

Βιολογικοί Καθαρισμοί και Μικροπλαστικά Απορρίμματα

Νικόλαος Μουρκογιάννης

Δασοπόνος και Διαχειριστής Φυσικού
Περιβάλλοντος και Μεταπτυχιακός Φοιτητής
ΔΙΑ/ΣΘΕΤ, ΕΑΠ

nikosmorgan@hotmail.com

Χρυσή Κ. Καραπαναγιώτη

Επίκουρος Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Πατρών και
Μέλος ΣΕΠ ΔΙΑ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

karapanagiotti@upatras.gr

Περίληψη – Μικροπλαστικά απορρίμματα ορίζονται τα πλαστικά εκείνα σωματίδια με διάμετρο 1 nm–5 mm. Τα μεγάλα μικροπλαστικά όμως ορίζονται ως εκείνα τα πλαστικά σωματίδια τα οποία έχουν διάμετρο 0.3-5 mm σε οποιαδήποτε διάσταση και είναι ορατά με το γυμνό μάτι, όπως ωτογλυφίδες, μικρά πλαστικά σφαιρίδια, καπάκια από πλαστικά μπουκάλια, μικρά κομμάτια από άλλα απορρίμματα. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάδειξη της παρουσίας των ανωτέρω μικροπλαστικών στα Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων (ΚΕΛ). Ειδικότερα, θα εξεταστεί το ενδεχόμενο τα ΚΕΛ, που απαντώνται στον Ελλαδικό χώρο, να αποτελούν δυνητικές πηγές μικροπλαστικών για τους υδάτινους αποδέκτες. Τα μικροπλαστικά μεταφέρονται μέσω των αστικών λυμάτων στα ΚΕΛ και από εκεί καταλήγουν σε θάλασσες, λίμνες, και υδατορέματα. Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη συμμετοχή εκατόν ενός (101) αρμοδίων για τη λειτουργία των ΚΕΛ, σε πανελλαδικό επίπεδο. Για τη συλλογή δεδομένων διαμορφώθηκε ερωτηματολόγιο, ως ερευνητικό εργαλείο, το οποίο μεταβιβάστηκε στους υπεύθυνους μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail). Από την ανάλυση των δεδομένων, που προέκυψαν από τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, διαπιστώθηκε πως η παρουσία των μικροπλαστικών ανέρχεται στο 89% των κέντρων που έλαβαν μέρος στην έρευνα. Η παρουσία των μικροπλαστικών απορριμμάτων, όπως ωτογλυφίδες, στα ΚΕΛ είναι έντονη. Μέχρι σήμερα, δεν έχει αναδειχθεί η σημασία και το μέγεθος του ζητήματος. Παράλληλα από την έρευνα αυτή προέκυψαν και έμμεσα συμπεράσματα για την κατάσταση λειτουργίας των ΚΕΛ.

Λέξεις-Κλειδιά: Μικροπλαστικά απορρίμματα, Πηγές μικροπλαστικών, Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων (ΚΕΛ), Ωτογλυφίδες (μαπατονέτες), Πλαστικά σφαιρίδια

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα απαριθμούνται περισσότερες από τριακόσια (300) Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων (ΚΕΛ) στον Ελλαδικό χώρο με ολοένα και εντονότερες αυξητικές τάσεις. Ο μεγαλύτερος αριθμός ΚΕΛ απαντάται σε τουριστικές, κατά κύριο λόγο περιοχές, όπως Κυκλάδες, Χαλκιδική, ως αποτέλεσμα της δημογραφικής πληθυσμιακής αύξησης που παρατηρείται κατά τους θερινούς μήνες. Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό η αύξηση οδηγεί αντίστοιχα σε επίσης αυξανόμενη ανάγκη για καθαρότερο περιβάλλον. Τέλος τα λιγότερα εντοπίζονται στην Ήπειρο και τη Δυτική Μακεδονία (ΥΠΕΚΑ, 2016).

