

Ποιοτική εκτίμηση της επικινδυνότητας (risk assessment) σε επεξεργασμένα λύματα που προορίζονται για άρδευση στην Ελλάδα

Μαυρίδου Αθηνά¹, Βανταράκης Απόστολος², Σμέτη Ελένη³, Χριστοπούλου Αντιγόνη- Μαρία¹ Μπλουγούρα Αθηνά⁴ και Schijven Jack⁵

1. Τμήμα Ιατρικών Εργαστηρίων, ΤΕΙ Αθήνας
2. Περιβαλλοντική Μικροβιολογία, Εργαστήριο Υγιεινής, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Πατρών
3. ΕΥΔΑΠ, 4. Περιφερειακή Ενότητα Βοιωτίας Λιβαδειάς, 5. RIVM, the Netherlands

Περίληψη

Η άρδευση με νερό που προέρχεται από επεξεργασμένα λύματα δημιουργεί αρκετά προβλήματα στο περιβάλλον, που προέρχονται από βαρέα μέταλλα, άλατα και παθογόνους μικροοργανισμούς. Η ποιοτική αξιολόγηση της εκτίμησης επικινδυνότητας είναι μια περιγραφική διαδικασία που είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ποσοτική μέτρηση του κινδύνου. Η ποιοτική εκτίμηση της επικινδυνότητας χρησιμοποιείται, αρχικά, για τον έλεγχο των κινδύνων, και μπορεί να είναι χρήσιμη στην «προκαταρκτική διαχείριση των κινδύνων». Όλες οι βασικές αρχές της εκτίμησης κινδύνου εφαρμόζονται κατά την ποιοτική αξιολόγηση της επικινδυνότητας. Τα σημεία περιλαμβάνουν την αναγνώριση του κινδύνου (hazard), τον καθορισμό των σημείων επικινδυνότητας, την περιγραφή των βημάτων της πορείας του κινδύνου, τη συλλογή δεδομένων και πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών σχετικά με την αβεβαιότητα και τη μεταβλητότητα. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δείγματα από τρεις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων αξιολογήθηκαν οι παράμετροι βακτηριακοί δείκτες (ολικά κολοβακτηριοειδή και *E.coli*), βακτηριοφάγοι και ιοί.

Λέξεις κλειδιά: λύματα, μονάδες επεξεργασίας, εκτίμηση επικινδυνότητας, δημόσια υγεία, άρδευση

Εισαγωγή

Η άρδευση με νερό που προέρχεται από επεξεργασμένα λύματα δημιουργεί αρκετά προβλήματα στο περιβάλλον, που προέρχονται από βαρέα μέταλλα, άλατα και παθογόνους μικροοργανισμούς. Επίσης δημιουργούνται προϋποθέσεις για την πιθανούς κινδύνους δημόσιας υγείας λόγω παρουσίας ενδοκρινικών διαταρακτών φαρμακευτικών ειδών και παθογόνων (Stagnitti et al, 1999). Ο σοβαρότερος κίνδυνος φαίνεται να προέρχεται από την παρουσία μικροοργανισμών (Toze et al, 2006). Η παρουσία παθογόνων βακτηρίων, ιών και πρωτοζώων δημιουργεί προϋποθέσεις για εκδήλωση επιδημιών όπως τυφοειδούς πυρετού, δυσεντερίας και γαστρεντερίτιδων. Ειδικές νομοθετικές διατάξεις διέπουν την ποιότητα των λυμάτων που προορίζονται για άρδευση, ανάλογα με τον τύπο των αρδευόμενων καλλιεργειών, τον τρόπο κατανάλωσης (μεγειρεμένα/ωμά) και τον τύπο εφαρμογής της άρδευσης (ΚΥΑ 145116/2011). Οι Νομοθεσίες και οι Κατευθυντήριες Οδηγίες αποσκοπούν στο να διασφαλίσουν ότι οι αποφάσεις της Διοίκησης ως προς την αξιολόγηση μιας Μονάδας Επεξεργασίας είναι μεν σταθερές, αλλά επιτρέπουν μεταβλητότητα ανάλογα με την κάθε μονάδα και την κάθε ειδική περίπτωση (Department of Environment and Heritage Protection, 2013). Η κλιματική αλλαγή αποτελεί μια επιπλέον παράμετρο που μπορεί να συμβάλει στην αστάθεια και στην

πολυπλοκότητα των κινδύνων στην Δημόσια Υγεία και στο Περιβάλλον (ECDC, 2001).

