



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος

Εργαστήριο Βιοχημικής Μηχανικής & Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας

Διπλωματική Εργασία

Χρήστος Τσίτουρας

Τίτλος : <<Ανίχνευση και Ποσοτικοποίηση Μικροπλαστικών στις δεξαμενές αερισμού και στην αναερόβια χώνευση της ΕΕΛ-Χανίων>>



Εξεταστική Επιτροπή:

Καθ. Νικόλαος Καλογεράκης (Επιβλέπων)

Καθ. Αλέξανδρος Γκότσης

Δρ. Ευδοκία Συρανίδου

"Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης"

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρωταρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Νικόλαο Καλογεράκη, που μου έδωσε την δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο σημαντικό αλλά και επίκαιρο θέμα. Η συνεργασία μαζί του όλο αυτό το διάστημα υπήρξε εξαιρετική.

Επιπλέον, θα ήθελα να τονίσω πως, η εν λόγω διπλωματική εργασία δεν θα είχε πραγματοποιηθεί με επιτυχία χωρίς την καθοριστική συμβολή και καθοδήγηση της Δρ. Συρανίδου, η οποία ήταν παρούσα σε καθημερινή βάση βοηθώντας με σε όλα τα εμφανιζόμενα πρόβλημα κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Εκτός των άλλων, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του εργαστηρίου «Βιομηχανικής και Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας», για την αγαστή συνεργασία και στήριξή τους. Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω το Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο (ΜΑΙΧ), για την εμπιστοσύνη τους προς το πρόσωπό μου παραχωρώντας το σύγχρονο στερεοσκόπιο, το οποίο βοήθησε σημαντικά στην επεξεργασία των δειγμάτων. Η συνεργασία μας όλο αυτό το διάστημα αποδείχτηκε εξαιρετική, με απόλυτη κατανόηση και υπομονή.

Τέλος, θα ήθελα και πάλι να ευχαριστήσω όλα τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον επιβλέποντα καθηγητή Νικόλαο Καλογεράκη, τον καθηγητή Αλέξανδρο Γκότση και την Δρ. Ευδοκία Συρανίδου για τον χρόνο που αφιέρωσαν στην αξιολόγηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ :

Τα μικροπλαστικά αποτελούν μικρά σωματίδια, μεγέθους που δεν υπερβαίνουν τα 5mm. Κατατάσσονται σε δυο βασικές κατηγορίες, τα πρωτογενή και τα δευτερογενή αναλόγως από την πηγή προέλευσής τους. Τα δευτερογενή μικροπλαστικά σχηματίζονται μέσω της φυσιολογικής φθοράς μεγαλύτερων κομματιών πλαστικού. Το μείζον ζήτημα είναι πως τα μικροπλαστικά κατά την απελευθέρωσή τους στο περιβάλλον δεν είναι βιοδιασπώμενα με αποτέλεσμα να αποτελούν ρύπανση τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανίχνευση και στην συνέχεια η ποσοτικοποίηση των μικροπλαστικών στις δεξαμενές αερισμού και αναερόβιας χώνευσης της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων του νομού Χανίων.

Η δειγματοληψία διεξήχθη σε δύο διαφορετικές περιόδους, και συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (τουριστική περίοδος) και του χειμώνα (μη τουριστική περίοδος).

Ο διαχωρισμός των μικροπλαστικών έγινε σύμφωνα με το μέγεθος και-, το σχήμα και παρακολουθήθηκε η συγκέντρωσή τους. Για την ανίχνευση και την καταμέτρηση των μικροπλαστικών χρησιμοποιήθηκε μικρο-στερεοσκόπιο ενώ η παρατήρηση των επιμέρους χαρακτηριστικών του και του μεγέθους έγινε με τη χρήση του προγράμματος επεξεργασίας εικόνας ανοιχτού κώδικα IMAGE-J.

Συνολικά, ένας αριθμός 2.607 μικροπλαστικών παρατηρήθηκε και στις δύο δεξαμενές επεξεργασίας αποβλήτων και τους χειμερινούς αλλά και τους καλοκαιρινούς μήνες. Ακόμη, διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των μικροπλαστικών ανήκουν στα θραύσματα, με τις ίνες να ακολουθούν αμέσως μετά. Τέλος, σχετικά με το μέγεθος καταλήγουμε στο ότι τα περισσότερα βρίσκονται στην μικρότερη κατηγορία, δηλαδή 20-200 μm .

ABSTARCT:

Microplastics are tiny plastic particles with a diameter less than 5 mm. There are two main categories, primary and secondary microplastics. Secondary microplastics are formed by the fragmentation of older and bigger plastic particles.

The main issue here is that when the microplastics are released into the environment (eg. sea, soil), they cannot naturally biodegrade, leading to environmental pollution and causing human health hazard.

The aim of this diploma thesis was the microplastic detection as well as the size distribution of the particles collected from the aeration and the anaerobic digestion tanks of the wastewater treatment plant located in Chania.

The sampling was carried out in two phases, during wintertime (non - touristic season) and summertime (touristic season).

The distribution of the microplastics was performed according to the size, the shape and the concentration of the particles.

For the detection as well as the number of microplastics, a micro-stereoscope was essential, while for the observation of the specific characteristics the "IMAJE-J" software was used.

Totally, 2.607 microplastics were found in both wastewater treatment tanks, in winter and summer season.

In addition to that, it was found that most microplastics came from debris from bigger materials, with the micro-fiber following up. Finally, regarding microplastic sizes, most particles were distributed in the smallest category, between 20-200 μm .

Περιεχόμενα

1	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	- 7 -
1.1	ΛΥΜΑΤΑ.....	- 7 -
1.1.1	ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	- 7 -
1.1.2	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ - ΕΕΛ.....	- 8 -
1.1.3	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΙΛΥΟΣ	- 11 -
1.2	ΠΛΑΣΤΙΚΑ.....	- 12 -
1.2.1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΜΕΓΕΘΟΣ	- 13 -
1.2.2	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΕ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	- 14 -
1.3	ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ – ΡΥΠΑΝΣΗ	- 14 -
1.4	ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ	- 15 -
1.5	ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ ΣΤΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ - ΕΕΛ.....	- 17 -
1.6	ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ.....	- 18 -
1.7	ΣΤΟΧΟΣ.....	- 19 -
2	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	- 19 -
2.1	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ.....	- 19 -
2.2	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	- 20 -
2.3	ΧΩΝΕΥΣΗ	- 21 -
2.4	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	- 21 -
2.5	ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	- 25 -
2.5.1	ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΟ	- 25 -
2.5.2	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΩΝ.....	- 26 -
2.6	ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΗΣ ΚΑΘΕ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΟΥ	- 27 -
3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	- 28 -
3.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	- 28 -
3.1.1	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ –IMAGEJ -	29 -
4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	- 32 -
4.1	ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ.....	- 32 -
4.1.1	ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ	- 32 -

4.1.2	ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΜΕΒΑΣΗ ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΩΝ MP _s (ΠΟΣΟΣΤΟ %)	- 34 -
4.1.3	ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ MP _s – ΚΛΑΣΕΙΣ – ΚΑΤΑΝΟΜΗ %	- 39 -
4.3	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΕΛ ΑΛΛΩΝ ΧΩΡΩΝ	- 58 -
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ& ΣΥΖΗΤΗΣΗ	- 59 -
5.1.1	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ	- 60 -
5.1.2	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ	- 61 -
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	- 61 -

1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

1.1 ΛΥΜΑΤΑ

Με τον όρο λύματα εννοούμε τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από τα νοικοκυριά (*οικιακά λύματα*) καθώς επίσης και εκείνα που παράγονται από τις καθημερινές δραστηριότητες μιας αστικής πόλης (*αστικά λύματα*). Όταν ένα τμήμα των υγρών αποβλήτων μιας πόλης αποτελείται από υγρά βιομηχανικά απόβλητα τότε ονομάζονται υγρά αστικά απόβλητα. Τα οικιακά λύματα δημιουργούνται από τις ανάγκες των ανθρώπων όπως η αφόδευση(περιττώματα), η χρήση του μπάνιου, η προετοιμασία του φαγητού (υπολείμματα) κ.α. Κατά μέσο όρο παράγονται 180 - 300 λίτρα ανά άτομο κάθε ημέρα. Τα αστικά λύματα παράγονται από δημόσια κτήρια, νοσοκομεία κλπ. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και η ποσότητα των βιομηχανικών αποβλήτων μεταβάλλεται συνεχώς και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί, καθώς ορισμένες βιομηχανίες και εργοστάσια ρίχνουν παρανόμως ανεπεξέργαστα τα απόβλητα στο αποχετευτικό δίκτυο της πόλης. Είναι γεγονός ότι τα λύματα όσο περισσότερο μείνουν ανεπεξέργαστα, δηλαδή χωρίς να περνάνε το στάδιο του αερισμού, τόσο πιο δύσσομα γίνονται.

1.1.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Φυσικές Ιδιότητες:

Χρώμα : γκρι , ανοιχτό καφέ (φρέσκο απόβλητο)

Μαύρο (μετά το πέρας 3-4 ωρών)

Οσμή : μυρωδιά μούχλας (φρέσκο απόβλητο)

Έντονη μυρωδιά (μετά το πέρας 3-4 ωρών, απελευθέρωση υδρόθειου)

Θερμοκρασία : 20 οC ιδανική για ανάπτυξη βακτηρίων

Εώς και 60 οC (δράση βακτηρίων)

Θολότητα : πολύ υψηλή

pH : 7.2

Χημικά Χαρακτηριστικά – δείκτες:

Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD)

Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD)

Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC)

Άζωτο

Φώσφορος

Νιτρικά

Ολικά και Αιωρούμενα Στερεά

1.1.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ - ΕΕΛ

Επεξεργασία λυμάτων ονομάζεται η διαδικασία μέσω της οποίας διαχωρίζεται το νερό από τις επικίνδυνες και μολυσματικές ουσίες των λυμάτων. Στόχος είναι να μπορεί το νερό να διοχετευθεί στο περιβάλλον. Τα υγρά απόβλητα μεταφέρονται στις ΕΕΛ (Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων) μέσω των υπονόμων κα με χρήση βυτιοφόρων οχημάτων σε περιοχές που δεν έχουν σύνδεση με το δίκτυο. Ο ρόλος μιας τέτοιας εγκατάστασης είναι να επιταχύνει τις φυσικές διεργασίες με τις οποίες το νερό αυτοκαθαρίζεται. Σ' αυτές τις φυσικές διεργασίες αποσύνθεσης βακτήρια και άλλοι μικροοργανισμοί αναγνωρίζουν διάφορα ρυπαντικά σωματίδια σαν πηγή τροφής. Ενώ δεσμεύουν την τροφή τους οι μικροοργανισμοί, παράγουν νέα κύτταρα, διοξείδιο του άνθρακα και άλλα προϊόντα. Καθώς τα βακτήρια αποδομούν τις οργανικές ενώσεις καταναλώνουν επίσης και οξυγόνο απαραίτητο για όλες τις μεταβολικές τους λειτουργίες.

Στάδια Επεξεργασίας:

Πρώτο στάδιο:

Αφαίρεση αιωρούμενου (οργανικού και ανόργανου) υλικού. Στο στάδιο αυτό γίνεται αρχικά η αφαίρεση υλικών όπως λίπη, άμμος, κ.α., με μηχανική μέθοδο. Στη συνέχεια απομακρύνονται μεγάλα αντικείμενα όπως ξύλα, σίδερα, κ.α. για να αποφευχθούν καταστροφές στις εγκαταστάσεις και το μηχανολογικό εξοπλισμό κατά τη μετέπειτα επεξεργασία. Αυτό γίνεται με σχάρες όπου κατακρατούνται τα στερεά υλικά. Έπειτα πραγματοποιείται η ιζηματοποίηση μέσω της οποίας ανεβαίνουν στην επιφάνεια βαρέα λύματα (κόπρانا, λάσπη), τα οποία και αφαιρούνται.

Δεύτερο στάδιο:

Αφαίρεση οργανικών ουσιών μέσω οξυγόνωσης .

Στο στάδιο αυτό απομακρύνονται βιολογικά απόβλητα, όπως ανθρώπινα απόβλητα, απορρυπαντικά κ.α. Αυτό γίνεται συνήθως μέσω αερόβιας αποδόμησης. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου εξαρτάται από τους αποδομητές – δηλαδή οργανισμούς όπως βακτήρια και πρωτόζωα που πραγματοποιούν την αποδόμηση – οι οποίοι χρειάζονται οξυγόνο και ένα υπόστρωμα για να ζήσουν. Η μέθοδος μπορεί να πραγματοποιηθεί με διαφορετικούς τρόπους.

Τρίτο στάδιο:

Αφαίρεση ουσιών μέσω χημικής επεξεργασίας.

Στο στάδιο αυτό αφαιρούνται από το νερό ορισμένες ουσίες, όπως αμμωνία (άζωτο), που είναι τοξική για τα ψάρια και άλατα (ενώσεις φωσφόρου) που προκαλούν ευτροφισμό σε λίμνες ή θάλασσες. Λόγω υψηλού κόστους η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται σε λύματα με αυξημένη παρουσία βιομηχανικών αποβλήτων, με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων αυτών (πχ στην βιομηχανία, για άρδευση ή σε χώρους αναψυχής).

Δεξαμενές Συλλογής Δείγματος:

Αερισμός :

Στην δεξαμενή αερισμού τα αστικά λύματα έρχονται σε επαφή με τους μικροοργανισμούς προκειμένου να αποδομηθούν. Τροφή των μικροοργανισμών είναι το οργανικό υλικό που περιέχεται στα λύματα. Καταναλώνουν αναγκαία ποσότητα ούτως ώστε να διοχετεύσουν την απαιτούμενη ενέργεια και να συνθέσουν νέα κύτταρα. Προσπατούμενο για να λάβει χώρα αυτή η διαδικασία είναι η συνεχής παροχή αέρα ούτως ώστε να διασφαλίζεται για τους οργανισμούς ικανή ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου. Οι διαδικασίες που εκτελούνται στην δεξαμενή αερισμού αποτελούν μέρος της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Από πολλούς αποκαλείται και ως «βιολογικός καθαρισμός» καθώς συμμετέχουν σε πολύ μεγάλο βαθμό οι μικροοργανισμοί.

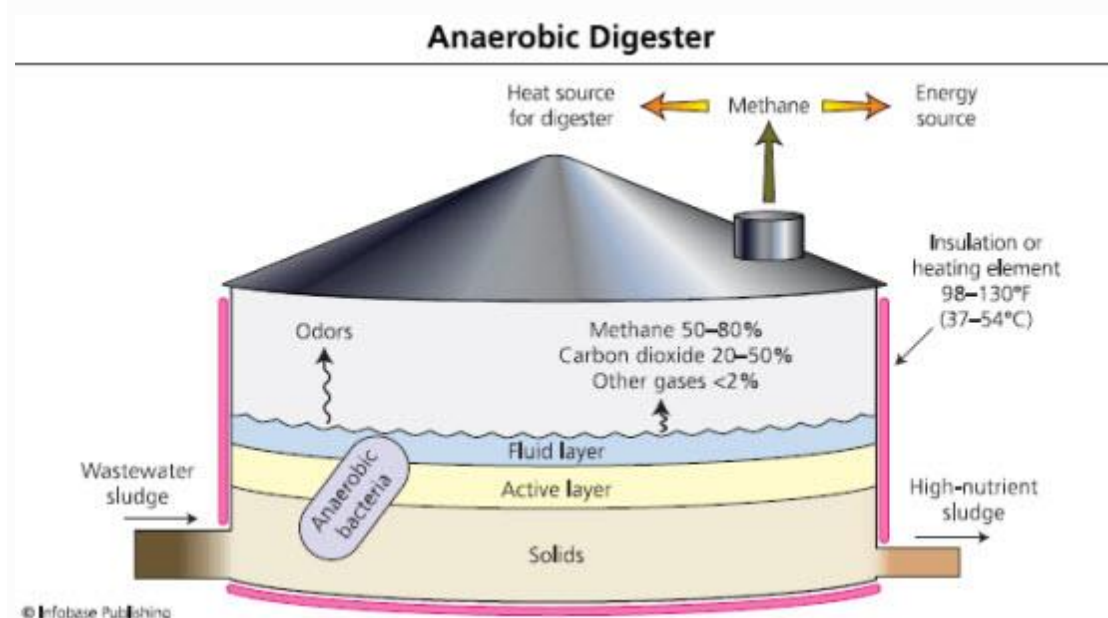
Αναερόβια Χώνευση :

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί μια διαδικασία η οποία πραγματοποιείται με απουσία οξυγόνου. Υπάρχει η θερμόφιλη χώνευση όπου η λάσπη βρίσκεται υπό ζύμωση μέσα σε δεξαμενές σε θερμοκρασία 55° C. Ονομάζεται έτσι λόγω της παρουσίας των μικροοργανισμών. Αυτοί, περιέχουν ένζυμα τα οποία λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες.

Επιπλέον, το στάδιο της αναερόβιας χώνευσης μπορεί να χαρακτηριστεί και σε κάποιες περιπτώσεις ως μεσόφιλο. Εκεί η διαδικασία εκτελείται σε θερμοκρασία 36° C.

Βασικό προϊόν της αναερόβιας χώνευσης είναι το βιοαέριο το οποίο έχει υψηλή περιεκτικότητα μεθανίου. Το βιοαέριο αποτελεί πηγή ενέργειας και ως εκ τούτου μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση των δεξαμενών είτε για κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της εγκατάστασης (πράσινη ενέργεια, παραγωγή ατμού).

Αναπόφευκτα, εκτός από το βιοαέριο παράγονται και δυο επιπλέον υποπροϊόντα κατά την αναερόβια χώνευση. Αυτά είναι η λάσπη (βιολογική ή χημική) ή οποία προκειμένου να αξιοποιηθεί χρειάζεται να υποστεί περεταίρω επεξεργασία και το υγρό κλάσμα που κι αυτό πρέπει να περάσει από κάποια αερόβια διεργασία για να το διαθέσουμε πίσω στο περιβάλλον.



Εικόνα 1 : Αναερόβιος χωνευτήρας με επισήμανση εισόδου και εξόδου καθώς και ανάλυση των διαφόρων στρωμάτων που αποτελείται [https://newgreenbusinessideas.blogspot.com,2012]

Πλεονεκτήματα αναερόβιας χώνευσης :

- Δεν απελευθερώνεται μεθάνιο στην ατμόσφαιρα
- Μείωση του επιπέδου της μυρωδιάς δίχως όμως παράλληλα να παρατηρείται εξασθένηση των θρεπτικών συστατικών
- Απομάκρυνση μεγάλου μέρους του οργανικού φορτίου
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας

Συνολική Αντίδραση:

Οργανική ύλη + νερό \rightarrow CH₄ + CO₂ + NH₃ + H₂S + νέα κύτταρα + θερμότητα

Χωνευτήρες:

Η αναερόβια χώνευση πραγματοποιείται στους ειδικά σχεδιασμένους χωνευτήρες που διαθέτει μια εγκατάσταση ΕΕΛ. Υπάρχουν διαφόρων τύπων χωνευτήρες. Συγκεκριμένα :

- ✓ συμβατικοί χωνευτήρες (χωρίς ανάδευση και συνήθως χωρίς θέρμανση)
- ✓ χωνευτήρες χαμηλής ταχύτητας μιας βαθμίδας (όπου πραγματοποιείται ανάδευση και θέρμανση)
- ✓ χωνευτήρες υψηλής ταχύτητας δυο βαθμίδων
- ✓ χωνευτήρες με ανακυκλοφορία ιλύος για αύξηση της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών
- ✓ χωνευτήρες ανοδικής ροής

Σύσταση Βιοαερίου :

CH₄ : 30-70%, CO₂ : 30-70%

1.1.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΙΛΥΟΣ

Τα υγρά απόβλητα φέρουν μεγάλες ποσότητες λάσπης, της οποίας η διαχείριση και η επεξεργασία είναι κομβικής σημασίας. Πρέπει να εφαρμοστούν διαδικασίες που θα είναι όχι μόνο αποτελεσματικές αλλά και ασφαλείς. Η χώνευση της λάσπης γίνεται με στόχο την ελάττωση του οργανικού φορτίου και παράλληλα την εξουδετέρωση των παθογόνων μικροοργανισμών. Οι βασικότερες και ευρέως διαδεδομένες διεργασίες επεξεργασίας της ιλύος είναι η αναερόβια χώνευση, η αερόβια χώνευση και η σύνθεση.