Τα ΚΕΛ είναι άμεσα εξαρτώμενα από το βαθμό επεξεργασίας αστικών λυμάτων που διαθέτουν (Metcalf and Eddy, 1991). Έτσι, στην πρωτοβάθμια επεξεργασία στοχεύουν στην απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών μέσω της καθίζησης και επίπλευσης. Στη δευτεροβάθμια, με συνδυασμό φυσικοχημικών και βιολογικών διεργασιών, επιδιώκουν την απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών και του οργανικού φορτίου. Τέλος, στην τριτοβάθμια επεξεργασία επιτυγχάνεται η απομάκρυνση θρεπτικών, όπως το άζωτο και ο φώσφορος καθώς και η απολύμανση για την αποφυγή μετάδοσης μολυσματικών ασθενειών σε ανθρώπους αλλά και σε άλλους ζωντανούς οργανισμούς. Από τα ΚΕΛ που απαντώνται στην Ελλάδα τα περισσότερα είναι δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, ενώ λιγότερα είναι αυτά της τριτοβάθμιας.

Προϊόντα των παραπάνω επεξεργασιών θεωρούνται το επεξεργασμένο λύμα και η λάσπη. Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων βρίσκει εφαρμογή σε διάφορους τομείς, όπως η άρδευση καλλιεργειών, ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδάτων, ενώ η λάσπη εφαρμόζεται ως εδαφοβελτιωτικό για τον εμπλουτισμό της καλλιεργούμενης γης με θρεπτικά συστατικά (Kalavrouziotis, 2015).

Σε πρόσφατη έρευνα που έγινε στην Καλιφόρνια από τους Carr et al. (2016) σε επτά τριτοβάθμια και ένα δευτεροβάθμιο ΚΕΛ μετρήθηκαν τα μικροπλαστικά στην έξοδό τους. Στο δευτεροβάθμιο ΚΕΛ η πυκνότητα των μικροπλαστικών στο λύμα της εξόδου ήταν περίπου 1 μικροπλαστικό ανά 1100 λίτρα. Παρόλο που το νούμερο είναι μικρό αν ληφθεί υπόψη η παροχή του λύματος προς τον αποδέκτη υπολογίζεται ότι 100,000 μικροπλαστικά απορρίμματα πέφτουν από το συγκεκριμένο ΚΕΛ κάθε μέρα στη θάλασσα. Μία παρόμοια μελέτη πραγματοποιήθηκε στη Σκωτία από τους Murphyy et al. (2016) και παρόλο που αυτή τη φορά η πυκνότητα είναι 1 μικροπλαστικό ανά 4000 λίτρα, ο αριθμός των μικροπλαστικών που πέφτουν κάθε μέρα στη θάλασσα υπολογίζεται σε 65 εκατομμύρια κομμάτια.

Αυτή τη στιγμή εμφανίζονται μικροπλαστικά απορρίμματα σε όλους τους ωκεανούς του κόσμου, σε όλες τις ακτές, στα επιφανειακά νερά αλλά και στα ιζήματα από το Βόρειο Πόλο έως την Ανταρκτική (GESAMP, 2015).

Ένας μεγάλος αριθμός οργανισμών έχει καταγραφεί να αλληλεπιδρά με μικροπλαστικά από μαλάκια και ψάρια έως πουλιά και θηλαστικά, κ.α. (Rochman et al., 2013).

Επίσης μελέτες πεδίου αλλά και εργαστηρίου έχουν δείξει ότι τα πλαστικά προσροφούν και συγκεντρώνουν οργανικούς ρύπους όταν βρίσκονται σε ρυπασμένες θάλασσες και μπορούν να τους μεταφέρουν μαζί τους καθώς κινούνται προς άλλες περιοχές (Ogataetal., 2009; Karapanagioti and Klontza, 2008).