Η ποιοτική αξιολόγηση της εκτίμησης επικινδυνότητας είναι μια περιγραφική διαδικασία που είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ποσοτική μέτρηση του κινδύνου (QMRA) (Hamilton et al, 2005). Η ποιοτική εκτίμηση της επικινδυνότητας χρησιμοποιείται, αρχικά, για τον έλεγχο των κινδύνων, και μπορεί να είναι χρήσιμη, σε αρχικό στάδιο, στον έλεγχο των κινδύνων, στην λεγόμενη «προκαταρκτική διαχείριση των κινδύνων». Μπορεί, επίσης, να παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για να απαντηθούν συγκεκριμένες ερωτήσεις που αφορούν στη διαχείριση των κινδύνων. Για τη διενέργεια της ποιοτικής εκτίμησης της επικινδυνότητας θα πρέπει να συλλέγονται τα κατάλληλα δεδομένα, πλήρως τεκμηριωμένα και να συνθέτονται με μια λογική σειρά ανάλογα με το ποια μέθοδος χρησιμοποιείται.

Όλες οι βασικές αρχές της εκτίμησης κινδύνου εφαρμόζονται κατά την ποιοτική αξιολόγηση της επικινδυνότητας (Schijven et al, 2011). Τα στάδια περιλαμβάνουν την αναγνώριση του κινδύνου (hazard), τον καθορισμό των σημείων επικινδυνότητας, την περιγραφή των βημάτων της πορείας του κινδύνου και την συλλογή δεδομένων και πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών σχετικά με την αβεβαιότητα και τη μεταβλητότητα. Από τη διαδικασία προκύπτει ότι πολλά από τα στάδια είναι τα ίδια με την ποσοτική εκτίμηση, μέχρι και τη συλλογή των δεδομένων. Ως εκ τούτου, συχνά, η ποιοτική (ή ημι-ποσοτική) εκτίμηση του κινδύνου πραγματοποιείται, αρχικά, με την πρόθεση να συνεχιστεί μια ποσοτική εκτίμηση του κινδύνου (αν θεωρείται ότι είναι αναγκαίο ή χρήσιμο και εφικτό).

Η λεπτομερής ερευνητική περιγραφή της ποιοτικής εκτίμησης των κινδύνων μπορεί να δώσει πληροφορίες στους διαχειριστές, για τους κινδύνους και να τους βοηθήσει να χαράξουν πολιτικές ή στρατηγικές χρήσης με όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται (Vose, 2000). Για παράδειγμα, τα αποτελέσματα της μελέτης μπορεί να περιλαμβάνουν κάποια αποδεικτικά στοιχεία που να δείχνουν ότι η επικινδυνότητα για τη Δημόσια Υγεία μπορεί να μην είναι ιδιαίτερα υψηλή. Ή, αντιστρόφως, ίσως τα στοιχεία να δείχνουν ότι η επικινδυνότητα είναι ιδιαίτερα μεγάλη, ή ότι μία ή περισσότερες συνέπειες είναι σημαντικές, και ότι απαιτούνται σημαντικές παρεμβάσεις από την διαχειριστική αρχή.