Χημική και Βιολογική λάσπη :

Με την όρο λάσπη εννοούνται τα υπολείμματα που προκύπτουν από τα διάφορα στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων. Εξαιτίας του μεγάλου ποσοστού υγρής σύστασης της ιλύος, η διάθεση και η αποθήκευσή της αποτελούν ζητήματα που χρειάζονται επίλυση. Τα στερεά λοιπόν που είναι πλούσια σε οργανική ύλη βρίσκονται σε ποσοστό μόλις 0.25-12%.

Η *βιολογική λάσπη* που προέρχεται από την αναερόβια χώνευση πρέπει να δεχτεί αποξήρανση μέσω της χώνευσης και της συμπύκνωσης ούτως ώστε να να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό. Είναι καλής ποιότητας λίπασμα καθώς είναι πλούσιο σε ιχνοστοιχεία και θρεπτικά συστατικά.

Η *χημική λάσπη* παράγεται, όταν στη μονάδα επεξεργασίας των αποβλήτων έχουν χρησιμοποιηθεί χημικά για την καθίζηση και την απομάκρυνση ορισμένων συστατικών των λυμάτων (παραδείγμα αποτελεί η χημική καθίζηση του φωσφόρου).

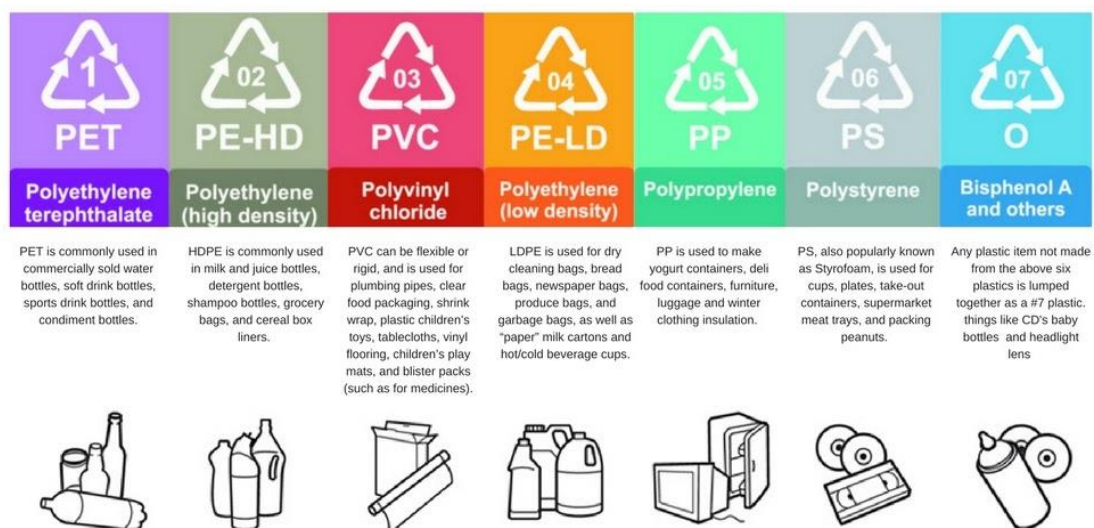
Αερόβια Χώνευση :

Η αερόβια χώνευση είναι διαδικασία, η οποία λαμβάνει χώρα παρουσία οξυγόνου. Κάτω από αερόβιες συνθήκες, τα βακτήρια καταναλώνουν με γρήγορο ρυθμό την οργανική ύλη, μετατρέποντας την σε διοξείδιο του άνθρακα.

1.2 ΠΛΑΣΤΙΚΑ

Τα πλαστικά αποτελούνται από πολυμερή μόρια, τα οποία με την σειρά τους προέρχονται από ένα μεγάλο αριθμό συνεχόμενων υπομονάδων. Κατατάσσονται σε δυο βασικές κατηγορίες τα θερμοπλαστικά και τα θερμοσκληρυνόμενα. Αυτό που τις διαφοροποιεί είναι ότι στην πρώτη περίπτωση κατά την θέρμανση τους μπορούν να αλλάξουν μορφή σε αντίθεση με εκείνα στην δεύτερη που παραμένουν ως έχουν. Τα πλαστικά παράγονται κατά βάση από ορυκτούς πόρους (φυσικό αέριο, πετρέλαιο). Πιο συγκεκριμένα, δημιουργούνται από τα παραπροϊόντα διύλισης του πετρελαίου. Σε διαφορετική περίπτωση θα οδηγούνταν σε καύση και συνεπώς ρύπανση του περιβάλλοντος. Εκτός όμως από τα ορυκτά καύσιμα, ως πρώτη ύλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η βιομάζα. Τα πλαστικά μπορούν να ανακυκλωθούν ή και να καούν για την παραγωγή ενέργειας. Συστηματικές μελέτες που έχουν διεξαχθεί τα τελευταία χρόνια έχουν δείξει ότι τα πλαστικά είναι τα λιγότερο ενεργοβόρα κατά την παραγωγή τους, τα πιο πλεονεκτικά από πλευράς βάρους και τα λιγότερο ρυπογόνα σε σχέση με άλλα υλικά (χαρτί, μέταλλο κ.λπ.)-(Hopewell et al. 2009). Τα πλαστικά κατέχουν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς μας. Χρησιμοποιούνται ευρέως ως πρώτη ύλη στην κατασκευή αντικειμένων λόγω της χαμηλής τιμής στην αγορά αλλά και λόγω της ανθεκτικότητάς τους. Η μεγάλη αντοχή, η χαμηλή πυκνότητα, η χαμηλή θερμική και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (καλοί μονωτές) είναι ορισμένες από τις κύριες ιδιότητες των πλαστικών. Είναι γεγονός ότι τις τελευταίες δεκαετίες η πλειοψηφία των συσκευασιών για διάφορα προϊόντα αποτελούνται κυρίως από πλαστικό για όλα τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλα υλικά (γυαλί, χαρτί).

Το διογκωμένο πολυστυρόλιο (EPS) ή το εξωθημένο πολυστυρόλιο (XPS), προστατεύεται προϊόντα από οξυγόνο, υδατμούς και μικροοργανισμούς. Ακριβώς για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται ευρέως σε συσκευασία τροφίμων. (Oßmann et al., 2018; Schymanski, Goldbeck, Humpf, & Fürst, 2018; Winkler et al., 2019).



*Εικόνα 2: Οι κυριότερες κατηγορίες θερμοπλαστικών
[recyclingandplasticpollutionblogspot.com, 2018]*

1.2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΜΕΓΕΘΟΣ

- ✚ ΜΑΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ (ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ Ή ΜΗΚΟΣ ΠΑΝΩ ΑΠΟ 25 mm)
- ✚ ΜΕΣΟΠΛΑΣΤΙΚΑ (ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ Ή ΜΗΚΟΣ ΜΕΤΑΞΥ 5 ΕΩΣ 25 mm)
- ✚ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ (ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ Η ΜΗΚΟΣ ΜΕΧΡΙ ΚΑΙ 5 mm)
- ✚ ΝΑΝΟΠΛΑΣΤΙΚΑ (ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ Η ΜΗΚΟΣ ΜΕΧΡΙ ΚΑΙ 1 μm)

Μακροπλαστικά :

Απορρίμματα με μέγεθος από 2.5 μέχρι 100 cm τα οποία ανιχνεύονται με γυμνό μάτι και μπορούν να συλλεχθούν με κόσκινα ή δίκτυα στην παράκτια ζώνη. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν προϊόντα συσκευασίας όπως πλαστικά μπουκάλια, σακούλες αλλά και προϊόντα αλιείας όπως δίκτυα. Αποτελούν κομμάτια μεγαπλαστικών που διασπάστηκαν σε μικρότερα μέρη.

Μεσοπλαστικά :

Χωρίζονται σε πρωτογενή και δευτερογενή. Πρωτογενή αποτελούν τα πλαστικά σφαιρίδια (pellets) και τα υμένια (φιλμ). Ανιχνεύονται και αυτά με γυμνό μάτι ή με την χρήση οπτικού μικροσκοπίου και όπως και τα μακροπλαστικά συλλέγονται με κόσκινα ή δίκτυα.

Μικροπλαστικά:

Τα μικροπλαστικά χρησιμοποιούνται σαν όρος από το 2004 (Thompson, et al. 2004). Ωστόσο, δεν υπάρχει ακριβής ορισμός που να καλύπτει όλο το εύρος, ώστε να εντάσσονται όλα τα σωματίδια που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή των μικροσκοπικών κομματιών πλαστικού στα θαλάσσια ύδατα. Ύστερα από κάποια χρόνια προστέθηκε το ανώτερο όριο μεγέθους στα μικροπλαστικά (Arthur, et al. 2009), δηλαδή μικροπλαστικά θεωρούνται τα πλαστικά σωματίδια με μέγεθος μικρότερο από 5 mm. Ο άνωθεν ορισμός βελτιώθηκε μέσω της διάκρισής τους σε πρωτογενή ή δευτερογενή με κριτήριο την προέλευσή τους (Core, et al. 2011). Σύμφωνα με τους ευρύτερους ορισμούς μεγέθους ενός μικροπλαστικού, πλαστικά σφαιρίδια παραγωγής (συνήθως διαμέτρου 2-5 mm) μπορούν να θεωρηθούν ως πρωτογενή μικροπλαστικά, (Andrady, 2011, Costa et al., 2010), ενώ τα δευτερογενή προέρχονται από θραύσματα μεγάλων πλαστικών κομματιών (Ryan et al., 2009, Thompson et al., 2004). Έχει γίνει σημαντική προσπάθεια για την εύρεση ενός σαφέστερου και πιο ολοκληρωμένου ορισμού, ο οποίος θα συμπεριλαμβάνει και φυσικοχημικές ιδιότητες, όπως μέγεθος σωματιδίων, χημική σύνθεση και διαλυτότητα στο νερό.

Νανοπλαστικά: Ανιχνεύονται με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και συλλέγονται με την χρήση νανοφίλτρων. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε τον επακριβή αριθμό νανοπλαστικών, γιατί η συλλογή τους στις θαλάσσιες ακτές παραμένει δύσκολη διαδικασία.

1.2.2 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΕ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

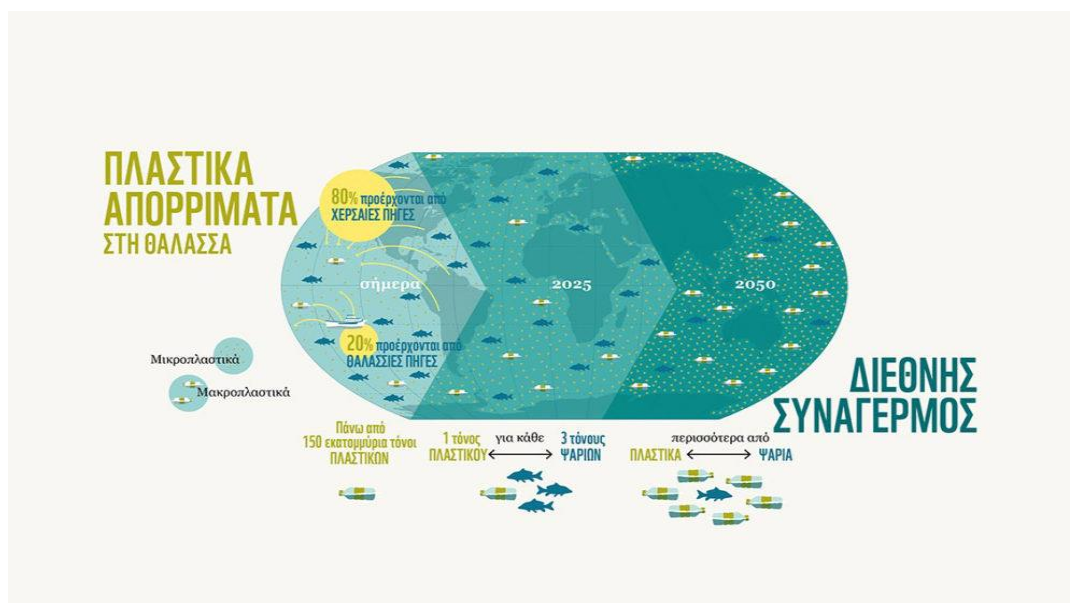
Μέχρι πρότινος, επικρατούσε η αντίληψη ότι προκειμένου να διασπαστούν τα πλαστικά απορρίμματα στο φυσικό περιβάλλον απαιτούνται εκατοντάδες χρόνια. Ωστόσο, παράγοντες όπως ο άνεμος, η ηλιακή ακτινοβολία, η αλατότητα, ο αέρας και η κυματική ενέργεια επιδρούν ως καταλύτες στην «εξαφάνιση» των πλαστικών.

1.3 ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ – ΡΥΠΑΝΣΗ

Η ολοένα και αυξανόμενη χρήση πλαστικών, σε συσκευασίες, έχει ως επακόλουθο την αυξανόμενη παρουσία πλαστικών απορριμμάτων στο φυσικό περιβάλλον. Λόγω της ποικιλομορφίας των πολυμερών, που αναφέραμε παραπάνω η ανακύκλωσή τους αποτελεί δύσκολη υπόθεση.

Σε περίπτωση που το πλαστικό δεν ανακυκλωθεί, είναι ορατός ο κίνδυνος να απορριφθεί σε υδάτινο περιβάλλον.

Είναι εύκολα αντιληπτό, πως τόσο σε τοπικό όσο και σε διεθνές επίπεδο, η ολοένα και αυξανόμενη χρήση του πλαστικού, έχει ως συνέπεια την ρύπανση των θαλάσσιων υδάτων.



Εικόνα 3 : θαλάσσια ρύπανση από πλαστικά [Ierosvoice.gr, 2019]

1.4 ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ

Πηγές:

Κύρια πηγή των μικροπλαστικών αποτελούν τα πλαστικά απορρίμματα που καταλήγουν στη θάλασσα και μέσω των χημικών και φυσικών διεργασιών διασπώνται σε μικρότερα κομμάτια και σωματίδια ή ίνες. Τα μικροσκοπικά κομμάτια πλαστικού παραμένουν στο νερό και ρυπαίνουν τις θάλασσες και τους ωκεανούς μας για χιλιάδες χρόνια.

Άλλες πηγές μικροπλαστικών είναι τα:

- Βιομηχανικά προϊόντα: μία πληθώρα πλαστικών βιομηχανικών προϊόντων, καταλήγει άμεσα ή έμμεσα στις θάλασσές μας από αμέτρητες πηγές.
- Καλλυντικά: Με την πρώτη ματιά φαίνονται ακίνδυνα, ωστόσο, προϊόντα που χρησιμοποιούνται για απολέπιση, σαμπουάν, αποσμητικά κλπ περιέχουν πλαστικά μικροσωματίδια που αποτελούνται από πολυαιθυλένιο (PE), πολυπροπυλένιο (PP), τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET), πολυμεθύλιο (PMMA) και νάιλον.
- Συνθετικά ενδύματα (πχ fleece) : Εκτιμάται ότι ένα μόνο ρούχο κατασκευασμένο από συνθετικές ίνες απελευθερώνει σε κάθε πλύση περίπου 1.900 μικροπλαστικές ίνες στο αποχετευτικό σύστημα οι οποίες συνήθως καταλήγουν στη θάλασσα. (archipelago.gr /αθηναϊκό πρακτορείο ειδήσεων, 2018)

Τύχη Μικροπλαστικών:

Ο καθένας από εμάς ελευθερώνει καθημερινά στο περιβάλλον κατά μέσο όρο 2,4 mg μικροπλαστικών. (NTUA, CivilEngineering, Thesis “Διερεύνηση της διαίτας των μικροπλαστικών και νανοπλαστικών στα αστικά λύματα”,2019). Παρόλο το γεγονός ότι μεγάλος όγκος αυτών καταλήγει σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, η απομάκρυνσή τους δεν είναι εφικτή με τη σημερινή τεχνολογία. Επομένως, είτε τα λύματα υποβάλλονται σε επεξεργασία είτε όχι, τα μικροπλαστικά τελικά καταλήγουν συνήθως στη θάλασσα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα πλαστικά που πλέουν στις θάλασσες, πέραν από τις τοξικές ουσίες που περιέχουν από την κατασκευή τους, προσροφούν επιπλέον τοξικές ουσίες που βρίσκονται στο θαλασσινό νερό, π.χ. επιβραδυντικά καύσης, αντιοξειδωτικά PCB, DDT, κ.α. Σε περιοχές με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα αυτές οι τοξικές ουσίες καταγράφονται σε πολύ υψηλότερα επίπεδα, απ’ ότι σε άλλες περιοχές.

Μικρά τμήματα πλαστικού ή μικροσκοπικές ίνες έχουν βρεθεί σε όλους τους θαλάσσιους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων σημαντικών εμπορικών ειδών (ψάρια, καβούρια, μύδια κλπ)(followgreen.gr).Είναι πλέον ευρέως παραδεκτό ότι τα μικροπλαστικά μπορούν να εισέλθουν στην τροφική αλυσίδα και να καταλήξουν στον άνθρωπο. Ο αριθμός των μικροπλαστικών που περιέχονται στα θαλάσσια οικοσυστήματα αναμένεται να αυξηθεί εκθετικά τα επόμενα χρόνια.

Απειλή:

Η εξάπλωση των μικροπλαστικών στα θαλάσσια οικοσυστήματα, αποτελεί μία σημαντική απειλή για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία, της οποίας την έκταση έχουμε συνειδητοποιήσει εδώ και λίγα χρόνια. Ιδιαίτερα ανησυχητικό είναι το γεγονός ότι σε κάποιες θαλάσσιες περιοχές η συγκέντρωση των μικροπλαστικών μπορεί να ξεπεράσει αυτή του ζωοπλαγκτόν κατά τουλάχιστον 6 φορές

Κατηγορίες :

Κάποιες από τις βασικές κατηγορίες μικροπλαστικών είναι:

- Θραύσματα
- Φύλλα
- Ίνες
- Σκοινί
- Σφαιρίδια

1.5 ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ ΣΤΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ - ΕΕΛ

Αξιοσημείωτο παράδειγμα παρουσίας μικροπλαστικών στα υγρά απόβλητα αποτελεί μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Αυστραλία αναφορικά με τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων του Σύδνεϋ. Αποδείχτηκε, ότι το πολυαιθυλένιο (PE) και το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET) παρουσίασαν την μεγαλύτερη συγκέντρωση, 42% και 36%, αντίστοιχα (Ziajahromietal., 2017). Κατά κανόνα, τα πιο κοινά πολυμερή, που καταλήγουν στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μέσω των αστικών λυμάτων με μορφή μικροσφαιριδίων, ήταν το πολυαιθυλένιο (PE) και το πολυπροπυλένιο (PP), που εμφανίζονται σε ποσοστό από 11% έως 42% και από 3% έως 32% αντίστοιχα και έχουν εφαρμογή στα προϊόντα οικιακής χρήσης και ατομικής φροντίδας, όπως προϊόντα απολέπισης, μπουκάλια νερού, δοχεία, πλαστικές σακούλες και μεμβράνες συσκευασίας τροφίμων (Laresetal., 2018; Mintenig et al., 2017; Ziajahromietal., 2017). Ακόμη, τα μικροπλαστικά σε υγρά απόβλητα προερχόμενα από τη βιομηχανία 20 κλωστοϋφαντουργίας, που εμφανίζονταν σε μορφή μικροϊνών, ήταν κυρίως από τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (έως 42.26%), πολυεστέρα (79.1%) και πολυαμίδιο (61.2%), που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στα συνθετικά ρούχα (Laresetal., 2018; Mintenigetal., 2017; Ziajahromietal., 2017).