Κύριος σκοπός της παρούσας ερευνητικής μελέτης αποτελεί η ανάδειξη της παρουσίας μικροπλαστικών στα ΚΕΛ που απαντώνται στην Ελλάδα και η δυναμική διαφυγή τους σε υδάτινο αποδέκτη. Γενικά ως μικροπλαστικά ορίζονται τα πλαστικά εκείνα σωματίδια με διάμετρο 1 nm - 5 mm (GESAMP, 2015). Στην παρούσα έρευνα ως μικροπλαστικά ορίζονται τα μεγάλα μικροπλαστικά δηλαδή εκείνα τα πλαστικά σωματίδια τα οποία έχουν διάμετρο 0.3-5 mm σε οποιαδήποτε διάσταση και είναι ορατά με το γυμνό μάτι, όπως οι ωτογλυφίδες, μικρά πλαστικά σφαιρίδια, καπάκια από πλαστικά μπουκάλια, μικρά κομματάκια από άλλα απορρίμματα.

II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην παρούσα ερευνητική μελέτη το μέγεθος του δείγματος αποτέλεσε το 34% περίπου των ΚΕΛ που απαντώνται στην Ελληνική επικράτεια (Σχήμα 1). Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού υπήρξε επικοινωνία με υπεύθυνους για τη λειτουργία των ΚΕΛ, προκειμένου να συμπληρώσουν ερωτηματολόγιο μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Η επιλογή του ερωτηματολογίου, ως ερευνητικό εργαλείο αποτέλεσε την πλέον ενδεδειγμένη μέθοδο για τη συγκέντρωση πολλαπλών πληροφοριών σε περιορισμένο χρονικό διάστημα.



Σχήμα1. Απεικόνιση ΚΕΛ που έλαβαν μέρος στην έρευνα

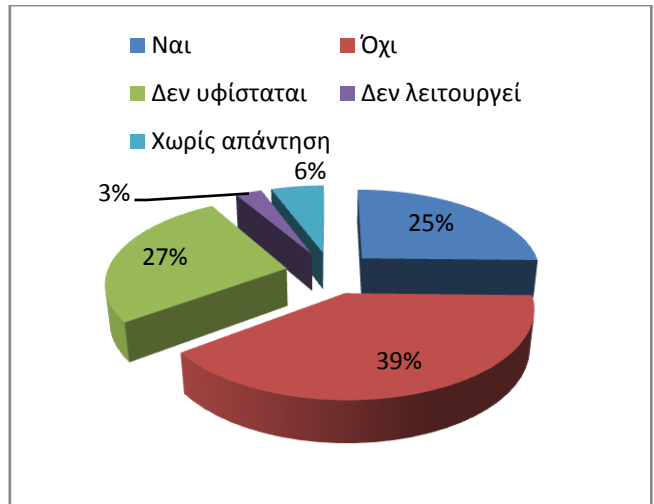
III. ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο μεγαλύτερο ποσοστό των ΚΕΛ παρατηρούνται μικροπλαστικά απορρίμματα, τα οποία μεταφέρονται μέσω αστικών λυμάτων και δυναμικά μέρος αυτών καταλήγουν στη θάλασσα είτε σε κάποιο άλλο υδάτινο αποδέκτη (λίμνη, υδατόρεμα) και στη λάσπη. Στις επόμενες ενότητες, παρουσιάζονται ενδεικτικά

αποτελέσματα βασισμένα στις απαντήσεις των αρμοδίων στο ερωτηματολόγιο.

A. Μικροπλαστικά στη Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας Καθίζησης

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία εκφράζεται κυρίως με τη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης η οποία είναι κυρίως κυκλικής μορφής. Στη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης με βάση τις απαντήσεις των αρμοδίων για τη λειτουργία των ΚΕΛ, κατά τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, μικροπλαστικά απορρίμματα απαντώνται συχνά (27%) ενώ κατά κύριο λόγο δεν εμφανίζονται (39%). Πρέπει να σημειωθεί ότι στο ένα τέταρτο των μονάδων που έλαβαν μέρος στην έρευνα δεν υφίσταται δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης (Σχήμα 2).