Η ποιοτική αξιολόγηση της επικινδυνότητας συνιστάται όταν δεν υπάρχει δυνατότητα ποσοτικής αξιολόγησης. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε χώρες όπως η Ελλάδα, όπου τα αναδρομικά στοιχεία είναι δύσκολο να βρεθούν λόγω έλλειψης οργάνωσης και δομών. Η ποιοτική αξιολόγηση της επικινδυνότητας μπορεί να αναλύσει τους πιθανούς κινδύνους που συνδέονται με τις διάφορες πηγές έκθεσης, ιεραρχώντας τις πηγές αυτές. Η ποιοτική αξιολόγηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσει τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα σήμερα, την αβεβαιότητα γύρω από αυτά τα δεδομένα, τις πιθανές πορείες έκθεσης. Επίσης μπορεί να αναλύσει τους κινδύνους, ιεραρχώντας τους για την εφαρμογή στη συνέχεια της ποσοτικής αξιολόγησης. Όποια και αν είναι η αρχική πρόθεση, όταν η ποιοτική αξιολόγηση του κινδύνου πραγματοποιείται, ήδη μεγάλο τμήμα της ποσοτικής εκτίμησης του κινδύνου έχει ήδη γίνει. Η ποσοτική ανάλυση ακολουθώντας την ποιοτική ανάλυση θα μπορεί να αξιοποιήσει τα δεδομένα που ήδη συλλέχθηκαν, για να παρέχει μια αριθμητική εκτίμηση του κινδύνου.

Μια ποιοτική αξιολόγηση του κινδύνου θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την αβεβαιότητα και τη μεταβλητότητα (Haas, 1999). Για παράδειγμα, όπου θα υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία δίνοντας μια συγκεκριμένη πορεία, αυτά τα στοιχεία θα πρέπει να περιγράφονται στην αξιολόγηση του κινδύνου. Ωστόσο, δεν υπάρχει κανένας

συγκεκριμένος τρόπος με τον οποίο η αβεβαιότητα και η μεταβλητότητα σε οποιοδήποτε ποιοτικό χαρακτηρισμό κινδύνου, στην αξιολόγηση των κινδύνων, να διατηρούνται και να αντανακλώνται με ακρίβεια στην τελική εκτίμηση του κινδύνου, ακόμη και όταν είναι διαθέσιμα αριθμητικά δεδομένα. Οπότε οι χρησιμοποιούμενοι όροι είναι «χαμηλός», μεσαίος» κλπ κίνδυνος. Για τον υπολογισμό της μεταβλητότητας πρέπει να περιλαμβάνονται μια σειρά από σενάρια (π.χ. κοντά στις ιδανικές συνθήκες, φυσιολογικές συνθήκες, δυσμενείς συνθήκες) που δείχνουν τη μεταβλητότητα.

Οι στόχος της ποιοτικής εκτίμησης επικινδυνότητας είναι : α) Η παρέμβαση με σκοπό την εξάλειψη ή την αποφυγή των κινδύνων β) Η καταγραφή των μέτρων πρόληψης και η λήψη συμπληρωματικών μέτρων γ) Η ενημέρωση και κατάρτιση. Ως δυναμική διαδικασία, η εκτίμηση επικινδυνότητας συνδέεται με α) τη διαχείριση του κινδύνου και β) την ενημέρωση για τον κίνδυνο.

Κατά την διενέργεια μιας ποιοτικής μελέτης επικινδυνότητας κατ' αρχήν πρέπει να συμφωνηθούν οι ορισμοί βασικών παραμέτρων, ως εξής:

Κίνδυνος: Θεωρείται ένας βιολογικός, χημικός, φυσικός ή ραδιενεργός παράγοντας σε συνθήκες σε τρόφιμα ή νερά που μπορεί να είναι ανασφαλή (μη αποδεκτά) για κατανάλωση. Οι κίνδυνοι μπορεί να είναι βιολογικοί (*E.coli*, *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Adenovirus*), Φυσικοί (pH, θερμοκρασία, διαλυμένα σωματίδια), Ραδιενεργοί (Ουράνιο)

Επικίνδυνο γεγονός: Θεωρείται μια κατάσταση πρακτική, σενάριο ή γεγονός που οδηγεί στην παρουσία του κινδύνου (αντίστροφη ροή, αποτυχία κατά την επεξεργασία, χρήση μη εγκεκριμένων προϊόντων).