Τρόποι Απομάκρυνσης – Τεχνολογίες

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων είναι σχεδιασμένες με σκοπό να απομακρύνουν από τα υγρά απόβλητα ογκώδη αντικείμενα, λίπη και έλαια, άμμο, οργανικό φορτίο, αιωρούμενα στερεά, άζωτο και φώσφορο. Επομένως, δεν υπάρχει σχεδιασμός για την απομάκρυνση μικροπλαστικών και νανοπλαστικών. Τα μικροπλαστικά, που εισέρχονται στις ΕΕΛ μέσω των διεργασιών, δύναται να κατακερματιστούν, να συγκεντρώσουν στην επιφάνειά τους μικροοργανισμούς, οι οποίοι γίνονται ανθεκτικότεροι και να εμποδίσουν διεργασίες των ΕΕΛ, όπως απολύμανση και διήθηση.

Υφιστάμενος τρόπος απομάκρυνσης μικροπλαστικών από τα υγρά απόβλητα των ΕΕΛ αποτελεί η βιοαποδόμηση αυτών από βακτήρια και μύκητες. Μια άλλη μέθοδος αποτελεί η χρήση σφουγγαριού από χιτίνη, η οποία έχει χαμηλή μηχανική αντοχή και χαμηλή διαλυτότητα σε κοινούς διαλύτες. Η τεχνολογία αυτή βρίσκεται σε πιλοτικό επίπεδο. Τέλος, μια πρωτότυπη και καινοτόμα μέθοδος απομάκρυνσης MPs είναι τα βλεννώδη φίλτρα από μέδουσες. Πολλές μελέτες ασχολούνται με τις συνθήκες έκκρισης της βλέννας από τα συγκεκριμένα είδη και τη δυνατότητα συγκράτησης μικρών σωματιδίων. (Μαρία Κωστάκη, 2020)

1.6 ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Τα μικροπλαστικά που βρίσκονται στη θάλασσα συχνά αποτελούν τροφή για τα ψάρια, τα οποία μετά καταλήγουν στο τραπέζι των καταναλωτών και στο ανθρώπινο σώμα. Τα μικροπλαστικά που βρίσκονται στον αέρα μπορούν να εισέλθουν στον άνθρωπο μέσω της μύτης ή του στόματος και να καταλήξουν στον πνευμονικό ιστό. Οι επιπτώσεις που επιφέρουν τα λεπτά σωματίδια στην υγεία δεν είναι ακόμα γνωστές, αλλά τα πλαστικά περιέχουν συχνά τοξικές χημικές ουσίες που μπορεί να είναι επιβλαβείς για το ζώο ή τον άνθρωπο που τα καταναλώνει.



Εικόνα 4 : Θαλάσσιο πτηνό πάει να φάει πλαστικό μπουκάλι [typosthes.gr, 2015]

1.7 ΣΤΟΧΟΣ

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη αλλά και η ποσοτικοποίηση των μικροπλαστικών στις δεξαμενές αερισμού και αναερόβιας χώνευσης μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων σε διαφορετικές εποχές του χρόνου (χειμερινοί και καλοκαιρινοί μήνες). Θέλουμε να προσδιορίσουμε τη συγκέντρωση μικροπλαστικών κατά την διάρκεια τουριστικής και μη περιόδου σε δυο διαφορετικά στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (αερισμός και αναερόβια χώνευση). Τα δείγματα από τον βιολογικό καθαρισμό συλλέχθηκαν τρεις διαφορετικές μέρες για καθένα από τους μήνες Ιανουάριο-Φεβρουάριο-Μάρτιο (χειμερινή περίοδος) και Ιούλιο-Αύγουστο-Σεπτέμβριο (καλοκαιρινή περίοδος). Με αφετηρία την συγκέντρωση των μικροπλαστικών για όλες τις περιπτώσεις, πραγματοποιείται προσδιορισμός των βασικών χαρακτηριστικών όπως το μέγεθος αλλά και το σχήμα.

2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η δειγματοληψία της συγκεκριμένης διπλωματικής πραγματοποιήθηκε στις δεξαμενές αερισμού και αναερόβιας χώνευσης της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων του νομού Χανίων.

Η επεξεργασία των δειγμάτων έλαβε χώρα κατά κύριο λόγο στο Εργαστήριο Βιοχημικής Μηχανικής & Περιβαλλοντικής Βιοτεχνολογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η ανάλυση των μικροπλαστικών (μέγεθος, σχήμα) πραγματοποιήθηκε στο Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο Χανίων – ΜΑΙΧ με την βοήθεια του πρότυπου στερεο-μικροσκοπίου.

2.1 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Το σύνολο των δειγμάτων προέρχεται από τον βιολογικό καθαρισμό Χανίων (ΔΕΥΑ Χανίων). Η συλλογή πραγματοποιούνταν με συχνότητα τρεις φορές ανά μήνα σε διαδοχικές ημερομηνίες.

Χανιά

Τα Χανιά αποτελούν μια παραλιακή πόλη της βορειοδυτικής Κρήτης με λιμάνι καθοριστικής σημασίας. Αποτελεί πρωτεύουσα του νομού Χανίων και είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη του νησιού μετά το Ηράκλειο (έκταση σχεδόν δεκατριών τετραγωνικών χιλιομέτρων). Ο πληθυσμός σύμφωνα με την πιο πρόσφατη απογραφή (2011) ανέρχεται στους 108.642 κατοίκους. Συγκαταλέγεται στις πόλεις με αρκετά υψηλό τουρισμό κατά την θερινή περίοδο.

ΕΕΛ – Χανίων

Η εν λόγω εγκατάσταση δέχεται μέσο όγκο λυμάτων περίπου 23.600m^3 / day ενώ ο πληθυσμός που εξυπηρετείται αγγίζει τους 142.000. Τα λύματα που υπόκεινται σε επεξεργασία είναι $7.000.000\text{ m}^3$ σε ετήσια βάση .Υπάρχει περιθώριο επαναχρησιμοποίησης της ιλύος σε μεγάλο βαθμό εφόσον προηγηθούν στάδια κατάλληλης περαιτέρω επεξεργασίας. (deyach,2021)



Εικόνα 5: Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων στα Χανιά – ΔΕΥΑΧ (deiach.gr,2017)

2.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Για την ορθή επεξεργασία των δειγμάτων στο εργαστήριο έγινε χρήση ορισμένων υλικών καθώς και του απαραίτητου εξοπλισμού. Αναλυτικά:

Πλαστικό δοχείο

Συσκευασμένη χλωρίνη

Απιονισμένο νερό

Κόσκινα (1mm, 500μm, 250μm, 53μm)

Ηλεκτρονική πιπέτα

Πιατάκια για ζύγισμα

Αλουμινόχαρτο

Γυάλινα δοχεία τοποθέτησης του δείγματος ανάλογα με το φίλτρο

Ηλεκτρονική ζυγαριά

Σύστημα διήθησης (συσκευή και αντλία)

Φούρνος (ξήρανση)

Αναδευτήρας για να πραγματοποιηθεί η χώνευση

Fenton

Υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2)

Τρυβλία Petri

Φίλτρα (άνοιγμα πόρων 2,7 μm)

Χλωριούχο Νάτριο (NaCl)

Φλάσκες

Λαβίδα

2.3 ΧΩΝΕΥΣΗ

Είναι μια σειρά από διεργασίες με τις οποίες κάποιοι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν βιοδιασπώμενα υλικά απουσία οξυγόνου.

2.4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Ζύγιση δείγματος :

Με την βοήθεια γυάλινης πιπέτας ζυγίζουμε 50 g δείγματος και αμέσως το ρίχνουμε σε ένα μικρό beaker το οποίο καλύπτουμε εν συνεχεία με αλουμινόχαρτο.

Η ζυγαριά ανοίγει και κλείνει με την εντολή ON/OFF αντίστοιχα. Αρχικά, για να γίνει επιτυχώς η ζύγιση, αφού πρώτα τοποθετήσουμε το beaker πάνω στην

ζυγαριά, μετά πατάμε το κουμπί tare προκειμένου να αφαιρεθεί το βάρος του beaker και εν τέλει να υπολογιστεί το καθαρό βάρος του δείγματος.



Εικόνα 6: Ζυγαριά Ακριβείας Εργαστηρίου

Κοσκίνισμα :

Αφού πραγματοποιηθεί μέτρηση 200 ml απιονισμένου νερού με την χρήση ογκομετρικού κυλίνδρου, στην συνέχεια αναμειγνύεται με τα 50 gr του δείγματος.

Μετά, εφόσον σε πρώτο στάδιο προηγηθεί έκχυση χλωρίνης και νερού μέσα σε πλαστικό δοχείο, τοποθετούνται αμέσως μετά, διαδοχικά τα κόσκινα κατά φθίνουσα διάμετρο πόρων. Δηλαδή 1mm, 500μm, 250μm, 53μm ξεκινώντας από πάνω προς τα κάτω.

Στην πορεία, αδειάζουμε το δείγμα μας στα κόσκινα και ξεκινάει η διαδικασία του κοσκινίσματος. Με την βοήθεια του προβολέα απιονισμένου νερού, συγκεντρώνουμε τα μικροπλαστικά σε ένα σημείο περιμετρικά του εκάστοτε κόσκινου και τέλος ακολουθεί η συλλογή τους σε ξεχωριστά γυάλινα μπουκάλια για κάθε μέγεθος κόσκινου αντίστοιχα.



Εικόνα 7 : Κόσκινα διαφόρων διαμέτρων των πόρων [achema.gr, 2020]

Χώνευση(με H_2O_2 και Fenton):

Η διαδικασία αυτή γίνεται με σκοπό να γίνει η οξείδωση του οργανικού υλικού ώστε να είναι πιο εύκολη η παρατήρηση των μικροπλαστικών. Η χώνευση λαμβάνει χώρα μετά το κοσκίνισμα.

Με την χρήση ογκομετρικού κυλίνδρου και beaker προσθέτουμε πρώτα 45ml Fenton και στη συνέχεια 20 ml H_2O_2 σε κάθε γυάλινο μπουκαλάκι ξεχωριστά ούτως ώστε να ξεκινήσει η αντίδραση. Σημάδι ότι πραγματοποιείται είναι η αύξηση της θερμοκρασίας και η εμφάνιση φυσαλίδων. Για την πιο γρήγορη και αποτελεσματική εκτέλεση της χώνευσης βάζουμε τα δείγματα στον αναδευτήρα για περίπου 24 ώρες.

Διαχωρισμός της λάσπης –ΐζημα με προσθήκη $NaCl$:

Όποτε το κρίναμε αναγκαίο, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας λάσπης σε δείγματα αναερόβιας χώνευσης, πριν την διαδικασία της διήθησης, προηγούνταν ένας διαχωρισμός του οργανικού φορτίου με την παρουσία του χλωριούχου νατρίου σε συγκέντρωση 6g/20 ml νερού.

Διήθηση :

Η διήθηση πραγματοποιείται μέσω του διηθητικού οργάνου. Σε πρώτο στάδιο πρέπει να γίνει η σύνδεση των μερών της συσκευής με τον ενδεδειγμένο τρόπο (βλέπε φωτογραφία) ούτως ώστε να μην γίνει κάποιο σφάλμα το οποίο ενδέχεται να προκαλέσει ζημιά στην συσκευή ή ακόμη και να αλλοιώσει την εκτέλεση του πειράματος.

Αφού βάλουμε το φίλτρο με μέγεθος πόρων 1,6μm στην θέση πάνω από την χοάνη και ενεργοποιήσουμε την αντλία, μετά με αργό και σταθερό ρυθμό μπορούμε να ρίξουμε το δείγμα. Όταν τελειώσει το δείγμα, ξεπλύνουμε το γυάλινο δοχείο με απιονισμένο νερό και αφαιρούμε το φίλτρο με την βοήθεια μιας αποστειρωμένης λαβίδας και το τοποθετούμε στο τρυβλίο. Πάντα σημειώνουμε με μαρκαδόρο στην εξωτερική πλευρά του τρυβλίου την ημερομηνία συλλογής του δείγματος αλλά και την δεξαμενή από όπου έχει συλλεχθεί. Είναι καθοριστικής σημασίας να τηρούμε το πρωτόκολλο για τέτοιου είδους διαδικασίες που αφορά προφυλάξεις οι οποίες πρέπει να εφαρμόζονται ούτως ώστε να ελαχιστοποιήσουμε τις πιθανότητες να παρουσιαστεί κάποια επιμόλυνση η οποία θα επηρεάσει κατά πολύ τα αποτελέσματα της εργασίας. Συγκεκριμένα, είναι βασικό όταν αλλάζουμε φίλτρο όσο αλλά και γενικότερα κατά την παρασκευή των δειγμάτων να ξεπλύνουμε την λαβίδα και τα υπόλοιπα μέρη της συσκευής που έρχονται σε επαφή με απιονισμένο νερό. Επίσης, υπάρχει ένα φίλτρο ανοιχτό σε όλη τη διαδικασία ώστε να εκτιμηθεί η επιμόλυνση από την παρουσία μικροπλαστικών στον αέρα.



Εικόνα 8: Συσκευή Διήθησης

Ξήρανση:

Μόλις τα τρυβλία είναι έτοιμα με το φίλτρο στο εσωτερικό, τα τοποθετούμε σε φούρνο με θερμοκρασία 40oC για 12 ώρες. Αυτό αποσκοπεί στο να στεγνώσει το φίλτρο και να είμαστε σε θέση να μελετήσουμε με μεγαλύτερη ευκολία τα μικροπλαστικά.

Βαφή μικροπλαστικών:

Λίγες ώρες προτού κάνουμε χρήση του στερεοσκοπίου για να ανιχνεύσουμε τα μικροπλαστικά, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να «βάψουμε» με μια ρόζ χρωστική (Nile Red) τα δείγματα για να είναι περισσότερο διακριτά και οπτικά αναγνωρίσιμα κατά την λήψη των φωτογραφιών. Αφού προστεθεί η χρωστική τοποθετούμε τα δείγματα στον φούρνο (40oC) για να στεγνώσουν τα φίλτρα.

2.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των μικροπλαστικών είναι αδύνατη η ανίχνευσή τους με γυμνό μάτι. Κοιτάξαμε κάθε δείγμα ξεχωριστά και καταγράψαμε κάποιες βασικές παραμέτρους του δείγματος, όπως σχήμα και μέγεθος για τα οποία έγινε περαιτέρω κατηγοριοποίηση στην πορεία. Αφού τοποθετήσαμε το φίλτρο στην βάση του στερεοσκοπίου, απομονώσαμε κάθε μικροπλαστικό και τραβήξαμε φωτογραφία ώστε να μπορούμε με το κατάλληλο πρόγραμμα να μετρήσουμε το μέγεθος του κάθε μικροπλαστικού και να το κατατάξουμε σε κατηγορίες ανάλογα με το σχήμα και το μέγεθος.

2.5.1 ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΟ

Το στερεοσκόπιο είναι ένα είδος μικροσκοπίου το οποίο χρησιμοποιείται για την παρατήρηση ενός δείγματος και βασίζεται στην αρχή της ανάκλασης του φωτός από την επιφάνεια. Ακολουθούνται δυο διαφορετικές οπτικές διαδρομές καθώς διαθέτει 2 διαφορετικούς φακούς. Με αυτόν τον τρόπο, έχουμε γωνίες θέασης τόσο από το αριστερό όσο και από το δεξιό μάτι. Έτσι υπάρχει δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης του δείγματος. Χάρη στην μέθοδο αυτή ο χρήστης μπορεί να αναλύσει και να επεξεργαστεί ακόμη και στερεά δείγματα με αρκετά μεγάλη λεπτομέρεια και σε με ανώμαλες επιφάνειες.



Εικόνα 9 : Στερεοσκόπιο (why.gr,2015)

2.5.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΩΝ

Τα στερεοσκόπια μπορούν να χωριστούν σε δυο βασικές κατηγορίες, που κάθε μια από αυτές έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Τα παλαιότερου τύπου στερεοσκόπια, πήραν το όνομά τους από τον εφευρέτη Greenough, που χρησιμοποιεί δυο σωλήνες σώματος, οι οποίοι παράγουν στερεοφωνικό εφέ. Νεότερου τύπου στερεοσκόπια έχουν ένα κοινό κύριο στόχο, το οποίο μοιράζεται σε ένα ζεύγος σωλήνων προσοφθάλμιου φακού και συστημάτων φακών. Οι δυο αυτές κατηγορίες στερεοσκοπίων μπορούν να εξοπλιστούν με φακούς αλλαγής μεγέθυνσης ή σύστημα συνεχούς μεγέθυνσης. Ο πρώτος σχεδιασμός διαθέτει δυο συμμετρικά και πανομοιότυπα οπτικά συστήματα, με ξεχωριστό προσοφθάλμιο φακό το καθένα αντικειμενικά διατεταγμένο σε ακριβή ευθυγράμμιση, μέσα σε ένα περίβλημα. Μεγάλο πλεονέκτημα αποτελούν τα υψηλά αριθμητικά ανοίγματα, το μεγάλο εύρος γωνιών στις οποίες ένα σύστημα μπορεί να δεχθεί ή να εκπέμπει φως. Αυτό επιτυγχάνεται λόγω της ομοιότητας στον σχεδιασμό, με τα κλασικά σύνθετα μικροσκόπια. Το αριθμητικό διάφραγμα χρησιμοποιείται στην μικροσκοπία για να περιγράψει τον κώνο αποδοχής ενός αντικειμένου και κατά συνέπεια την δυνατότητα συλλογής φωτογραφιών κατά την ανάλυσή του. Το μέγεθος, το κεντράρισμα, η εστίαση και η περιστροφή θα πρέπει να μην διαφοροποιούνται, πέρα από πολύ μικρές εξαιρέσεις, όπως την γωνία θέασης που προβάλλεται η εικόνα στον αμφιβληστροειδή. Όσον αφορά την θέαση το ένα μάτι βλέπει το αντικείμενο από την αριστερή πλευρά, ενώ το δεξί το ίδιο αντικείμενο από λίγο διαφορετική όψη. Στον δεύτερο σχεδιασμό παρέχεται η δυνατότητα αντιστάθμισης του μεγάλου κεντρικού στόχου, μεταθέτοντας τον στον άξονα δεξιά ή αριστερά του καναλιού.

Αυτό αποτελεί ένα πολύ δύσκολο καθήκον για όλα τα υπόλοιπα στερεοσκόπια, αν αναλογιστούμε πόσο δύσκολη και δαπανηρή είναι η κατασκευή στόχων από μεγάλα κομμάτια γυαλιού και η επίτευξη χρωματικών αποκλίσεων. Σε κάποια στερεοσκόπια ειδικά υπάρχει η δυνατότητα αντικατάστασης του μεγάλου αντικειμένου, με έναν συμβατικό στόχο διορθωμένο, που είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί στην προβολή και λήψη φωτογραφιών σε μεγάλες μεγεθύνσεις. Το μεγαλύτερο όμως πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας είναι το οπτικό σύστημα απείρου. Μια παράλληλη διαδρομή φωτός, με δυο άξονες για τα κανάλια, βρίσκεται μεταξύ αντικειμενικής και αφαιρούμενης διάταξης κεφαλής παρατήρησης. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η προσθήκη εξοπλισμού, όπως για παράδειγμα δέσμες ακτινών, ομοαξονικούς επισκοπικούς φωτιστές, ενδιάμεσους σωλήνες μεταφοράς εικόνας στο κενό μεταξύ σώματος και κεφαλής. Στα στερεοσκόπια Greenough δεν μπορούμε να είμαστε τόσο ευέλικτοι. Δεν μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα ποιο από τα δυο είναι καλύτερο, καθώς δεν υπάρχουν ούτε κριτήρια αλλά ούτε και δείκτες απόδοσης για αυτά τα δυο σχέδια. Τα σύγχρονα στερεοσκόπια έχουν μεγαλύτερη ισχύ συλλογής φωτογραφιών σε σχέση με τα παλαιότερα και διορθώνονται ευκολότερα για οπτική εκτροπή. Κάποιες παρατηρήσεις αποτυπώνονται καλύτερα με ένα συμβατικό στερεοσκόπιο, όμως κάποια χρειάζονται αποκλειστικά τον σχεδιασμό του Greenough.