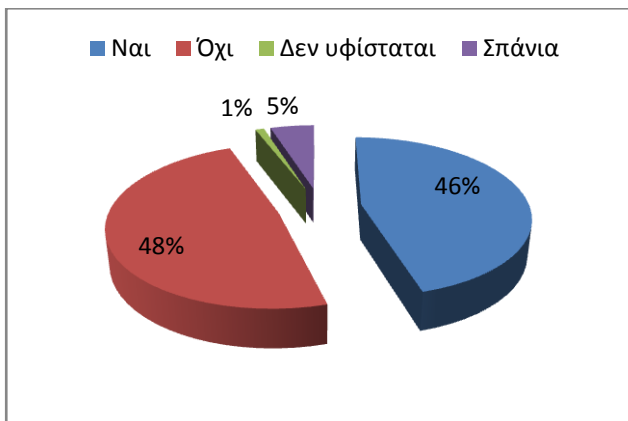


Σχήμα2. Εμφάνιση μικροπλαστικών στη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης

Από τα μικροπλαστικά απορρίμματα που απαντώνται ως κυρίαρχο είδος αναφέρονται οι ωτογλυφίδες (μπατονέτες) και έπονται τα καπάκια πλαστικών μπουκαλιών, κομματάκια από φελιζόλ αλλά και απορρίμματα τα οποία δεν θεωρούνται πλαστικά όπως τα λίπη.

B. Μικροπλαστικά στη Δεξαμενή Αερισμού

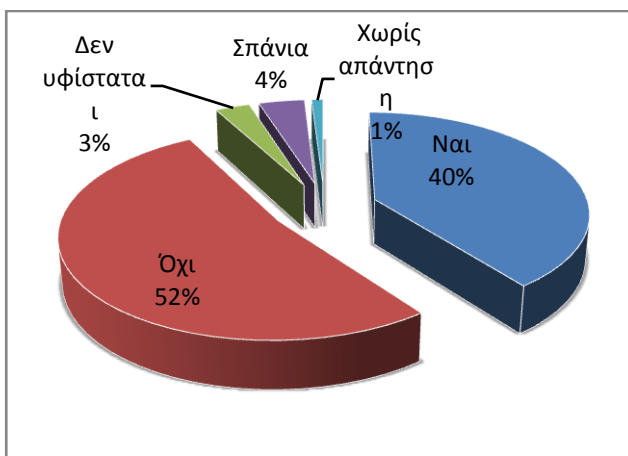
Περίπου στα μισά ΚΕΛ (51%) απαντώνται μικροπλαστικά στη δεξαμενή αερισμού (Σχήμα 3). Και σε αυτό το στάδιο επεξεργασίας παρατηρείται η καθολική παρουσία των ωτογλυφίδων και ταυτόχρονα η σταθερή παρουσία απορριμμάτων όπως τα καπάκια από πλαστικά μπουκάλια, υπολείμματα από πλαστικές σακούλες, μανταλάκια ενώ συναντάμε για πρώτη φορά βιολογικά απορρίμματα όπως συσσωμάτωμα τριχών αλλά και απορρίμματα που δεν θεωρούνται πλαστικά, με την ευρεία έννοια του πλαστικού, όπως μορομάνηλα, προφυλακτικά, λίπη, φύκια, και νοσοκομειακά υπολείμματα. Χαρακτηριστικά, μερικά απορρίμματα όπως τα μορομάνηλα, τα συσσωμάτωμα τριχών (μικρόινες) παραμένουν αδιάλυτα με το χρόνο και περιορίζουν ή ακόμα ανακόπτουν ολοκληρωτικά τη λειτουργία των ΚΕΛ φράζοντας τα αποχετευτικά δίκτυα και εμποδίζοντας τη λειτουργία μηχανικών τμημάτων όπως οι ανεμιστήρες στη δεξαμενή αερισμού στους οποίους τυλίγονται περιμετρικά διακόποντας τη στροβιλική τους κίνηση.