Για την εφαρμογή της ποιοτικής μελέτης επικινδυνότητας στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δείγματα από τρεις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και αξιολογήθηκαν οι παράμετροι, βακτηριακοί δείκτες (ολικά κολοβακτηριοειδή και *E.coli*), βακτηριοφάγοι και αδενοϊοί.

Υλικά και Μέθοδοι

Δειματοληψία

Εγιναν μηνιαίες δειματοληψίες, κατά την διάρκεια ενός έτους (2013), σε λύματα εισόδου και εξόδου από τις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων της Πάτρας, της Αράχωβας και της Λιβαδειάς. Πριν την έναρξη των δειματοληψιών εστάλησαν στις Διοικήσεις των Μονάδων επεξεργασίας ερωτηματολόγια, μέσω των οποίων συγκεντρώθηκαν κατασκευαστικές και λειτουργικές πληροφορίες, ξεκινώντας από την είσοδο των λυμάτων στις μονάδες μέχρι και την εναπόθεσή τους στο περιβάλλον. Ζητήθηκαν στοιχεία και ως προς την χρήση των λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς. Για κάθε μία υπό μελέτη παράμετρο Για κάθε παράμετρο εφαρμόστηκαν πρότυπες ή δημοσιευμένες ισοδύναμες εργαστηριακές μέθοδοι, ως εξής:

- **Βακτηριακοί δείκτες (TC, *E. coli*)** → (ISO CEN BT/TF 151)
- **Αδενοϊοί** → (Calqua et al., 2008)
- **Βακτηριοφάγοι** → (ISO 10705-2:2000)

Ανάπτυξη ποιοτικού μοντέλου εκτίμησης επικινδυνότητας

Για την ποιοτική εκτίμηση της επικινδυνότητας αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα των αναλύσεων από την έξοδο του κάθε βιολογικού σταθμού και επίσης συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα των αναλύσεων της εισόδου. Επίσης χρησιμοποιήθηκε σαν σενάριο χρήσης των επεξεργασμένων αποβλήτων η πιθανή αρδευτική τους σε βρώσιμα

προϊόντα. Στο πλαίσιο της μελέτης ταυτοποιήθηκαν οι παρακάτω παράγοντες (Πίνακας 1):

Ανάλογα με τη χρήση των αποβλήτων αξιολογήθηκε η επικινδυνότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων σε 5 κατηγορίες:

5. Πολύ υψηλή, 4. Υψηλή, 3. Μέτρια, 2. Χαμηλή, 1. Πολύ χαμηλή

Πίνακας 1: Παράγοντες που αξιολογήθηκαν στην ποιοτική εκτίμηση επικινδυνότητας λυμάτων προς αρδευτική χρήση

Σενάριο κινδύνου	Ταυτοποίηση του επικίνδυνου σεναρίου, όπως η μόλυνση από έντονες βροχοπτώσεις, το σπάσιμο των φίλτρων, ή την απώλεια της χημικής απολύμανσης
Πιθανότητα	Αξιολόγηση/βαθμολόγηση του πόσο πιθανό είναι το γεγονός (π.χ. γεγονότα ανά χρόνο).
Επίπτωση	Αξιολόγηση/βαθμολόγηση (π.χ. πρόκληση ασθένειας έως και θανάτου).
Επίπεδο επίδρασης	Αξιολόγηση του αριθμού των ανθρώπων που θα επηρεαστούν από το σενάριο της επικινδυνότητας
Σκορ επικινδυνότητας	Διαφορετική βαρύτητα μπορεί να δοθεί, (2) ή (3) και να πολλαπλασιαστεί προκειμένου να δοθεί μια τιμή για κάθε επικινδυνότητα
Βαθμίδα	Κάθε σενάριο επικινδυνότητας αξιολογείται ώστε να παρέχεται μια προτεραιότητα για τη διαχείριση του κινδύνου

Πίνακας 2: Λογαριθμικές τιμές μέσω όρων συγκέντρωσης ολικών κολοβακτηριοειδών (TC), *E.coli*, Βακτηριοφάγων και Αδενοϊών σε λύματα εισόδου (IN) και εξόδου (OUT) τριών σταθμών επεξεργασίας λυμάτων (Πάτρα –PAT, Λιβαδειά- LIV, Αράχωβα- AR).