Εν κατακλείδι, είναι προσωπική απόφαση του χρήστη ποιο από τα δυο θα διαλέξει, βάσει στρατηγικής. Συνήθως για πιο περίπλοκες εφαρμογές που ενδέχεται και να απαιτούν την αγορά επιπλέον εξαρτημάτων προτιμάται τα κοινά αντικειμενικά στερεοσκόπια, με υψηλή ανάλυση. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε εργαστήρια έρευνας και ανάπτυξης ενώ τα Greenough σε γραμμές παραγωγής εργοστασίων, λόγω κόστους κατασκευής. (arch duth, 2017)

2.6 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΗΣ ΚΑΘΕ ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΟΥ

Για την ορθή επεξεργασία και μελέτη των αποτελεσμάτων, θα πρέπει μέσω των φωτογραφιών που βγάλαμε, να κατηγοριοποιήσουμε το κάθε μικροπλαστικό.

Τα θραύσματα είναι πολύ μικρά κομμάτια πλαστικού.

Οι ίνες παραπέμπουν σε κλωστές, είτε ευθείες είτε με ακαθόριστο σχήμα.

Τα σφαιρίδια (pellet) έχουν την μορφή μικρή σφαίρας και τις περισσότερες φορές είναι αδιαφανή.

Το σκοινί έχει ακαθόριστο σχήμα, σε αρκετές περιπτώσεις μοιάζει με τις ίνες, αλλά μπορούμε να το ξεχωρίσουμε από την τραχύτητα και το πάχος που εμφανίζει.



Εικόνα 10 : Κατηγορίες μικροπλαστικών ανάλογα με το σχήμα

[Environmental Pollution, Fate and impact of microplastics and nanoplastics in the environment, Fate of microplastics in wastewater treatment plants and their environmental dispersion with effluent and sludge, December 2019]

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για να προχωρήσουμε στην επεξεργασία και ανάλυση των φωτογραφιών που τραβήχτηκαν από το στερεοσκόπιο, κάναμε χρήση του προγράμματος ImageJ. Μέσω αυτής της εφαρμογής καθορίσαμε τις διαστάσεις των μικροπλαστικών που εμπεριέχονται σε δείγματα αποβλήτων των δεξαμενών αερισμού και αναερόβιας χώνευσης της ΕΕΛ Χανίων. Στο τέλος, γίνεται η καταγραφή των αποτελεσμάτων στους αντίστοιχους πίνακες.

3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Παρατηρώντας μια προς μια τις φωτογραφίες που τραβήξαμε στο ΜΑΙΧ με το στερεοσκόπιο κατατάσσουμε τα μικροπλαστικά στις κατηγορίες που αναφέρθηκαν παραπάνω ανάλογα με το σχήμα τους.

- Υπολογισμός αριθμού μικροπλαστικών στις υποκατηγορίες
Στο σημείο αυτό υπολογίζεται με την κατάλληλη εντολή στο περιβάλλον του excel (SUM) ο αριθμός των μικροπλαστικών σε κάθε υποκατηγορία αλλά και συνολικά που αφορά μια συγκεκριμένη ημερομηνία συλλογής δείγματος της εκάστοτε δεξαμενής.

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία αυτή για όλες τις αντιπροσωπευτικές ημερομηνίες (καλοκαιρινοί και χειμερινοί μήνες), ακολουθούν κάποιες μέσες τιμές (mean, stdev) του συνόλου των μικροπλαστικών και της αντίστοιχης συγκέντρωσης των μικροπλαστικών για κάθε μήνα ξεχωριστά (3 το καλοκαίρι και 3 τον χειμώνα) και για τις δύο δεξαμενές. Συμπληρωματικά, γίνονται οι ίδιοι υπολογισμοί για τους τρεις καλοκαιρινούς και χειμερινούς μήνες μαζί, τιμές οι οποίες θα μας οδηγήσουν σε χρήσιμα συμπεράσματα στην πορεία συγκρίνοντας τα και φτιάχνοντας τα διαγράμματα που μας ενδιαφέρουν.

Αμέσως σειρά έχει να μετρήσουμε το μέγεθος των μικροπλαστικών, εστιάζοντας στο μήκος της μεγαλύτερης διατομής ως μήκος (ferret diameter) για όλα τα μικροπλαστικά.

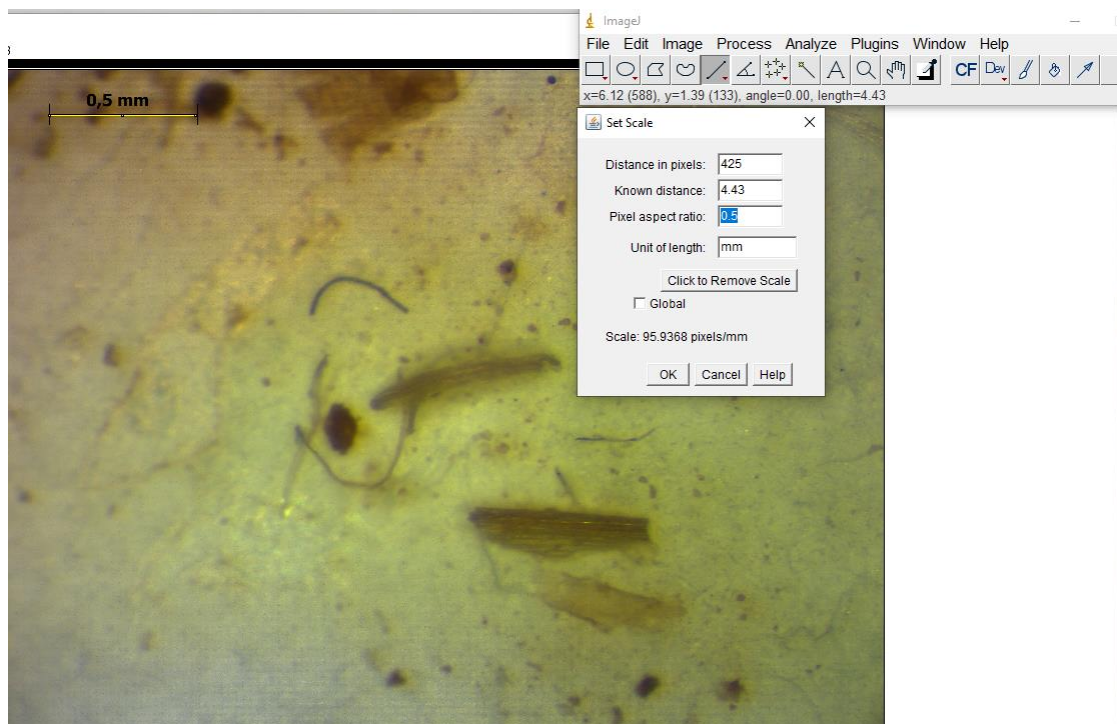
Ο όγκος των μεμονωμένων MP σωματιδίων κάνοντας ορισμένες παραδοχές εκτιμήθηκε ως εξής :

- Θραύσμα: «ορθογώνιο σχήμα παραλληλεπίπεδου» με ύψος και πλάτος το ένα τρίτο του μήκους σύμφωνα με τη μέτρησή μας
 $V_{fragment} = 1/9 L^3$
- Ίνες: υποτίθεται ότι είχαν «κυλινδρικό σχήμα» με διάμετρο των 15 μm ($= 2r$).
 $V_{fiber} = \pi r^2 L$.
- Φύλλο: Όλα τα σωματίδια MP-φύλου θεωρήσαμε ότι είχαν σχήμα «ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου» όμοια με το θραύσμα, αλλά με ύψος (H) = 20 μm .
 $V_{sheet} = 1/3 L^2 H$.
- Σφαίρα: Όλα τα σωματίδια σφαιρικής-MP υποτίθεται ότι είχαν «σφαιρικό» σχήμα
 $V_{pellet} = 4/3 \pi r^3$

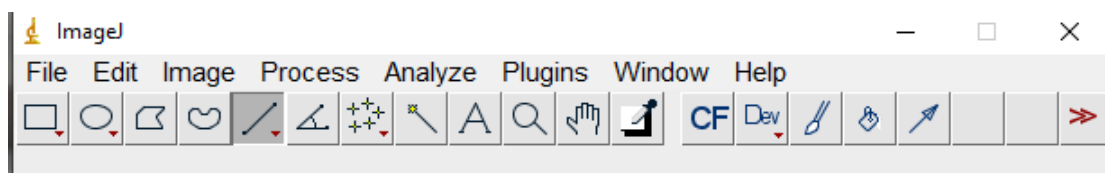
3.1.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ –IMAGEJ

Είναι μια αλληλουχία βημάτων που βασίζονται στο πρωτόκολλο λειτουργίας του συγκεκριμένου προγράμματος που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης για να φτάσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα που είναι η επεξεργασία και ανάλυση των φωτογραφιών. Ξεκινώντας, στο “analyse”, “set measurements” επιλέγουμε τα εξής: area, shape descriptors, ferret diameter. Μετά, εισάγουμε στο πρόγραμμα την φωτογραφία που θέλουμε να μελετήσουμε. Σε αυτό το σημείο, είναι κομβικής σημασίας να ορίσουμε την κλίμακα σύμφωνα με την οποία τραβήχτηκε η φωτογραφία προκειμένου οι τιμές που θα υπολογιστούν να είναι ορθές και έγκυρες.

Αυτό επιτυγχάνεται στο “analyze” “setscale” σημειώνοντας εκεί την σωστή μονάδα μέτρησης και το νούμερο της κλίμακας της φωτογραφίας για να συμβαδίζει με το πρόγραμμα. Αμέσως, μαρκάρουμε το μικροπλαστικό ένα κάνοντας χρήση του σωστού σχήματος που ταιριάζει στην κάθε περίπτωση (παράδειγμα εικόνων που ακολουθούν για ίνα). Τώρα πλέον, πατώντας CTRL+ιμας παρουσιάζεται ένας πίνακας με διάφορες τιμές (results). Η παράμετρος που μας ενδιαφέρει και καταγράφουμε στους ειδικά διαμορφωμένους συγκεντρωτικούς πίνακες excel είναι το feret number που αντιστοιχεί στο μέγεθος του μικροπλαστικού.



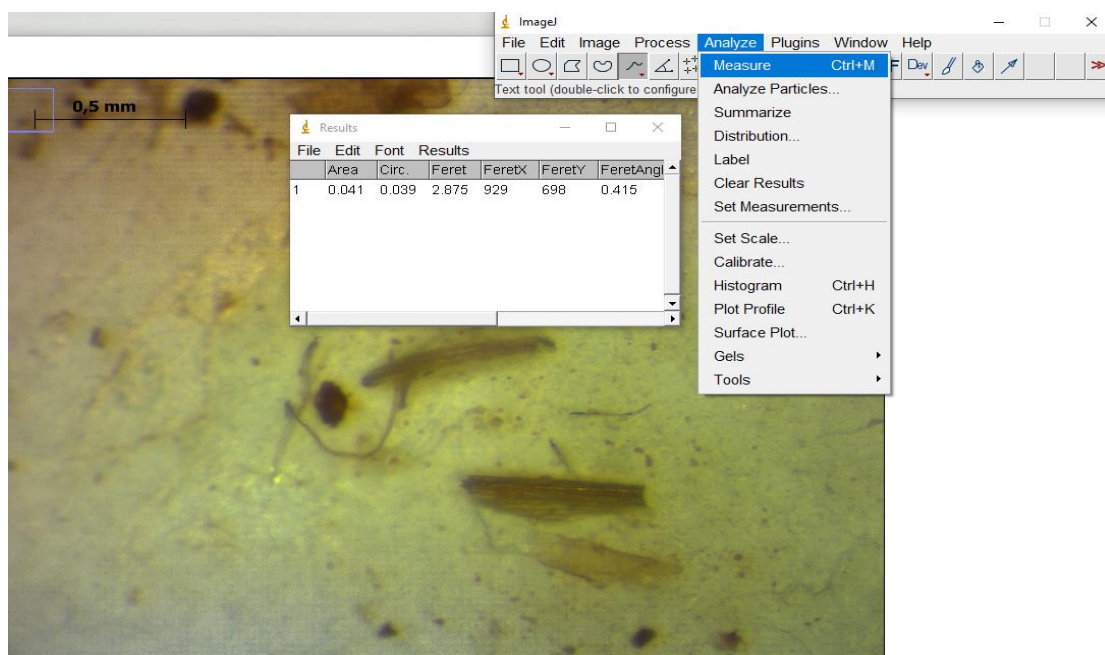
Εικόνα 10 : Πρώτο στάδιο – Ορισμός κλίμακας



Εικόνα 11: Δεύτερο Στάδιο – Καθορισμός σχήματος των MP's



Εικόνα 12: Τρίτο Στάδιο – Σχεδιασμός MP's



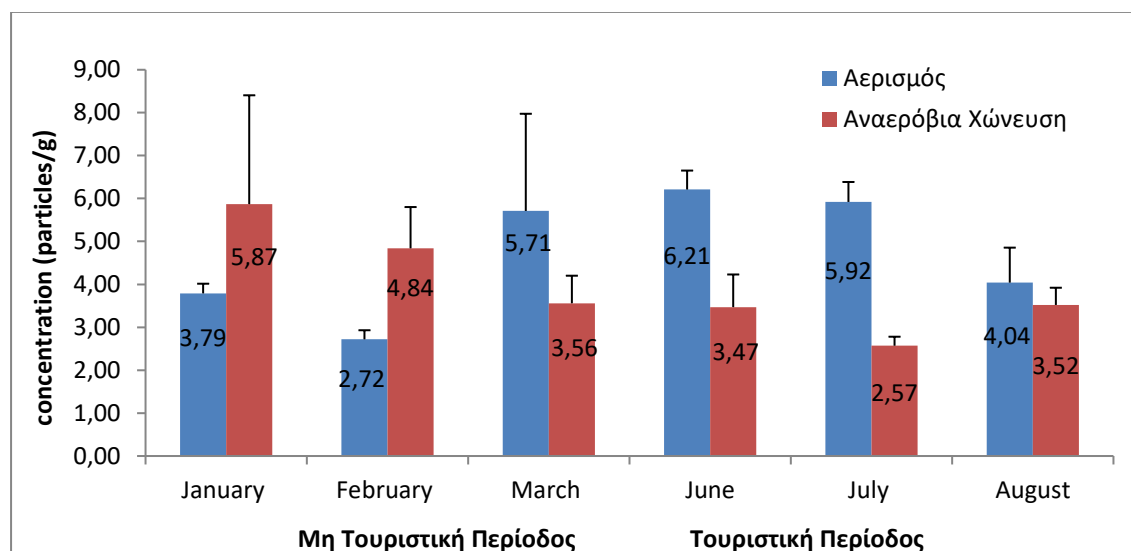
Εικόνα 13: Τέταρτο Στάδιο – Υπολογισμός Μεγεθους

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στα αποτελέσματα παρουσιάζονται μια σειρά από γραφήματα με βάση τρεις διαφορετικές παραμέτρους που αφορούν τα μικροπλαστικά στις δύο δεξαμενές μελέτης. Αυτές είναι η συγκέντρωση, οι κλάσεις μεγεθών των MPs και τέλος το σχήμα τους. Έτσι γίνεται μια σύγκριση ανάλογα με την εποχή (τουριστική και μη τουριστική περίοδος) για κάθε δεξαμενή που συλλέχθηκε το δείγμα.

4.1 ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

4.1.1 ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ



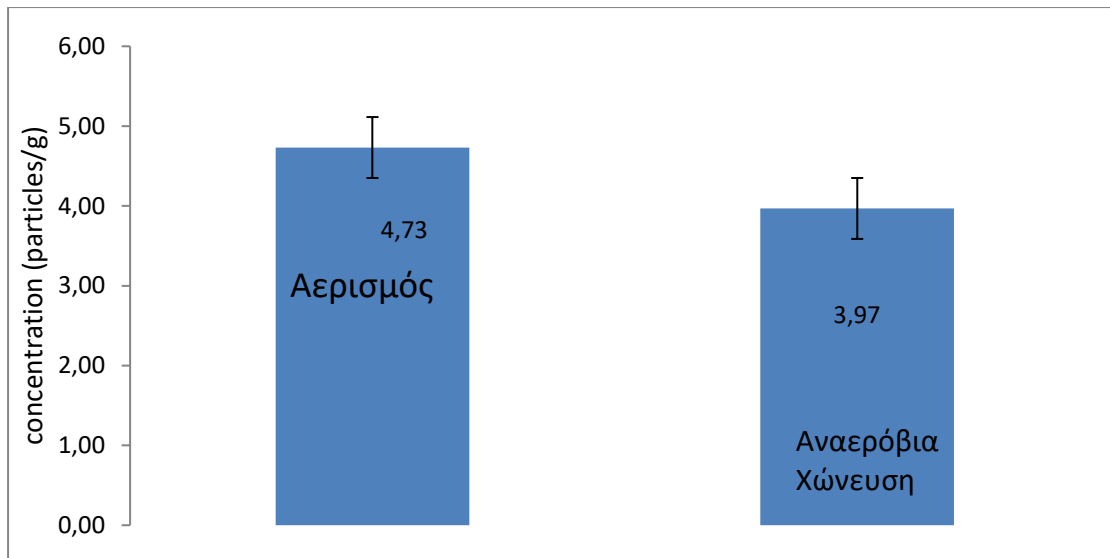
Σχήμα 1 : Συγκέντρωση μικροπλαστικών στις δεξαμενές αερισμού και αναερόβιας χώνευσης ανά μήνα δειγματοληψίας.

Σύμφωνα με το παραπάνω γράφημα (σχήμα 1) μπορούμε να καταλήξουμε στο ότι την τουριστική περίοδο οι συγκεντρώσεις των μικροπλαστικών στον αερισμό είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες της αναερόβιας χώνευσης. Σε αντίθετη περίπτωση, την μη τουριστική περίοδο, τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο, μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζουν τα δείγματα της αναερόβιας χώνευσης. Μεγαλύτερη τιμή της συγκέντρωσης των μικροπλαστικών έχουμε στην δεξαμενή του αερισμού τον Ιούνιο (6,21particles/g) ενώ χαμηλότερη στην δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης τον μήνα Ιούλιο (2.55 particles/g).

Την τουριστική περίοδο για την δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης, παρατηρήθηκε ότι τα δείγματα έχουν χαμηλότερες τιμές συγκεντρώσεων απ' ό,τι την χειμερινή σεζόν (μη τουριστική περίοδος), ενώ θα περιμέναμε να συμβεί το αντίστροφο.

Αυτό, λόγω του γεγονότος ότι την τουριστική περίοδο έχουμε αρκετά μεγαλύτερο όγκο υγρών αστικών αποβλήτων καθώς τα Χανιά αποτελούν κατεξοχήν τουριστικό προορισμό τους καλοκαιρινούς μήνες. Φαίνεται ότι, ο όγκος των λυμάτων δεν είναι καθοριστικός παράγοντας για την εμφάνιση μικροπλαστικών, αλλά είναι άλλες συνθήκες που επηρεάζουν τον αριθμό τους. Ένας από αυτούς είναι η αποδοτικότητα των μηχανημάτων της εγκατάστασης. Το καλοκαίρι κρίνεται αναγκαίο να λειτουργούν με μεγαλύτερη ισχύ για να καλύψουν τις ανάγκες του πληθυσμού, ενώ τον χειμώνα που έχει προβλεφθεί ο αριθμός των μόνιμων κατοίκων, ίσως αδρανοποιείται ένας μέρος του εξοπλισμού της ΕΕΛ-Χανίων για εξοικονόμηση χρημάτων και ενέργειας. Στην δεξαμενή αερισμού την τουριστική περίοδο, σημειώθηκαν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μικροπλαστικών σε σχέση με την μη τουριστική περίοδο. Άρα, έχει να κάνει και με την δεξαμενή την οποία μελετάμε και όχι μόνο από την εποχή (χειμώνας ή καλοκαίρι). Η δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης απομακρύνει περισσότερα μικροπλαστικά σε αντίθεση με αυτήν του αερισμού, η οποία προηγείται και λειτουργεί σαν συσσωρευτής-παγίδα.

Ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα συγκεντρώσεων από δείγματα υγρών αποβλήτων άλλων χωρών αποτελούν οι ΗΠΑ με 1000 particles/g, η Φινλανδία με 170900 particles/g, ο Καναδάς με 14900 particles/g, η Σκωτία με 3460 particles/g, η Ιταλία με 113000 particles/g και η Κίνα με εύρος τιμών 1565-56386 particles/g. (*Environmental Science : article "Water Research", Royal Society of Chemistry, 11 September 2019*)

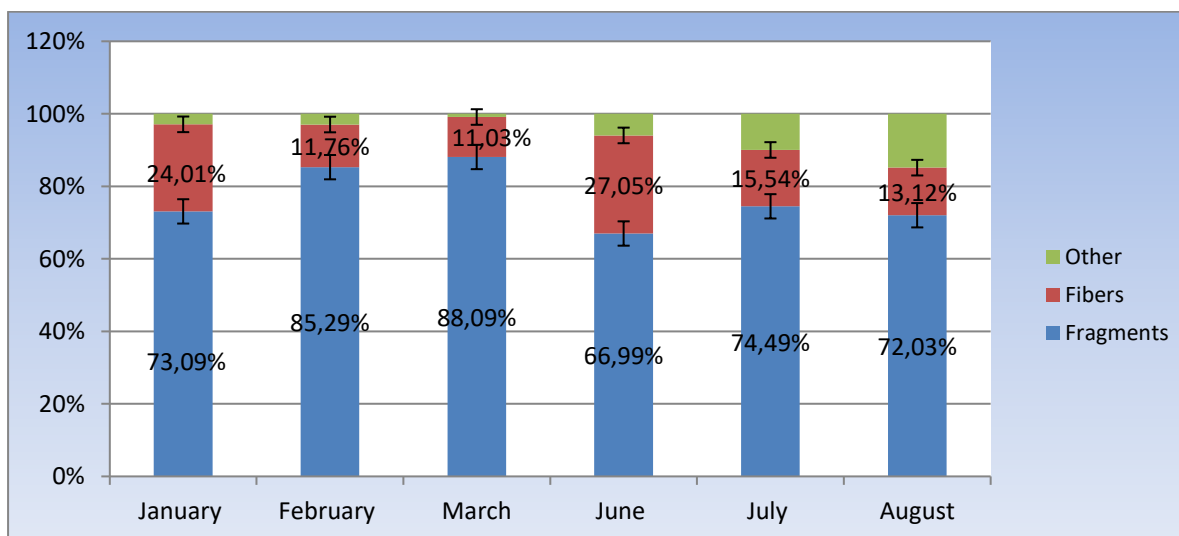


Σχήμα 2 : Μέσος όρος συγκέντρωσης μικροπλαστικών για όλους τους μήνες ανά δεξαμενή.

Συνολικά για όλους τους μήνες, τουριστικής και μη τουριστικής περιόδου, γίνεται αντιληπτό ότι στον αερισμό κάνουν την εμφάνισή τους υψηλότερες τιμές συγκεντρώσεων MPs σε σχέση με την αναερόβια χώνευση (σχήμα 2). Συγκεκριμένα, οι τιμές είναι 4.73 particles/g και 3.97 particles/g αντίστοιχα.

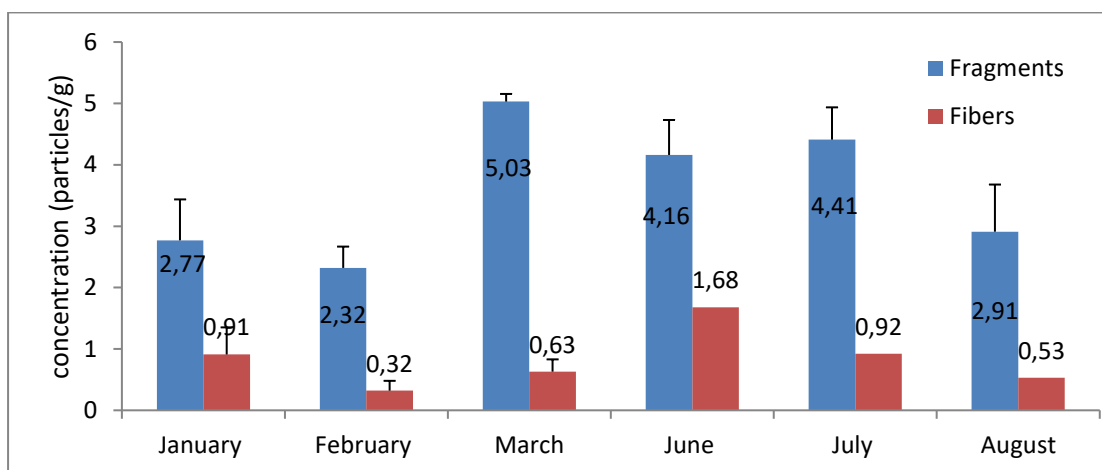
4.1.2 ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΜΕΒΑΣΗ ΤΟ ΣΧΗΜΑ ΤΩΝ MPs(ΠΟΣΟΣΤΟ %)

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ:



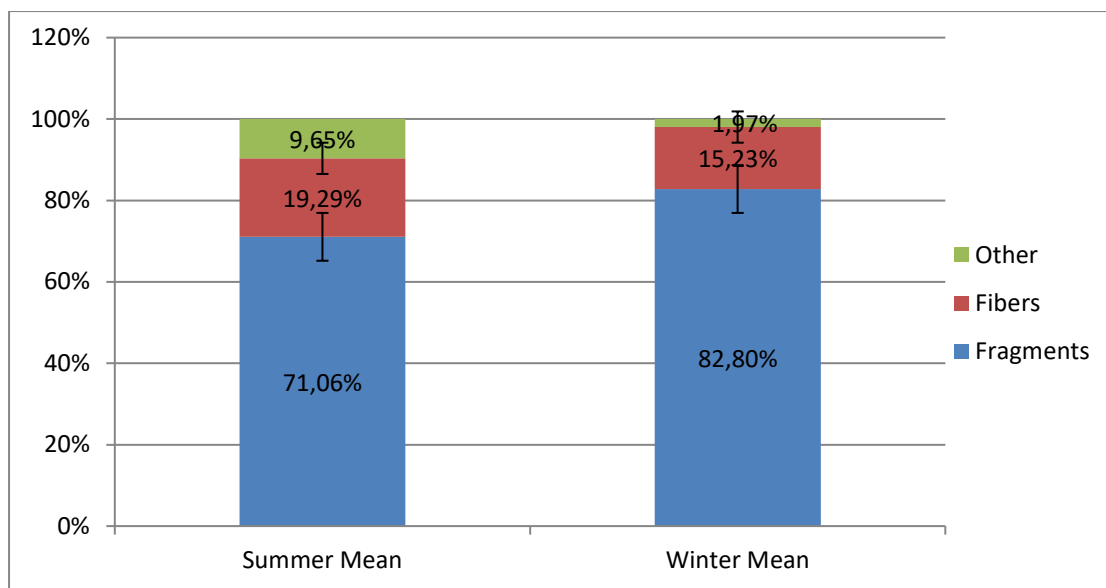
Σχήμα 3 : Ποσοστιαία κατάταξη των σχημάτων των μικροπλαστικών ανά μήνα δειγματοληψίας για την δεξαμενή αερισμού

Από το σχήμα 3 καταλήγουμε στο ότι όλους τους μήνες δειγματοληψίας, καλοκαιρινούς και χειμερινούς, τα θραύσματα σημειώνουν με διαφορά το μεγαλύτερο ποσοστό (της τάξεως του 65%-85%). Αμέσως μετά ακολουθούν οι ίνες (fibers) και στην τελευταία θέση κατέχοντας την μικρότερη αναλογία είναι όλα τα υπόλοιπα είδη σχημάτων μικροπλαστικών. Τον μήνα Μάρτιο το 88,09% των μικροπλαστικών είναι θραύσματα, το υψηλότερο ποσοστό ανάμεσα σε όλους τους μήνες. Τον ίδιο μήνα τα υπόλοιπα MPs, όλα δηλαδή εκτός των ινών και των θραυσμάτων, σημειώνουν το πιο χαμηλό ποσοστό (0,88%).



Σχήμα 4 : Συγκέντρωση των θραυσμάτων και των ινών για την δεξαμενή αερισμού ανά μήνα δειγματοληψίας

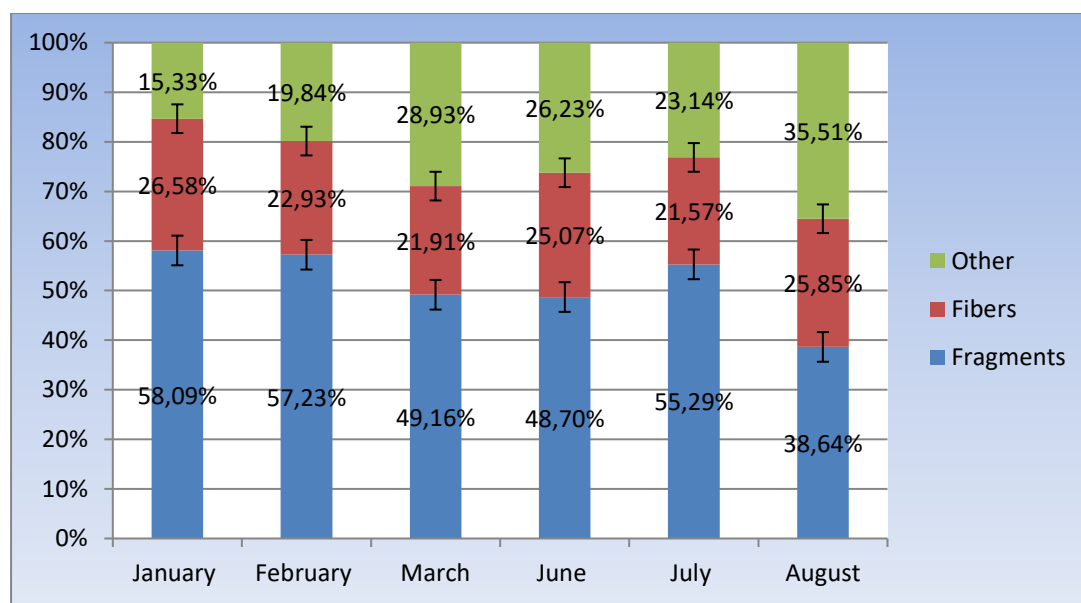
Αναφορικά με την συγκέντρωση των δειγμάτων από την δεξαμενή αερισμού σε μικροπλαστικά ανά κατηγορία σχήματος, είναι φανερό ότι τα θραύσματα εμφανίζουν με διαφορά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε μικροπλαστικά απ' ότι οι ίνες (σχήμα 4). Η μεγαλύτερη απόκλιση πραγματοποιείται τον Μάρτιο, όπου τα θραύσματα παρουσιάζουν συγκέντρωση 5,03 particles/g και οι ίνες 0,63 particles/g. Επίσης, κατά βάση οι καλοκαιρινοί μήνες (τουριστική περίοδος) έχουν υψηλότερες τιμές συγκεντρώσεων σε σχέση με τους χειμερινούς (μη τουριστική περίοδος).



Σχήμα 5 : Συγκέντρωση των θραυσμάτων, των ινών και λοιπών μικροπλαστικών για την δεξαμενή αερισμού την καλοκαιρινή και χειμερινή περίοδο

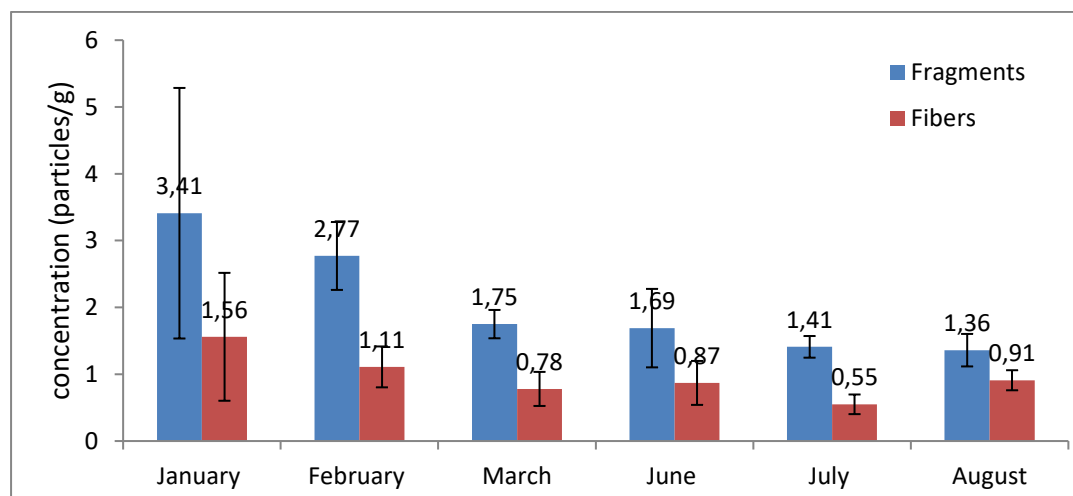
Συνολικά, τόσο για τους θερινούς όσο και για τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται ίδια σύσταση των σχημάτων των MPs με κάποιες διαφοροποιήσεις στα ποσοστά (σχήμα 5). Η πιο αξιοσημείωτη ανάμεσα σε αυτές είναι στο ποσοστό των «υπολοίπων σχημάτων»(others), εκτός των θραυσμάτων και των ινών, όπου κατά την τουριστική σεζόν αποτελούν το 9,65% των MPs σε αντίθεση με την μη τουριστική που παρουσιάζουν ποσοστό μόλις 1.97%.

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ:



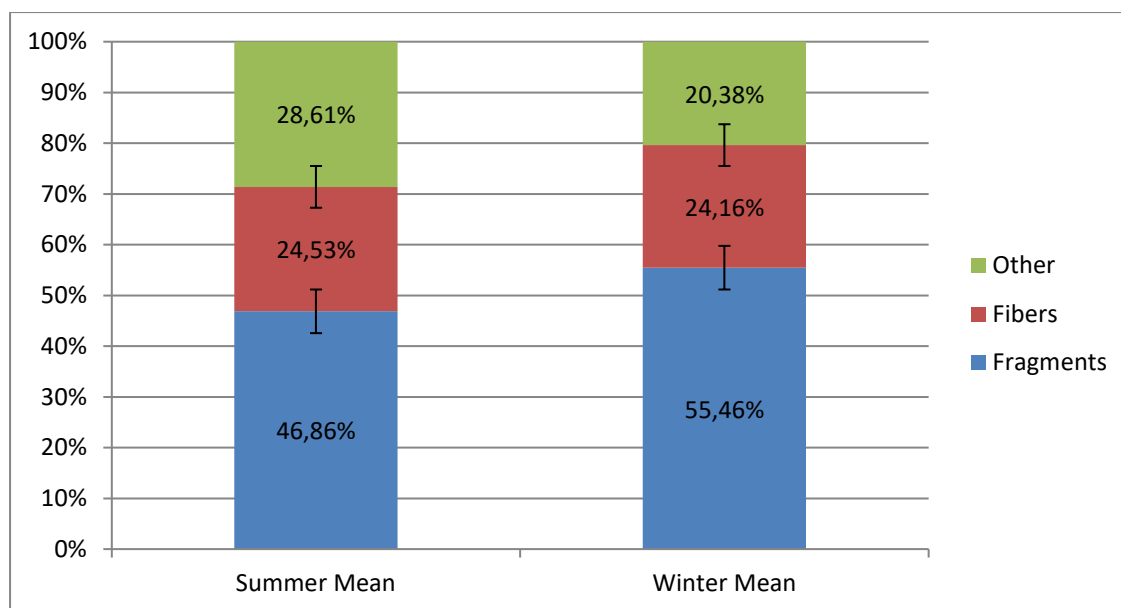
Σχήμα 6 : Ποσοστιαία κατανομή των θραυσμάτων και των ινών της αναερόβιας χώνευσης ανά μήνα δειγματοληψίας

Σε όλους τους μήνες, όπως και στην δεξαμενή αερισμού, το μεγαλύτερο ποσοστό των μικροπλαστικών ανήκει στην κατηγορία των θραυσμάτων με την μεγαλύτερη τιμή να σημειώνεται τον Ιανουάριο (58,09%) (σχήμα 6). Τον ίδιο μήνα τα υπόλοιπα είδη σχημάτων κατέχουν την μικρότερη τιμή ανάμεσα σε όλους τους μήνες μελέτης (15,33%). Επιπλέον, την μικρότερη διακύμανση στα ποσοστά από μήνα σε μήνα εμφανίζουν οι ίνες με εύρος τιμών (21-27%). Σε αντίθεση με τον Ιανουάριο, ο Αύγουστος είναι ο μήνας με το μικρότερο ποσοστό θραυσμάτων και το μεγαλύτερο στα υπόλοιπα σχήματα (38,64% και 35,51% αντίστοιχα).



Σχήμα 7 : Συγκέντρωση των θραυσμάτων και των ινών για την δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης ανά μήνα δειγματοληψίας

Ο Ιανουάριος αποτελεί τον μήνα με τις υψηλότερες τιμές συγκεντρώσεων μικροπλαστικών τόσο σε θραύσματα (3,41particles/g) όσο και σε ίνες (1.56 particles/g) (σχήμα 7). Τους τρεις χειμερινούς μήνες, τα δείγματα υγρού αποβλήτου από την δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης της ΕΕΛ Χανίων εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές συγκεντρώσεων σε σχέση με τους θερινούς μήνες και θραύσματα αλλά και στις ίνες, με εξαίρεση τον Μάρτιο όπου και υπάρχει μια σχετική πτώση στην τιμή (0.78 particles/g).



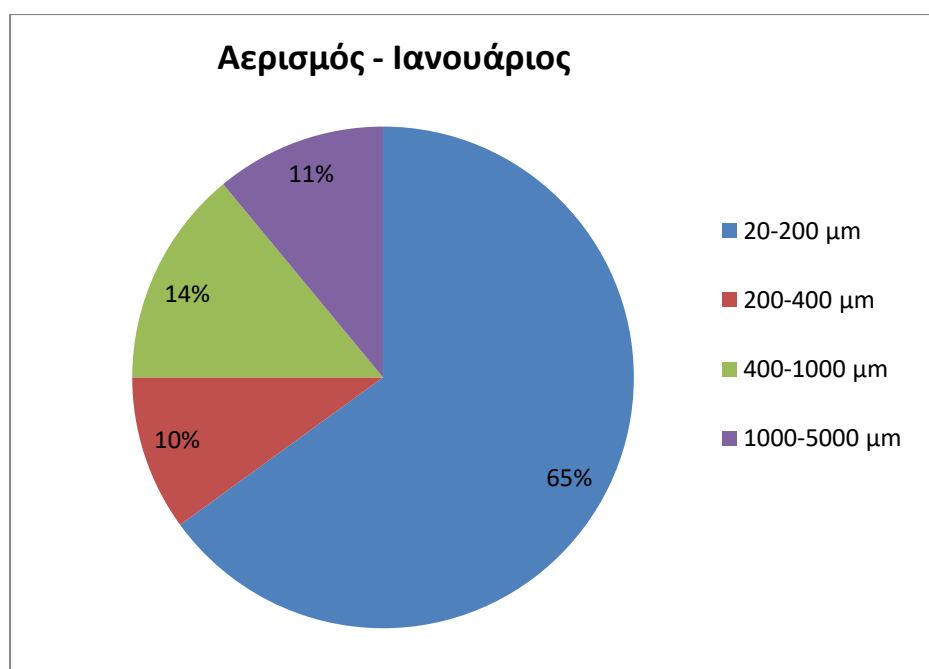
Σχήμα 8 : Συγκέντρωση των θραυσμάτων, των ινών και λοιπών μικροπλαστικών για την δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης την καλοκαιρινή και χειμερινή περίοδο

Συγκεντρωτικά για την τουριστική και μη περίοδο μπορούμε να αποφανθούμε από το ανωτέρω γράφημα ότι κυρίαρχη θέση κατέχουν και στις δυο περιπτώσεις τα θραύσματα (46.86% και 55.46% κατά αντιστοιχία) (σχήμα 8). Ακόμη, παρατηρούμε ότι στην περίοδο του χειμώνα ακολουθούν, μετά τα fragments, οι ίνες (24,16%) και στην τελευταία θέση με το μικρότερο ποσοστό είναι όλα τα υπόλοιπα (other), ενώ την καλοκαιρινή περίοδο την δεύτερη θέση κατέχουν τα υπόλοιπα σχήματα (28,61%) μικροπλαστικών και την τρίτη και τελευταία οι ίνες (24,53%).