Σχήμα3. Εμφάνιση μικροπλαστικών στη δεξαμενή αερισμού

C. Μικροπλαστικά στη Δεξαμενή Δευτεροβάθμιας Καθίζησης

Στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης η οποία έπεται της δεξαμενής αερισμού, μεταφέρεται μείγμα λύματος και λάσπης, όπου η λάσπη καθίζει και το λύμα συνεχίζει την πορεία του προς τα επόμενα στάδια επεξεργασίας (τριοβάθμια επεξεργασία). Κατά τη μεταφορά του λύματος προς την τριοβάθμια επεξεργασία δυνητικά μεταφέρονται και μικροπλαστικά απορρίμματα. Η πιθανή διαφυγή απορριμμάτων περιορίζεται με την ύπαρξη στη δεξαμενή ενός επιφανειακού μηχανισμού συλλογής (ξέστρο) επιπλεόντων στέρεων ρύπων, μεταφέροντας τους, σε ειδικά φρεάτια προσωρινής αποθήκευσης. Ειδικότερα, από τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι στο 44% των ΚΕΛ, στις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης απαντώνται μικροπλαστικά ενώ στο υπόλοιπο ποσοστό τους (52%) δεν παρατηρούνται (Σχήμα 4).

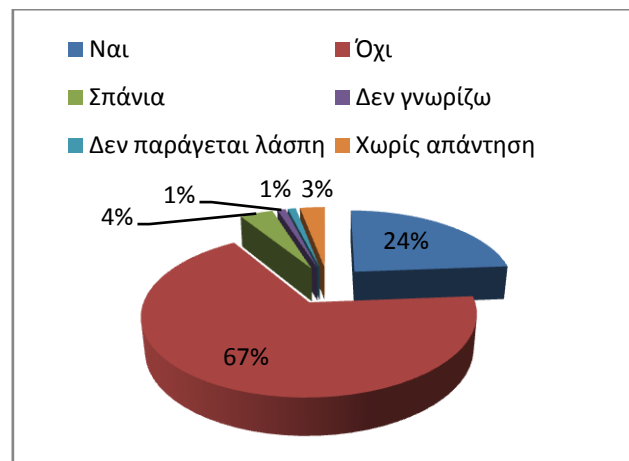


Σχήμα4. Εμφάνιση μικροπλαστικών στη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης

Ειδικότερα, από τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι στο 80% των ΚΕΛ, οι δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης διαθέτουν επιφανειακό μηχανισμό συλλογής επιπλεόντων, ο οποίος συλλέγει κατά κύριο λόγο μικροπλαστικά απορρίμματα. Οι ωτογλυφίδες αποτελούν τον κορυφαίο μικροπλαστικό ρύπο ενώ ακολουθούν και άλλα απορρίμματα πλαστικά ή μη όπως κομμάτια από πλαστικούς σωλήνες, κομμάτια από αρωματικά WC, σερβιέτες, μωρομάντηλα, προφυλακτικά, ξυραφάκια, μανταλάκια, κομμάτια από πλαστικά μπουκάλια, γενικά μικρά πλαστικά κομμάτια και υπολείμματα από πλαστικές σακούλες.