	log TC	Log <i>E.coli</i>	Bacteriophages	Virus
PAT IN	5,661825	4,96093	1761,385	62,7992
PAT OUT	3,7846	3,3763	49	11,3831
LIV IN	7,0558	6,534319	8565,385	388.48
LIV OUT	4,4538	4,032	659,31	47,69
ARH IN	6,257555	6,05526	5910,5	330,518
ARH OUT	4,4815	3,9462	417,42	38,3725
ΜΕΙΩΣΕΙΣ	2-3 Log	1,5-2,5 log	2-4 log	1-2 log

Η εφαρμογή των κατηγοριών έγινε ανάλογα α) με την τοποθεσία απόρριψης/εναπόθεσης και β) με τον αγωγό άρδευσης. Ο υπολογισμός της επικινδυνότητας βασίστηκε στα αποτελέσματα των αναλύσεων καθώς και στη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Κυρίως βασίστηκε στον μέσο όρο συγκέντρωσης στο λύμα εξόδου (Πίνακας 2) και στο ποσοστό απομάκρυνσης των μελετούμενων παραμέτρων

(PRR- plant removal rate) των τριών μικροβιακών παραμέτρων σε κάθε σταθμού επεξεργασίας (Πίνακας 3). Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων φαίνεται ότι την καλύτερη απόδοση στην απομάκρυνση όλων των μελετούμενων μικροβιακών παραμέτρων έχει η Μονάδα Επεξεργασίας της Λιβαδειάς, η οποία δέχεται και το πιό επιβαρυνμένο λύμα στην είσοδο της Μονάδας. Όμως σε όλες τις μονάδες η συγκέντρωση των μικροβιακών παραμέτρων στο λύμα εξόδου παραμένει υψηλή. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις υψηλές συγκεντρώσεις ιών.

Πίνακας 3: Ποσοστά απομάκρυνσης των μικροοργανισμών (Plant removal rates- PRR) (Πάτρα –PAT, Λιβαδειά- LIV, Αράχωβα- ARH).

PRR	Log TC cfus/100ml	Log <i>E.coli</i> cfus/100ml	Bacteriophages pfus/100ml	Adenovirus GC/mL
PAT	1,8772	1,5847	1,4986	0,5913
LEV	2,6348	2,4916	1,0383	0,8025
ARH	1,7048	2,0194	1,4116	0,9446

Όπως φαίνεται από τους Πίνακες 2 και 3, η δυνατότητα απομάκρυνσης ποικίλλει για κάθε μικροοργανισμό. Η μικρότερη δυνατότητα απομάκρυνσης αφορά στους ιούς, γεγονός αναμενόμενο λόγω της μεγάλης ικανότητας επιβίωσης των ιών στα απολυμαντικά. Και βέβαια μικρότερη δυνατότητα απομάκρυνσης σημαίνει και μεγαλύτερη επικινδυνότητα λόγω της παρουσίας των ιών στα επεξεργασμένα απόβλητα και την απόδοση στο περιβάλλον και στα τρόφιμα μέσω της άρδευσης. Στην συνέχεια εκτιμήθηκε η επικινδυνότητα κάθε σταθμού ανάλογα με την πιθανή χρήση των αποβλήτων, βασιζόμενη κυρίως στην παρουσία των αδενοϊών (Πίνακες 4, 5, 6).