4.1.3 ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ MPs- ΚΛΑΣΕΙΣ – ΚΑΤΑΝΟΜΗ %

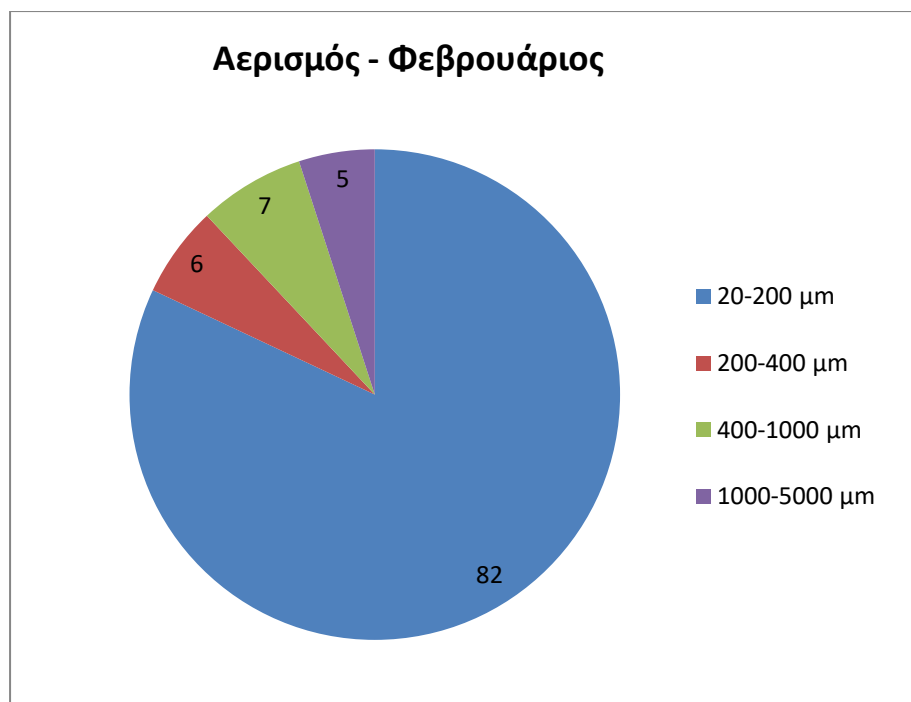
Πραγματοποιείται διαχωρισμός σε κλάσεις ανάλογα με το μέγεθος των μικροπλαστικών. Οι κλάσεις είναι οι εξής : 20-200, 200-400, 400-1000, 1000-5000 (μm). Τελικά γίνεται καταμέτρηση για κάθε εύρος τιμών και προκύπτει το ποσοστό των MPs σε κάθε κλάση σε σχέση πάντα με το σύνολο των μικροπλαστικών που βρέθηκαν. Η διαδικασία αυτή γίνεται για κάθε δεξαμενή χωριστά.

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ:



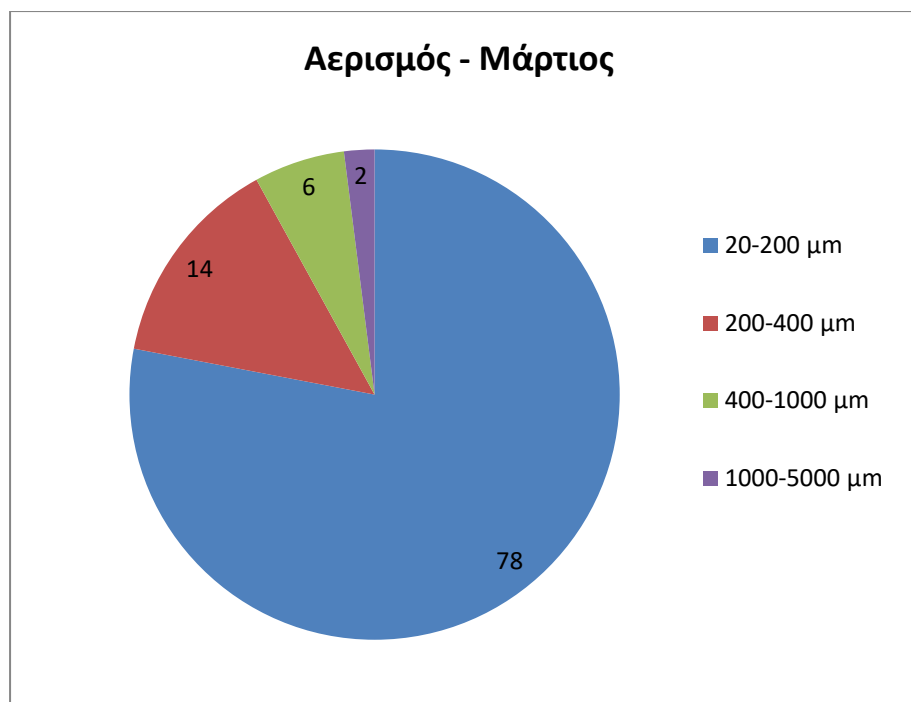
Σχήμα 9 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής αερισμού για τον μήνα Ιανουάριο

Για το εν λόγω δείγμα παρατηρούμε ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά από πλευράς μεγέθους ανήκουν στην πρώτη κατηγορία, ήτοι 20-200 μm (65%), το οποίο αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό (σχήμα 9). Ακολουθούν με χαμηλό ποσοστό οι υπόλοιπες κλάσεις με ποσοστά 10-15%.



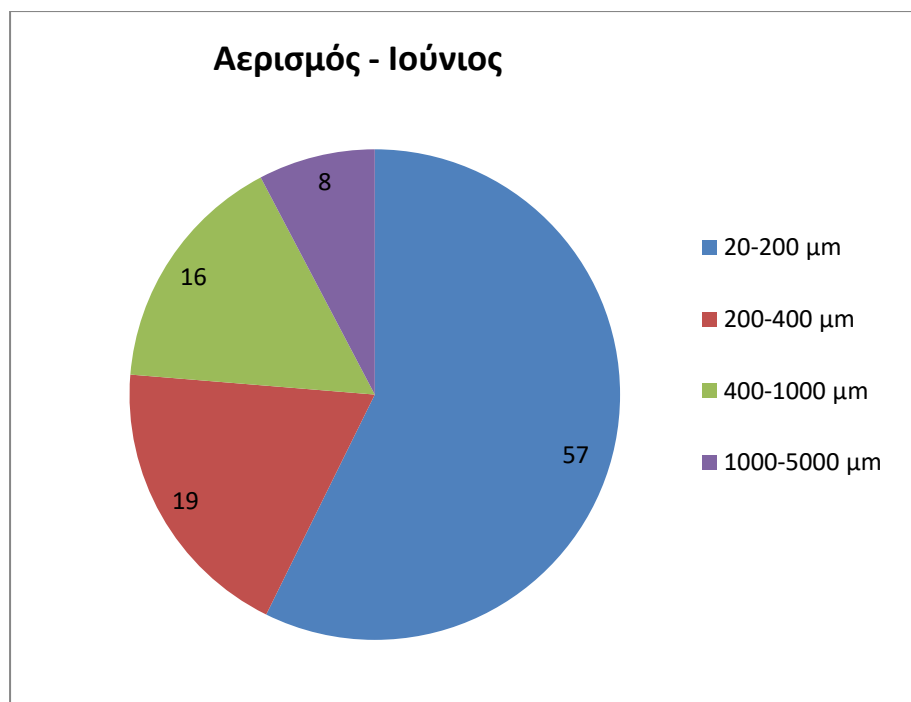
Σχήμα 10 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής αερισμού για τον μήνα Φεβρουάριο

Στο συγκεκριμένο γράφημα είναι εμφανές ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία 20-200 μm σε ποσοστό 82% που είναι και το υψηλότερο για την δείγματα της δεξαμενής αερισμού (σχήμα 10). Έπονται οι υπόλοιπες κατηγορίες (6%, 7% και 5%) για 200-400 μm , 400-1000 μm και 1000-5000 μm .



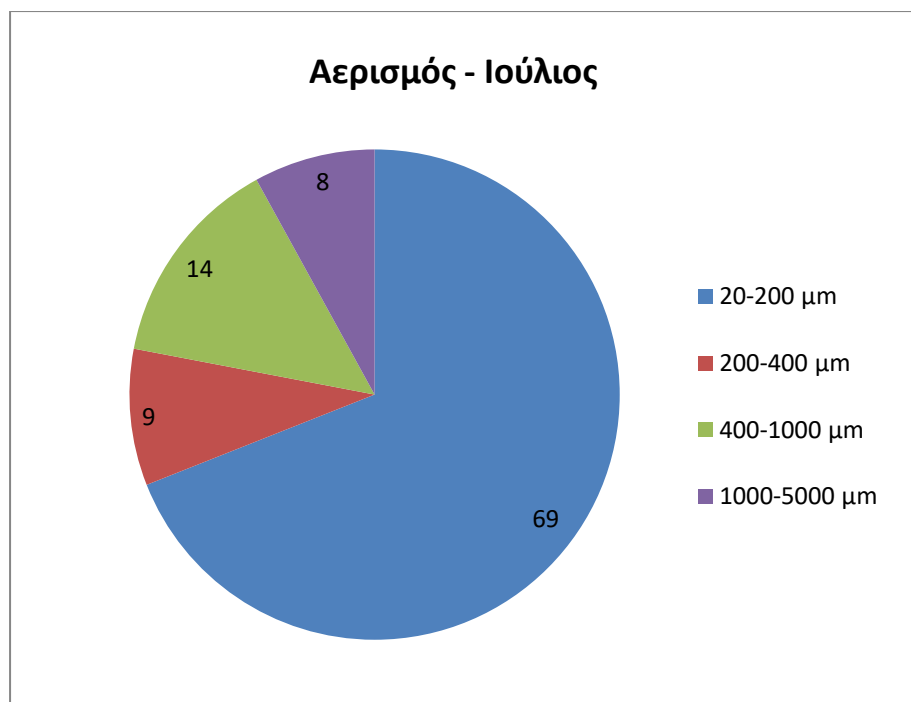
Σχήμα 11 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής αερισμού για τον μήνα Μάρτιο

Στο συγκεκριμένο γράφημα είναι εμφανές ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία 20-200 μm σε ποσοστό 78% (σχήμα 11). Έπονται οι υπόλοιπες κατηγορίες 200-400 μm , 400-1000 μm και 1000-5000 μm με ποσοστά 14%, 6% και 2%. Στο δείγμα αυτό εν ολίγης υπάρχουν ελάχιστα μικροπλαστικά με μέγεθος από 1000-5000 μm και το 2% είναι η χαμηλότερη αναλογία που έχουμε συναντήσει στην δεξαμενή αερισμού.



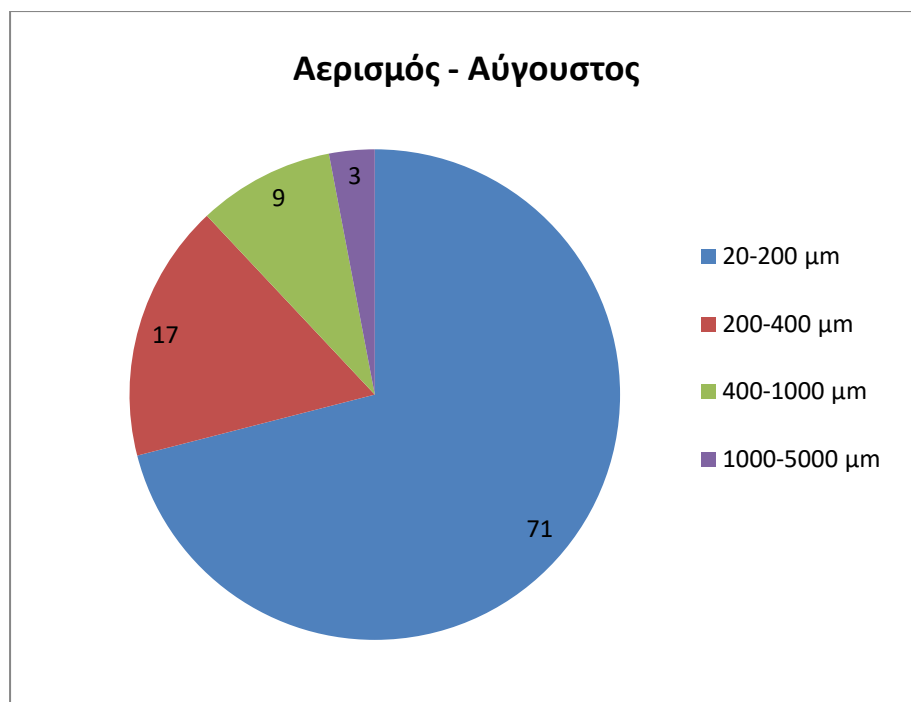
Σχήμα 12 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής αερισμού για τον μήνα Ιούνιο

Με γνώμονα το παραπάνω γράφημα (σχήμα 12), καταλήγουμε στο ότι παραπάνω από τα μισά μικροπλαστικά της συγκεκριμένης δειγματοληψίας ανήκουν στην κατηγορία των 20-200 μm . Με σημαντικό ποσοστό ακολουθούν οι κλάσεις 200-400 μm και 400-1000 μm , σε σύγκριση με τους υπόλοιπους μήνες 19% και 16% κατά αντιστοιχία. Στο τέλος, με χαμηλό ποσοστό είναι η κλάση των MPs με μέγεθος από 1000-5000 μm (8%).



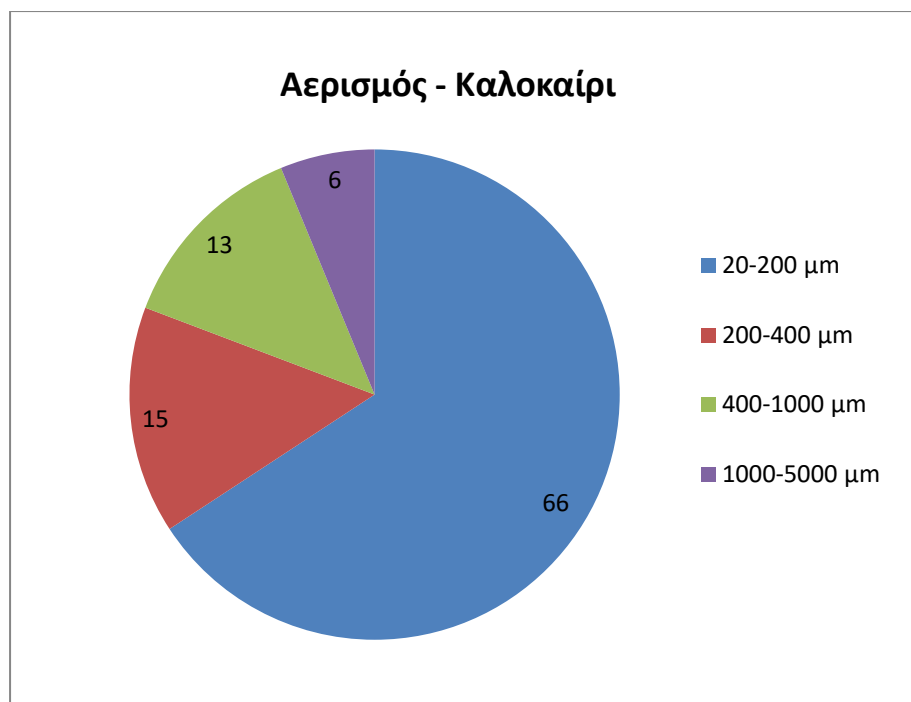
Σχήμα 13 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής αερισμού για τον μήνα Ιούλιο

Στο συγκεκριμένο γράφημα είναι εμφανές ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία 20-200 μm σε ποσοστό 69% (σχήμα 13). Έπονται οι υπόλοιπες κατηγορίες 200-400 μm , 400-1000 μm και 1000-5000 μm με ποσοστά 9%, 14% και 8%.



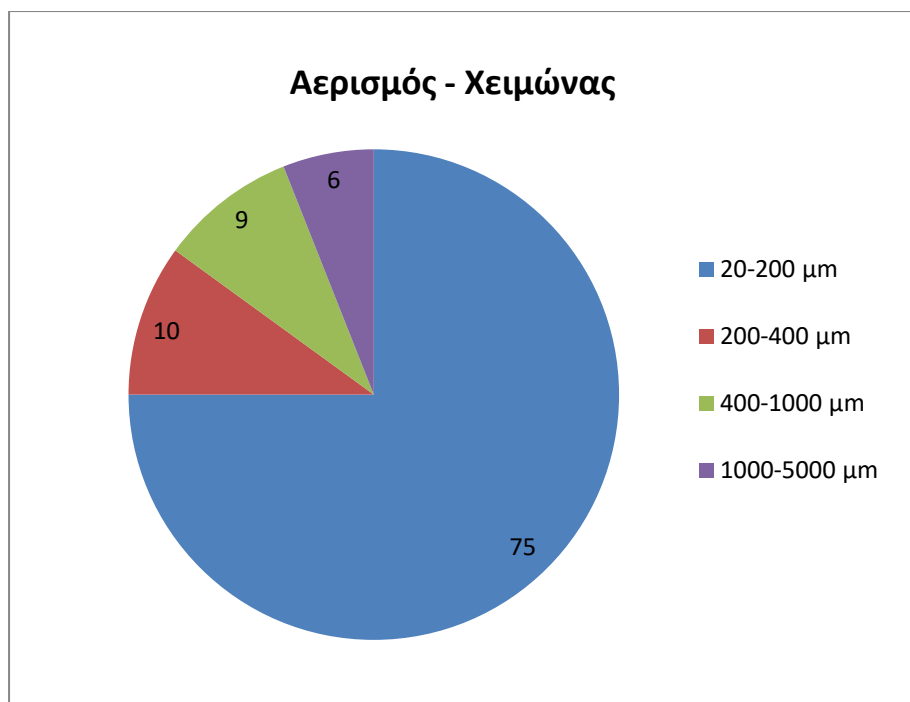
Σχήμα 14 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής αερισμού για τον μήνα Αύγουστο

Στο συγκεκριμένο γράφημα είναι εμφανές ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία 20-200 μm σε ποσοστό 71% (σχήμα 14). Έπονται οι υπόλοιπες κατηγορίες 200-400 μm , 400-1000 μm και 1000-5000 μm με ποσοστά 17%, 9% και 3%.



