των οργάνων συνεχούς μέτρησης παρουσιάζει εξαιρετική συμφωνία μεταξύ του υφιστάμενου θολομέτρου και του TU5400. Στην Εικόνα 5 παρουσιάζεται μια μηνιαία τάση δεδομένων για το θολόμετρο TU5400 και για ένα θολόμετρο Hach 1720E. Υπήρξε συμφωνία σε απότομες μεταβολές θολότητας μεταξύ των οργάνων συνεχούς μέτρησης. Οι διαφορές μεταξύ των τιμών θολότητας συνεχούς μέτρησης ήταν εντός των προδιαγραφών ακριβείας και των δύο οργάνων.



Εικόνα 5: Διάγραμμα δεδομένων TU5400-1720E σε μια μονάδα πόσιμου νερού στην Βρετανία



Εικόνα 6: Διάγραμμα των δεδομένων συνεχούς μέτρησης και των εργαστηριακών δεδομένων TU5400-TU5200 σε μονάδα πόσιμου νερού στη Γαλλία

Σύγκριση των δεδομένων συνεχούς μέτρησης του TU5400 με τα δεδομένα στιγμιαίου δείγματος TU5200 εμφάνισε επίσης εξαιρετική αντιστοίχιση. Στην Εικόνα 6 παρουσιάζονται περιοδικά δεδομένα στιγμιαίου δείγματος σε σχέση με την τάση δεδομένων συνεχούς μέτρησης. Οι τιμές ταιριάζουν τόσο σε χαμηλές θολότητες όσο και σε απότομες μεταβολές.

Η σύγκριση των δεδομένων συνεχούς μέτρησης με τα εργαστηριακά δεδομένα διευκολύνθηκε από το σύστημα RFID. Μια ετικέτα δειγμάτων RFID σαρώθηκε και στα δύο όργανα – στο TU5400 όπου ελήφθη το δείγμα και, στη συνέχεια στο εργαστηριακό όργανο TU5200. Η τιμή συνεχούς μέτρησης στάλθηκε αυτόματα στο εργαστηριακό όργανο, και μετά την εργαστηριακή μέτρηση, οι τιμές συγκρίθηκαν εντός του λογισμικού του εργαστηριακού θολομέτρου TU5200. Δημιουργήθηκαν αρχεία καταγραφής δεδομένων για κάθε μέτρηση, επιτρέποντας την εύκολη παρακολούθηση ποιοτικού ελέγχου. Το εργαλείο σύγκρισης δεδομένων υπέδειξε την συμφωνία των τιμών και πρότεινε καθαρισμό όταν απαιτούνταν. Ο καθαρισμός επιτεύχθηκε με μια απλή βούρτσα.

Συμπεράσματα

Η σειρά θολομέτρων TU5000 κατέδειξε σημαντικές εξελίξεις στη μέτρηση θολότητας. Το σύστημα μέτρησης 360° x 90° δημιουργεί μια εξαιρετικά υψηλή αναλογία σήματος προς θόρυβο βελτιώνοντας την ακρίβεια και την ορθότητα. Η αντιστοίχιση δεδομένων μεταξύ των on line και των εργαστηριακών οργάνων βελτιώθηκε επίσης σημαντικά, ενώ η παρακολούθηση και η σύγκριση αυτών των δεδομένων αυτοματοποιείται με την επιλογή του RFID. Τα on line θολόμετρα κατέδειξαν σημαντικά ταχύτερη απόκριση σε απότομες μεταβολές θολότητας. Με το καινοτόμο σύστημα μέτρησης 360°, την κυψελίδα 10 mL, και την τεχνολογία RFID, τα θολόμετρα Hach TU5000 παρέχουν μετρήσεις υψηλής ευαισθησίας και ταχύτητας, με τη μέγιστη συνατή αντιστοίχιση μεταξύ εργαστηρίου και on line μετρήσεων.