Πίνακας 4: Εκτίμηση επικινδυνότητας αποβλήτων σταθμού επεξεργασίας λυμάτων (Σταθμός Λιβαδειάς)

Επεξεργασία	Απευθείας απόρριψη στη θάλασσα	Απόρριψη σε αγωγό ποτίσματος	Υπεδάφια εναπόθεση και χρήση με αγωγό άρδευσης
Καμία	Πολύ υψηλή	Υψηλή	NA
Προκαταρκτική	Πολύ υψηλή	Υψηλή	Μέτρια
Πρωτοβάθμια (με σηπτική δεξαμενή)	Πολύ υψηλή	Υψηλή	Μέτρια
Δευτεροβάθμια	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια
Δευτεροβάθμια (με απολύμανση)	Μέτρια	Μέτρια	Πολύ χαμηλή
Αποδέκτες Λίμνες, ποτάμια, ρυάκια	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή

Η ποιοτική εκτίμηση επικινδυνότητας σε κάθε σταθμό επεξεργασίας αποβλήτων που αναφέρεται στους πίνακες πραγματοποιήθηκε με τα παρακάτω κριτήρια:

- α) Ποσότητα αδενοϊών στα επεξεργασμένα απόβλητα
- β) Τρόπος διάθεσης των επεξεργασμένων αποβλήτων

- γ) Απόσταση που διανύουν τα επεξεργασμένα απόβλητα μέχρι το σημείο διάθεσης
- δ) Πιθανότητα επαφής των επεξεργασμένων αποβλήτων με τον άνθρωπο
- ε) Χρόνος παραμονής στο περιβάλλον των επεξεργασμένων αποβλήτων μέχρι την πιθανή επαφή με τον άνθρωπο
- στ) Χρόνος επιβίωσης των αδενοϊών στο περιβάλλον

Πίνακας 5 : Εκτίμηση επικινδυνότητας αποβλήτων σταθμού επεξεργασίας λυμάτων (Σταθμός Αράχωβας)

Επεξεργασία	Απευθείας απόρριψη στη θάλασσα	Απόρριψη σε αγωγό ποτίσματος	Υπεδάφια εναπόθεση και χρήση με αγωγό άρδευσης
Καμία	Πολύ υψηλή	Πολύ υψηλή	-
Προκαταρκτική	Πολύ υψηλή	Πολύ υψηλή	Μέτρια
Πρωτοβάθμια (με σηπτική δεξαμενή)	Πολύ υψηλή	Πολύ υψηλή	Μέτρια
Δευτεροβάθμια	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια
Δευτεροβάθμια (με απολύμανση)	Μέτρια	Μέτρια	Πολύ χαμηλή
Αποδέκτες Λίμνες, ποτάμια, ρυάκια	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή

Πίνακας 6: Εκτίμηση επικινδυνότητας αποβλήτων σταθμού επεξεργασίας λυμάτων (Σταθμός Πάτρας)

Επεξεργασία	Απευθείας απόρριψη στη θάλασσα	Απόρριψη σε αγωγό ποτίσματος	Υπεδάφια εναπόθεση και χρήση με αγωγό άρδευσης
Καμία επεξεργασία	Πολύ υψηλή	Πολύ υψηλή	-
Προκαταρκτική επεξεργασία	Πολύ υψηλή	Πολύ υψηλή	χαμηλή
Πρωτοβάθμια (με σηπτική δεξαμενή)	Πολύ υψηλή	Πολύ υψηλή	χαμηλή
Δευτεροβάθμια	Υψηλή	Υψηλή	χαμηλή
Δευτεροβάθμια (με απολύμανση)	Μέτρια	Μέτρια	Πολύ χαμηλή
Αποδέκτες Λίμνες, ποτάμια, ρυάκια	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή

Συζήτηση

Η ποιοτική αξιολόγηση της επικινδυνότητας δείχνει με σαφήνεια την επικινδυνότητα από τη χρήση των αποβλήτων σε κάθε σταθμό επεξεργασίας. Με βάση αυτή την αξιολόγηση, ποικίλλει ο ακριβής τρόπος χρήσης των αποβλήτων ανάλογα με την πολυπλοκότητα του κινδύνου, και τις διαχειριστικές προτιμήσεις της υπεύθυνης Αρχής.

Σύμφωνα με τους Πίνακες που αναπτύχθηκαν με τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν καθώς και τα συμπεράσματα σχετικά με τον κίνδυνο, η ποιοτική αναφορά δομήθηκε για να βοηθήσει στην ανάπτυξη μιας αδρής εκτίμησης της επικινδυνότητας από την ανακύκλωση επεξεργασμένων αποβλήτων βιολογικού καθαρισμού.