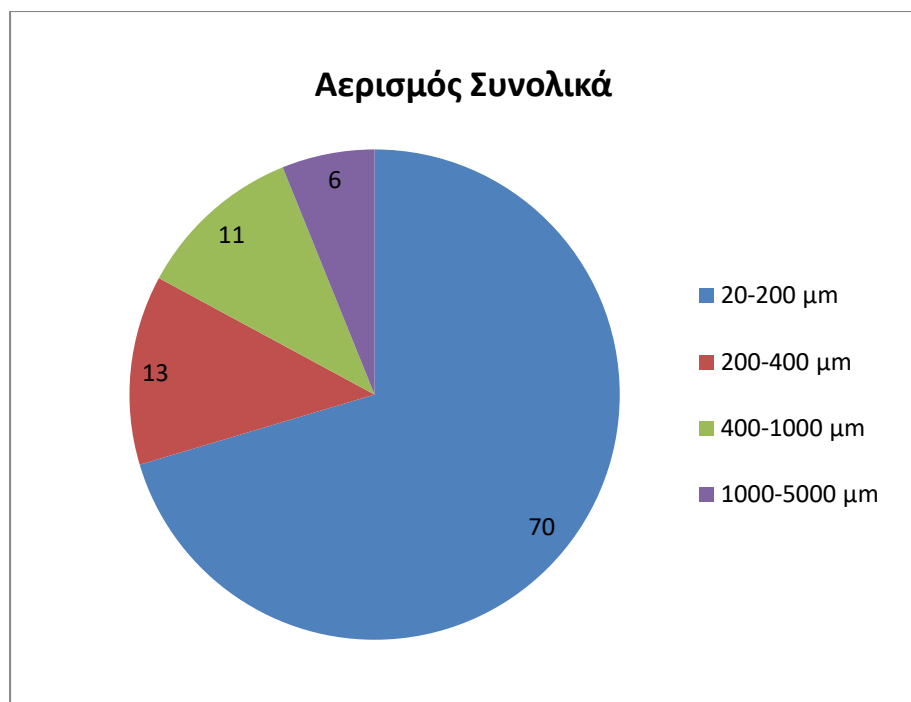
Σχήμα 15 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής αερισμού για την περίοδο των τριών μηνών του καλοκαιριού (τουριστική περίοδος)

Στο συγκεκριμένο γράφημα είναι εμφανές ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία 20-200 μm σε ποσοστό 66% (σχήμα 15). Έπονται οι υπόλοιπες κατηγορίες 200-400 μm , 400-1000 μm και 1000-5000 μm με ποσοστά 15%, 13% και 6%.



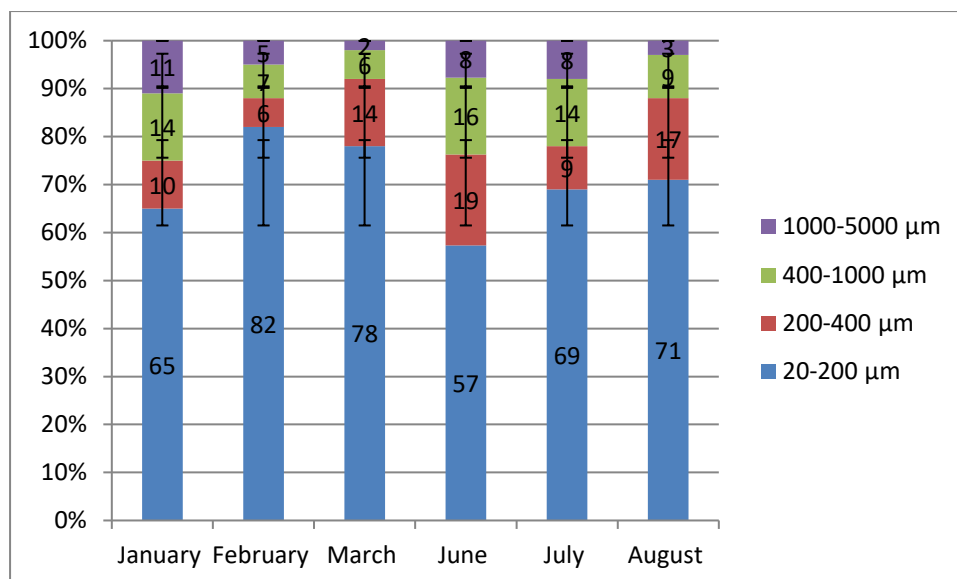
Σχήμα 16 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής αερισμού για την περίοδο των τριών μηνών του χειμώνα (μη τουριστική περίοδος)

Στο συγκεκριμένο γράφημα είναι εμφανές ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία 20-200 μm σε ποσοστό 75% (σχήμα 16). Έπονται οι υπόλοιπες κατηγορίες 200-400 μm , 400-1000 μm και 1000-5000 μm με ποσοστά 10%, 9% και 6%.



Σχήμα 17 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής αερισμού για την τουριστική και μη τουριστική περίοδο συνολικά

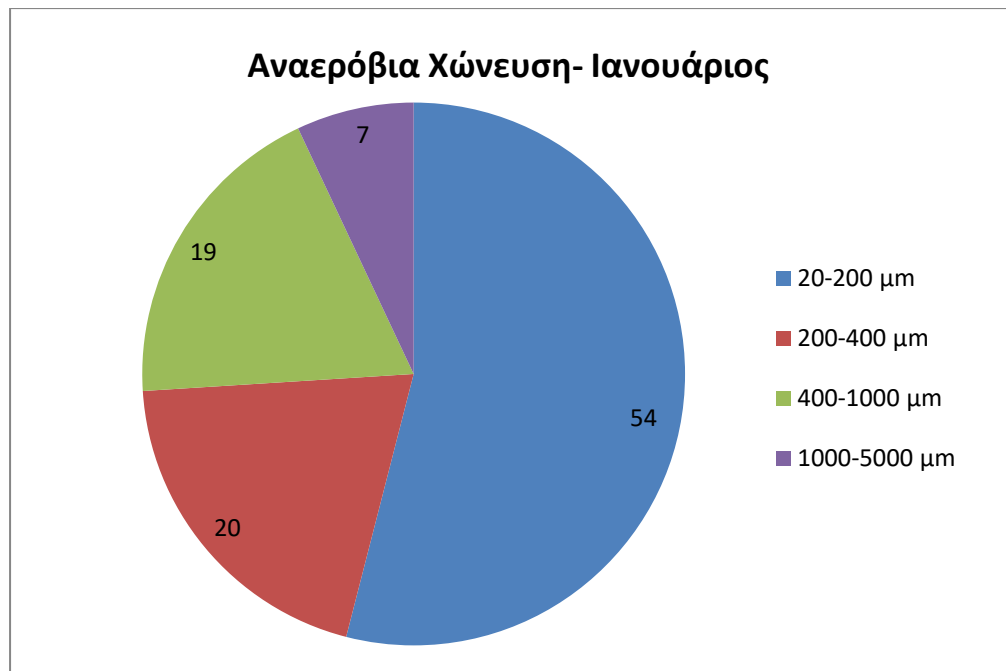
Στο συγκεκριμένο γράφημα είναι εμφανές ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία 20-200 μm σε ποσοστό 70% (σχήμα 17). Έπονται οι υπόλοιπες κατηγορίες 200-400 μm , 400-1000 μm και 1000-5000 μm με ποσοστά 13%, 11% και 6%.



Σχήμα 18: Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής αερισμού ανά μήνα δειγματοληψίας ξεχωριστά

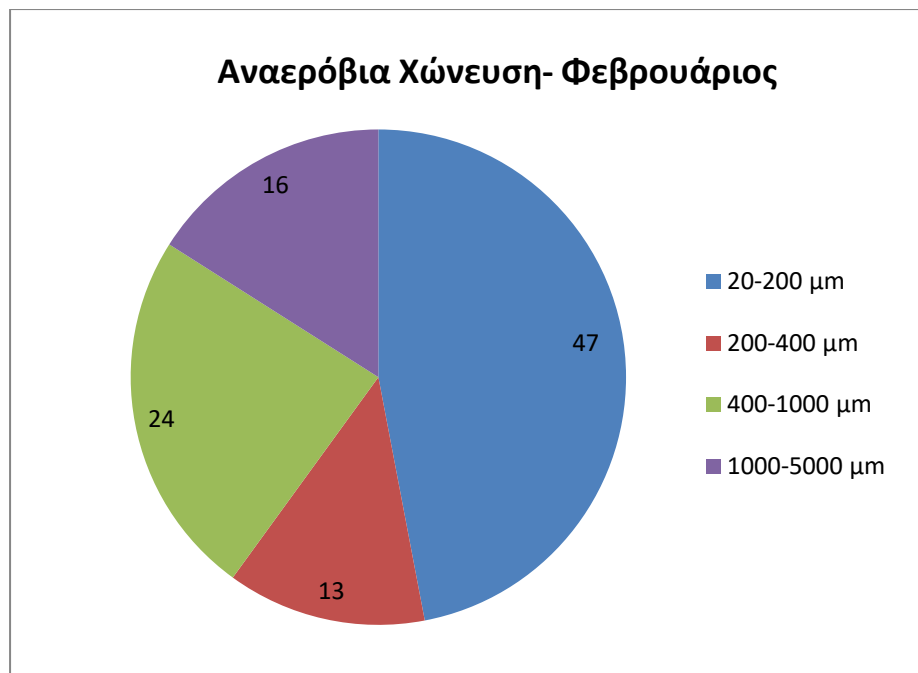
Ο μήνας Μάρτιος έχει τον μικρότερο αριθμό μικροπλαστικών μεγέθους της μεγαλύτερης κατηγορίας από τις τέσσερις (μόλις 2%) (σχήμα 18). Ο Φεβρουάριος και ο Μάρτιος παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ποσοστό MPστης πρώτης κατηγορίας 20-200 μm, 82% και 78% αντίστοιχα. Ο Ιούνιος, μήνας τουριστικής περιόδου, σημειώνει το μικρότερο ποσοστό στην πρώτη κλάση 20-200 μm, με τιμή να ανέρχεται στο 57% του συνόλου των MPs του δείγματος. Επίσης, στον ίδιο μήνα το 19% των μικροπλαστικών ανήκει στην κατηγορία 200-400 μm, ποσοστό μεγαλύτερο σε σχέση με τους υπόλοιπους μήνες τουριστικής και μη τουριστικής περιόδου.

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ:



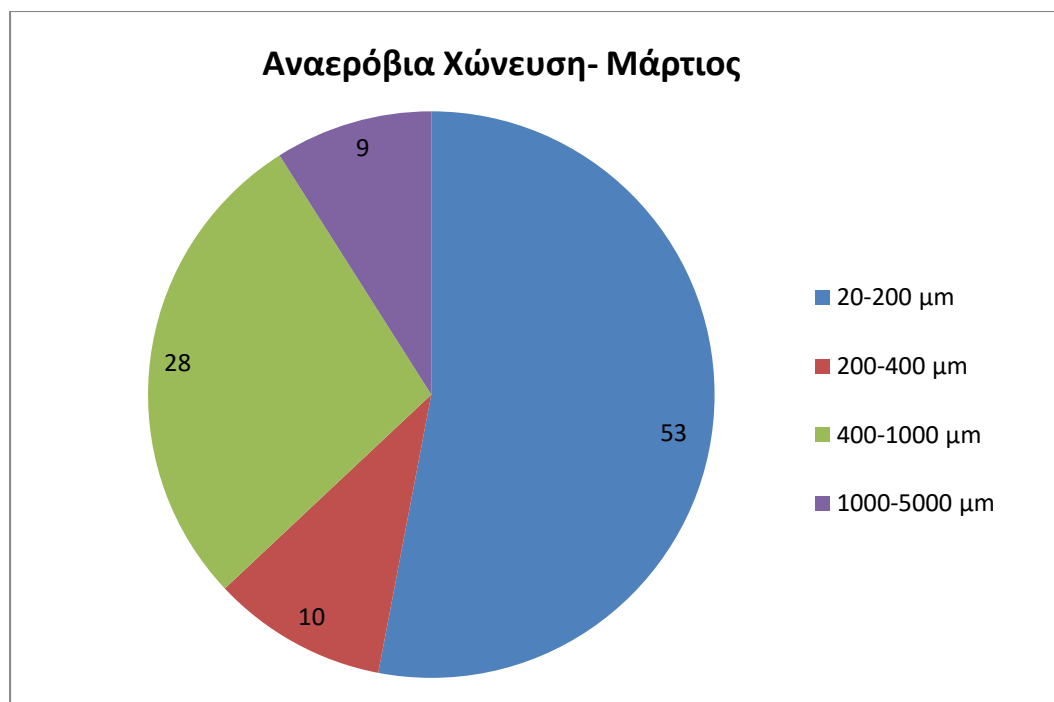
Σχήμα 19 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής της αναερόβιας χώνευσης για τον μήνα Ιανουάριο

Σύμφωνα με το ανωτέρω διάγραμμα είναι ξεκάθαρο πως λίγο παραπάνω από το ήμισυ των μικροπλαστικών έχουν μέγεθος μεταξύ 20-200 μm (54%) (σχήμα 19). Σημαντικό ποσοστό, 20% και 19% σημειώνουν οι κατηγορίες 200-400 μm και 400-1000 μm . Τελευταία κλάση ανέρχεται εκείνη των πιο μεγάλων MPs 1000-5000 μm με μόλις 7%.



Σχήμα 20: Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής της αναερόβιας χώνευσης για τον μήνα Φεβρουάριο

Είναι η πρώτη φορά που η κατηγορία 20-200 μm καταγράφει ποσοστό μικρότερο του 50% (σχήμα 20). Αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερα ποσοστά στις υπόλοιπες κλάσεις. Στην δεύτερη θέση, κάτι το οποίο δεν έχουμε ξανασυναντήσει ως τώρα, ακολουθεί η κατηγορία 400-1000 μm .



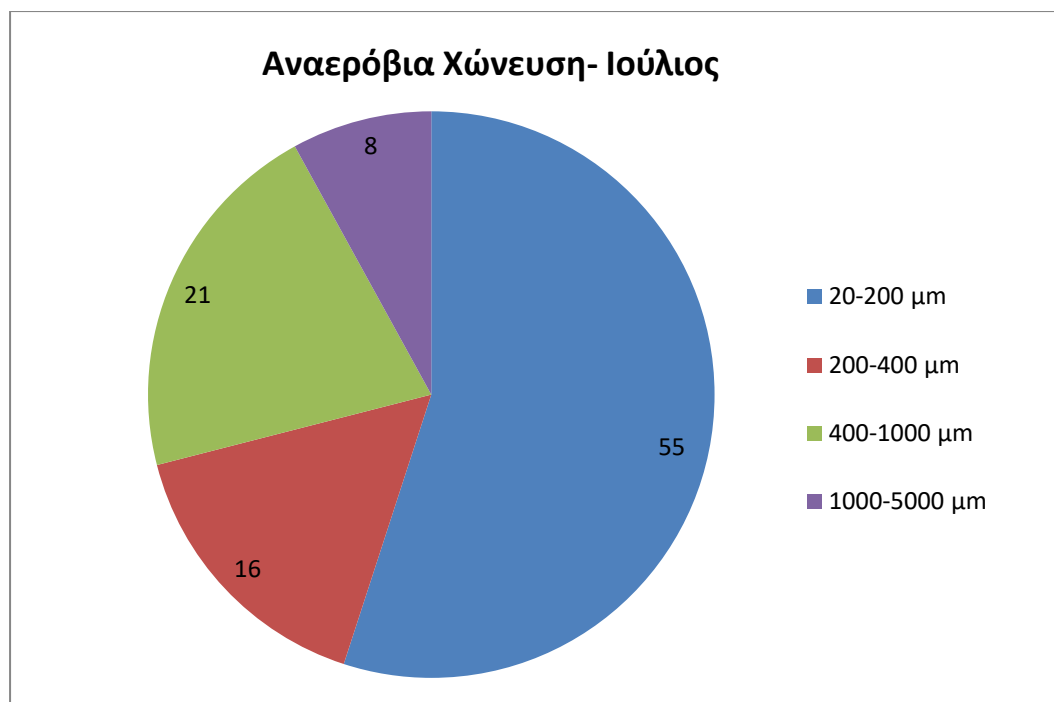
Σχήμα 21 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής της αναερόβιας χώνευσης για τον μήνα Μάρτιο

Παρόμοια κατανομή αναλογιών με αυτή του Φεβρουαρίου παρουσιάζει κι αυτή του Μαρτίου (σχήμα 21). Πρώτη όπως ήτανε αναμενόμενο έρχεται η κλάση των 0-200 μm (53%). Αμέσως μετά 400-1000 μm με σχετικά υψηλό ποσοστό (28%). 9% και 10% των μικροπλαστικών έχουν μέγεθος 1000-5000 μm και 200-400 μm αντίστοιχα.



Σχήμα 22 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής της αναερόβιας χώνευσης για τον μήνα Ιούνιο

Στο συγκεκριμένο γράφημα είναι εμφανές ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία 20-200 μm σε ποσοστό 51% (σχήμα 22). Έπονται οι υπόλοιπες κατηγορίες 200-400 μm, 400-1000 μm και 1000-5000 μm με ποσοστά 16%,23% και 10%.



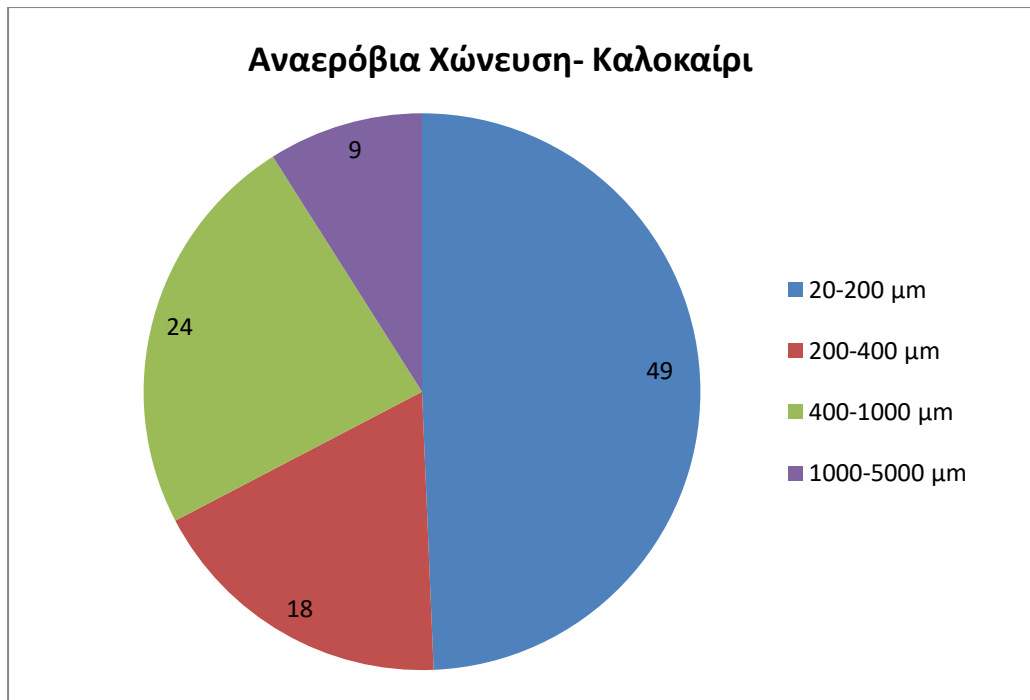
Σχήμα 23 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής της αναερόβιας χώνευσης για τον μήνα Ιούλιο

Στο συγκεκριμένο γράφημα είναι εμφανές ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία 20-200 μm σε ποσοστό 55% (Σχήμα 23). Έπονται οι υπόλοιπες κατηγορίες 200-400 μm, 400-1000 μm και 1000-5000 μm με ποσοστά 16%, 21% και 8%.



Σχήμα 24 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής της αναερόβιας χώνευσης για τον μήνα Αύγουστο

Το 42% των MPs ανήκει στην πρώτη και μικρότερη κατηγορία μεγεθών 20-200 μm (σχήμα 24). Σε αυτή τη περίπτωση του δείγματος, σε υψηλά επίπεδα κυμαίνονται και οι κατηγορίες 200-400 μm και 400-1000 μm με ποσοστά 22% και 27% έκαστη. Στο τέλος, με μόλις 7% έρχεται η κλάση με τα πιο μεγάλα μικροπλαστικά 1000-5000 μm (7%).