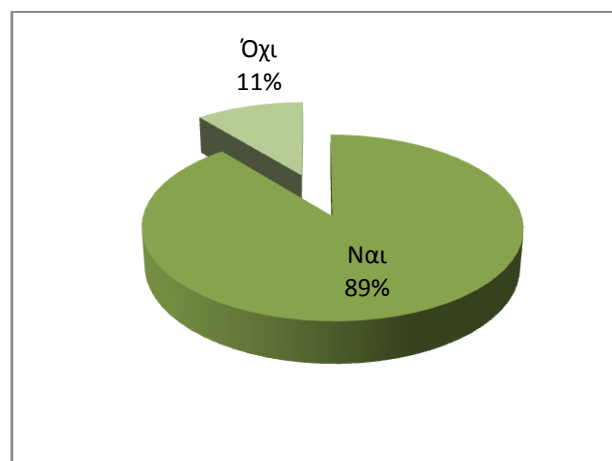
D. Μικροπλαστικά στη Λάσπη

Η ιλύς αποτελεί παραπροϊόν επιμέρους διαδικασιών διεργασίας στα ΚΕΛ. Η παρουσία μικροπλαστικών αλλά και άλλων στερεών απορριμμάτων στις κλίνες ξήρανσης της λάσπης μας βοηθά να κατανοήσουμε και να αντιληφθούμε την πιθανότητα της απευθείας απόθεσης, των παραπάνω ρυπαντών, στο περιβάλλον. Με βάση τη συμπλήρωση του ερευνητικού εργαλείου διαπιστώνουμε πως τα μικροπλαστικά απορρίμματα στη λάσπη απαντώνται σε ποσοστό 28% ή αλλιώς αναλογία περίπου 1 προς 3 δηλαδή σε κάθε τρία ΚΕΛ αντιστοιχεί ένα στο οποίο εμφανίζονται μικροπλαστικά (Σχήμα 5).



Σχήμα5. Εμφάνιση Μικροπλαστικών στη Λάσπη

Στα μικροπλαστικά που απαντώνται δεσπόζει η παρουσία των ωτογλυφίδων ενώ παρουσιάζονται επίσης, οι κατηγορίες “λοιπά μικροπλαστικά” (μικροπλαστικά < 5mm, κομμάτια από σακούλες, πλαστικά κομμάτια από παιχνίδια, μικρά κομμάτια πλαστικών) και “λοιπά απορρίμματα” (υπολείμματα νοσοκομειακής προέλευσης, συσσωματώματα τριχιδίων-μικρόνια, φύκια).



Σχήμα6. Εμφάνιση Ωτογλυφίδων στα ΚΕΛ

D. Ωτογλυφίδες και ΚΕΛ

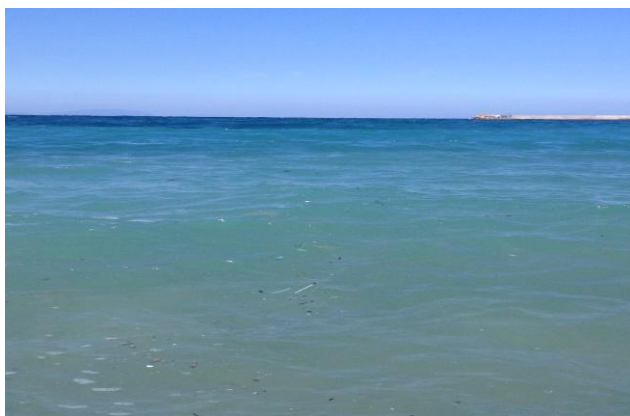
Οι ωτογλυφίδες αποτελούν με βάση τα αποτελέσματα της ερευνητικής μελέτης τον κορυφαίο μικροπλαστικό ρύπο, ο οποίος απαντάται στην πλειονότητα (89%) των ΚΕΛ που εντοπίζονται στην Ελλάδα (Σχήμα 6).