Σύμφωνα με την εκτίμηση της επικινδυνότητας, σε όλες τις περιπτώσεις των σταθμών επεξεργασίας καταγράφεται η επικινδυνότητα της χρήσης των επεξεργασμένων αποβλήτων για χρήση μέσω άρδευσης. Δεδομένης της συστηματικής παρουσίας διαφόρων μικροοργανισμών στην έξοδο, είναι μάλλον δύσκολη η χρήση των αποβλήτων χωρίς την περαιτέρω επεξεργασία τους.

Για την ακριβή ποσοτικοποίηση του κινδύνου θα χρειαστεί να συλλεχθούν στοιχεία που αφορούν την επιβίωση των μικροοργανισμών στο περιβάλλον κατά την πορεία τους από την έξοδο του σταθμού επεξεργασίας μέχρι την άρδευση, τον τρόπο άρδευσης (π.χ. ψεκασμός), την ποσότητα των μικροοργανισμών που βρίσκονται σε κάθε τρόφιμο, την επιβίωση των μικροοργανισμών στο περιβάλλον και το τρόφιμο, την ποσότητα κατανάλωσης του τροφίμου, π.χ. μαρούλι (Franz, 2007). Στη συνέχεια θα πρέπει να αποφασιστεί από την εταιρεία διαχείρισης της κάθε Διαχειριστικής Επιχείρησης (π.χ. Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης), το επιθυμητό επίπεδο επικινδυνότητας προκειμένου να ληφθούν τα απαραίτητα διαχειριστικά και προληπτικά μέτρα κατά τη λειτουργία του κάθε σταθμού επεξεργασίας λυμάτων.

Η παρούσα αναφορά επικινδυνότητας απευθύνεται κυρίως στις αντίστοιχες Υπηρεσίες Ύδρευσης που διαχειρίζονται τις μονάδες επεξεργασίας καθώς και στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Υγείας. Είναι επίσης χρήσιμη για όσους συμμετέχουν σε διεπιστημονικές ομάδες αξιολόγησης του κινδύνου στις Υπηρεσίες αυτές. Η αναφορά αυτή θα βοηθήσει την ταχεία λήψη αποφάσεων σχετικά με την πιθανή χρήση των αποβλήτων και την αξιολόγηση της Δημόσιας Υγείας. Τα επεξεργασμένα απόβλητα μπορεί να παραμένουν όπως φάνηκε συχνά μολυσμένα με παθογόνα για τον άνθρωπο και μπορεί δυνητικά να προκαλέσουν ασθένεια κατά την επαναχρησιμοποίησή τους. Η διαδικασία επεξεργασίας μπορεί να απομακρύνει αποτελεσματικά τη μικροβιακή μόλυνση, ανάλογα με το σταθμό επεξεργασίας, το είδος επεξεργασίας και τα χαρακτηριστικά των παθογόνων. Για την πλήρη εκτίμηση της επικινδυνότητας, χρειάζονται ποσοτικά στοιχεία σχετικά με τις συγκεντρώσεις των παθογόνων στο νερό προέλευσης (Havelaar et al, 2001) και για την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας καθώς και επιδημιολογικά στοιχεία για τη συσχέτιση των παθογόνων με τους δείκτες που χρησιμοποιούνται στον έλεγχο της μικροβιακής ποιότητας των λυμάτων.

Ευχαριστίες

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο-ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ)-Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ 3. Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

Βιβλιογραφία

1. Calqua, B., Mangewe, A., Grunert, A., Bofill – Mass, S., Clemente – Casares, P., Hundesa, A., Wyn – Jones, A.P., Lopez – Pila, J.M, Girones, R. (2008). "Development and application of a one-step low cost procedure to concentrate viruses from seawater sample". J. Virol. Methods 153(2), 79-83.