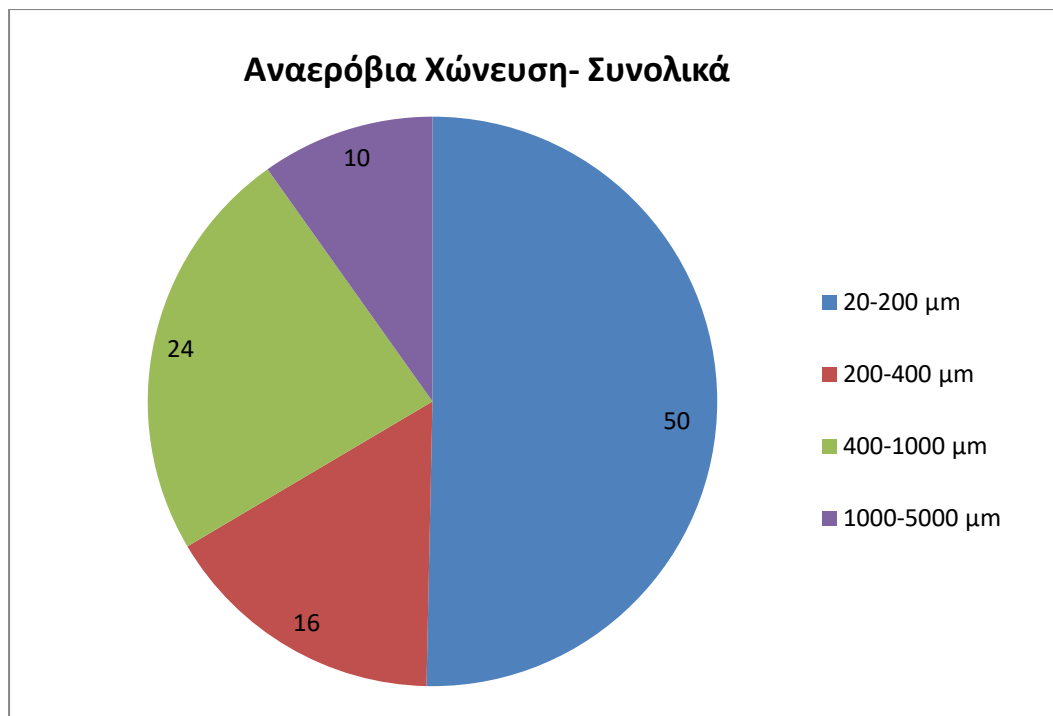
Σχήμα 25 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής της αναερόβιας χώνευσης για την περίοδο των τριών μηνών του καλοκαιριού (τουριστική περίοδος)

Στο συγκεκριμένο γράφημα είναι εμφανές ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία 20-200 μm σε ποσοστό 49% (Σχήμα 25). Ακολουθούν οι υπόλοιπες κατηγορίες 200-400 μm , 400-1000 μm και 1000-5000 μm με ποσοστά 18%, 24% και 9% αντίστοιχα.



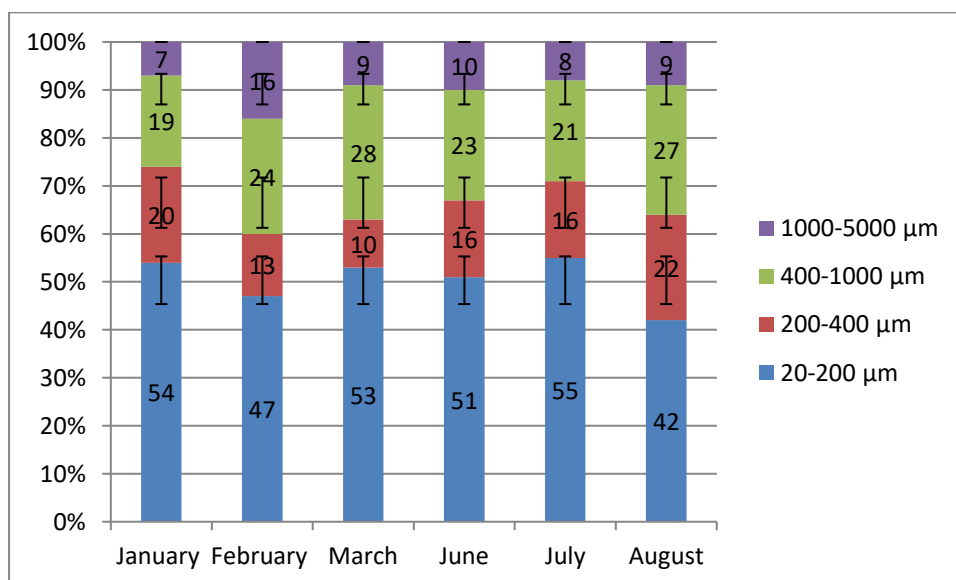
Σχήμα 26 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής της αναερόβιας χώνευσης για την περίοδο των τριών μηνών του χειμώνα (τουριστική περίοδος)

Στο συγκεκριμένο γράφημα είναι εμφανές ότι τα περισσότερα μικροπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία 20-200 μm σε ποσοστό 51% (Σχήμα 26). Έπονται οι υπόλοιπες κατηγορίες 200-400 μm , 400-1000 μm και 1000-5000 μm με ποσοστά 14%, 24% και 11%.



Σχήμα 27 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής της αναερόβιας χώνευσης για την τουριστική και μη τουριστική περίοδο συνολικά

Στο συγκεκριμένο γράφημα είναι εμφανές ότι ακριβώς τα μισά (50%) μικροπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία 20-200 μm. Ακολουθούν οι υπόλοιπες κατηγορίες 200-400 μm, 400-1000 μm και 1000-5000 μm με ποσοστά 16%,24% και 10% αντίστοιχα.



Σχήμα 28 : Ποσοστό κλάσεων μεγέθους μικροπλαστικών της δεξαμενής αναερόβιας χώνευσης ανά κάθε μήνα δειγματοληψίας ξεχωριστά

Παρατηρούμε ότι το υψηλότερο ποσοστό μικροπλαστικών σε κατηγορία μεγέθους παρουσιάζεται στην κλάση των 20-200 τον μήνα Ιούλιο (55%) (Σχήμα 28). Τον Φεβρουάριο η κατηγορία 1000-5000 μm ανέρχεται στο ποσοστό του 16% το οποίο είναι αισθητά πιο υψηλό από τους υπόλοιπους μήνες δειγματοληψίας.

4.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΕΛ ΑΛΛΩΝ ΧΩΡΩΝ

Πίνακας 1 : Ενδεικτικές τιμές συγκεντρώσεων και μεγέθους μικροπλαστικών άλλων χωρών. Environmental Science : article “Water Research”, Royal Society of Chemistry, 11 September 2019) :

Χώρα	Συγκέντρωση (particle/kg)	Μέγεθος (μm)
Ελλάδα **	9500-16000	50-1450
Ιταλία	113000	0.159-5000
Κορέα	1620-13275	106-300
Καναδάς	14900	>1
Σουηδία	16700	300-5000
ΗΠΑ	1000	400-5000
Σκωτία	3460	>65
Ολλανδία	510-760 (ww)	300-5000
Φινλανδία	170900	250-5000
Κίνα	1565-56386	37-5000
Ιρλανδία	4196-15385	250-4000
Γερμανία	1000-24000	20-300
Ισπανία	-	75-850
Νορβηγία	1701-19837	54-4987

**** Οι τιμές(πίνακας 1) της συγκέντρωσης και του μεγέθους προκύπτουν από την επεξεργασία των δειγμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας (Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων του Δήμου Χανίων)**

Παρατηρούμε ότι, η Φινλανδία είναι η χώρα ανάμεσα στις οποίες η συγκέντρωση (particles/kg) των μικροπλαστικών σε δείγμα χωνευμένης λάσπης ξηρού βάρους είναι στην υψηλότερη τιμή, γεγονός που την καθιστά ιδιαίτερα ρυπογόνα. Αμέσως μετά, ακολουθεί μια ευρωπαϊκή χώρα, η Ιταλία. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί πως οι ΗΠΑ παρουσιάζουν πολύ χαμηλό αριθμό σωματιδίων ανά κιλό δείγματος, μόλις 1000, κάτι το οποίο τους κατατάσσει σε ιδιαίτερα προνομιακή και ευνοϊκή θέση. Ακόμη μεγάλο εύρος τιμών συγκέντρωσης εμφανίζουν η Κίνα, η Γερμανία και η Νορβηγία. Αυτό σημαίνει μεγάλη αστάθεια και υψηλές διακυμάνσεις της ιλύος.

Σε ότι έχει να κάνει με το μέγεθος των μικροπλαστικών, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα είναι εμφανές ότι ο Καναδάς, η Κορέα, η Γερμανία και η Ισπανία είναι οι χώρες με τα μικρότερα μικροπλαστικά κατά μέσο όρο.

Οι τιμές στις τρεις αυτές χώρες κυμαίνονται σε παρόμοια επίπεδα. Τώρα, όσον αφορά για το ποιο κράτος διαθέτει τα μεγαλύτερα σωματίδια μικροπλαστικών, με βάση τα δεδομένα του συγκεκριμένου πίνακα δεν μπορούμε να καταλήξουμε με σιγουριά καθώς υπάρχει μια σειρά από χώρες με εύρος που συμπίπτει στο ανώτερο όριο. Αυτές είναι οι εξής : Ολλανδία, Φινλανδία, Κίνα και Σουηδία .Η Ελλάδα κατατάσσεται σε μια μέση θέση, με ανώτερο όριο αρκετά χαμηλότερο από πολλές χώρες σε διεθνή κλίμακα, ενώ η κατώτερη τιμή είναι σε εύρος παρόμοιο με αρκετές υπόλοιπες χώρες μελέτης (Πίνακας 1).

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ& ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα διπλωματική εργασία είναι τα εξής :

- Σε όλα ανεξαιρέτως τα δείγματα υγρών αποβλήτων που συλλέχθηκαν και στην συνέχεια μελετήθηκαν, βρέθηκαν σημαντικές ποσότητες μικροπλαστικών.
- Ανάμεσα στις τέσσερις κλάσεις μεγεθών που έγινε η κατηγοριοποίηση, η πλειοψηφία των μικροπλαστικών ανήκει στην μικρότερη κατηγορία μεγέθους (20-200μm), ενώ ένα μικρό ποσοστό μικροπλαστικών έχουν μέγεθος εύρους 1000-5000 μm.
- Τα περισσότερα μικροπλαστικά έχουν τη μορφή θραυσμάτων (fragments) και αμέσως μετά ακολουθούν οι ίνες (fibers). Αυτό ισχύει τόσο για την δεξαμενή αερισμού όσο και για την αναερόβια χώνευση.
- Συγκεντρωτικά για όλους τους μήνες δειγματοληψίας, θερινούς και χειμερινούς, καταλήγουμε στο ότι ο αερισμός παρουσιάζει κατά μέσο όρο υψηλότερες τιμές συγκεντρώσεων (particles/g) σε σχέση με την αναερόβια χώνευση.
- Την τουριστική περίοδο για την δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης, παρατηρήθηκε ότι τα δείγματα έχουν χαμηλότερες τιμές συγκεντρώσεων απ' ό,τι την χειμερινή σεζόν (μη τουριστική περίοδος).
- Στην δεξαμενή αερισμού την τουριστική περίοδο, σημειώθηκαν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μικροπλαστικών σε σχέση με την μη τουριστική περίοδο.

Συνεπώς, φαίνεται ότι τα χαρακτηριστικά του κάθε σταδίου παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατακράτηση των μικροπλαστικών και όχι αποκλειστικά τα εποχικά χαρακτηριστικά. Η δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης απομακρύνει περισσότερα μικροπλαστικά σε αντίθεση με αυτήν του αερισμού, η οποία προηγείται και λειτουργεί σαν συσσωρευτής-παγίδα.

5.1.1 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ

Η ρύπανση από τα MPs στα υγρά αστικά απόβλητα είναι δεδομένη. Μέθοδοι απομάκρυνσής τους υπάρχουν αλλά αρκετές από αυτές είτε δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές είτε δεν έχουν εφαρμοστεί και βρίσκονται σε πρωταρχικό – ερευνητικό επίπεδο. Όλα ξεκινούν από την ενημέρωση και την συνειδητοποίηση της σοβαρότητας της κατάστασης που επικρατεί και τους κινδύνους που εγκυμονεί στο εγγύς μέλλον για την ανθρώπινη υγεία.

Είναι ευρέως αποδεδειγμένο ότι δεν επαρκούν σε καμία περίπτωση η δευτεροβάθμια καθώς και η τριτοβάθμια επεξεργασία των αστικών αποβλήτων. Στην τριτοβάθμια, και ας πάρουμε ως χαρακτηριστικό παράδειγμα την ηλεκτροκροκίδωση, απομακρύνεται μόλις το 7% περίπου των MPs, ποσοστό το οποίο δεν είναι ικανοποιητικό.

Για αυτό το λόγο, είναι καθοριστικής σημασίας να τεθεί σε ισχύ ένα νομικό πλαίσιο κατά κανόνα πιο αυστηρό τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε διεθνές επίπεδο. καθώς επίσης να εδραιωθεί ένας ενεργός ελεγκτικός μηχανισμός τήρησης των οδηγιών. Με αυτόν τον τρόπο, θα τεθούν σε ισχύ νέες περισσότερο αποτελεσματικές τεχνολογίες με τελικό στόχο να μειωθούν οι ποσότητες των MPs και κατ' επέκταση να διασφαλιστεί ένα καλύτερο επίπεδο ποιτικότερης ζωής. Σε δεύτερη φάση, μια λύση θα ήταν η επιβολή προστίμων στους αρμόδιους φορείς σε περίπτωση που υπάρχει παράβαση των ορίων.

Με στόχο την βέλτιστη συγκράτηση των μικροπλαστικών από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, έχουν προταθεί ποικίλες νέες τεχνολογίες, οι οποίες βρίσκονται ακόμη σε πρώιμο στάδιο και απέχουν από το να εφαρμοστούν σε μεγαλύτερη κλίμακα. Η βιοαποδόμηση, τα φίλτρα από βλέννα μεδουσών και τα βιοπολυμερή από μικροάλγη αποτελούν οικολογικές, οικονομικές και αρκετά αποτελεσματικές τεχνολογίες. Ο σπόγγος από χιτίνη και το οξειδίο γραφενίου αλλά και το αυτοκαθαριζόμενο διηθητικό φίλτρο συνιστούν τεχνικές, που πιθανόν έχουν υψηλό δυναμικό απομάκρυνσης των μικροπλαστικών. Οι νέες αυτές τεχνολογίες βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο και επομένως, η αποτελεσματικότητά τους και η δυνατότητα εφαρμογής τους στις ΕΕΛ είναι αμφίβολες. Το ζήτημα των μικροπλαστικών χρήζει επιπλέον έρευνας και εξέτασης προκειμένου να βρεθούν οι πιο κατάλληλες διεργασίες, οι οποίες θα μετριάσουν τη ρύπανση από αυτά (Κωστάκη, 2020).

5.1.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Το μεγαλύτερο μέρος των μελετών – διατριβών εστιάζει στο πώς συμπεριφέρονται τα MPs σε υδάτινο περιβάλλον καθώς και την πορεία που ακολουθούν επηρεάζοντας τους θαλάσσιους οργανισμούς και κατ' επέκταση την ανθρώπινη υγεία μέσω της τροφικής αλυσίδας. Επίσης, έχουν πραγματοποιηθεί και πιο εξειδικευμένες έρευνες, σε παρόμοιο μήκος κύματος με την παρούσα διπλωματική, για ανίχνευση μικροπλαστικών σε δείγματα υγρών αποβλήτων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Αυτά τα δύο πεδία μελετών είναι άμεσα συνδεδεμένα καθώς το ένα επηρεάζει το άλλο. Όλα πηγάζουν από το τι καταλήγει στην θάλασσα ύστερα από επεξεργασία των υγρών αποβλήτων και κατά συνέπεια ποια συγκέντρωση μικροπλαστικών παρατηρείται στην τροφή τους. Από την πλευρά τους οι άνθρωποι τρέφονται με ψάρια και άλλα καταναλωτικά αγαθά τα οποία περιλαμβάνουν σημαντικές ποσότητες μικροπλαστικών, τα οποία είναι προφανές ότι καταλήγουν στον βιολογικό καθαρισμό για επεξεργασία. Εν ολίγης, έχουμε να κάνουμε με μια συνεχή επαναλαμβανόμενη διαδικασία. Επιπλέον, μέρος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας καθαρού πλέον νερού με συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά προορίζεται για αρδευτικές ανάγκες, ενώ η ιλύς επαναχρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό-λίπασμα για τις γεωργικές καλλιέργειες. Θα ήτανε ιδιαίτερα ωφέλιμο και ενδιαφέρον να μελετηθεί κατά πόσο η άρδευση και η ιλύς επηρεάζουν την παρουσία μικροπλαστικών στις καλλιεργήσιμες πρώτες ύλες – εκτάσεις γής (πχ. φρούτα, λαχανικά).

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Maria Kostaki (Ιούλιος 2020). Διερεύνηση της Δίαιτας των Μικροπλαστικών και Νανοπλαστικών στα Αστικά Λύματα .National Technical University of Athens, Athens, Greece
- Elvis D. Okoffo, Stacey O'Brien, Jake W. O'Brien, Benjamin J. Tschärke, Kevin V. Thomas (September 2019). Wastewater treatment plants as a source of plastics in the environment : a review of occurrence, methods for identification, quantification and fate. Australia, Environmental Science Water Research & Technology
- Joana Correia Prata (2018). Microplastics in Wastewater: State of the knowledge on sources, fate and solutions. Portugal, Elsevier
- NTUA Chemical Engineering (2018). «Αναερόβια Χώνευση και Στερεά Απόβλητα»
- Mengjie,W.(2020). Microplastics in waters and soils: Occurrence, analytical methods and ecotoxicological effects. Ecotoxicology and Environmental Safety. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110910>

- Tabatabaei, M., et al (2010), Importance of the methanogenic archaea populations in anaerobic wastewater treatments. Process Biochemistry. Retrieved from DOI: 10.1016/j.procbio.2010.05.017
- Thuhin K. Dey, Md. Elias Uddin, Mamun Jamal (2021). Detection and removal of microplastics in wastewater: evolution and impact, Environmental Science and Pollution Research. Retrieved from DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12943-5>
- Xiawei Li (2018). Microplastics in sewage sludge from the wastewater treatment plants in China. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.05.034>
- Zhiqi Zhang (2020). Effects of microplastics on wastewater and sewage sludge treatment and their removal : A review, Chemical Engineering Journal. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122955>
- Rupa Chand (2021). The occurrence and fate of microplastics in a mesophilic anaerobic digester receiving sewage sludge, grease and fatty slurries, Science of the total environment (2021). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149287>
- XiaoZhi Lim, Nature (2021). Microplastics are everywhere – but are they harmful?. *doi:* <https://doi.org/10.1038/d41586-021-01143-3>

Διαδίκτυο :

- cleanaction.gr/biologikos-katharismos/
- researchgate.gr/Physico-chemical-properties-of-domestic-wastewater/
- archiplego.gr
- antonislazaris68.wordpress.com
- gigakat.gr
- followgreen.gr
- hellasenvironment.com

Αναφορά της διπλωματικής διατριβής σε συνέδριο:

E.Syranidou, Ntoulakis A, Gavalakis G, Tsitouras C, Leonidou E, Gounaki I, Venieri D , Kalogerakis (2021). Fate of microplastics in wastewater treatment plants and their interactions with antibiotic resistant genes. 9th Conference of Microbiokosmos, Athens, Greece, December 16-18 (oral presentation)