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Επιλεγμένα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας έχουν ως εξής:

- Τα ΚΕΛ μπορούν να θεωρηθούν δυνητικοί αποδέκτες μικροπλαστικών στους υδάτινους αποδέκτες του δηλαδή σε υδάτινα οικοσυστήματα όπως θάλασσες, λίμνες, υδατορέματα.
- Οι ωτογλυφίδες αποτελούν το κορυφαίο και παράλληλα το δημοφιλέστερο μικροπλαστικό ρύπο που απαντάται στα ΚΕΛ που έλαβαν μέρος στην έρευνα.
- Το λειτουργικό σύστημα των ΚΕΛ στην Ελλάδα δε δύναται να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά απορρίμματα από το να εισέρθουν στα ΚΕΛ, όπως ωτογλυφίδες.
- Η ικανότητα συγκράτησης μικροπλαστικών (ορατών με το ανθρώπινο μάτι) διαφέρει από εγκατάσταση σε εγκατάσταση.

Από τα ΚΕΛ που έλαβαν ενεργό μέρος στην πραγματοποίηση της επιστημονικής έρευνα, και αποτελώντας το ένα τρίτο (1/3) περίπου του συνόλου που απαντώνται στον Ελλαδικό χώρο, αποδείχθηκε ότι ο λειτουργικός τους σχεδιασμός δε δύναται να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά και να αφαιρέσει ολοκληρωτικά μικροπλαστικά απορρίμματα εμποδίζοντας την κατάληξη τους σε υδάτινο αποδέκτη (Σχήμα 7). Η διαπίστωση αυτή, με κάθε επιφύλαξη, δεν αποτελεί μόνο ελληνικό φαινόμενο, αλλά πιθανόν, να έχει και παγκόσμιες διαστάσεις.



Σχήμα 7. Ωτογλυφίδες σε Θαλάσσια Νερά στο Σημείο Εξόδου ΚΕΛ

Είναι προφανές ότι οι υπεύθυνοι των ΚΕΛ δεν είναι ενημερωμένοι για το συγκεκριμένο πρόβλημα αλλά και το κοινό δεν γνωρίζει ότι δεν θα πρέπει να απορρίπτονται μακροπλαστικά και μικροπλαστικά σε αγωγούς αποχέτευσης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τον Δρ. Ιωάννη Κ. Καλαβρουζιώτη, Κοσμήτορα της Σχολής Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας για την επιστάμενη ανάγνωση της εργασίας και τις πολύτιμες υποδείξεις του.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Carr S.A., Liu J. & Tesoro A.G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Research*, 91, 174-182.

GESAMP (2015). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: A global assessment*, GESAMP Rep. Stud. No. 90, 97pp.

Kalavrouziotis I.K. (2015). The reuse of Municipal Wastewater in soils. *Global Nest Journal*, 17, 474-486.

Karapanagioti H.K. & Klontza I. (2008). Testing phenanthrene distribution properties of virgin plastic pellets and plastic eroded pellets found on Lesvos island beaches (Greece). *Marine Environmental Research*, 65, 283-290.

Metcalf and Eddy, Inc. (1991). *Wastewater Engineering, Treatment Disposal Reuse*. Third Edition, Mc Graw Hill, New York.

Murphy F., Ewins C., Carbonnier F. & Quinn B. (2016). Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. *Environmental Science Technology*, 50, 5800-5808.

Ogata Y., Takada H., Mizukawa K., Hirai H., Iwasa S., Endo S., Mato Y., Saha M., Okuda K., Nakashima A., Murakami M., Zurcher N., Booyatumanondo R., Zakaria M.P., Dung L.Q., Gordon M., Miguez C., Suzuki S., Moore C.J., Karapanagioti H.K., Weerts S., McClurg T., Burres E., Smith W., VanVelkenburg M., Lang J.S., Lang R.C., Laursen D., Danner B., Stewardson N. & Thompson R.C. (2009). International Pellet Watch: Global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1437-1446.

Rochman C.M., Browne M.A., Halpern B.S., Hentschel B.T., Hoh E., Karapanagioti H.K., Rios-Mendoza L.M., Takada H., Teh S. & Thompson R.C. (2013). Classify plastic waste as hazardous. *Nature*, 494, 169-171.

ΥΠΕΚΑ (2016) www.ypeka.gr