2. Coetzee, JN. Bacteriophages taxonomy. Phage ecology. New York: John Wiley & Sons 1987
3. Department of Environment and Heritage Protection (2013): Assessment Guideline - Assessing applications for sewage treatment works. Version 2, ABN 46 640 294 485.
4. ECDC Technical Document (2011): Climate change and food and water-borne diseases. A tool for quantitative microbial risk assessment.
5. Franz E, Visser AA, Van Diepeningen AD, Klerks MM, Termorshuisen AJ, van Bruggen AH (2007): Quantification of contamination of lettuce by GFP-expressing Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enterica serovar Typhimurium. Food Microbiol., 24(1):106-12.
6. Haas CN RJ, Gerba CP. Quantitative microbiological risk assessment New York: Wiley and Sons, Inc; 1999.
7. Hamilton AJ, Stagnitti F, Boland A, Premier R (2005c) Quantitative microbial risk assessment modelling for the use of reclaimed water in irrigated horticulture In Environmental Health Risk III, C Brebbia, V Popov, D Fayzieva (eds) WIT Trans on Biomedicine and Health, 9 71–81.
8. Havelaar AH, Garssen J, Takumi K, Koedam MA, Dufrenne JB, van Leusden FM (2001): A rat model for
9. dose-response relationships of Salmonella Enteritidis infection. J Appl Microbiol., 91(3):442-52.
10. ISO 10705-2 (2000): Water quality – Detection and enumeration of Bacteriophages – Part 2: Enumeration of somatic coliphages.
11. ISO CEN BT/TF 151 – prEN 15214-3 (2007): Methods for the validation of biotechnological, thermal and chemical processes for the treatment of animal by-products, sewage sludge and biowastes in order to determine the hygienic safety of the resulting fertilizers or comparable products by determination of the count of selected endogenous organisms in the substrate before and after processing and calculation of the reduction rate (Input-Output Analysis).
12. KYA 145116/2011 (Φ.Ε.Κ. 354/B/8.3.2011) Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις στην υπ' αριθμόν (Υ.Π.Ε.ΚΑ).
13. Schijven JF., Teunis P.F.M, Rutjes S.A., Bouwknegt M, and de Roda Husman A.M, (2011): QMRAspot: A tool for Quantitative Microbial Risk Assessment from surface water to potable water. Water Research, 45, 5564 - 5576.
14. Stagnitti F (1999): A model of the effects of nonuniform soil-water distribution on the subsurface migration of bacteria: Implications for land disposal of sewage, Math Computer Mod, 29, 41-52
15. Toze, S (2006): Reuse of effluent water-benefits and risks Agric Water Manage 80, 147-159
16. Vose D. Risk analysis: a quantitative guide. 2nd ed. ed. West Sussex: John Wiley and Sons; 2000.

QUALITATIVE MICROBIOLOGICAL RISK ASSESSMENT FOR WASTEWATER REUSE FOR IRRIGATION IN GREECE

Mavridou Athena¹, Vantarakis Apostolos², Smeti Eleni³, Christopoulou Antigoni-
Maria¹, Blougoura Athina⁴ and Schijven Jack⁵

1. Technological Educational Institution, Department of Medical Laboratories

2. Environmental Microbiology Unit, Laboratory of Hygiene, School of Medicine,
University of Patras

3. Athens Water Supply and Sewerage Company (EYDAP S.A)

4. Regional Office of Livadia

5. RIVM, the Netherlands

Key words: *sewage, treatment plants, risk assessment, public health, irrigation*

Abstract

Wastewater irrigation poses several threats to the environment via contamination by nutrients, heavy metals, and salts. Increased loads of nitrates in wastewater may increase the risk of groundwater contamination. Qualitative risk assessment consists of a descriptive process which is closely related to the quantitative calculation of risk. Qualitative assessment is used for an initial control and management of the hazards. All the fundamental principles of quantitative risk assessment are applied for this purpose. Critical points include, hazard identification, critical points justification, the description of important steps and collection of data including data related to uncertainty and variance. In this study data collected from three Greek Sewage Treatment Plants were used and the assessed parameters were bacterial indicators (Total coliforms and *E.coli*) bacteriophages and viruses.